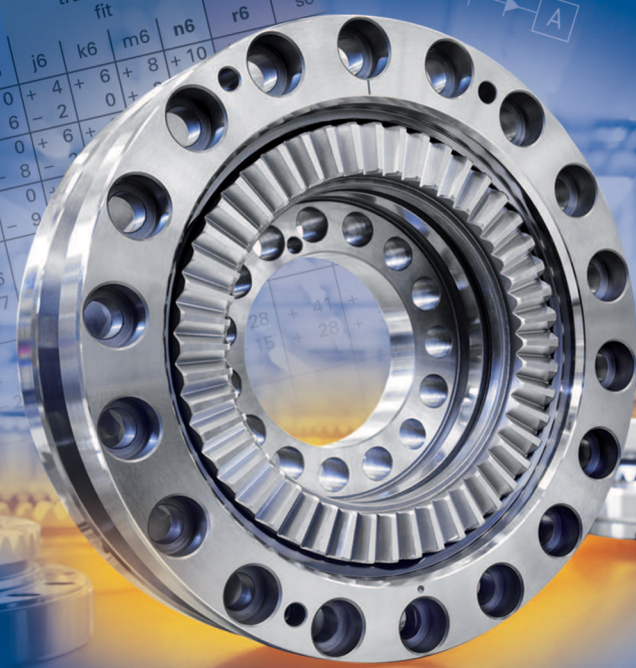
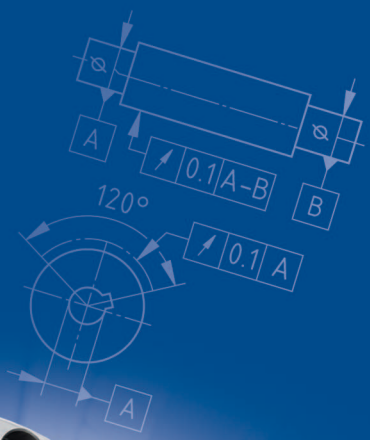


MEHAANIKAINSENERI KÄSIRAAMAT

cf. DIN EN ISO 286-2 (2010-11)
for shafts
Paired with an H7 hole
results in a

for hole	clearance fit				transition fit			interference fit	
	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	r6	s6
H7	+10	-6 -2	0 +4	+2	+6	+8	+10		
r5	0	-16 -8	-6 -2	0 +4	+6	+8	+10		
+14	+10	-10 -4	0 +4	+6	+8	+10			
+20	0	-22 -12	-8 -2	0 +4	+6	+8	+10		
+15	+15	-13 -5	0 +4	+6	+8	+10			
+25	0	-28 -14	-9 -3	0 +4	+6	+8	+10		
+10	+19	-16 -6	-6 -2	0 +4	+6	+8	+10		
+20	+31	-34 -17	-17 -11	0 +4	+6	+8	+10		
+12	+23	-20 -10	-10 -4	0 +4	+6	+8	+10		
+24	+37	-41 -21	-21 -15	0 +4	+6	+8	+10		
+15	+28	-16 -6	-6 -2	0 +4	+6	+8	+10		



Roland Gomeringer
Max Heinzler
Roland Kilgus
Volker Menges
Stefan Oesterle

Thomas Rapp
Claudius Scholer
Andreas Stenzel
Andreas Stephan
Falko Wieneke

Mehaanikainseneri käsiraamat

Teine väljaanne

Väljaandmist toetasid programmi „Eestikeelsete kõrgkooliõpikute loomise toetamise põhimõtted 2018-2027“ raames:



HARIDUS- JA
TEADUSMINISTEERIUM



HARIDUS- JA NOORTEAMET

Väljaandmist toetasid:



Originaali tiitel:

Mechanical and Metal Trades Handbook, 4th English edition 2018

Autorid:

Roland Gomeringer	Meßstetten
Max Heinzler	Wangen im Allgäu
Roland Kilgus	Neckartenzlingen
Volker Menges	Lichtenstein
Stefan Oesterle	Amtzell
Thomas Rapp	Albstadt
Claudius Scholer	Pliezhausen
Andreas Stenzel	Balingen
Andreas Stephan	Marktoberdorf
Falko Wieneke	Essen

Kujundus:

Verlag Europa-Lehrmittel, Ostfildern, Saksamaa

Väljaandja:

Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten, Saksamaa

Selles raamatus esitatud teave on kogutud ja esitatud kirjastuse, tema sidusorganisatsioonide ja tõlkijate poolt oma võimaluste piires. Kirjastus, ükski sidusorganisatsioon ega tõlkija ei võta endale vastutust selle raamatu andmeid kasutavatele osapooltele tekkida võiva kaotuse ega kahju eest, mis võib olla põhjustatud selle raamatu sisust või siin esitatud avaldusest või selle väljajätmisest. Garantiinõudeid autorite, tõlkijate või kirjastaja vastu on välistatud.

CNC töötlust käsitlevate osade (lk 349 ... lk 368) sisu on vastavuses Saksamaa Stuttgarti piirkonna Kaubandus- ja tööstuskoja (IHK Region Stuttgart) Eksami- ja õppematerjalide arenduskeskuse (PAL: *Prüfungs- und Lehrmittelentwicklungsstelle*) väljaannetega.

Eestikeelne väljaanne: Mehaanikainseneri käsiraamat

Teine väljaanne 2021 (inglisekeelse 4. väljaande 2018 tõlge)

ISBN 978-9949-83-678-9 (pdf)

Kõik õigused kaitstud. See väljaanne on kaitstud autoriõigusega. Mis tahes muu kasutus, kui see, mis on seadusega lubatud, peab olema väljaandja poolt kirjalikult heakskiidetud.

© 2021 Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten, Saksamaa
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Teise väljaande tõlge: Aigar Hermaste, Priit Kulu (toim.), Tauno Otto, Priit Põdra (toim.),
Tallinna Tehnikaülikool, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Eesti.

Raamatu väljaandjad tänavad asjakohaste märkuste ja soovitude eest retsense: Toomas Laatsit ja Oliver Mets ning Margus Müür (7. ptk).

Raamatu väljaandjad tänavad esimese väljaande tõlkijaid: Henrik Herranen, Kristo Karjust, Jaan Kers, Jüri Krustok, Helmo Käerdi, Andres Laansoo, Henri Lend, Jaan Riives, Mart Saarna, Fjodor Sergejev, Tiit Tiidemann ja Renno Veinthal.

Esikaane foto: Sauter Feinmechanik GmbH, 72555 Metzingen, Saksamaa

Saateks

Mehaanikainseneri käsiraamat on mõeldud kasutamiseks tootmistehnika, masinaehituse ja tööstuskorrashoiu valdkondades nii inseneria teatmematerjalina kui ka üldteadmiste allikana. See on kasutatav ka õppetöös, nii praktiliste oskuste arendamisel akadeemilises kui ka täiendõppes.

Sihtgrupid

- Tööstusinsenerid
- Konstrueerimisinsenerid
- Tööstustehnikud ja -meistrid
- Masinaehituse praktikud
- Mehaanikaerialade õppurid

Teadmiseks kasutajale

Käsiraamat sisaldab tabeleid ja valemeid liigendatuna seitsmeks peatükiks, koos sisukorra, aineleendi, standardite nimistu ning materjalitähiste (metallid) rahvusvahelise võrdlustabeliga.

Parema ülevaate huvides on iga peatüki ees ka selle **peatüki sisukord**.

Tabelites on esitatud vastavate valdkondade olulisemad juhised, tootekujud ja -tüübid, mõtmed ning standardväärtused.

Valemite selgituses ei ole toodud suuruste ühikuid, kui erinevate ühikute kasutamine on võimalik. Arvutusnäidetes on kasutatud suuruste praktikas enamlevinud ühikuid.

Teise eestikeelse väljaande täiendused

Selles väljaandes on enamikul juhul viidatud standarditele, mis kehtisid seisuga **jaanuar 2017**. Uutest standarditest ning inseneria arengutest tulenevalt, on uuendatud, laiendatud või lisatud andmeid muuhulgas järgnevalt:

- Kvaliteedijuhtimine ja keskkonnajuhtimine uuemate standardite alusel. Ei sisalda kvaliteedijuhtimise terminoloogiat.
- Sissejuhatav teema "Toote geomeetrilised spetsifikatsioonid (GPS)" põhiprintsiipide selgitamiseks.
- Täiendavad tööriistad ning mehaanilise töötuluse operatsioonide osaliselt uuendatud standardväärtused.
- Lisamaterjalid maksumuse arvutamiseks.
- Skeemide koostamise põhimõtted ja skeemitähised vastavalt standarditele ISO 1219 ja DIN EN 81346.

Kevad 2021

Autorid ja tõlkijad

1 Matemaatika

9 ... 28

MA

2 Füüsika

29 ... 56

FÜ

3 Tehniline joonestamine

57 ... 118

TJ

4 Materjaliõpetus

119 ... 206

MÕ

5 Masinaelemendid

207 ... 276

ME

6 Tootmistehnika

277 ... 418

TT

7 Automaatika ja infotehnoloogia

419 ... 460

AI

Sisukord

1	Matemaatika (MA)	9
1.1	Mõõtühikud	
	SI põhisuurused ja põhimõõtühikud . . . 10	
	Tuletatud suurused ja nende mõõtühikud . 10	
	SI-süsteemi mittek kuuluvad ühikud . . . 12	
1.2	Valemid	
	Suuruste tähised, matemaatilised sümbolid . 13	
	Valemid, võrrandid, graafikud 14	
	Valemite teisendamine 15	
	Suuruse väärtuse esitamine 16	
	Arvutused suurustega 17	
	Protsendi ja intressi arvutus 17	
1.3	Nurgad ja kolmnurgad	
	Nurkade liigid, lõikuvate sirgete teoreem . 18	
	Kolmnurga nurgad, <i>Pythagorase</i> teoreem . 18	
	Täisnurkse kolmnurga trigonomeetria . 19	
	Kaldnurkse kolmnurga trigonomeetria . 19	
1.4	Pikkus	
	Osade pikkused 20	
	Kaare pikkus, liitpikkus 20	
	Sirgipikkus 21	
	Vedru traadi pikkus 21	
	Tooriku pikkus 21	
1.5	Tasandkujundid	
	Nurkkujundi pindala 22	
	Kolmnurk, hulknurk, ring 23	
	Ringi sektor, ringi segment, rõngas . . 24	
	Ellips 24	
1.6	Ruumilised kujundid	
	Kuup, risttahukas, silinder, püramiid . . 25	
	Tüüpüramiid, koonus, tüvikoonus, kera . 26	
	Liitkeha ruumala 27	
1.7	Mass	
	Keha mass 27	
	Joonmass 27	
	Pindmass 27	
1.8	Keskmed	
	Joonte keskmed 28	
	Tasandkujundite keskmed 28	
2	Füüsika (FÜ)	29
2.1	Liikumine	
	Ühtlane liikumine 30	
	Kiirenev ja aeglustuv liikumine 30	
	Kiirused masinais 31	
2.2	Jõud	
	Jõudude liitmine ja komponentideks lahutus . . . 32	
	Jõudude liigid 34	
	Pöördemoment 35	
2.3	Töö, võimsus, kasutegur	
	Mehaaniline töö 35	
	Lihtmehhanismid 36	
	Energia 36	
	Võimsus ja kasutegur 37	
2.4	Hõõrdumine	
	Hõõrdejõud, hõõrdmoment 38	
	Hõõrdetegur, veerehõõrdetegur 38	
2.5	Rõhk vedelikes ja gaasides	
	Ülerõhk, absoluutrõhk 39	
	Vedeliku üleslükkejõud 39	
	Hüdroülekanne 39	
	Rõhu võimendus 40	
	Voolukiirus torus 40	
	Gaasi olekumuutused 40	
2.6	Tugevusõpetus	
	Tõõseisundid ja piirpinged 41	
	Staatiline tugevus, varutegur 42	
	Elastsusmoodul 42	
	Tõmme, surve, pindsurve 43	
	Lõige, vääne, paine 44	
	Paindemoment, põikjõud, läbipaine . 45	
	Ristlõigete pinnamomendid 46	
	Nõtke 47	
	Liitõõseisundid 47	
	Väsimustugevus, väsimusvarutegur . 48	
2.7	Termodünaamika	
	Temperatuuri skaalad 51	
	Mõõtmete ja ruumala muutus 51	
	Soojushulk 51	
	Soojusvoog, põlemissoojus 52	
2.8	Elekter	
	Suurused ja ühikud 53	
	<i>Ohmi</i> seadus 53	
	Elektrijuhhi takistus 53	
	Elektri voolutihedus 54	
	Elektrivooluringid 54	
	Elektrivoolu liigid 55	
	Elektriline töö ja võimsus 56	
	Trafo 56	
3	Tehniline joonestamine (TJ)	57
3.1	Arvjoonised	
	Koordinaatide süsteem 58	
	Arvjooniste liigid 59	
3.2	Geomeetrilised põhikonstruktsioonid	
	Sirglõigud, ristsirged, nurgad 60	
	Puutujad, ringikaared, hulknurgad . . . 61	

	Kolmnurga sise- ja ümberringjoon, ellips, spiraal	62		3.7 Detailielemendid	
	Tsüklid, evolvent, parabool, hüperbool	63		Võlliotsad, detaili nurgad, servad	89
3.3 Joonise elemendid				Keerme väljajooksud ja väljajooksuooned .	90
	Kirjaliiigid	64		Keermed ja keermesliited	91
	Eelismõõtarvud, raadiused, mõõtkavad .	65		Tsentriavad, rihveldus, väljajooksuooned	92
	Joonise kavandamine, tükitabel	66	3.8 Keevitus ja jootmine		
	Joonte tüübid	68		Keevituse ja jootmise tähised	94
3.4 Kujutamine				Keevisliidete ja jooteliidete esitus . . .	96
	Põhiprintsiibid, projektsioonimeetodid .	70	3.9 Pinnad		
	Vaated	72		Termotöötlus	98
	Lõikekujutised	74		Kujuhälbed ja pinnakaredus	99
	Viirutamine, mõõtmestamise süsteemid .	76	3.10 Tolerantsid ja istud		
3.5 Mõõtmestamine				ISO-tolerantside ja -istude süsteem . .	104
	Mõõtjooned, distantsjooned, mõõtarvud.	77		ISO-istud	106
	Mõõtmestamise reeglid	78		Üldtolerantsid	112
	Mõõtmeelemendid	79		Veerelaagrite istud	112
	Tolerantside esitus	81		Eelisistud, istude kasutus	113
	Mõõtmestamise viisid	82		Toote geomeetrised spetsifikatsioonid	114
	Lihtsustatud esitamine joonisel	84		Geomeetriatolerantsid	116
3.6 Masinaelemendid					
	Hammarrattad	85			
	Veerelaagrid	86			
	Tihendid ja veerelaagrisõlmed	87			
	Paigaldusrõngad, vedrud, hammasliited .	88			

4 Materjaliõpetus (MÕ)

119

4.1 Materjalid			4.8 Kergsulamid		
	Materjalide omadused	120		Alumiiniumsulamid, liigid ja omadused	173
	Elementide perioodilisustabel	122		Deformeeritavad alumiiniumsulamid .	175
	Metallitöötluskemikaalid	123		Alumiiniumi valusulamid	177
4.2 Terased, tähistussüsteem				Alumiiniumprofiilid	178
	Teraste määratlus ja liigid	124		Magneesiumsulamid, titaan ja titaansulamid	181
	Terastoodete standardimine	125	4.9 Kesk- ja raskesulamid		
	Teraste tähistus	127		Liigid ja omadused	182
4.3 Terased, terasegrupid				Vasesulamid	184
	Terased, ülevaade	131		Erilised tsingisulamid	185
	Konstruksiooniterased	134	4.10 Teised metallsed materjalid	186	
	Tsementiitavad terased	137	4.11 Plastid		
	Parendatavad terased	138		Plastide liigid ja omadused	188
	Tööriistaterased	140		Reaktoplastid	191
	Roostevabaterased	141		Termoplastid	192
4.4 Terased, tooted				Kummid, vahtmaterjalid	195
	Riba ja leht, torud	146		Plastide töötlemine	196
	Kuumvaltsprofiilid	150	4.12 Materjalide katsetamine		
	Joonmass, pindmass	159		Materjalide katsetamismeetodid, ülevaade .	199
4.5 Termotöötlus				Tõmbeteim	201
	Kristallivõred, kristallisatsioon	160		Löökpaindeteim, pöördpaindeteim . .	202
	Faasidiagrammid, raud-süsinikfaasidiagramm	161		Kõvaduskatsed	203
	Terase termotöötlus	163	4.13 Korrosioon, korrosioonikaitse	206	
	Alumiiniumsulamite termotöötlus	166			
4.6 Malmid					
	Malmide tähistus	167			
	Malmide liigid ja omadused	168			
	Valuterased	170			
4.7 Valutehnoloogia	171				

5 Masinaelemendid (ME)**207**

5.1 Keermed	
Keermete liigid, ülevaade	208
ISO meeterkeermed ja peenmeeterkeermed	210
Muud keermed	211
ISO meeterkerme tolerantsid	213
5.2 Kruvid/poldid	
Kruvide/poltide liigid, ülevaade	214
Kruvide/poltide tähistus	215
Kruvide/poltide tugevus, täpsus ja paigaldus	216
Kuuskantpeakruvid/poldid	217
Silinderpeakruvid/poldid	220
Peitpeakruvid/poldid	221
Muud kruvid/poldid	222
Keermesliite lihtsustatud arvutus	226
Keermesliite lukustamine, ülevaade	228
5.3 Süvised	
Peitpeasüvised	230
Silinderpea- ja kuuskantpeasüvised	231
5.4 Mutrid	
Mutrite liigid, ülevaade	232
Mutrite tähistus	233
Kuuskantmutrid	234
Muud mutrid	237
5.5 Seibid	
Seibide liigid, ülevaade, tähistus	239
Lameseibid	239
Muud seibid	241
5.6 Tihvtid ja sõrmed	242

5.7 Võlli-rummu liited	
Võlli-rummu liidete liigid, ülevaade	245
Kiilliited, hammasliited	246
Liistliited	247
Tööriistakoonused	248
5.8 Muud masinaelemendid	
Silindervedrud	249
Taldrikvedrud	251
Rakiste osad	252
5.9 Ajamielemendid	
Ajamirihmade liigid, ülevaade	257
Kiilrihmajam, arvutus	258
Hammasrihmajam	259
Silinderhammasrattad	260
Koonushammasrattad, tiguülekanne	262
Ajami ülekandesuhe	263
5.10 Laagerdused	
Liugelaagrite liigid, ülevaade, materjalid	264
Veerelaagrite liigid, ülevaade	266
Veerelaagrite tähistus	267
Radiaalkuullaagri arvutus	268
Kuullaagrid	269
Rulllaagrid	270
Veerelaagrite paigalduselemendid	272
Tihendid	274
Määrdeained	275

6 Tootmistehnika (TT)**277**

6.1 Mõõtetehnika	278	CNC töötlus DIN-i järgi	349
6.2 Kvaliteedijuhtimine		CNC freimine PAL-i järgi	354
Kvaliteedijuhtimise nõuded ja põhimõtted	280	CNC freimine PAL-i järgi	360
Statistiline analüüs	283	6.7 Elektroerosioontöötlus	369
Statistiline protsessiohje	286	6.8 Lõikestantsimine	
6.3 EÜ masinadirektiiv ja CE-märgistus	289	Pressi tööparameetrid	371
6.4 Tootmise plaanimine		Lõikestants	372
Tootmise plaanimise alused	291	Lõikestantsimise tehnoloogia	374
Tsükliaeg	294	6.9 Vormimine	
Kulude arvestus	297	Painutusstants	376
6.5 Hooldus	300	Painutusprotsessid, ülevaade	377
6.6 Lõiketöötlus		Painutamise tehnoloogia	378
Töötlusprotsesside optimeerimine	304	Sügavtõmbestants	380
Lõikeristmaterjalid	308	Sügavtõmbamise protsessid, ülevaade	381
Jahutusvedelikud metallide töötlusel	312	Sügavtõmbamise tehnoloogia	382
Treimisoperatsioonid, ülevaade	314	6.10 Survevalu	
Tehnoloogia projekteerimine treimiseks	315	Survevaluvorm	384
Töötusaeg treimiseks	324	Survevaluvormimise tehnoloogia	387
Freesimisoperatsioonid, ülevaade	326	6.11 Liitmine	
Tehnoloogia projekteerimine freesimiseks	327	Keevitusprotsessid, ülevaade	389
Töötusaeg freesimiseks	336	Kaitsegaaskeevitus	392
Puurimine, keermestamine, hõõritamine	337	Kaarkeevitus	394
Töötusaeg puurimiseks	342	Jugalõikus	396
Lihvimine	343	Gaasiballoonide märgistus	398
Töötusaeg lihvimiseks	347	Jootmine	400
Hoonimine	348	Liimimine	403

6.12 Tööohutus ja keskkonnakaitse	
Ohud ja ohtlikud ained töökohal . . .	405
Turvamärgistus	413
Heli ja müra	418

7 Automaatika ja infotehnoloogia (AI) 419

7.1 Pneumaatika, hüdraulika		7.4 Programmeeritavad loogikakontrollerid PLC	
Tingmärgid	420	PLC programmeerimiskeeled	443
Suunaventiilid	421	Kahendloogika	447
Proportsionaalventiilid	422	Järjendloogikakontroll PLC-ga	448
Tööstussüsteemide tähistus	423	7.5 Juhtimissüsteemid	
Lülitusskeemid	425	Põhimõisted, tähtkoodid	450
Pneumojuhtimine	427	Tingmärgid	451
Pneumosilindrid	428	Analoogregulaatorid	452
Hüdro-/pneumosüsteemi jõudlus . .	429	Katkestus- ja digitaalregulaatorid . .	453
Hüdrovedelikud	430	7.6 Teisaldus- ja robotsüsteemid	
Hüdro- ja pneumotorud	431	Koordinaatsüsteemid, teljed ja tingmärgid	454
7.2 GRAFCET		Robotite üldkonstruktsioon	455
Põhiterminoloogia, põhistruktuur . .	432	Haaratsid	456
Sammud, üleminekud	433	Robotsüsteemi ohutus	456
Toimingud	434	7.7 Mootorid ja ajamid	
Hargnemine	436	Elektriohutusmeetmed	457
7.3 Elektropneumaatika, elektrohüdraulika		Elektriseadme kaitselik ja plahvatuskaitse	458
Elektriskeemide tingmärgid	438	Elektrimootorid	459
Lülitusskeemid	439		
Elektrohüdrauliline juhtimine	440		
Andurid	441		
Elektropneumaatiline juhtimine	442		

Metallsete materjalide margivastavus 461 ... 465

Standardid 466 ... 470

Aineloend 471 ... 482

Standardid ja muud regulatsioonid

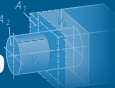
Standardimine ja selle põhimõisted

Standardimine on materiaaalsete ja mittemateriaalsete objektide, näiteks komponentide, arvutusmeetodite, protsessi-voogude ja teenuste ühetaolisuse süsteemne taotlemine üldise kasu eemärgil.

Mõiste	Näide	Selgitus
Standard	DIN 509	Standard on standardimise avalikustatud tulemus. Näide: DIN 509 kus antakse treitud detailide ja avade väljajooksuonte kujud ja mõõtmed.
Standardi osa	DIN 30910-2	Standard võib koosneda mitmest, üksteisega seotud, osast. Osa number lisatakse standardi põhinumbrile sidekriipsu abil. Näide: DIN 30910-2 kirjeldab paagutatud filtermaterjale, DIN 30910-3 ja DIN 30910-4 kirjeldavad vastavalt paagutatud laagri- ja konstruktsioonimaterjale.
Standardi lisa	DIN 743 Suppl. 1	Lisa sisaldab standardile vajalikku teavet, kuid ei sisalda uusi spetsifikatsioone. Näide: DIN 743 Suppl. 1 sisaldab standardis DIN 743 kirjeldatud telgede ja völliide kandevõime arvutusmeetodi rakendusnäiteid
Standardi kavand	E DIN EN 10027-2 (2013-09)	Standardi kavand on avalikustatud tutvumiseks ja kommenteerimiseks. Näide: DIN EN 10027-2 (2015-07) uus versioon avalikustati tagasiside saamiseks kavandina perioodiks september 2013 kuni veebruar 2014.
Esialgne standard	DIN V 45696-1 (2006-02)	Esialgne standard sisaldab standardimise tulemust, mis ei ole välja antud kui standard selle teatud sätete tõttu. Näide: DIN V 45696-1 sisaldab masinate konstrueerimise meetmeid, mis ei vähenda masinalt inimesele ülekanduvat vibratsiooni piisaval määral.
Väljaandmise aasta ja kuu	DIN 76-1 (2004-06)	Dateering näitab, millal dokument avalikustati ametlikus nimistus ja tähendab standardi kehtivusaja algust. Näide: standard DIN 76-1, kus antakse ISO meeterkeermete väljajooksuooned, on kehtiv alates juunist 2004.

Standardite ja normide liigid (valim)

Standardi liik	Lühend	Selgitus	Otstarve ja sisu
Rahvusvaheline standard (ISO standard)	ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Rahvusvaheline Standardimisorganisatsioon), Genf	Lihtsustab rahvusvahelist kauba- ja teenusevahetust ning koostööd teaduse, tehnika ja majanduse aladel.
Euroopa standard (EN standardid)	EN	<i>Comité Européen de Normalisation</i> (Euroopa Standardimiskomitee), Brüssel.	Tehniline ühtlustamine ja sellega seotud kaubandustökete vähendamine Euroopa turu ja Euroopa siduse edendamiseks
Rahvuslik standard (DIN, EVS jt standardid)	DIN	<i>Deutsches Institut für Normung e.V.</i> (Saksa Standardimisinstituut), Berliin	Rahvuslik standardimine võimaldab otstarbekamat majandamist, kvaliteedi tagamist, keskkonnakaitset ning ühese arusaama edendamist majanduse, tehnoloogia, teaduse, juhtimise, avalike suhete jt aladel.
	EVS	Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus, Tallinn	
	DIN EN EVS-EN	Rahvuslik standard, mille sisuks on muutmata kujul Euroopa standard	
	DIN ISO EVS-ISO	Rahvuslik standard, mille sisuks on muutmata kujul rahvusvaheline standard.	
	DIN EN ISO EVS-EN ISO	Rahvuslik standard, mille sisuks on muutmata kujul Euroopa standardina kehtestatud muutmata rahvusvaheline standard.	
	DIN VDE	VDE publikatsioon, millel on Saksa standardi staatus.	
VDI juhendid	VDI	<i>Verein Deutscher Ingenieure e.V.</i> (Saksa Inseneride Ühing), Düsseldorf.	Need juhendid annavad ülevaate viimastest saavutustest vastaval alal, nt konkreetsed protseduurireeglid arvutuste või konstrueerimisprotsesside läbiviimiseks mehaanika või elektrotehnika alal.
VDE publikatsioonid	VDE	<i>Verband der Elektrotechnik</i> (Saksa Elektrotehnika Liit), <i>Elektronik Informationstechnik e.V.</i> (Elektronika Infotehnoloogia Liit), Frankfurt am Main.	
DGQ publikatsioonid	DGQ	<i>Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V.</i> (Saksa Kvaliteediassotsiatsioon), Frankfurt.	Soovitused kvaliteeditehnika alal.
REFA lehed	REFA	<i>Verband für Arbeitsstudien</i> (Töökorralduse Assotsiatsioon) <i>REFA e.V.</i> , Darmstadt (Tootmise Organiseerimine ja Ettevõtlusarendus).	Soovitused tootmise ja töö planeerimise alal.

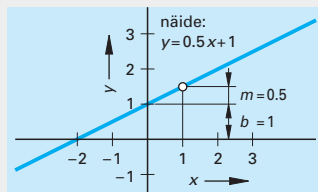


1 Matemaatika

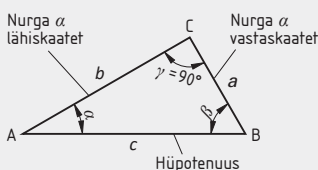


1.1 Mõõtühikud	
SI-põhisuurused ja põhimõõtühikud	10
Tuletatud suurused ja nende mõõtühikud.	10
SI-süsteemi mittekuuluvad ühikud.	12

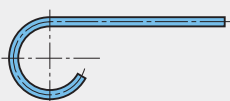
MA



1.2 Valemid	
Suuruste tähised, matemaatilised sümbolid.	13
Valemid, võrrandid, graafikud	14
Valemite teisendamine	15
Suuruse väärtuse esitamine	16
Arvutused suurustega	17
Protsendi ja intressi arvutus	17



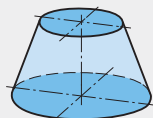
1.3 Nurgad ja kolmnurgad	
Nurkade liigid, lõikuvate sirgete teoreem	18
Kolmnurga nurgad, <i>Pythagorase</i> teoreem	18
Täisnurkse kolmnurga trigonomeetria	19
Kaldnurkse kolmnurga trigonomeetria	19



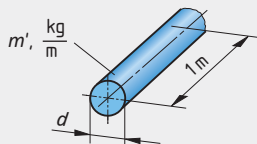
1.4 Pikkus	
Osade pikkused	20
Kaare pikkus, liitpikkus	20
Sirgipikkus.	21
Vedru traadi pikkus	21
Tooriku pikkus	21



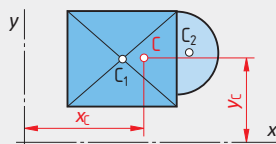
1.5 Tasandkujundid	
Nurkkujundi pindala	22
Kolmnurk, hulknurk, ring	23
Ringi sektor, ringi segment, rõngas	24
Ellips	24



1.6 Ruumilised kujundid	
Kuup, risttahukas, silinder, püramiid	25
Tüvipüramiid, koonus, tüvikoonus, kera	26
Litkeha ruumala	27



1.7 Mass	
Keha mass	27
Joonmass	27
Pindmass	27



1.8 Keskmed	
Joonte keskmed.	28
Tasandkujundite keskmed.	28

Mõõtühikud

SI¹-põhisuurused ja põhimõõtühikud

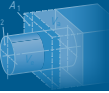
DIN 1301-1 (2010-10), -2 (1978-02), -3 (1979-10)

Suurus	Pikkus	Mass	Aeg	Elektrivoolu tugevus	Absoluutne temperatuur	Ainehulk	Valgus-tugevus
Põhiühik	meeter	kilogramm	sekund	amper	kelvin	mool	candela
Tähis	m	kg	s	A	K	mol	cd

¹⁾ Mõõtühikud on defineeritud Rahvusvahelise mõõtühikute süsteemi SI (*Système International d'Unités*) poolt. See põhineb seitsmel SI-põhiühikul (SI-ühikul), millest tuletatakse ülejäänud ühikud.

Põhisuurused, tuletatud suurused ja nende mõõtühikud

Suurus	Tähis	Ühik Nimetus	Tähis	Seosed	Märkused Kasutusnäited
Pikkus, pindala, ruumala, nurk					
Pikkus	<i>l</i>	meeter	m	1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm 1 mm = 1000 µm 1 km = 1000 m	1 toll = 25.4 mm Lennunduses ja merenduses kasutatakse: 1 rahvusvaheline meremiil = 1852 m.
Pindala	<i>A, S</i>	ruutmeeter aar hektar	m ² a ha	1 m ² = 10 000 cm ² = 1 000 000 mm ² 1 a = 100 m ² 1 ha = 100 a = 10 000 m ² 100 ha = 1 km ²	Sümbol <i>S</i> ainult ristlõikepindala jaoks. Aar ja hektar ainult maamõõduühikuna.
Ruumala	<i>V</i>	kuupmeeter liiter	m ³ l, L	1 m ³ = 1000 dm ³ = 1 000 000 cm ³ 1 l = 1 L = 1 dm ³ = 10 dl = 0.001 m ³ 1 ml = 1 cm ³	Tavaliselt vedelike ja gaaside korral.
Tasanurk (nurk)	<i>α, β, γ ...</i>	radiaan kraad minut sekund	rad ° ' "	1 rad = 1 m/m = 57.2957...° = 180°/π 1° = $\frac{\pi}{180}$ rad = 60' 1' = 1°/60 = 60" 1" = 1°/60 = 1°/3600	1 rad on kesknurk, millele vastava kaare pikkus võrdub ringjoone raadiusega. Inseneriarvutustes on <i>α</i> = 33° 17' 27.6" asemel parem kasutada <i>α</i> = 33.291°.
Ruuminurk	<i>Ω</i>	steradiaan	sr	1 sr = 1 m ² /m ²	1 sr on ruuminurk, mis eraldab oma tipu ümber kujundatud sfäärilist (<i>r</i> = 1 m) osa, mille pindala võrdub selle sfääri raadiuse ruuduga (<i>A</i> ₀ = 1 m ²).
Mehaanika					
Mass	<i>m</i>	kilogramm gramm megagramm tonn	kg g Mg t	1 kg = 1000 g 1 g = 1000 mg 1 t = 1000 kg = 1 Mg 0.2 g = 1 ct	Igapäevases keelekasutuses nimetatakse tahkise massi mõnikord ka kaaluks. Vääriskivi mass karaatides (ct).
Massi joontihedus	<i>m'</i>	kilogrammi meetri kohta	kg/m	1 kg/m = 1 g/mm	Mass pikkusühiku kohta. Kangide, profiilide ja torude massi arvutamiseks.
Massi pindtihedus	<i>m''</i>	kilogrammi ruutmeetri kohta	kg/m ²	1 kg/m ² = 0.1 g/cm ²	Mass pindalühiku kohta. Lehtmaterjali massi arvutamiseks.
Tihedus	<i>ρ</i>	kilogrammi kuupmeetri kohta	kg/m ³	1000 kg/m ³ = 1 metric t/m ³ = 1 kg/dm ³ = 1 g/cm ³ = 1 g/ml = 1 mg/mm ³	Tihedus = aine mass ruumalühiku kohta. Homogeensete tahkiste korral on tihedus kasutuskohast sõltumatu suurus.



Mõõtühikud

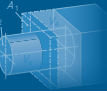
MA

Suurused ja ühikud (järg)

Suurus	Tähis	Ühik		Seosed	Märkused Kasutusnäited
		Nimetus	Tähis		
Mehaanika					
Inertsmoment, 2-se astme massimoment	J	kilogramm x ruutmeeter	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	Järgnev kehtib massiga m ja raadiusega r homogeense täissilindri kohta $J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$	Inertsmoment näitab jäiga homogeense ja pöörleva tahkise vastupanu pöörleva liikumise muutustele pöörlemistele suhtes.
Jõud	F	njuuton	N	$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{J}}{\text{m}}$	Jõud 1 N muudab massiga 1 kg tahkise kiirust 1 m/s võrra 1 s vältel.
Kaal	F_W, W			$1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 1\,000\,000 \text{ N}$	
Pöördemoment Paindemoment Vändemoment	M M_b M_T, T	njuuton x meeter	$\text{N} \cdot \text{m}$	$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$	$1 \text{ N} \cdot \text{m}$ on pöördemoment, mille tekitab jõud 1 N mõjudes olaga 1 m.
Impulss	p	kilogramm x meeter sekundis	$\text{kg} \cdot \text{m/s}$	$1 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s}$	Impulss võrdub keha massi ja kiiruse korrutisega. Impulsi suund ühtib kiirusvektori suunaga.
Rõhk	p	paskal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 0.01 \text{ mbar}$ $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ N/cm}^2 = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$ $1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bar} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ MPa}$ $1 \text{ daN/cm}^2 = 0.1 \text{ N/mm}^2$	Rõhk näitab jõu suurust keha pindalaühiku kohta. Normaalarõhu kohta kasutatakse tähist p_0 (DIN 1314). $1 \text{ bar} = 14.5 \text{ psi}$ (naela ruutolli kohta).
Mehaaniline pinge	σ, τ	njuuton ruutmillimeetri kohta	N/mm^2		
Inertsimoment, 2-se astme pinnamoment	I	meeter neljandas astmes, sentimeeter neljandas astmes	m^4 cm^4	$1 \text{ m}^4 = 100\,000\,000 \text{ cm}^4$	Varasemalt: geomeetriline inertsimoment.
Energia, töö, soojushulk	E, W	džaul	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$	Džaul kõikide energialiikide jaoks, kW·h on eelistatud elektrienergia puhul.
Võimsus, soojusvoog	P Φ	vatt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}^3$	Võimsus näitab jõu poolt mingi ajaühiku jooksul tehtud tööd.
Aeg					
Aeg, ajavahemik, kestus	t	sekund minut tund päev aasta	s min h d a	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86\,400 \text{ s}$	3 h tähendab ajavahemiku (3 tundi), 3 ^h tähendab ajahetke (kell 3). Kui ajahetk on kirjutatud segavormis, näiteks 3 ^h 24 ^m 10 ^s , siis võib tähise min lühendada kujule m.
Sagedus	f, ν	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$	$1 \text{ Hz} \triangleq 1$ tsükkel 1 sekundi jooksul.
Pöörlemiskiirus, pöörlemissagedus	n	1 jagatud sekundiga 1 jagatud minutiga	1/s 1/min	$1/\text{s} = 60/\text{min} = 60 \text{ min}^{-1}$ $1/\text{min} = 1 \text{ min}^{-1} = \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}$	Pöõrete arv ajaühikus annab pöörlemissageduse, tähistatakse ka kujul p/min.
Kiirus	v	meeter sekundis meeter minutis kilomeeter tunnis	m/s m/min km/h	$1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min} = 3.6 \text{ km/h}$ $1 \text{ m/min} = \frac{1 \text{ m}}{60 \text{ s}}$ $1 \text{ km/h} = \frac{1 \text{ m}}{3.6 \text{ s}}$	Merenduses kiirus sõlmedes: $1 \text{ sõlm} = 1.852 \text{ km/h}$ miili tunnis = 1 miil/h = 1 mph $1 \text{ mph} = 1.60934 \text{ km/h}$
Nurkkiirus	ω	1 jagatud sekundiga, radiaani sekundis	1/s rad/s	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$	Pöörlemissageduse $n = 2/\text{s}$ nurkkiirus on $\omega = (4 \cdot \pi) \text{ rad/s}$.
Kiirendus	a, g	meeter sekunduudus	m/s^2	$1 \text{ m/s}^2 = \frac{1 \text{ m/s}}{1 \text{ s}}$	Tähis g ainult raskuskiirenduse korral $g = 9.81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$.

Mõõtühikud

Suurused ja ühikud (järg)					
Suurus	Tähis	Ühik Nimetus	Tähis	Seosed	Märkused Kasutusnäited
Elekter ja magnetism					
Elektrivoolu tugevus	I	amper	A		
Elektromotoorjõud	U	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W}/1 \text{ A} = 1 \text{ J}/\text{C}$	
Elektritakistus	R	oom	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V}/1 \text{ A}$	Elektrivool on laengukandjate liikumine. Elektromotoorjõud on võrdne elektrivälja kahe punkti potentsiaalide vahega. Elektritakistuse pöördväärtus on elektrijuhtivus.
Elektrijuhtivus	G	siimens	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ A}/1 \text{ V} = 1/\Omega$	
Eritakistus	ρ	oom x meeter	$\Omega \cdot \text{m}$	$10^{-6} \Omega \cdot \text{m} = 1 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\rho = \frac{1}{\sigma}, \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Juhtivus	γ, κ	siimens meetri kohta	S/m		$\kappa = \frac{1}{\rho}, \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
Sagedus	f	herts	Hz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$ $1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$	Avaliku elektrivõrgu sagedus: EU 50 Hz, USA/Kanada 60 Hz.
Elektrienergia	W	džaul	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ MJ}$ $1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ kJ}$	Aatomi- ja tuumafüüsikas kasutatakse ühikut eV (elektronvolt).
Faasi nihe	φ	-	-	vahelduvvoolu korral: $\cos\varphi = \frac{P}{U \cdot I}$	Nurk pinge ja voolu vahel induktiiv- või mahtavusliku koormuse korral.
Elektrivälja tugevus	E	volt meetri kohta	V/m		
Elektrilaeng	Q	kulon	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}; 1 \text{ A} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ kC}$	$E = \frac{F}{Q}, C = \frac{Q}{U}, Q = I \cdot t$
Elektrimahtuvus	C	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C}/\text{V}$	
Induktiivsus	L	henri	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}/\text{A}$	
Võimsus	P	vatt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{s} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$	Elektrotehnikas: näivvõimsus $S, V \cdot A$.
Aktiivvõimsus					
Termodünaamika ja soojusülekanne					
Suurus	Tähis	Ühik Nimetus	Tähis	Seosed	Märkused Kasutusnäited
Absoluutne temperatuur	T, Θ	kelvin	K	$0 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$	Kelvin (K) ja Celsiuse kraad ($^\circ\text{C}$) on kasutusel temperatuuri ja temperatuuri erinevuste esitamisel.
Celsiuse temperatuur	t, ϑ	Celsiuse kraad	$^\circ\text{C}$	$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$ $0 \text{ }^\circ\text{C} = 32 \text{ }^\circ\text{F}$ $0 \text{ }^\circ\text{F} = -17.77 \text{ }^\circ\text{C}$	$t = T - T_0; T_0 = 273.15 \text{ K}$ Fahrenheiti kraad ($^\circ\text{F}$): lk 51.
Soojushulk	Q	džaul	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3600000 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$	$1 \text{ kcal} \triangleq 4.1868 \text{ kJ}$
Netokütteväärtus	H_u	džaul kilogrammi kohta džaul kuupmeetri kohta	J/kg J/m ³	$1 \text{ MJ}/\text{kg} = 1000000 \text{ J}/\text{kg}$ $1 \text{ MJ}/\text{m}^3 = 1000000 \text{ J}/\text{m}^3$	1 kg (või 1 m^3) kütusest vabanev soojusenergia miinus põlemisgaasides sisalduva veeauru aurustussoojus.
SI-süsteemi mittekuuluvad ühikud					
Pikkus	Pindala	Ruumala	Mass	Energia, võimsus	
1 toll (in) = 25.4 mm	1 ruutoll = 6.452 cm ²	1 kuuptoll = 16.39 cm ³	1 unts = 28.35 g	1 PSh = 0.735 kWh	
1 jalg (ft) = 0.3048 m	1 ruutjalg = 9.29 dm ²	1 kuupjalg = 28.32 dm ³	1 nael = 453.6 g	1 PS = 0.7355 kW	
1 jard (yd) = 0.9144 m	1 ruutjard = 0.8361 m ²	1 kuupjard = 764.6 dm ³	1 tonn = 1000 kg	1 kcal = 4186.8 Ws	
1 mere-meil = 1.852 km	1 aaker = 4046.856 m ²	1 US gallon = 3.785 l	1 lühike tonn = 907.2 kg	1 kcal = 1.166 Wh	
1 miil = 1.6093 km	Rõhk, jõud	1 UK gallon = 4.546 l	1 karaat = 0.2 g	1 kpm/s = 9.807 W	
	1 bar = 14.5 psi	1 barrel = 158.8 l	1 nael kuuptolli kohta = 27.68 g/cm ³	1 Btu = 1055 Ws	
	1 N/mm ² = 145.038 psi			1 hp = 745.7 W	



Suuruste tähised, matemaatilised sümbolid

Valemite sümbolid						DIN 1304-1 (1994-03)
Tähis valemis	Tähendus	Tähis valemis	Tähendus	Tähis valemis	Tähendus	
Pikkus, pindala, ruumala, nurk						
l	Pikkus	r, R	Raadius	α, β, γ	Tasanurk	
b	Laius	d, D	Läbimõõt	Ω	Ruuminurk	
h	Kõrgus	A, S	Pindala, ristloikepindala	λ	Lainepikkus	
s	Joonkaugus	V	Ruumala			
Mehaanka						
m	Mass	F	Jõud	G	Nihkemoodul	
m'	Massi joontihedus	F_{Wr}, W	Raskusjõud, kaal	μ, f	Hõõrdetegur	
m''	Massi pindtihedus	T	Pöördemoment	W	Tugevusmoment	
ρ	Tihedus	M_{tr}, T	Väändemoment	I	Pinna inertsimoment	
J	Inertsimoment	M_b	Paindemoment	W, E	Töö, energia	
p	Rõhk	σ	Normaalpinge	W_p, E_p	Potentsiaalne energia	
p_{abs}	Absoluutrõhk	τ	Nihkepinge	W_v, E_k	Kineetiline energia	
p_{amb}	Keskonnarõhk	ε	Suhteline deformatsioon	P	Võimsus	
p_g	Ülerõhk	E	Elastusmoodul	η	Kasutegur	
Aeg						
t	Aeg, kestus	f, v	Sagedus	a	Kiirendus	
T	Tsükli kestus, periood	v, u	Kiirus	g	Kohalik raskuskiirendus	
n	Pöörlemissagedus, pöörlemiskiirus	ω	Nurkkiirus	α	Nurkkiirendus	
				Q, \dot{V}, q_v	Vooluhulk, voolukiirus	
Elekter						
Q	Elektrilaeng, elektrihulk	L	Induktiivsus	X	Reaktiivtakistus	
U	Elektrimotoorjõud	R	Elektritakistus	Z	Näivtakistus	
C	Elektrimahtuvus	ϱ	Eritakistus	φ	Faasiinihe	
I	Elektrivoolu tugevus	γ, \varkappa	Elektrijuhtivus	N	Mähise keerdude arv	
Soojus						
T, Θ	Absoluutne temperatuur	Q	Soojus, soojushulk	Φ, \dot{Q}	Soojusvoog	
$\Delta T, \Delta t, \Delta \theta$	Temperatuurierinevus	λ	Soojusjuhtivustegur	a	Diffusioonitegur	
t, θ	Temperatuur Celsiuse kraadides	α	Soojuspaisumistegur	c	Erisoojus	
α_r, α	Joonpaisumistegur	k	Soojusülekanetegur	H_{net}	Netokütteväärtus	
Valgus, elektromagnetiline kiirgus						
E_v	Valgustihedus	f	Fookuskaugus	I_e	Valgustugevus	
		n	Murdumisnäitaja	Q_e, W	Kiirgusenergia	
Akustika						
p	Helirõhk	L_p	Helirõhu tase	N	Helitugevus	
c	Helikiirus	I	Heli intensiivsus	L_N	Helivaljus	
Matemaatilised sümbolid						DIN 1302 (1999-12)
Matem. sümbol	Tähendus	Matem. sümbol	Tähendus	Matem. sümbol	Tähendus	
\approx	ligikaudu võrdne	\sim	võrdeline	\log	logaritm (üldine)	
\triangleq	on vastavuses	a^x	a astmel x , a x -is aste	\lg	kümnendlogaritm	
\dots	ja nii edasi	$\sqrt{\quad}$	ruutjuur	\ln	naturaallogaritm	
∞	lõpmatus	$\sqrt[n]{\quad}$	n -is juur	e	arv e ($e = 2.718281\dots$)	
$=$	võrdne	$|x|$	x -i absoluutväärtus	\sin	siinus	
\neq	mittevõrdne	\perp	risti	\cos	koosinus	
$\stackrel{\text{def}}{=}$	definiitsioonikohaselt võrdne	\parallel	paralleelne	\tan	tangens	
$<$	väiksem kui	$\uparrow\uparrow$	samasuunaliselt paralleelne	\cot	kootangens	
\leq	väiksem või võrdne kui	\uparrow	vastassuunaliselt paralleelne	$() , [] , \{ \}$	sulud, nii avatud, kui suletud	
$>$	suurem kui	\sphericalangle	nurk	π	arv pii ($\pi = 3.14159 \dots$)	
\geq	suurem või võrdne kui	\triangle	kolmnurk			
$+$	pluss, liitmine	\cong	kongruents, ühilduvus			
$-$	mõnus, lahutamise korda, korrutamise	Δx	delta x (kahe x -i väärtuse erinevus)	\overline{AB}	sirgloik AB	
\cdot	murd, suhe, jagatis, jagamine	$\%$	protsent, sajandik	\overline{AB}	kaar AB	
$-, /, \div$		$\%$	promill, tuhandik	a', a''	a primm, a sekund	
Σ	sigma (summa)	$\%$		a_1, a_2	a indeksiga 1, a indeksiga 2	

Valemid, võrrandid, graafikud

Valemid

Enamikul juhtudel toimub füüsikaliste suuruste arvutus valemite abil, mis sisaldavad:

- valemisümboleid, nt. löikekiirust v_c , läbimõõtu d , pöörlemissagedust n ;
- operaatoreid (arvutusreegleid), nt. korrutamiseks \cdot , liitmiseks $+$, lahutamiseks $-$ ja jagamiseks $—$ (murdjoon);
- konstante, nt. π (pii) = 3.14159 ...;
- numbreid, nt. 10, 15

Valemisümbolid (lk 13) on suuruste metamärgid. Lahendades matemaatilisi probleeme pannakse valemisse tuntud suuruste väärtused koos ühikuga. Arvutusprotsessi käigus või varem teisendatakse ühikud sobivaks, et:

- arvutus oleks sisult asjakohane ja teostatav või
- tulemuse saamiseks nõutavates mõõtühikutes.

Enamik suurusi ja mõõtühikuid on standarditud (lk 10).

Tulemus on alati **arvuline väärtus** vastava **mõõtühikuga**, nt. 4.5 m, 15 s.

Näide:

Kui suur on löikekiirus v_c , m/min, kui $d = 200$ mm ja $n = 630$ /min?

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n = \pi \cdot 200 \text{ mm} \cdot 630 \frac{1}{\text{min}} = \pi \cdot 200 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \cdot 630 \frac{1}{\text{min}} = 395.84 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Segaühikutega võrrandid

Segaühikutega võrrandid on valemid, millesse tavapraktikas levinud mõõtühikute teisen-dused on sisse viidud. Segaühikutega võrrandite kasutamisel tuleb arvestada, et:

- suuruste numbrilisi väärtusi tohib kasutada vaid koos määratud mõõtühikuga;
- arvutuse käigus mõõtühikud üle ei kandu;
- saadava suuruse mõõtühik on ette määratud.

Näide:

Kui suur on elektrimootori pöördemoment T , kui selle võimsus on $P = 15$ kW pöörlemissagedusel $n = 750$ /min?

$$T = \frac{9550 \cdot P}{n} = \frac{9550 \cdot 15}{750} \text{ N} \cdot \text{m} = 191 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Löikekiiruse valem

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n$$

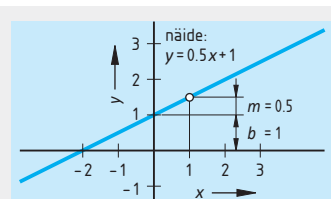
Pöördemomendi segaühikutega valem

$$T = \frac{9550 \cdot P}{n}$$

Määratud ühikud	
Suurus	Ühik
T Moment	$\text{N} \cdot \text{m}$
P Võimsus	kW
n Pöör.-sag.	1/min

Võrrandid ja graafikud

Funktsionaalvõrrandis on y funktsioon x -st, milles x on sõltumatu ja y on sõltuv suurus. Tabelis toodud numbripaardid (x, y) moodustavad graafiku x - y koordinaatide süsteemis.



1. näide:

$$y = 0.5x + 1$$

x	-2	0	2	3
y	0	1	2	2.5

2. näide:

Omahinna ja müügitulu funktsioon

$$C_t = 60 \text{ €/tk} \cdot Q + 200000 \text{ €}$$

$$R = 110 \text{ €/tk} \cdot Q$$

Q	0	4000	6000
C_t	200000	440000	560000
R	0	440000	660000

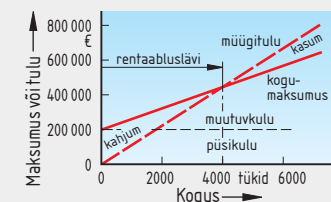
C_t kogumaksumus \rightarrow sõltuv muutuja

Q kogus \rightarrow sõltumatu muutuja

C_t püsikulu \rightarrow y -teljel

C_v muutuvkulu \rightarrow funktsiooni muut

R müügitulu \rightarrow sõltuv muutuja



Funktsioon

$$y = f(x)$$

Linearfunktsioon

$$y = m \cdot x + b$$

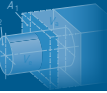
Näited:

Kogumaksumuse funktsioon

$$C_t = C_v \cdot Q + C_t$$

Müügitulu funktsioon

$$R = R/\text{tk} \cdot Q$$



Valemite teisendamine

Valemite teisendamine

Valemid ja segaühikutega võrrandid teisendatakse nii, et arvutatav suurus paikneb üksi võrrandi vasakul poolel. Valemi vasak ega parem pool ei tohi muutuda teisendamise käigus. Põhireegel valemi teisendamisel on:

$$\boxed{\text{Valemi vasakul poolel tehtud muutused}} = \boxed{\text{Valemi paremal poolel tehtud muutused}}$$

Et teisendamise iga samm oleks jälgitav, on kasulik see märkida valemist paremal:

| $\cdot t$ → valemi mõlemad pooled on korrutatud suurusega t .

| $: F$ → valemi mõlemad pooled on jagatud suurusega F .

Valem

$$P = \frac{F \cdot s}{t}$$

valemi vasak pool = valemi parem pool

Summa teisendamine

Näide: Valem $L = l_1 + l_2$, teisendamine l_2 avaldamiseks.

1	$L = l_1 + l_2$	| $-l_1$	lahuta l_1	3	$L - l_1 = l_2$	vaheta pooled
2	$L - l_1 = l_1 + l_2 - l_1$		lahuta	4	$l_2 = L - l_1$	teisendatud valem

Korrutise teisendamine

Näide: Valem $A = l \cdot b$, teisendamine l -i avaldamiseks

1	$A = l \cdot b$	| $: b$	jaga b -ga	3	$\frac{A}{b} = l$	vaheta pooled
2	$\frac{A}{b} = \frac{l \cdot b}{b}$		taanda b	4	$l = \frac{A}{b}$	teisendatud valem

Murru teisendamine

Näide: Valem $n = \frac{l}{l_1 + s}$, teisendamine s -i avaldamiseks

1	$n = \frac{l}{l_1 + s}$	| $\cdot (l_1 + s)$	korruta $(l_1 + s)$ -ga	4	$n \cdot l_1 - n \cdot l_1 + n \cdot s = l - n \cdot l_1$	| $: n$ lahuta jaga n -ga
2	$n \cdot (l_1 + s) = \frac{l \cdot (l_1 + s)}{(l_1 + s)}$		taanda valemi parem pool ava valemi vasaku poole sulud	5	$\frac{s \cdot n}{n} = \frac{l - n \cdot l_1}{n}$	taanda n
3	$n \cdot l_1 + n \cdot s = l$	| $- n \cdot l_1$	lahuta $- n \cdot l_1$	6	$s = \frac{l - n \cdot l_1}{n}$	teisendatud valem

Juure teisendamine

Näide: Valem $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, teisendamine a avaldamiseks

1	$c = \sqrt{a^2 + b^2}$	| $( )^2$	võta valem ruutu	4	$a^2 = c^2 - b^2$	| $\sqrt{\quad}$ juuri võrrand
2	$c^2 = a^2 + b^2$	| $- b^2$	lahuta b^2	5	$\sqrt{a^2} = \sqrt{c^2 - b^2}$	lihtsusta avaldist
3	$c^2 - b^2 = a^2 + b^2 - b^2$		lahuta, vaheta pooled	6	$a = \sqrt{c^2 - b^2}$	teisendatud valem

Suuruse väärtuse esitamine

Arvväärtused ja mõõtühikud

Füüsikaline suurus

10 mm

Arvväärtus Ühikväärtus

Füüsikalised suurused, nt. 125 mm, koosneb:

- **arvväärtusest**, mis on saadud mõõtmise või arvutuse teel ja
- **ühikust**, nt. m, kg.

Mõõtühikud on standarditud vastavalt DIN 1301-1 (lk 10).

Väga suured ja väga väikesed arvväärtused esitatakse lihtsamal viisil kümnendkordse-
na või eesliidete abil, nt 0.004 mm = 4 µm.

Kümnendkordsed mõõtühikud

DIN 1301-2 (1978-02)

Eesliide		Kümnend- aste	Matemaatiline täendus	Näited
Tähis	Nimetus			
T	tera	10 ¹²	triljon	1200000000000 N = 12 · 10 ¹² N = 12 TN (teranjuutonit)
G	giga	10 ⁹	miljard	45000000000 W = 45 · 10 ⁹ W = 45 GW (gigavatti)
M	mega	10 ⁶	miljon	8500000 V = 8.5 · 10 ⁶ V = 8.5 MV (megavolti)
k	kilo	10 ³	tuhat	12600 W = 12.6 · 10 ³ W = 12.6 kW (kilovatti)
h	hekto	10 ²	sada	500 l = 5 · 10 ² l = 5 hl (hektoliitrit)
da	deka	10 ¹	kümme	32 m = 3.2 · 10 ¹ m = 3.2 dam (dekameetrit)
-	-	10 ⁰	üks	1.5 m = 1.5 · 10 ⁰ m
d	detsi	10 ⁻¹	kümnendik	0.5 l = 5 · 10 ⁻¹ l = 5 dl (detsiliitrit)
c	senti	10 ⁻²	sajandik	0.25 m = 25 · 10 ⁻² m = 25 cm (sentimeetrit)
m	milli	10 ⁻³	tuhandik	0.375 A = 375 · 10 ⁻³ A = 375 mA (milliamprit)
µ	mikro	10 ⁻⁶	miljondik	0.000052 m = 52 · 10 ⁻⁶ m = 52 µm (mikromeetrit)
n	nano	10 ⁻⁹	miljardik	0.000000075 m = 75 · 10 ⁻⁹ m = 75 nm (nanomeetrit)
p	piko	10 ⁻¹²	triljondik	0.000000000006 F = 6 · 10 ⁻¹² F = 6 pF (pikofaradit)

Mõõtühikute teisendus

Arvutused füüsikaliste suurustega on võimalikud vaid siis, kui ühikud on samad. Matemaatilisi ülesandeid lahendades tuleb ühikud sageli taandada põhiühikuteks, nt mm m-ks, h s-ks, mm² m²-ks. Seda tehakse teisendustegurite abil, mille väärtuseks on 1.

Mõõtühikute teisendustegureid

Suurus	Teisendustegur, nt	Suurus	Teisendustegur, nt
Pikkus	$1 = \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}}$	Aeg	$1 = \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$
Pindala	$1 = \frac{100 \text{ mm}^2}{1 \text{ cm}^2} = \frac{100 \text{ cm}^2}{1 \text{ dm}^2} = \frac{1 \text{ cm}^2}{100 \text{ mm}^2} = \frac{1 \text{ dm}^2}{100 \text{ cm}^2}$	Nurk	$1 = \frac{60'}{1^\circ} = \frac{60''}{1'} = \frac{3600''}{1^\circ} = \frac{1^\circ}{60''}$
Ruumala	$1 = \frac{1000 \text{ mm}^3}{1 \text{ cm}^3} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} = \frac{1 \text{ cm}^3}{1000 \text{ mm}^3} = \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$	Toll	1 toll = 25.4 mm; 1 mm = $\frac{1}{25.4}$ tolli

1. näide:

Teisenda ruumala $V = 3416 \text{ mm}^3$ ühikuteks cm^3 .

Ruumala V korrutatakse teisendusteguriga, mille lugeja ühikuks on cm^3 ja nimetaja ühikuks on mm^3 .

$$V = 3416 \text{ mm}^3 = \frac{1 \text{ cm}^3 \cdot 3416 \text{ mm}^3}{1000 \text{ mm}^3} = \frac{3416 \text{ cm}^3}{1000} = 3.416 \text{ cm}^3$$

2. näide:

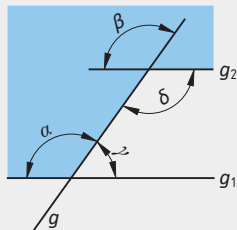
Väljendada nurk $\alpha = 42^\circ 16'$ kraadides ($^\circ$).

Nurga osa $16'$ tuleb teisendada kraadideks ($^\circ$). See väärtus tuleb korrutada teisendusteguriga, mille lugeja mõõtühikuks on kraad ($^\circ$) ja nimetaja mõõtühikuks on minut ($'$).

$$\alpha = 42^\circ + 16' \cdot \frac{1^\circ}{60} = 42^\circ + \frac{16 \cdot 1^\circ}{60} = 42^\circ + 0.267^\circ = 42.267^\circ$$

Nurkade liigid, lõikuvate sirgete teoreem. Kolmnurga nurgad, Pythagorase teoreem

Nurkade liigid



- g sirgjoon
- g_1, g_2 paralleelsed sirgjooned
- α, β kaasnurgad
- β, δ vastasnurgad
- α, δ põiknurgad
- α, γ lähisnurgad

Kui kahte paralleelsirgjoont lõigata sirgjoonega, kehtivad geomeetriselised seosed tekkivate nurkade vahel.

Kaasnurgad

$$\alpha = \beta$$

Vastasnurgad

$$\beta = \delta$$

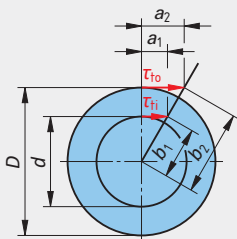
Põiknurgad

Lähisnurgad

$$\alpha + \gamma = 180^\circ$$

Lõikuvate sirgete teoreem

- τ_{to} välimine väändepinge
- τ_{ti} sisemine väändepinge



Kui kahte lõikuvat sirget lõigata kahe paralleelse sirgega, siis tekkivate lõikude pikkuste suhted on võrdsed.

$$\begin{aligned} D &= 40 \text{ mm}, d = 30 \text{ mm}, \\ \tau_{to} &= 135 \text{ N/mm}^2; \tau_{ti} = ? \\ \tau_{ti} &= \frac{d}{D} \Rightarrow \tau_{ti} = \frac{\tau_{to} \cdot d}{D} \\ &= \frac{135 \text{ N/mm}^2 \cdot 30 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 101.25 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

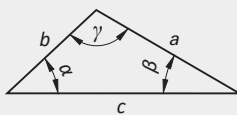
Lõikuvate sirgete teoreem

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{d}{D}$$

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2}$$

$$\frac{b_1}{d} = \frac{b_2}{D}$$

Kolmnurga sisenurkade summa



- a, b, c kolmnurga küljed
- α, β, γ kolmnurga sisenurgad

Näide:

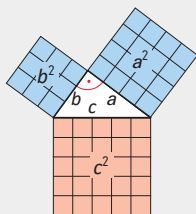
$$\begin{aligned} \alpha &= 21^\circ, \beta = 95^\circ, \gamma = ? \\ \gamma &= 180^\circ - \alpha - \beta = 180^\circ - 21^\circ - 95^\circ = 64^\circ \end{aligned}$$

Nurkade summa kolmnurgas

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

Iga kolmnurga sisenurkade summa on 180° .

Pythagorase teoreem



Täisnurkse kolmnurga hüpotenuusi ruut võrdub ristuvate külgede (kaatete) ruutude summaga.

- a kaatet
- b kaatet
- c hüpotenuus

1. näide:

$$\begin{aligned} c &= 35 \text{ mm}; a = 21 \text{ mm}; b = ? \\ b &= \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(35 \text{ mm})^2 - (21 \text{ mm})^2} = 28 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. näide:

$$\begin{aligned} &\text{Arvjuhtimisprogrammis (CNC programm) } R = 50 \text{ mm} \\ &\text{ja } l = 25 \text{ mm. } K = ? \\ c^2 &= a^2 + b^2 \\ R^2 &= l^2 + K^2 \\ K &= \sqrt{R^2 - l^2} = \sqrt{50^2 \text{ mm}^2 - 25^2 \text{ mm}^2} \\ K &= 43.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hüpotenuusi ruut

$$c^2 = a^2 + b^2$$

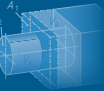
Hüpotenuusi pikkus

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Kaatete pikkused

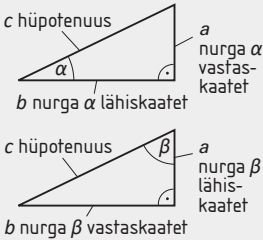
$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$



Funktsioonid kolmnurkades

Täisnurkse kolmnurga trigonomeetria



c hüpotenuus (pikim külg)
 a, b küljed:
 - b on α lähiskaatet
 - a on α vastaskaatet

α, β, γ kolmnurga sisenurgad, $\gamma = 90^\circ$
 \sin siinuse tähis
 \cos koosinuse tähis
 \tan tangensi tähis
 $\sin \alpha$ nurga α siinus

Trigonomeetriselised funktsioonid

siinus	=	$\frac{\text{vastaskaatet}}{\text{hüpotenuus}}$
koosinus	=	$\frac{\text{lähiskaatet}}{\text{hüpotenuus}}$
tangens	=	$\frac{\text{vastaskaatet}}{\text{lähiskaatet}}$
kootangens	=	$\frac{\text{lähiskaatet}}{\text{vastaskaatet}}$

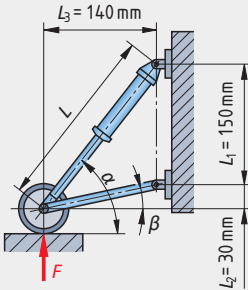
Nurga α seosed:

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad \cos \alpha = \frac{b}{c} \quad \tan \alpha = \frac{a}{b}$$

Nurga β seosed:

$$\sin \beta = \frac{b}{c} \quad \cos \beta = \frac{a}{c} \quad \tan \beta = \frac{b}{a}$$

Nurga arvutus kraadides ($^\circ$) või radiaanides (rad) tehakse trigonomeetriseliste pöördfunktsioonide abil, nt. arcsin.



1. näide:

$L_1 = 150 \text{ mm}, L_2 = 30 \text{ mm}, L_3 = 140 \text{ mm};$
 nurk $\alpha = ?$

$$\tan \alpha = \frac{L_1 + L_2}{L_3} = \frac{180 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} = 1.286$$

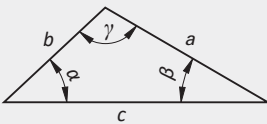
Nurk $\alpha = 52^\circ$

2. näide:

$L_1 = 150 \text{ mm}, L_2 = 30 \text{ mm}, \alpha = 52^\circ;$
 Löögisummuti pikkus $L = ?$

$$L = \frac{L_1 + L_2}{\sin \alpha} = \frac{180 \text{ mm}}{\sin 52^\circ} = 228.42 \text{ mm}$$

Kaldnurkse kolmnurga trigonomeetria (siinuslause, koosinuslause)



Siinuslause sätestab, et kolmnurga külgede pikkuste suhted vastavad vastasnurkade siinuste suhetele. Kui üks külg ja kaks nurka on teada, saab ülejäänud väärtused arvutada selle funktsiooni abil.

Külg $a \rightarrow$ vastasnurk α
 Külg $b \rightarrow$ vastasnurk β
 Külg $c \rightarrow$ vastasnurk γ

Näide:

$F = 800 \text{ N}, \alpha = 40^\circ, \beta = 38^\circ; F_2 = ?, F_d = ?$

Jõud arvutatakse jõudiagrammist lähivalt.

$$\frac{F}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} \Rightarrow F_2 = \frac{F \cdot \sin \beta}{\sin \alpha}$$

$$F_2 = \frac{800 \text{ N} \cdot \sin 38^\circ}{\sin 40^\circ} = 766.24 \text{ N}$$

$$\frac{F}{\sin \alpha} = \frac{F_d}{\sin \gamma} \Rightarrow F_d = \frac{F \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha}$$

$$F_d = \frac{800 \text{ N} \cdot \sin 102^\circ}{\sin 40^\circ} = 1217.38 \text{ N}$$

Nurga arvutus kraadides ($^\circ$) või radiaanides (rad) tehakse trigonomeetriseliste pöördfunktsioonide abil, nt. arccos.

Siinuslause
$a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$
$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$

Võimalikke teisendusi:

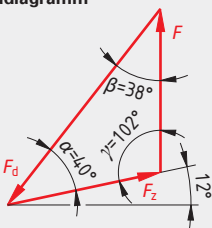
$a = \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$
$b = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{c \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$
$c = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{b \cdot \sin \gamma}{\sin \beta}$

Koosinuslause
$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$
$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \beta$
$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma$

Teisenduse näide

$$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c}$$

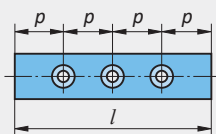
Jõudiagramm



Osade pikkused. Kaare pikkus, liitpikkus

Osade pikkused

Kaugus otsast = samm


 l kogupikkus n avade arv
 p samm

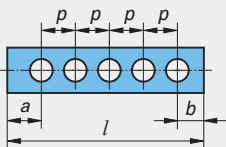
Näide:

$$l = 2 \text{ m}; n = 24 \text{ ava}; p = ?$$

$$p = \frac{l}{n+1} = \frac{2000 \text{ mm}}{24+1} = 80 \text{ mm}$$

Samm

$$p = \frac{l}{n+1}$$

Kaugus otsast \neq samm
 l kogupikkus n avade arv
 p samm a, b kaugused otstest

Näide:

$$l = 1950 \text{ mm}; a = 100 \text{ mm}; b = 50 \text{ mm};$$

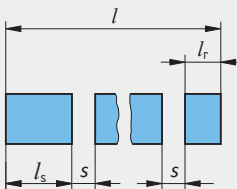
$$n = 25 \text{ ava}; p = ?$$

$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1} = \frac{1950 \text{ mm} - 150 \text{ mm}}{25 - 1} = 75 \text{ mm}$$

Samm

$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1}$$

Jaotamine osadeks


 l varda pikkus s saetee laius
 z osade arv l_r jääpikkus
 l_s osa pikkus

Näide:

$$l = 6 \text{ m}; l_s = 230 \text{ mm}; s = 1.2 \text{ mm}; z = ?; l_r = ?$$

$$z = \frac{l}{l_s + s} = \frac{6000 \text{ mm}}{230 \text{ mm} + 1.2 \text{ mm}} = 25.95 = 25 \text{ osa}$$

$$l_r = l - z \cdot (l_s + s) = 6000 \text{ mm} - 25 \cdot (230 \text{ mm} + 1.2 \text{ mm}) = 220 \text{ mm}$$

Osade arv

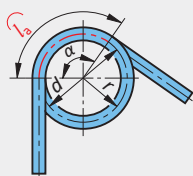
$$z = \frac{l}{l_s + s}$$

Jääpikkus

$$l_r = l - z \cdot (l_s + s)$$

Kaare pikkus

Näide: Väändevedru


 l_a kaare pikkus α kesknurk
 r raadius d läbimõõt

Näide:

$$r = 36 \text{ mm}; \alpha = 120^\circ; l_a = ?$$

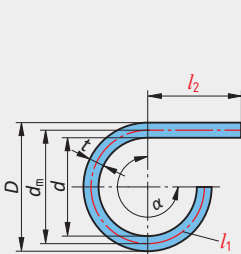
$$l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 36 \text{ mm} \cdot 120^\circ}{180^\circ} = 75.36 \text{ mm}$$

Kaare pikkus

$$l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$$

$$l_a = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$$

Liitpikkus


 D välisläbimõõt d siseläbimõõt
 d_m keskjäbimõõt t paksus
 l_1, l_2 osade pikkused L liitpikkus
 α kesknurk

Näide:

$$D = 360 \text{ mm}; t = 5 \text{ mm}; \alpha = 270^\circ; l_2 = 70 \text{ mm};$$

$$d_m = ?; L = ?$$

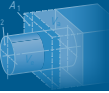
$$d_m = D - t = 360 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 355 \text{ mm}$$

$$L = l_1 + l_2 = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} + l_2$$

$$= \frac{\pi \cdot 355 \text{ mm} \cdot 270^\circ}{360^\circ} + 70 \text{ mm} = 906.45 \text{ mm}$$

Liitpikkus

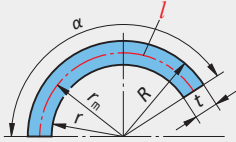
$$L = l_1 + l_2 + \dots$$



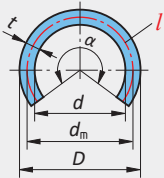
Sirgikkus. Vedru traadi pikkus. Tooriku pikkus

Sirgikkus

Raadiusega määratud rõnga sektor



Läbimõõduga määratud rõnga sektor



R välisraadius
 r siseraadius
 r_m keskraadius
 l sirgikkus
 t paksus
 D välisläbimõõt
 d siseläbimõõt
 d_m keskjäbimõõt
 α kesknurk

Sirgikkus, kui $\alpha < 180^\circ$

$$l = \frac{\pi \cdot r_m \cdot \alpha}{180^\circ}$$

Sirgikkus, kui $\alpha > 180^\circ$

$$l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$$

Keskraadius r_m

$$r_m = R - \frac{t}{2}$$

$$r_m = r + \frac{t}{2}$$

Keskjäbimõõt

$$d_m = D - t$$

$$d_m = d + t$$

Näide:

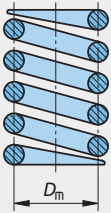
$$D = 36 \text{ mm}; t = 4 \text{ mm}; \alpha = 240^\circ; d_m = ?; l = ?$$

$$d_m = D - t = 36 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 32 \text{ mm}$$

$$l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{\pi \cdot 32 \text{ mm} \cdot 240^\circ}{360^\circ} = 67.02 \text{ mm}$$

Vedru traadi pikkus

Näide: Survevedru



l vedru traadi pikkus
 D_m vedru keskjäbimõõt
 i vedru töökeerdude arv

Näide:

$$D_m = 16 \text{ mm}; i = 8.5; l = ?$$

$$l = \pi \cdot D_m \cdot i + 2 \cdot \pi \cdot D_m \\ = \pi \cdot 16 \text{ mm} \cdot 8.5 + 2 \cdot \pi \cdot 16 \text{ mm} = 528 \text{ mm}$$

Vedru traadi pikkus

$$l = \pi \cdot D_m \cdot i + 2 \cdot \pi \cdot D_m$$

$$l = \pi \cdot D_m \cdot (i + 2)$$

Sepistatud ja pressitud toote tooriku pikkus

Kui survetöötlemisel ei teki tagi ega mahumuutust, on tooriku ruumala samasugune kui valmistootele. Kui töötlemisel tekib tagi või kraadid, võetakse seda arvesse kompenseeriva teguriga, mis lisab valmistoote ruumalale vastava osa.

V_a tooriku ruumala
 V_e valmistoote ruumala
 q tagi või kraatide teket arvestav lisategur
 A_1 tooriku ristlõikepindala
 A_2 valmistoote ristlõikepindala
 l_1 lisanduse lähtepikkus
 l_2 sepistatava detaili pikkus

Näide:

Risttahukakujulisest toorikust ristlõikega (50 x 30) mm pressitakse silindriline sõrm, mille $d = 24$ mm, $l_2 = 60$ mm. Kadu tagi tekkimisest on 10%. Kui suur peab olema tooriku lisanduse lähtepikkus l_1 ?

$$V_a = V_e \cdot (1 + q)$$

$$A_1 \cdot l_1 = A_2 \cdot l_2 \cdot (1 + q)$$

$$l_1 = \frac{A_2 \cdot l_2 \cdot (1 + q)}{A_1} =$$

$$= \frac{\pi \cdot (24 \text{ mm})^2 \cdot 60 \text{ mm} \cdot (1 + 0.1)}{4 \cdot 50 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}} = 20 \text{ mm}$$

Ruumala ilma tagikaota

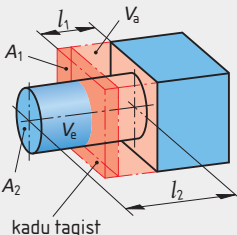
$$V_a = V_e$$

Ruumala koos tagikaoga

$$V_a = V_e + q \cdot V_e$$

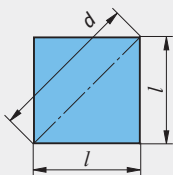
$$V_a = V_e \cdot (1 + q)$$

$$A_1 \cdot l_1 = A_2 \cdot l_2 \cdot (1 + q)$$



Nurkkujundi pindala

Ruut



A pindala d diagonaali pikkus
 l külje pikkus

Näide:

$$l = 14 \text{ mm}; A = ?; d = ?$$

$$A = l^2 = (14 \text{ mm})^2 = 196 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{2} \cdot l = \sqrt{2} \cdot 14 \text{ mm} = 19.8 \text{ mm}$$

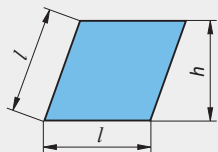
Pindala

$$A = l^2$$

Diagonaali pikkus

$$d = \sqrt{2} \cdot l$$

Romb



A pindala h kõrgus
 l külje pikkus

Näide:

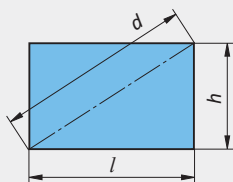
$$l = 9 \text{ mm}; h = 8.5 \text{ mm}; A = ?$$

$$A = l \cdot h = 9 \text{ mm} \cdot 8.5 \text{ mm} = 76.5 \text{ mm}^2$$

Pindala

$$A = l \cdot h$$

Ristkülik



A pindala h kõrgus
 l külje pikkus d diagonaali pikkus

Näide:

$$l = 12 \text{ mm}; h = 11 \text{ mm}; A = ?; d = ?$$

$$A = l \cdot h = 12 \text{ mm} \cdot 11 \text{ mm} = 132 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{(12 \text{ mm})^2 + (11 \text{ mm})^2} = \sqrt{265} \text{ mm} = 16.28 \text{ mm}$$

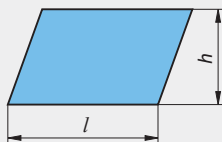
Pindala

$$A = l \cdot h$$

Diagonaali pikkus

$$d = \sqrt{l^2 + h^2}$$

Rööpkülik (parallelogramm)



A pindala h kõrgus
 l külje pikkus

Näide:

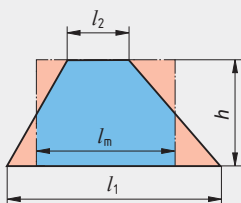
$$l = 36 \text{ mm}; h = 15 \text{ mm}; A = ?$$

$$A = l \cdot h = 36 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} = 540 \text{ mm}^2$$

Pindala

$$A = l \cdot h$$

Trapets



A pindala l_m keskpikkus
 l_1 pikem alus h kõrgus
 l_2 lühem alus

Näide:

$$l_1 = 23 \text{ mm}; l_2 = 20 \text{ mm}; h = 17 \text{ mm}; A = ?$$

$$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot h = \frac{23 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}{2} \cdot 17 \text{ mm} = 365.5 \text{ mm}^2$$

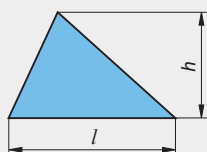
Pindala

$$A = l_m \cdot h$$

Keskpikkus

$$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

Kolmnurk



A pindala h kõrgus
 l alus

Näide:

$$l = 62 \text{ mm}; h = 29 \text{ mm}; A = ?$$

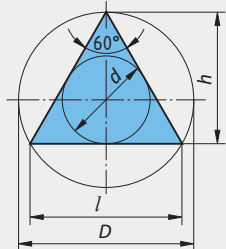
$$A = \frac{l \cdot h}{2} = \frac{62 \text{ mm} \cdot 29 \text{ mm}}{2} = 899 \text{ mm}^2$$

Pindala

$$A = \frac{l \cdot h}{2}$$

Kolmnurk, hulknurk, ring

Võrdkülgne kolmnurk



A pindala
 d siseringjoone läbimõõt
 l külje pikkus
 h kõrgus
 D ümberringjoone läbimõõt

Ümberringjoone läbimõõt

$$D = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot l = 2 \cdot d$$

Pindala

$$A = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot l^2$$

Näide:

$$l = 42 \text{ mm}; A = ?$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot l^2 = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot (42 \text{ mm})^2 = 763.9 \text{ mm}^2$$

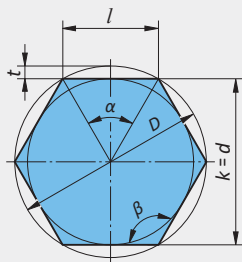
Siseringjoone läbimõõt

$$d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot l = \frac{D}{2}$$

Kolmnurga kõrgus

$$h = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} \cdot l$$

Korrapärane hulknurk



A pindala
 l külje pikkus
 D ümberringjoone läbimõõt
 d siseringjoone läbimõõt
 n tippude arv
 α kesknurk
 β tipunurk
 k külgede vahekaugus
 t freesimissügavus

Siseringjoone läbimõõt

$$d = \sqrt{D^2 - l^2}$$

Pindala

$$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$$

Ümberringjoone läbimõõt

$$D = \sqrt{d^2 + l^2}$$

Külje pikkus

$$l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$$

Näide:

Kuusnurk, mille $D = 80 \text{ mm}$; $l = ?$; $d = ?$; $A = ?$

$$l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right) = 80 \text{ mm} \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{6}\right) = 40 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt{D^2 - l^2} = \sqrt{6400 \text{ mm}^2 - 1600 \text{ mm}^2} = 69.282 \text{ mm}$$

$$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4} = \frac{6 \cdot 40 \text{ mm} \cdot 69.282 \text{ mm}}{4} = 4156.92 \text{ mm}^2$$

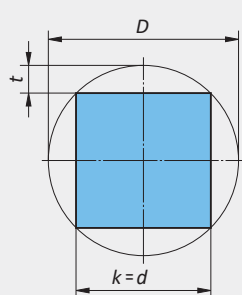
Kesknurk

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

Tipunurk

$$\beta = 180^\circ - \alpha$$

Külgede vahekaugus k , ümberringjoone läbimõõt D , pindala A ja freesimissügavus t



Ruut	Kuusnurk	Kaheksanurk	Kaksteistnurk
$D = \frac{k}{\cos 45^\circ}$	$D = \frac{k}{\cos 30^\circ}$	$D = \frac{k}{\cos 22.5^\circ}$	$D = \frac{k}{\cos 15^\circ}$
$A = k^2$	$A \approx 0.866 \cdot k^2$	$A \approx 0.828 \cdot k^2$	$A \approx 0.804 \cdot k^2$

Näide:

Kuusnurga $k = 24 \text{ mm}$; $D = ?$; $t = ?$

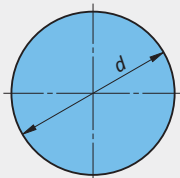
$$D = \frac{k}{\cos 30^\circ} = \frac{24 \text{ mm}}{0.866} = 27.71 \text{ mm}$$

$$t = \frac{D - k}{2} = \frac{27.71 \text{ mm} - 24 \text{ mm}}{2} = \frac{3.71 \text{ mm}}{2} = 1.855 \text{ mm}$$

Freesimissügavus

$$t = \frac{D - k}{2}$$

Ring



A pindala
 d läbimõõt
 C ümbermõõt

Pindala

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Näide:

$d = 60 \text{ mm}$; $A = ?$; $C = ?$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (60 \text{ mm})^2}{4} = 2827 \text{ mm}^2$$

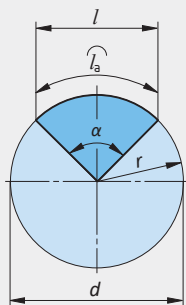
$$C = \pi \cdot d = \pi \cdot 60 \text{ mm} = 188.5 \text{ mm}$$

Ümbermõõt

$$C = \pi \cdot d$$

Ringi sektor, ringi segment, rõngas. Ellips

Ringi sektor



A pindala l külje pikkus
 d läbimõõt r raadius
 l_a kaare pikkus α kesknurk

Näide:

$$d = 48 \text{ mm}; \alpha = 110^\circ; l_a = ?; A = ?$$

$$l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 24 \text{ mm} \cdot 110^\circ}{180^\circ} = 46.1 \text{ mm}$$

$$A = \frac{l_a \cdot r}{2} = \frac{46.1 \text{ mm} \cdot 24 \text{ mm}}{2} = 553 \text{ mm}^2$$

Pindala

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

$$A = \frac{l_a \cdot r}{2}$$

Kõõlu pikkus

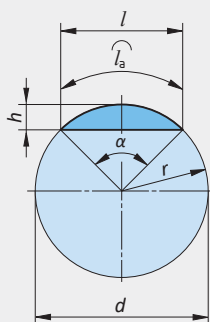
$$l = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

Kaare pikkus

$$l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$$

Ringi segment

Ringi segment
 $\alpha \leq 180^\circ$



A pindala h segmendi kõrgus
 d läbimõõt r raadius
 l_a kaare pikkus α kesknurk
 l aluse pikkus

Näide:

$$r = 30 \text{ mm}; \alpha = 120^\circ; l = ?; h = ?; A = ?$$

$$l = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 30 \text{ mm} \cdot \sin \frac{120^\circ}{2} = 51.96 \text{ mm}$$

$$h = \frac{l}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{4} = \frac{51.96 \text{ mm}}{2} \cdot \tan \frac{120^\circ}{4} = 14.999 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} - \frac{l \cdot (r-h)}{2}$$

$$= \frac{\pi \cdot (60 \text{ mm})^2}{4} \cdot \frac{120^\circ}{360^\circ} - \frac{51.96 \text{ mm} \cdot (30 \text{ mm} - 15 \text{ mm})}{2}$$

$$= 552.8 \text{ mm}^2$$

Raadius

$$r = \frac{h}{2} + \frac{l^2}{8 \cdot h}$$

Kaare pikkus

$$l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$$

Pindala

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} - \frac{l \cdot (r-h)}{2}$$

$$A = \frac{l_a \cdot r - l \cdot (r-h)}{2}$$

Kõõlu pikkus

$$l = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

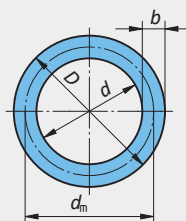
$$l = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)}$$

Segmendi kõrgus

$$h = \frac{l}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{4}$$

$$h = r - \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}$$

Rõngas



A pindala d_m kesk-
 D väälisläbimõõt läbimõõt
 d siseläbimõõt b laius

Näide:

$$D = 160 \text{ mm}; d = 125 \text{ mm}; A = ?$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (160^2 \text{ mm}^2 - 125^2 \text{ mm}^2)$$

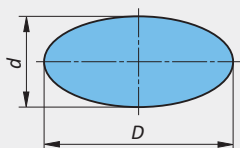
$$= 7834 \text{ mm}^2$$

Pindala

$$A = \pi \cdot d_m \cdot b$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

Ellips



A pindala d lühem telg
 D pikem telg C ümbermõõt

Näide:

$$D = 65 \text{ mm}; d = 20 \text{ mm}; A = ?$$

$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4} = \frac{\pi \cdot 65 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm}}{4}$$

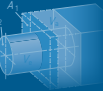
$$= 1021 \text{ mm}^2$$

Pindala

$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$$

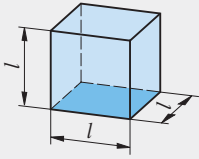
Ümbermõõt

$$C \approx \pi \cdot \frac{D+d}{2}$$



Kuup, risttahukas, silinder, püramiid

Kuup



V ruumala l külje pikkus

A_s täispindala

Ruumala

$$V = l^3$$

Näide:

$$l = 20 \text{ mm}; V = ?; A_s = ?$$

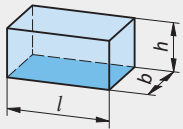
$$V = l^3 = (20 \text{ mm})^3 = 8000 \text{ mm}^3$$

$$A_s = 6 \cdot l^2 = 6 \cdot (20 \text{ mm})^2 = 2400 \text{ mm}^2$$

Täispindala

$$A_s = 6 \cdot l^2$$

Risttahukas



V ruumala h kõrgus

A_s täispindala b laius

l külje pikkus

Ruumala

$$V = l \cdot b \cdot h$$

Näide:

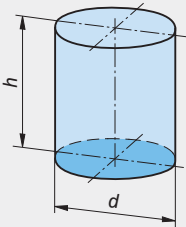
$$l = 6 \text{ cm}; b = 3 \text{ cm}; h = 2 \text{ cm}; V = ?$$

$$V = l \cdot b \cdot h = 6 \text{ cm} \cdot 3 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} = 36 \text{ cm}^3$$

Täispindala

$$A_s = 2 \cdot (l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h)$$

Silinder



V ruumala d läbimõõt

A_s täispindala h kõrgus

A_k külgpindala

Ruumala

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

Näide:

$$d = 14 \text{ mm}; h = 25 \text{ mm}; V = ?$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

$$= \frac{\pi \cdot (14 \text{ mm})^2}{4} \cdot 25 \text{ mm}$$

$$= 3848 \text{ mm}^3$$

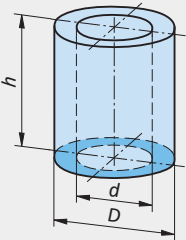
Täispindala

$$A_s = \pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Külgpindala

$$A_k = \pi \cdot d \cdot h$$

Õõnessilinder



V ruumala D, d läbimõõt

A_s täispindala h kõrgus

Ruumala

$$V = \frac{\pi \cdot h}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

Näide:

$$D = 42 \text{ mm}; d = 20 \text{ mm}; h = 80 \text{ mm};$$

$$V = ?$$

$$V = \frac{\pi \cdot h}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

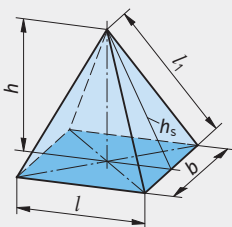
$$= \frac{\pi \cdot 80 \text{ mm}}{4} \cdot (42^2 \text{ mm}^2 - 20^2 \text{ mm}^2)$$

$$= 85703 \text{ mm}^3$$

Täispindala

$$A_s = \pi \cdot (D + d) \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot (D - d) + h \right]$$

Püramiid



V ruumala l põhjatahu pikkus

h kõrgus l_1 külgserva pikkus

h_s külgtahu kõrgus b põhjatahu laius

Ruumala

$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$$

Näide:

$$l = 16 \text{ mm}; b = 21 \text{ mm}; h = 45 \text{ mm}; V = ?$$

$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3} = \frac{16 \text{ mm} \cdot 21 \text{ mm} \cdot 45 \text{ mm}}{3}$$

$$= 5040 \text{ mm}^3$$

Külgserva pikkus

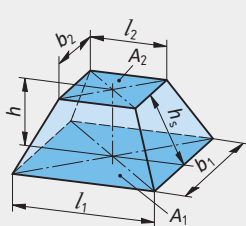
$$l_1 = \sqrt{h_s^2 + \frac{b^2}{4}}$$

Külgtahu kõrgus

$$h_s = \sqrt{h^2 + \frac{l^2}{4}}$$

Tüvipüramiid, koonus, tüvikoonus, kera

Tüvipüramiid



V ruumala l_1, l_2 põhjade pikkused
 h kõrgus b_1, b_2 põhjade laiused
 h_s külgtahu kõrgus A_1 suurema põhja pindala
 A_2 väiksema põhja pindala

Näide:

$l_1 = 40$ mm; $l_2 = 22$ mm; $b_1 = 28$ mm;
 $b_2 = 15$ mm; $h = 50$ mm; $V = ?$

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$= \frac{50 \text{ mm}}{3} \cdot (1120 + 330 + \sqrt{1120 \cdot 330}) \text{ mm}^2$$

$$= 34299 \text{ mm}^3$$

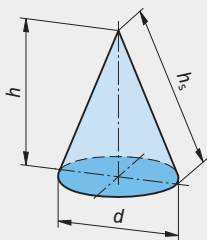
Ruumala

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

Külgtahu kõrgus

$$h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right)^2}$$

Koonus



V ruumala h kõrgus
 A_1 külgpindala h_s moodustaja pikkus
 d põhja läbimõõt

Näide:

$d = 52$ mm; $h = 110$ mm; $V = ?$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3}$$

$$= \frac{\pi \cdot (52 \text{ mm})^2}{4} \cdot \frac{110 \text{ mm}}{3}$$

$$= 77870 \text{ mm}^3$$

Ruumala

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3}$$

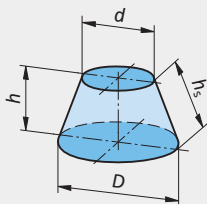
Külgpindala

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d \cdot h_s}{2}$$

Moodustaja pikkus

$$h_s = \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$$

Tüvikoonus



V ruumala d väiksema põhja läbimõõt
 A_1 külgpindala h kõrgus
 D suurema põhja läbimõõt h_s moodustaja pikkus

Näide:

$D = 100$ mm; $d = 62$ mm; $h = 80$ mm; $V = ?$

$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

$$= \frac{\pi \cdot 80 \text{ mm}}{12} \cdot (100^2 + 62^2 + 100 \cdot 62) \text{ mm}^2$$

$$= 419800 \text{ mm}^3$$

Ruumala

$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

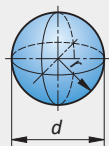
Külgpindala

$$A_1 = \frac{\pi \cdot h_s}{2} \cdot (D + d)$$

Moodustaja pikkus

$$h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

Kera



V ruumala d läbimõõt
 A_s pindala

Näide:

$d = 9$ mm; $V = ?$

$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6} = \frac{\pi \cdot (9 \text{ mm})^3}{6} = 382 \text{ mm}^3$$

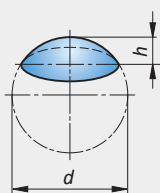
Ruumala

$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$$

Pindala

$$A_s = \pi \cdot d^2$$

Kera segment



V ruumala d kera läbimõõt
 A_1 segmendi pindala h kõrgus
 A_s täispindala

Näide:

$d = 8$ mm; $h = 6$ mm; $V = ?$

$$V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(\frac{d-h}{3}\right)$$

$$= \pi \cdot 6^2 \text{ mm}^2 \cdot \left(\frac{8 \text{ mm} - 6 \text{ mm}}{3}\right)$$

$$= 226 \text{ mm}^3$$

Ruumala

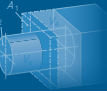
$$V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(\frac{d-h}{3}\right)$$

Täispindala

$$A_s = \pi \cdot h \cdot (2 \cdot d - h)$$

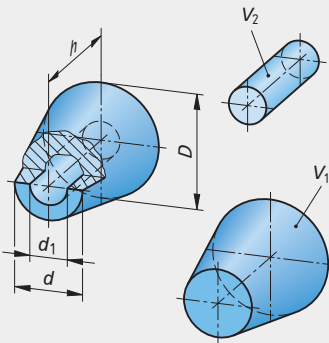
Segmendi pindala

$$A_1 = \pi \cdot d \cdot h$$



Litkeha ruumala. Massi arvutus

Litkeha ruumala



V koguruumala
 V_1, V_2 osaruumalad

Koguruumala

$$V = V_1 + V_2 + \dots - V_5 - V_6$$

Näide:

Koonushülss: $D = 42 \text{ mm}$; $d = 26 \text{ mm}$;
 $d_1 = 16 \text{ mm}$; $h = 45 \text{ mm}$; $V = ?$

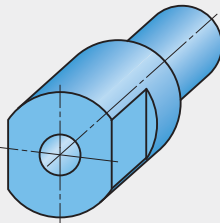
$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d) \\ &= \frac{\pi \cdot 45 \text{ mm}}{12} \cdot (42^2 + 26^2 + 42 \cdot 26) \text{ mm}^2 \\ &= 41610 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 16^2 \text{ mm}^2}{4} \cdot 45 \text{ mm} = 9048 \text{ mm}^3$$

$$V = V_1 - V_2 = 41610 \text{ mm}^3 - 9048 \text{ mm}^3 = 32562 \text{ mm}^3$$

Massi arvutus

Keha mass



m mass ρ tihedus
 V ruumala

Mass

$$m = V \cdot \rho$$

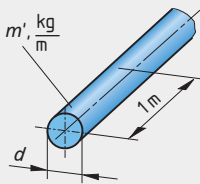
Näide:

Alumiiniumist valmistatud detail:
 $V = 6.4 \text{ dm}^3$; $\rho = 2.7 \text{ kg/dm}^3$; $m = ?$

$$\begin{aligned} m &= V \cdot \rho = 6.4 \text{ dm}^3 \cdot 2.7 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \\ &= 17.28 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tahkiste, vedelike ja gaaside tihedus: lk 120 ja 121.

Joonmass



m mass l varda pikkus
 m' joonmass

Varda mass

$$m = m' \cdot l$$

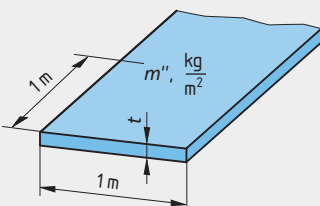
Näide:

Terasvarras: $d = 15 \text{ mm}$;
 $m' = 1.39 \text{ kg/m}$; $l = 3.86 \text{ m}$; $m = ?$

$$\begin{aligned} m &= m' \cdot l = 1.39 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 3.86 \text{ m} \\ &= 5.37 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kasutamine: ühtlaste profiilvarraste, torude, traadi, jne. massi arvutamise, kasutades m' tabeliväärtusi (lk 159).

Pindmass



m mass A pindala
 m'' pindmass

Plaadi mass

$$m = m'' \cdot A$$

Näide:

Terasplaat:
 $t = 1.5 \text{ mm}$; $m'' = 11.8 \text{ kg/m}^2$;
 $A = 7.5 \text{ m}^2$; $m = ?$

$$\begin{aligned} m &= m'' \cdot A = 11.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 7.5 \text{ m}^2 \\ &= 88.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kasutamine: ühtlaste plaatide, lehtmatali, kilede, pinnete jne massi arvutamise, kasutades m'' tabeliväärtusi (lk 159).

Joonte ja tasandkujundite keskmed

Joonte keskmed

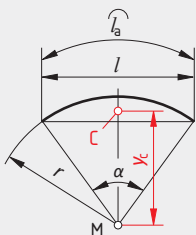
l, l_1, l_2 joonte pikkused C, C_1, C_2 joonte keskmed
 x_c, x_1, x_2 keskmete kaugus y -teljest
 y_c, y_1, y_2 keskmete kaugus x -teljest

Sirglõik



$$x_c = \frac{l}{2}$$

Ringjoone kaar



Pikkuste l ja l_a arvutus:
lk 24

Üldine

$$y_c = \frac{r \cdot l}{l_a}$$

$$y_c = \frac{l \cdot 180^\circ}{\pi \cdot \alpha}$$

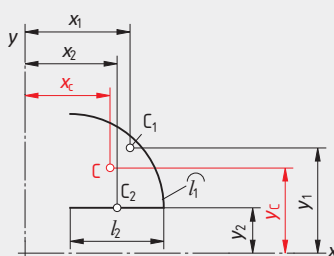
Poolringjoon

$$y_c \approx 0.6366 \cdot r$$

Veerandringjoon

$$y_c \approx 0.9003 \cdot r$$

Pidevad liitjooned



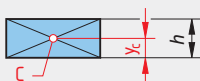
$$x_c = \frac{l_1 \cdot x_1 + l_2 \cdot x_2 + \dots}{l_1 + l_2 + \dots}$$

$$y_c = \frac{l_1 \cdot y_1 + l_2 \cdot y_2 + \dots}{l_1 + l_2 + \dots}$$

Tasandkujundite keskmed

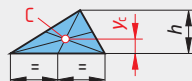
A, A_1, A_2 pindalad C, C_1, C_2 kujundite keskmed
 x_c, x_1, x_2 keskmete kaugus y -teljest
 y_c, y_1, y_2 keskmete kaugus x -teljest

Ristkülik



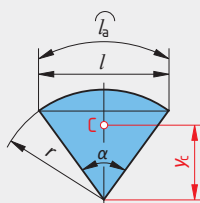
$$y_c = \frac{h}{2}$$

Kolmnurk



$$y_c = \frac{h}{3}$$

Ringi sektor



Üldine

$$y_c = \frac{2 \cdot r \cdot l}{3 \cdot l_a}$$

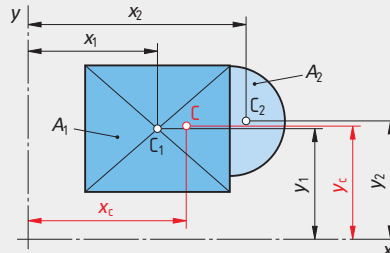
Pooling

$$y_c \approx 0.4244 \cdot r$$

Veerandring

$$y_c \approx 0.6002 \cdot r$$

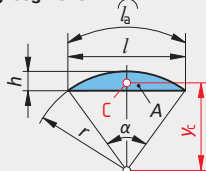
Liitkujundid



$$x_c = \frac{A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

$$y_c = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

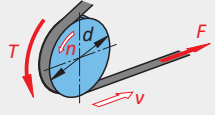
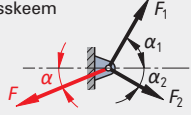
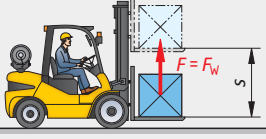
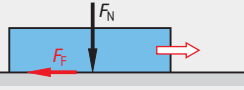
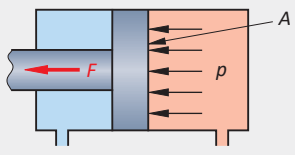
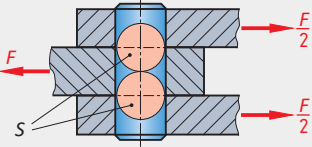
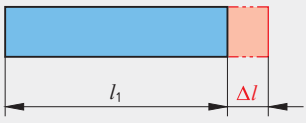
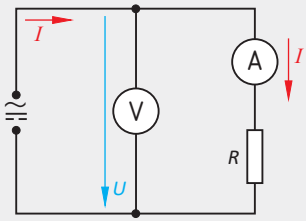
Ringi segment



$$y_c = \frac{l^3}{12 \cdot A}$$

Pindala A arvutus:
lk 24.

2 Füüsika

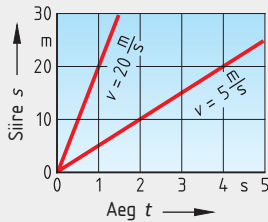
	2.1 Liikumine Ühtlane liikumine 30 Kiirenev ja aeglustuv liikumine 30 Kiirused masinais 31
Arvutuskeem 	2.2 Jõud Jõudude liitmine ja komponentideks lahutus 32 Jõudude liigid 34 Pöördemoment 35
	2.3 Töö, võimsus, kasutegur Mehaaniline töö 35 Lihtmehhanismid 36 Energia 36 Võimsus ja kasutegur 37
	2.4 Hõõrdumine Hõõrdejõud, hõõrdemoment 38 Hõõrdetegur, veerehõõrdetegur 38
	2.5 Rõhk vedelikes ja gaasides Ülerõhk, absoluutrõhk 39 Vedeliku üleslükkejõud 39 Hüdroülekanne 39 Rõhu võimendus 40 Voolukiirus torus 40 Gaasi olekumuutused 40
	2.6 Tugevusõpetus Tõõseisundid, piirpinged 41 Staatiline tugevus, varutegur 42 Elastsusmoodul 42 Tõmme, surve, pindsurve 43 Lõige, vääne, paine 44 Paindemoment, põikjõud, läbipaine 45 Ristlõigete pinnamomendid 46 Nõtked 47 Liittõõseisundid 47 Väsimustugevus, väsimusvarutegur 48
	2.7 Termodünaamika Temperatuuri skaalad 51 Mõõtmete ja ruumala muutus 51 Soojushulk 51 Soojusvoog, põlemissoojus 52
	2.8 Elekter Suurused ja ühikud 53 Ohmi seadus 53 Elektrijuhi takistus 53 Elektri voolutihedus 54 Elektrivooluringid 54 Elektrivoolu liigid 55 Elektriline töö ja võimsus 56 Trafo 56

Ühtlane liikumine, kiirendusega liikumine

Ühtlane liikumine

Kulgemine

Siire-aeg graafik



v kiirus
 t aeg
 s siire

Näide:

$v = 48 \text{ km/h}$; $s = 12 \text{ m}$; $t = ?$

$$\text{Teisendamine: } 48 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{48000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 13.33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{12 \text{ m}}{13.33 \text{ m/s}} = 0.9 \text{ s}$$

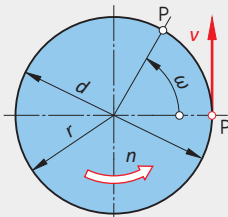
Kiirus

$$v = \frac{s}{t}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 60 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 3.6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 16.667 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0.2778 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Pöörlemine



v ringkiirus, n pöörlemisagedus
 ω nurkkiirus, r raadius
 d läbimõõt

Näide:

Rihmaratas: $d = 250 \text{ mm}$; $n = 1400 \text{ min}^{-1}$; $v = ?$;
 $\omega = ?$

$$\text{Teisendamine: } n = 1400 \text{ min}^{-1} = \frac{1400}{60} \text{ s}^{-1} = 23.33 \text{ s}^{-1}$$

$$v = \pi \cdot d \cdot n = \pi \cdot 0.25 \text{ m} \cdot 23.33 \text{ s}^{-1} = 18.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 23.33 \text{ s}^{-1} = 146.6 \text{ s}^{-1}$$

Ringkiirus

$$v = \pi \cdot d \cdot n$$

$$v = \omega \cdot r$$

Nurkkiirus

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

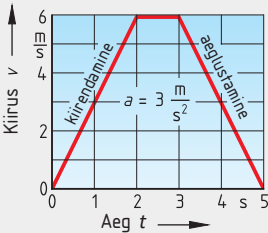
$$1 \frac{\text{min}}{\text{min}} = \text{min}^{-1} = \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}$$

Lõikekiirus pöörlemise korral: lk 31.

Kiirenev ja aeglustuv liikumine

Kiirendusega kulgmine

Kiirus-aeg graafik



Kiirendus on kiiruse suurenemine ajaühikus; **aeglustus** on kiiruse vähenemine ajaühikus. Vabalangemine on ühtlaselt kiirenev liikumine raskuskiirendusega g .

v lõppkiirus (kiirenev liikumine),
algkiirus (aeglustuv liikumine)

s siire t aeg

a kiirendus g raskuskiirendus
 $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

1. näide:

Keha vaba langemine kõrguselt $s = 3 \text{ m}$; $v = ?$

$$a = g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m}} = 7.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

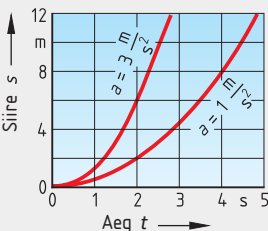
Järgnev kehtib kiireneval liikumisel paigalseist või aeglustuval liikumisel paigalseisuni.

Lõpp- või algkiirus

$$v = a \cdot t$$

$$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$$

Siire-aeg graafik



2. näide:

Sõiduk, $v = 80 \text{ km/h}$; $a = 7 \text{ m/s}^2$;
Pidurdusteevõrd $s = ?$

$$\text{Teisendamine: } v = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{80000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 22.22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$$

$$s = \frac{v^2}{2 \cdot a} = \frac{(22.22 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 7 \text{ m/s}^2} = 35.3 \text{ m}$$

Siire kiireneval/aeglustuval liikumisel

$$s = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t$$

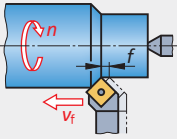
$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$s = \frac{v^2}{2 \cdot a}$$

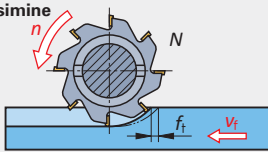
Kiirused masinais

Ettenihkekiirus

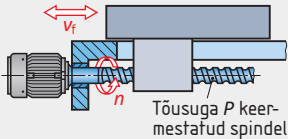
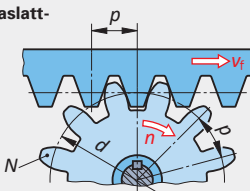
Treimine



Freesimine



Kruviajam

Tõusuga P keer-
mestatud spindelHammaslatt-
ajam

v_f ettenihkekiirus
 n pöörlemissagedus
 f ettenihe
 f_t hambaettenihe
 N terikute arv või,
 hammasratta hammaste arv
 P keerme tõus
 p hammaslati samm
 d hammasratta jaotusläbimõõt

1. näide:

Ketasfrees: $N = 8$; $f_t = 0.2$ mm;
 $n = 45$ min⁻¹; $v_f = ?$
 $v_f = n \cdot f_t \cdot N = 45 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0.2 \text{ mm} \cdot 8 = 72 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$

2. näide:

Kruviajamiga ettenihe:
 $P = 5$ mm; $n = 112$ min⁻¹; $v_f = ?$
 $v_f = n \cdot P = 112 \frac{1}{\text{min}} \cdot 5 \text{ mm} = 560 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$

3. näide:

Hammaslattajamiga ettenihe:
 $n = 80$ min⁻¹; $d = 75$ mm; $v_f = ?$
 $v_f = \pi \cdot d \cdot n = \pi \cdot 75 \text{ mm} \cdot 80 \frac{1}{\text{min}}$
 $= 18850 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 18.85 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

Ettenihkekiirus puu-
rimisel, treimisel

$$v_f = n \cdot f$$

Ettenihkekiirus freesi-
misel

$$v_f = n \cdot f_t \cdot N$$

Kruviajama ettenih-
kekiirus

$$v_f = n \cdot P$$

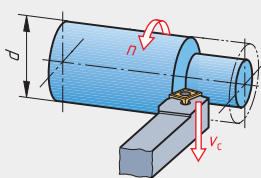
Hammaslattajami
ettenihkekiirus

$$v_f = n \cdot N \cdot p$$

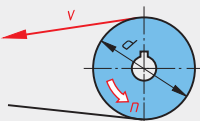
$$v_f = \pi \cdot d \cdot n$$

Lõikekiirus, ringkiirus

Lõikekiirus



Ringkiirus



v_c lõikekiirus
 v ringkiirus
 d läbimõõt
 n pöörlemissagedus

Näide:

Treimine: $n = 1200$ min⁻¹; $d = 35$ mm; $v_c = ?$
 $v_c = \pi \cdot d \cdot n = \pi \cdot 0.035 \text{ m} \cdot 1200 \frac{1}{\text{min}}$
 $= 132 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

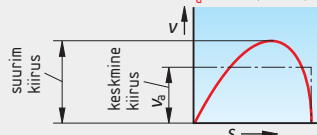
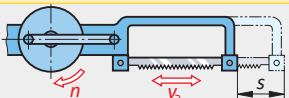
Lõikekiirus

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n$$

Ringkiirus

$$v = \pi \cdot d \cdot n$$

Väntmehhanismi keskmine kiirus



v_a keskmine kiirus
 n töösüklite arv
 s käigu pikkus

Näide:

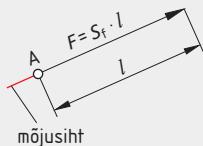
Ajamiga rauasaag:
 $s = 280$ mm; $n = 45$ min⁻¹; $v_a = ?$
 $v_a = 2 \cdot s \cdot n = 2 \cdot 0.28 \text{ m} \cdot 45 \frac{1}{\text{min}}$
 $= 25.2 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

Keskmine kiirus

$$v_a = 2 \cdot s \cdot n$$

Jõudude liitmine ja komponentideks lahutus

Järgnevatel näidetes on valitud mõõtkava: $S_f = 10 \text{ N/mm}$.



Jõud põhjustavad muutusi tahkete kehade liikumises või nende deformeerumist.

F_1, F_2, F_i osajõud l vektori pikkus
 F_r resultantjõud S_f mõõtkava

Jõudusid (vektoreid) kujutatakse nooltena.

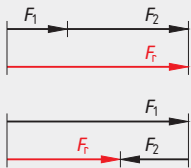
Jõu F väärtus vastab vektori (noole) pikkusele l .

Jõu **mõju** on määratud rakenduspunkti ja mõjusihiga.

Vektori (noole) teravik näitab jõu mõjumise suunda.

Vektori pikkus

$$l = \frac{F}{S_f}$$



Paralleelsete jõudude liitmine ja lahutamine

Paralleelselt mõjuvaid jõudusid saab algebraliselt liita ja lahutada.

Näide:

$F_1 = 80 \text{ N}, F_2 = 160 \text{ N}$, suund on sama; $F_r = ?$

$F_r = F_1 + F_2 = 80 \text{ N} + 160 \text{ N} = 240 \text{ N}$

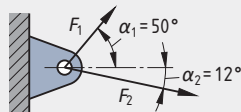
Resultantjõud

(jõud, mille mõju on sama, kui kõikide osajõudude mõjud kokku)

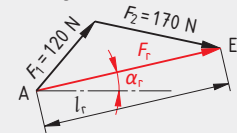
$$F_r = \Sigma F_i$$

Näide: pingutustrossid

Arvutuskeem



Jõudiagramm



Lõikuvate sihtidega jõudude graafiline liitmine:

1. Ühenda jõudude vektorid ahelaks alguspunktist A kuni lõpp-punktini E suvalises järjestuses. Vektorite nurgad ega mõõtkava ei tohi muutuda;
2. Resultantjõud F_r ühendab jõudiagrammil punktid A ja E;
3. Arvuta F_r -i väärtus, kasutades suurusi l_i ja S_f ning mõõda F_r -i mõjusihini nurk.

Näide:

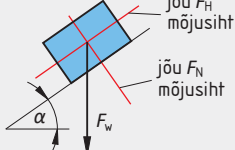
Pingutustrossid: $F_1 = 120 \text{ N}, F_2 = 170 \text{ N}; F_r = ?, \alpha_r = ?$

Mõõtmistega on saadud: $l_r = 25 \text{ mm}, \alpha_r = 13^\circ$

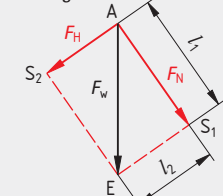
$F_r = l_r \cdot S_f = 25 \text{ mm} \cdot 10 \text{ N/mm} = 250 \text{ N}$

Näide: kaldpind

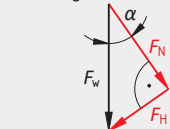
Arvutuskeem



Jõudiagramm



Jõudude kolmnurk (ei ole õiges mõõtkavas)



Jõu graafiline lahutamine kaheks komponendiks:

1. Joonesta õiges mastaabis ja õige mõjusihiga tuntud jõud ($F (= F_w)$) ning määratle vajalike komponentide mõjusihid läbi punktide A ja E. Nii saadakse lõikumis-punktid S_1 ja S_2 . Kujund AS_1E või AS_2E moodustab jõudiagrammi;
2. Jõu F komponendid on antud lõikudena AS_1 ja AS_2 ;
3. Arvuta komponentjõudude väärtused, kasutades suurusi l_1, l_2 ja S_f .

Näide:

Kaldpind: $F_w = 200 \text{ N}, \alpha = 35^\circ; F_N = ?, F_H = ?$

Mõõtmistega on saadud: $l_1 = 16 \text{ mm}, l_2 = 11 \text{ mm}$

$F_N = l_1 \cdot S_f = 16 \text{ mm} \cdot 10 \text{ N/mm} = 160 \text{ N}$

$F_H = l_2 \cdot S_f = 11 \text{ mm} \cdot 10 \text{ N/mm} = 110 \text{ N}$

Jõudiagrammi arvutamise alused

Arvutuse aluseks on vaba mõõtkavaga jõudiagrammi kujutatav kolmnurga või hulknurga eskis.

Näide:

Kaldpind: $F_w = 200 \text{ N}, \alpha = 35^\circ; F_N = ?, F_H = ?$

Raskusjõu F_w saab lahutada komponentideks F_N ja F_H , kasutades jõudude kolmnurka. Jõudiagramm on täisnurkne. Arvustes kasutatakse trigonomeetrilisi funktsioone siinus ja koosinus.

$F_N = F_w \cdot \cos \alpha = 200 \text{ N} \cdot \cos 35^\circ = 163.8 \text{ N}$

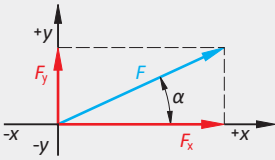
$F_H = F_w \cdot \sin \alpha = 200 \text{ N} \cdot \sin 35^\circ = 114.7 \text{ N}$

Jõudiagrammi arvutusd (jõudude hulknurk)

Jõudiagrammi kuju	vajalik trigonomeetriline funktsioon
Täisnurkne kolmnurk	siinus, koosinus, tangens
Mitte-täisnurkne kolmnurk	Siinusteoreem, koosinusteoreem

Jõud ja jõu komponendid, tasakaal, jõu arvutus

Jõud ja selle komponendid X-Y koordinaatide süsteemis



F jõud, N
 F_x jõu x-komponent, N
 F_y jõu y-komponent, N
 α teravnurk x-teljest, °

x- ja y-komponendid

$$F_x = F \cdot \cos \alpha$$

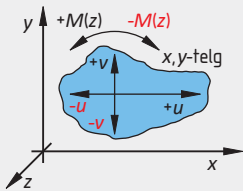
$$F_y = F \cdot \sin \alpha$$

Jõu väärtus

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Tasakaal tasandil, märgireegel, tundmatu jõu arvutamine

Tasakaal tasandil, märgireegel



Vabal tasapindsel plaadil on kolm liikumisvõimalust:

- $u \rightarrow$ siire \pm x-telje sihis;
- $v \rightarrow$ siire \pm y-telje sihis;
- $M_{(z)}$ \rightarrow pööre ümber z-telje.

Pöördemomendi märgireegel:

$M_{(z)}$ vastupäeva = +
 $M_{(z)}$ päripäeva = -

Tasakaalutingimused

$$\sum F_x = 0$$

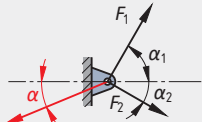
$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_{(z)} = 0$$

Koonduv jõusüsteem (kõikide jõudude mõjusirged lõikuvad ühes punktis)

Näide: kinnitusaas

Arvutuskeem



F_1, F_2 tuntud jõud, N
 F tundmatu jõud (väärtus ega mõjusirge ei ole teada), N
 $\alpha, \alpha_1, \dots, \alpha_B$ teravnurk x-teljest, °
 F_x, F_{1x}, F_{2x} jõudude x-komponendid, N
 F_y, F_{1y}, F_{2y} jõudude y-komponendid, N

x-komponendid (näide)

$$\sum F_x = 0: F_{1x} + F_{2x} - F_x = 0$$

$$F_x = F_{1x} + F_{2x}$$

y-komponendid (näide)

$$\sum F_y = 0: F_{1y} - F_{2y} - F_y = 0$$

$$F_y = F_{1y} - F_{2y}$$

Metoodika:

1. Lahuta kõik jõud komponentideks F_x ja F_y (prognoosi tundmatute jõudude suunad);
2. Koosta tasakaalutingimused¹⁾;
3. Arvuta tundmatu jõu (F) või selle komponentide (F_x, F_y) väärtused ja suunad.

Jõu väärtus

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Jõudiagramm:

F_1, F_2 Tasakaalus jõud moodustavad kinnise jõuhulknurga ning pööravad seda ühes suunas.

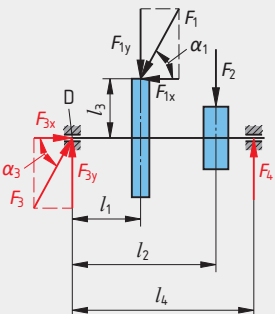
Jõu mõjusirge nurk

$$\alpha = \arctan \left| \frac{F_y}{F_x} \right|$$

Üldine jõusüsteem (kõikide jõudude mõjusirgete ühine lõikepunkt puudub)

Näide: võll

Arvutuskeem



F_1, F_2 tuntud jõud, N
 F_3, F_4 tundmatud jõud, N
 M pöördemoment, N · m
 l_1, \dots, l_4 kauguspunktid D, m
 α_1, α_3 teravnurk x-teljest, °
 $F_{1x}, F_{1y}, F_{3x}, F_{3y}$ x- ja y-komponendid, N

Pöördemomendid²⁾ (näide)

$$\sum M_{(D)} = 0: F_4 \cdot l_4 + F_{1x} \cdot l_3 - F_{1y} \cdot l_1 - F_2 \cdot l_2 = 0$$

$$F_4 = \frac{F_{1y} \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 - F_{1x} \cdot l_3}{l_4}$$

Metoodika:

1. Lahuta kõik jõud komponentideks F_x ja F_y (prognoosi tundmatute jõudude suunad);
2. Vali sobiv tasakaalupunkt (nt tundmatu jõu mõjusirgel);
3. Koosta tasakaalutingimused¹⁾;
4. Arvuta tundmatu jõu (F) või selle komponentide (F_x, F_y) väärtused ja suunad.

x-komponendid (näide)

$$\sum F_x = 0: F_{3x} - F_{1x} = 0$$

$$F_{3x} = F_{1x}$$

y-komponendid (näide)

$$\sum F_y = 0: F_{3y} + F_4 - F_{1y} - F_2 = 0$$

$$F_{3y} = F_{1y} + F_2 - F_4$$

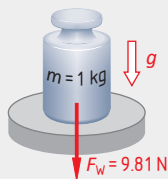
¹⁾ Arvesta märgireeglit.

²⁾ vt lk 35.

Jõu väärtus ja suund arvutatakse nii, nagu koonduva jõusüsteemi korral (vt ülal).

Jõudude liigid

Kaal



Gravitatsioon tekitab massile kaalu.

F_W kaal g raskuskiirendus

Kaal

$$F_W = m \cdot g$$

Näide:

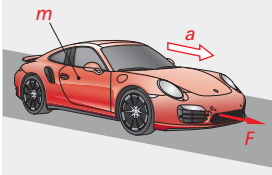
1-tala, $m = 1200$ kg; $F_W = ?$

$$F_W = m \cdot g = 1200 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 11772 \text{ N}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Massi arvutus: lk 27

Kiirendavad ja pidurdavad jõud



Massi kiirendamiseks või aeglustamiseks tuleb rakendada jõudu.

F kiirendusjõud a kiirendus
 m mass

Kiirendusjõud

$$F = m \cdot a$$

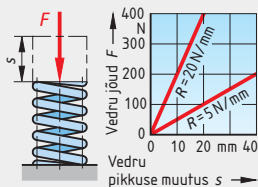
Näide:

$m = 50$ kg; $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $F = ?$

$$F = m \cdot a = 50 \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 150 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 150 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Vedru jõud (Hooke'i seadus)



Vedru jõud ja sellele vastav pikkuse muutus on elast-suspriini võrdelised.

F vedru jõud s vedru pikkuse muutus
 R vedru jäikus

Vedru jõud

$$F = R \cdot s$$

Näide:

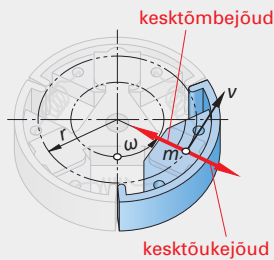
Survevedru: $R = 8$ N/mm; $s = 12$ mm; $F = ?$

$$F = R \cdot s = 8 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 12 \text{ mm} = 96 \text{ N}$$

Vedru jõu muutus

$$\Delta F = R \cdot \Delta s$$

Keskõmbejõud, kesktõukejõud



Selleks, et liigutada jõudu kõverjoonelisel trajektoiril (nt ringjoon) on vajalik kesktõukejõu tasakaalustamine keskõmbejõuga.

F_c keskõmbejõud, kesktõukejõud
 ω nurkkiirus m mass
 v ringkiirus r raadius

Keskõmbejõud, kesktõukejõud

$$F_c = m \cdot r \cdot \omega^2$$

Näide:

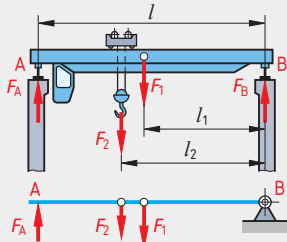
Tsentrifugaalpidur: $m = 160$ g; $v = 80$ m/s;
 $d = 400$ mm; $F_c = ?$

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{0.16 \text{ kg} \cdot (80 \text{ m/s})^2}{0.2 \text{ m}} = 5120 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 5120 \text{ N}$$

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Toereaktsioonid

Toereaktsioonide näide



Toereaktsioonide arvutamisel võetakse tasakaalupunkti üks toepunktidest.

F_A, F_B toereaktsioonid l, l_1, l_2 jõudude õlad
 F_1, F_2 jõud

Pöördemomentide tasakaal (nt B suhtes)

$$\sum M_{(B)} = 0$$

Kangireegel

$$\sum M_I = \sum M_r$$

Reaktsioonitoe A

$$F_A = \frac{F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2}{l}$$

Näide:

Sildkraana: $F_1 = 40$ kN; $F_2 = 15$ kN; $l_1 = 6$ m; $l_2 = 8$ m; $l = 12$ m; $F_A = ?$

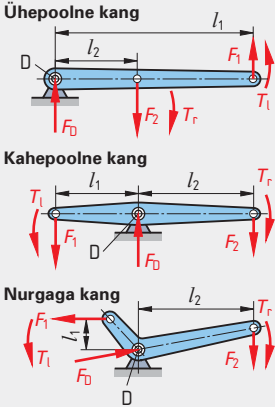
Lahendus: B on valitud tasakaalupunktiks; toereaktsioon F_A mõjub ühepoolse kangi otsal.

$$F_A = \frac{F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2}{l} = \frac{40 \text{ kN} \cdot 6 \text{ m} + 15 \text{ kN} \cdot 8 \text{ m}}{12 \text{ m}} = 30 \text{ kN}$$

$$F_A + F_B = F_1 + F_2 \dots$$

Pöördemoment. Mehaaniline töö

Pöördemoment ja jõuolad



Jõuõla pikkus on jõu mõjusirge täisnurkne kaugus kangi toetuspunktist. Kettakujuliste pöörlevate osade korral loetakse jõuõla pikkus vastavaks raadiusel r .

- T pöördemoment
- F jõud
- l jõuõla (kangi) pikkus
- $\sum T_i$ kõikide vastupäeva pöördemomentide summa
- $\sum T_r$ kõikide päripäeva pöördemomentide summa

Näide:

Nurgaga kang: $F_1 = 30 \text{ N}$; $l_1 = 0.15 \text{ m}$; $l_2 = 0.45 \text{ m}$; $F_2 = ?$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{30 \text{ N} \cdot 0.15 \text{ m}}{0.45 \text{ m}} = 10 \text{ N}$$

Pöördemoment

$$T = F \cdot l$$

Pöördemomentide tasakaal

$$\sum T_{(D)} = 0$$

$$T_1 - T_r = 0$$

Kangireegel

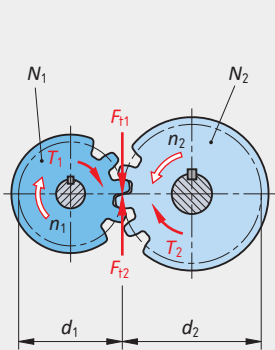
$$\sum T_1 = \sum T_r$$

Kangireegel vaid kahe jõu korral

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

FÜ

Pöördemoment hammasülekannetes



Hammasratta jõuõlg on pool tema algläbimõõdust d . Kui hambumises olevate hammasrattaste hammaste arvud on erinevad, siis on erinevad ka nende pöördemomendid.

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| Vedav hammasratas | Veetav hammasratas |
| F_{11} ringjõud | F_{12} ringjõud |
| T_1 pöördemoment | T_2 pöördemoment |
| d_1 algläbimõõt | d_2 algläbimõõt |
| n_1 hammaste arv | N_2 hammaste arv |
| n_1 pöörlemissagedus | n_2 pöörlemissagedus |
| | i ülekandesuhe |

Näide:

Hammasülekanne: $i = 12$; $T_1 = 60 \text{ N} \cdot \text{m}$; $T_2 = ?$

$$T_2 = i \cdot T_1 = 12 \cdot 60 \text{ N} \cdot \text{m} = 720 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Hammasülekannete ülekandesuhe i 263.

Pöördemomendid

$$T_1 = \frac{F_{t1} \cdot d_1}{2}$$

$$T_2 = \frac{F_{t2} \cdot d_2}{2}$$

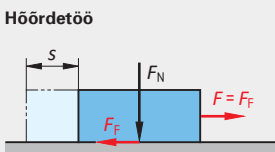
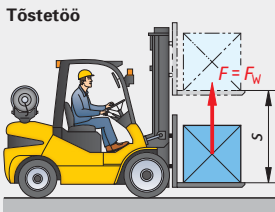
$$T_2 = i \cdot T_1$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

Mehaaniline töö, tõstetöö ja hõõrdetöö



Kui jõud mõjub liikumisel mingi teepikkuse ulatuses, tehakse tööd.

F liikumissuunaline jõud W töö

- F_W kaal s liikumise ulatus
- F_F hõõrdejõud s, h tõstetõrõrgus
- F_N normaaljõud μ hõõrdetegur

1. näide:

Tõstetõõ: $F = 300 \text{ N}$; $s = 4 \text{ m}$; $W = ?$

$$W = F \cdot s = 300 \text{ N} \cdot 4 \text{ m} = 1200 \text{ N} \cdot \text{m} = 1200 \text{ J}$$

2. näide:

Hõõrdetõõ: $F_N = 0.8 \text{ kN}$; $s = 1.2 \text{ m}$; $\mu = 0.4$; $W = ?$

$$W = \mu \cdot F_N \cdot s = 0.4 \cdot 800 \text{ N} \cdot 1.2 \text{ m} = 384 \text{ N} \cdot \text{m} = 384 \text{ J}$$

Tõõ

$$W = F \cdot s$$

Tõstetõõ

$$W = F_W \cdot h$$

Hõõrdetõõ

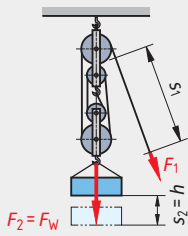
$$W = \mu \cdot F_N \cdot s$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ MJ}$$

Lihtmehhanismid. Energia

Liitplokk¹⁾



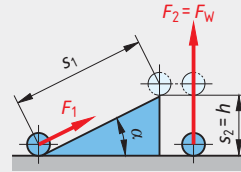
n koormatud trosside ja plokirataste arv

$$F_1 = \frac{F_W}{n}$$

$$s_1 = n \cdot h$$

$$W_2 = F_W \cdot h$$

Kaldpind¹⁾



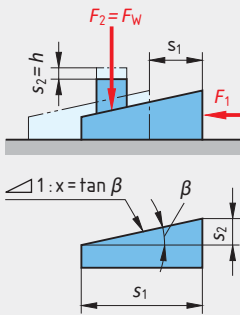
α kaldenurk

$$F_1 \cdot s_1 = F_W \cdot h$$

$$F_1 = F_W \cdot \sin \alpha$$

$$W_2 = F_W \cdot h$$

Kiil¹⁾



β kaldenurk
tan β kalle

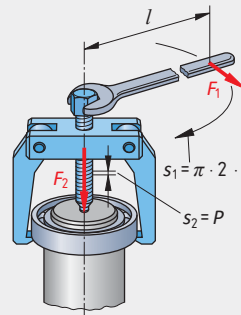
$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot h$$

$$F_2 = \frac{F_1}{\tan \beta}$$

$$s_2 = s_1 \cdot \tan \beta$$

$$W_2 = F_2 \cdot h$$

Kruvitõmmits (pöördliikumine)¹⁾



P keermee tõus
 l jõuõla pikkus

Ühe täispöörde kohta

$$F_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot l = F_2 \cdot P$$

$$s_1 = 2 \cdot \pi \cdot l$$

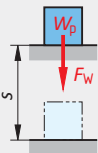
$$W_1 = F_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot l$$

$$W_2 = F_2 \cdot P$$

¹⁾ Valemites ei arvestata hõõrdumist. Sel juhul on sisendtöö W_1 võrdne väljundtööga W_2 , st jõu vähenemine on täies ulatuses kompenseeritud teepikkuse suurenemisega.

Potentsiaalne energia

Gravitatsioonienergia



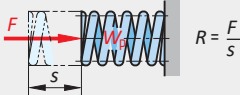
Potentsiaalne energia on salvestatud töö (töö tõstmisel = potentsiaalne energia; deformatsiooni töö = vedru töö = vedru energia).

W_p potentsiaalne energia s, h teepikkus, tõste- või langemiskõrgus
 F_w kaal
 F vedru jõud s vedru pikkuse muutus
 R vedru jäikus

Gravitatsioonienergia

$$W_p = F_w \cdot s$$

Vedru energia



Näide:

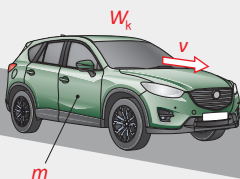
Rammvasar, $m = 30$ kg; $s = 2.6$ m; $W_p = ?$
 $W_p = F_w \cdot s = 30 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2.6 \text{ m} = 765 \text{ J}$

Vedru energia

$$W_p = \frac{R \cdot s^2}{2}$$

Kineetiline energia

Kulgmine



Kineetiline energia on liikumise energia (töö kiirendamisel = kineetiline energia).

W_k kineetiline energia
 v kiirus m mass

Kulgmise kineetiline energia

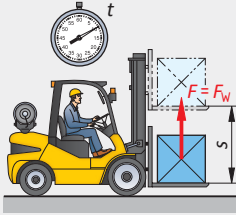
$$W_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Näide:

Auto: $m = 1400$ kg, $v_1 = 50$ km/h (13.88 m/s),
 $v_2 = 100$ km/h (27.77 m/s); $W_{k1} = ?$, $W_{k2} = ?$
 $W_{k1} = \frac{m \cdot v_1^2}{2} = 1400 \text{ kg} \cdot \frac{(13.88 \text{ m/s})^2}{2} = 135 \text{ kJ}$
 $W_{k2} = \frac{m \cdot v_2^2}{2} = 1400 \text{ kg} \cdot \frac{(27.77 \text{ m/s})^2}{2} = 540 \text{ kJ}$

Võimsus ja kasutegur

Võimsus kulgemisel



Võimsus on ajaühikus tehtav töö.

P võimsus	s liikumise ulatus
W töö	jõu sihis
v kiirus	t aeg

Võimsus

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{F \cdot s}{t}$$

$$P = F \cdot v$$

1. näide:

Kahlostõstuk: $F = 15 \text{ kN}$; $v = 25 \text{ m/min}$; $P = ?$

$$P = F \cdot v = 15000 \text{ N} \cdot \frac{25 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 6250 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 6250 \text{ W} = \mathbf{6.25 \text{ kW}}$$

2. näide:

Kraana tõstab masinat: $m = 1.2 \text{ t}$; $s = 2.5 \text{ m}$; $t = 4.5 \text{ s}$; $P = ?$

$$F_W = m \cdot g = 1200 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 11772 \text{ N}$$

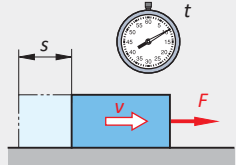
$$P = \frac{F_W \cdot s}{t} = \frac{11772 \text{ N} \cdot 2.5 \text{ m}}{4.5 \text{ s}} = 6540 \text{ W} = \mathbf{6.5 \text{ kW}}$$

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

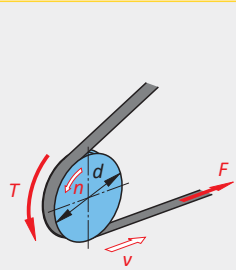
$$= 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

$$1 \text{ kW} = 1.36 \text{ PS}$$

Hüdropumpade ja -silindrite võimsus: lk 429.



Võimsus pöörlemisel



P võimsus	s liikumise ulatus
T pöördemoment	jõu sihis
F ringjõud	t aeg
v kiirus	n pöörlemissagedus
	ω nurkkiirus

Võimsus

$$P = F \cdot v$$

$$P = F \cdot \pi \cdot d \cdot n$$

$$P = T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$P = T \cdot \omega$$

Näide:

Rihmajam: $F = 1.2 \text{ kN}$; $d = 200 \text{ mm}$; $n = 2800 \text{ min}^{-1}$; $P = ?$

$$P = F \cdot \pi \cdot d \cdot n = 1.2 \text{ kN} \cdot \pi \cdot 0.2 \text{ m} \cdot \frac{2800}{60 \text{ s}} = 35.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{s}} = \mathbf{35.2 \text{ kW}}$$

Segaühikutega valem:

Sisendid $\rightarrow T, N \cdot \text{m}; n, \text{min}^{-1}$

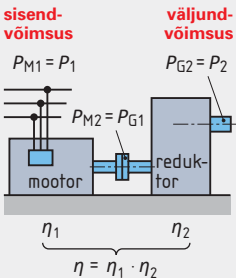
Tulemus $\rightarrow P, \text{kW}$

või: Võimsus (segaühikutega valem)

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

Tööpinkide löikevõimsus: lk 323, 335, 341.

Kasutegur



Kasutegur on väljundvõimsuse või -töö ning sisendvõimsuse või -töö suhe.

P_1 sisendvõimsus	P_2 väljundvõimsus
W_1 sisendtöö	W_2 väljundtöö
η summaarne kasutegur	η_1, η_2 osakasutegurid

Kasutegur

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\eta = \frac{W_2}{W_1}$$

Näide:

Rihmajam: $P_1 = 4 \text{ kW}$; $P_2 = 3 \text{ kW}$; $\eta_1 = 85\%$; $\eta = ?$; $\eta_2 = ?$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3 \text{ kW}}{4 \text{ kW}} = \mathbf{0.75}; \quad \eta_2 = \frac{\eta}{\eta_1} = \frac{0.75}{0.85} = \mathbf{0.88}$$

Summaarne kasutegur

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots$$

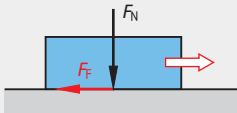
Kasutegur η (ligikaudsed väärtused)

Sõelektrijaam	0.41	Auto diiselmootor (osakoormusel) 0.24	Kruviülekanne	0.30
Maagaasielektrijaam	0.50	Auto diiselmootor (täiskoormusel) 0.40	Hammasülekanne	0.97
Gaasiturbiin	0.38	Suur diiselmootor (osakoormusel) 0.33	Tiguülekanne $i = 40$	0.65
Kõrgrõhu auruturbiin	0.45	Suur diiselmootor (täiskoormusel) 0.55	Hõõrdülekanne	0.80
Veeturbiin	0.85	Kolmefaasiline elektrimootor 0.85	Kettülekanne	0.90
Koostootmisjaam	0.75	Tavatööpingid 0.75	Laikiilrihmülekanne	0.85
Bensiinimootor	0.27	CNC tööpingid 0.85	Hüdroülekanne	0.75

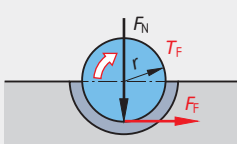
Hõõrdumise liigid, hõõrdetegurid

Hõõrdejõud, hõõrdemoment

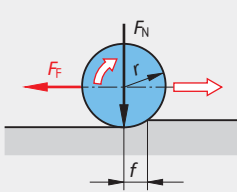
Seisuhõõrdejõud, liugehõõrdejõud



Hõõrdemoment



Veerehõõrdumine



Hõõrdejõud sõltub normaaljõust F_N ning:

- hõõrdumise liigist: seis-, liuge- või veerehõõrdumine;
- määrimisest;
- materjalipaaris (materjalide kombinatsioon);
- pindade karedusest.

Need mõjud summeeruvad hõõrdeteguri μ väärtuses, mis määratakse katsetega.

F_N normaaljõud	T_F hõõrdemoment
F_F hõõrdejõud	d läbimõõt
μ hõõrdetegur	r raadius
f veerehõõrdetegur	

1. näide:

Liugelaager: $F_N = 100 \text{ N}$; $\mu = 0.03$; $F_F = ?$

$$F_F = \mu \cdot F_N = 0.03 \cdot 100 \text{ N} = 3 \text{ N}$$

2. näide:

Terasvõll Cu-Sn liugelaagris: $\mu = 0.05$; $F_N = 6 \text{ kN}$; $d = 160 \text{ mm}$; $T_F = ?$

$$T_F = \frac{\mu \cdot F_N \cdot d}{2} = \frac{0.05 \cdot 6000 \text{ N} \cdot 0.16 \text{ m}}{2} = 24 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3. näide:

Kraana ratas terasrööpal: $F_N = 45 \text{ kN}$; $d = 320 \text{ mm}$; $f = 0.5 \text{ mm}$; $F_F = ?$

$$F_F = \frac{f \cdot F_N}{r} = \frac{0.5 \text{ mm} \cdot 45000 \text{ N}}{160 \text{ mm}} = 140.6 \text{ N}$$

Seisu- ja liugehõõrdejõud

$$F_F = \mu \cdot F_N$$

Hõõrdemoment

$$T_F = \frac{\mu \cdot F_N \cdot d}{2}$$

$$T_F = F_F \cdot r$$

Veerehõõrdejõud¹⁾

$$F_F = \frac{f \cdot F_N}{r}$$

¹⁾ põhjustatud veerekeha ja veerepinna elastsest deformatsioonist

Hõõrdetegur (hinnangulised väärtused)²⁾

Materjalipaar	Kasutusnäide	Seisuhõõrdetegur μ		Liugehõõrdetegur μ	
		kuiv	määritud	kuiv	määritud
teras/teras	piduriklots vastu terasrööbast	0.25	0.10	0.15	0.10 ... 0.05
teras/malm	masinate juhikud	0.20	0.10	0.18	0.10 ... 0.05
teras/Cu-Sn sulam	võll massiivses liugelaagris	0.20	0.10	0.10	0.06 ... 0.03 ³⁾
teras/Pb-Sn sulam	võll mitmekihilises liugelaagris	0.15	0.10	0.10	0.05 ... 0.03 ³⁾
teras/polüamiid	võll polüamiidliugelaagris	0.30	0.15	0.30	0.12 ... 0.03 ³⁾
teras/PTFE	madaltemperatuurine liugelaager	0.04	0.04	0.04	0.04 ³⁾
teras/friktsioonkate	pidurid	0.60	0.30	0.55	0.3 ... 0.2
teras/puit	komponent koostamisel	0.55	0.10	0.35	0.05
puit/puit	alusklotsid	0.50	0.20	0.30	0.10
malm/Cu-Sn sulam	reguleerimisplaat vastu juhikut	0.25	0.16	0.20	0.10
kummi/malm	rihm rihmarattal	0.50	–	0.45	–
veerekeha/teras	veerelaager ⁴⁾ , veerejuhik ⁴⁾	–	–	–	0.003 ... 0.001

²⁾ Hõõrdetegurite hinnangulised väärtused kirjeldavad vaid üldisi suundumusi ning muutuvad suurtes piirides, eriti seisuhõõrdumise korral. Hõõrdetegurite usaldatavad väärtused on võimalik saada vaid rakendusepõhiste katsete abil.

³⁾ Materjalipaaride olulisus väheneb koos libisemiskiiruse suurenemisega ning sega- ja vedelikmäärimise korral.

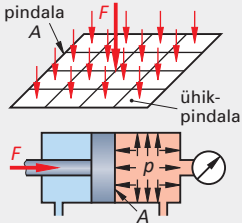
⁴⁾ Veeremist arvutustes ei arvestata, sest takistus liikumisele veeremisel on samalaadne takistusega libisemisel.

Veerehõõrdetegur (hinnangulised väärtused)⁵⁾

Materjalipaar	Kasutusnäide	Veerehõõrdetegur f , mm	⁵⁾ Kirjanduses toodud veerehõõrdetegurite väärtused võivad suurtes piirides erineda.
teras/teras	terasratas terasjuhikul	0.5	
plast/betoon	ratas betoonpõrandal	5	
kummi/asfalt	autorehv teepinnal	8	

Rõhu liigid. Hüdroülekanne

Rõhk



p rõhk
 F jõud
 A pindala

Näide:

$F = 2 \text{ MN}$; kolvi läbimõõt $d = 400 \text{ mm}$; $p = ?$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{2000000 \text{ N}}{\frac{\pi \cdot (40 \text{ cm})^2}{4}} = 1592 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 159.2 \text{ bar}$$

Hüdraulika ja pneumaatika arvutused: lk 429.

Rõhk

$$p = \frac{F}{A}$$

Rõhu ühikud

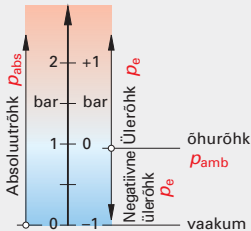
$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0.00001 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$$

FÜ

Ülerõhk, absoluutrõhk



p_e ülerõhk (surveseadme rõhk)
 p_{amb} keskkonnarõhk (ümbritsev keskkond)
 p_{abs} absoluutrõhk

Ülerõhk on:

positiivne, kui $p_{abs} > p_{amb}$ ja
negatiivne, kui $p_{abs} < p_{amb}$ (vaakum)

Näide:

Auto rehvid: $p_e = 2.2 \text{ bar}$; $p_{amb} = 1 \text{ bar}$; $p_{abs} = ?$

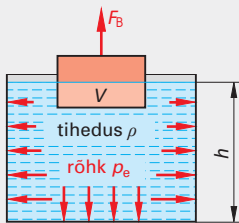
$$p_{abs} = p_e + p_{amb} = 2.2 \text{ bar} + 1 \text{ bar} = 3.2 \text{ bar}$$

Ülerõhk

$$p_e = p_{abs} - p_{amb}$$

$p_{amb} = 1.013 \text{ bar} \approx 1 \text{ bar}$
(normaalrõhk)

Vedeliku üleslükkejõud



p_e hüdrostaatiline rõhk (omarõhk)
 ρ vedeliku tihedus
 g raskuskiirendus
 F_B üleslükkejõud
 V sukeldusruumala
 h vedeliku sügavus

Näide:

Milline on hüdrostaatiline rõhk vees 10 m sügavusel?

$$p_e = g \cdot \rho \cdot h = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \text{ m} = 98100 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = 98100 \text{ Pa} \approx 1 \text{ bar}$$

Hüdrostaatiline rõhk

$$p_e = g \cdot \rho \cdot h$$

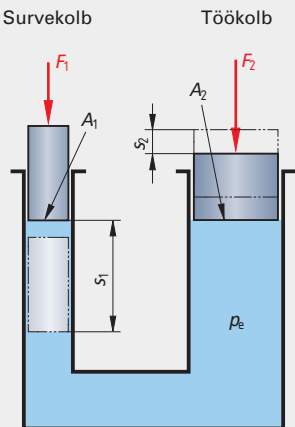
Üleslükkejõud

$$F_B = g \cdot \rho \cdot V$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Tihedus: lk 121

Hüdroülekanne



Kinnises vedeliku- või gaasisüsteemis on rõhk kõikjal ja igas suunas ühesugune.

F_1, F_2 kolvide jõud
 A_1, A_2 kolvide pindalad
 s_1, s_2 kolvide siirded
 i hüdroülekanne suhe
 p_e surveseadme rõhk

Näide:

$F_1 = 200 \text{ N}$; $A_1 = 5 \text{ cm}^2$; $A_2 = 500 \text{ cm}^2$;
 $s_2 = 30 \text{ mm}$; $F_2 = ?$; $s_1 = ?$; $i = ?$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot A_2}{A_1} = \frac{200 \text{ N} \cdot 500 \text{ cm}^2}{5 \text{ cm}^2} = 20000 \text{ N} = 20 \text{ kN}$$

$$s_1 = \frac{s_2 \cdot A_2}{A_1} = \frac{30 \text{ mm} \cdot 500 \text{ cm}^2}{5 \text{ cm}^2} = 3000 \text{ mm}$$

$$i = \frac{F_1}{F_2} = \frac{200 \text{ N}}{20000 \text{ N}} = \frac{1}{100}$$

Siirderuumala

$$A_1 \cdot s_1 = A_2 \cdot s_2$$

Kolvide töö

$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$$

Jõudude, pindalade ja siirete seosed

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{s_1}{s_2}$$

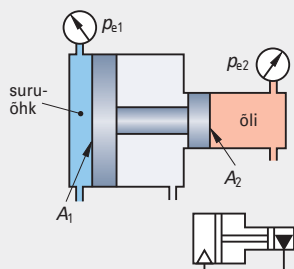
Ülekanne suhe

$$i = \frac{F_1}{F_2} = \frac{s_2}{s_1}$$

$$i = \frac{A_1}{A_2}$$

Rõhu võimendus. Voolukiirus torus. Gaasi olekumuutused

Rõhu võimendus



Skeemide tingmargid, vt ISO 1219-1

A_1, A_2 kolbide pindalad
 p_{e1} ülerõhk kolvi pindalal A_1
 p_{e2} ülerõhk kolvi pindalal A_2
 η rõhuvõimendi kasutegur

Ülerõhk

$$p_{e2} = p_{e1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \eta$$

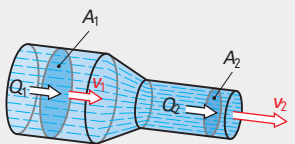
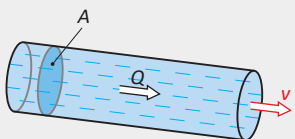
Näide:

$A_1 = 200 \text{ cm}^2$; $A_2 = 5 \text{ cm}^2$; $\eta = 0.88$;
 $p_{e1} = 7 \text{ bar} = 70 \text{ N/cm}^2$; $p_{e2} = ?$

$$p_{e2} = p_{e1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \eta = 70 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{200 \text{ cm}^2}{5 \text{ cm}^2} \cdot 0.88$$

$$= 2464 \text{ N/cm}^2 = \mathbf{246.4 \text{ bar}}$$

Voolukiirus torus



Q, Q_1, Q_2 vooluhulgad
 A, A_1, A_2 ristlõikepindalad
 v, v_1, v_2 voolukiirused

Vooluhulga pidevuse tingimus

Muutuva ristlõikepindalaga torus on ajavahemiku t vältel kõikide ristlõigete vooluhulk Q sama.

Näide:

Toru: $A_1 = 19.6 \text{ cm}^2$; $A_2 = 8.04 \text{ cm}^2$ ja
 $Q = 120 \text{ l/min}$; $v_1 = ?$; $v_2 = ?$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{120000 \text{ cm}^3/\text{min}}{19.6 \text{ cm}^2} = 6122 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = \mathbf{1.02 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot A_1}{A_2} = \frac{1.02 \text{ m/s} \cdot 19.6 \text{ cm}^2}{8.04 \text{ cm}^2} = \mathbf{2.49 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

Vooluhulk

$$Q = A \cdot v$$

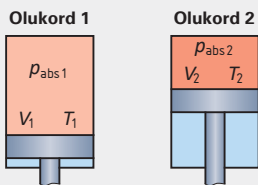
$$Q_1 = Q_2$$

Voolukiiruste suhe

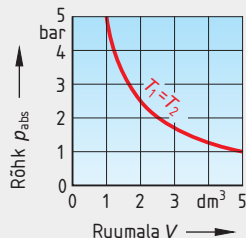
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Gaasi olekumuutused

Kokkurusumine



Boyle'i seadus



Olukord 1

p_{abs1} absoluutrõhk
 V_1 ruumala
 T_1 absoluuttemperatuur

Olukord 2

p_{abs2} absoluutrõhk
 V_2 ruumala
 T_2 absoluuttemperatuur

Idealgaasi võrrand

$$\frac{p_{abs1} \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_{abs2} \cdot V_2}{T_2}$$

Näide:

Hapnikuballoon ruumalaga $V = 20 \text{ dm}^3$ on täidetud rõhuni 250 bar ($p_{abs1} = 251 \text{ bar}$) ning soojeneb päkese käes temperatuurilt $t_1 = 15^\circ\text{C}$ kuni $t_2 = 45^\circ\text{C}$. Kui suur on rõhu tõus Δp gaasiballoonis?

Absoluuttemperatuuri arvutus (lk 51):

$$T_1 = t_1 + 273 = (15 + 273) \text{ K} = 288 \text{ K}$$

$$T_2 = t_2 + 273 = (45 + 273) \text{ K} = 318 \text{ K}$$

$$p_{abs2} = \frac{p_{abs1} \cdot T_2}{T_1} = \frac{251 \text{ bar} \cdot 318 \text{ K}}{288 \text{ K}}$$

$$= 277 \text{ bar}$$

$$\Delta p = p_{abs2} - p_{abs1} = 277 \text{ bar} - 251 \text{ bar}$$

$$= \mathbf{26 \text{ bar}}$$

Erijuhud:

konstantne temperatuur

$$p_{abs1} \cdot V_1 = p_{abs2} \cdot V_2$$

konstantne ruumala

$$\frac{p_{abs1}}{T_1} = \frac{p_{abs2}}{T_2}$$

konstantne rõhk

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Koormuse liigid. Tööseisundid, piirpinged

Koormuse liigid

σ_u vähim pinge
 σ_o suurim pinge

σ_m keskpinge
 σ_a amplituudpinge

S asümmeetria-tegur

Asümmeetria-tegur

$$S = \frac{\sigma_u}{\sigma_o}$$

Staatiline koormus pikaajaline $S = 1$	Tüskiline koormus	
	ühepoolne $S = 0$	sümmeetriline $S = -1$
<p>Koormuse liik I Koormuse väärtus ega suund ei muutu, nt trossi külge riputatud raskus.</p>	<p>Koormuse liik II Koormus kasvab suurima väärtuse-ni ning siis väheneb kuni nullini, nt kraanede trossid ja vedrud.</p>	<p>Koormuse liik III Koormus muutub võrdset ja vastassuunaliselt mõjuvate väärtuste vahel, nt pöörlevad võllid.</p>

Tööseisundid, piirpinged

Tööseisund	Pinge liik	Elastne deformatsioon	Piirpingena toimiv materjali omadus (σ_{limit})			
			Staatiline koormus (lk 42), koormuse liik I, materjal habras ¹⁾ (nt malm)	Staatiline koormus (lk 42), koormuse liik I, materjal sitke ²⁾ (nt teras)	Tüskiline koormus (lk 48 ja 49), Koormuse liik II ³⁾	Tüskiline koormus (lk 48 ja 49), Koormuse liik III ³⁾
<p>Tõmme</p>	Tõmbepinge σ_t	Suhteline pikenemine ε Katkevenivus A	Tõmbetugevus R_m	Voolepiir R_e Tinglik voolepiir $R_{p0.2}$	Üheline pingetsükli väsimuspiir tõmbel σ_{tpuls}	Sümmeetrilise pingetsükli väsimuspiir tõmbel-survel σ_{ct}
<p>Surve</p>	survepinge σ_c	Suhteline lühenemine ε_c	Survetugevus σ_{cB}	Voolepiir survele σ_{cF} Tinglik voolepiir survele $\sigma_{c0.2}$	Üheline pingetsükli väsimuspiir survele σ_{cpuls}	
<p>Paine</p>	Paindepinge σ_b	Läbipaine f	Paindetugevus σ_{bB}	Voolepiir paindel σ_{bY}	Üheline pingetsükli väsimuspiir paindel σ_{bpuls}	Sümmeetrilise pingetsükli väsimuspiir paindel σ_{bA}
<p>Lõige</p>	Lõikepinge τ_s	-	Lõiketugevus τ_{sB}	Voolepiir lõikel τ_{sY}	-	-
<p>Vääne</p>	Väändepinge τ_t	Pöördenurk φ	Väändetugevus τ_{tB}	Voolepiir väändel τ_{tY}	Üheline pingetsükli väsimuspiir väändel τ_{tpuls}	Sümmeetrilise pingetsükli väsimuspiir väändel τ_{tA}
<p>Nõtke</p>	Nõtkepinge σ_{bu}	-	Nõtketugevus σ_{buB}	Nõtketugevus σ_{buB}	-	-

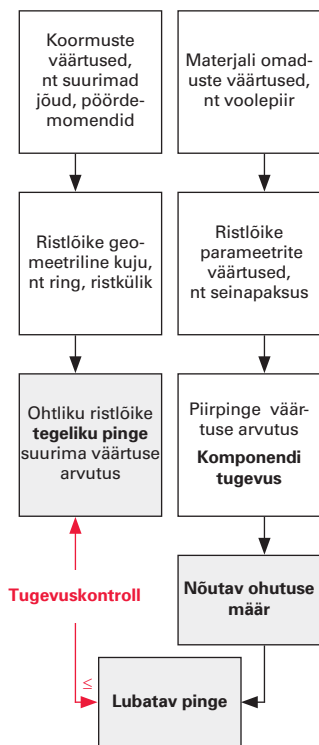
¹⁾ Materjali omadus: katkemisele vastav piirpinge.

²⁾ Materjali omadus: voolavusele vastav piirpinge.

³⁾ Materjali omadus: väsimuspurunemisele vastav piirpinge (materjalide väsimus).

Staatiline tugevus, varutegur. Elastsusmoodul

Staatika tugevusarvutus, lubatav pinge, dimensioneerimine, tugevuskontroll



Ohutuse kaalutlustel tohib komponenti koormata tema tugevust arvestades vaid osaliselt (varutegur), selle piiri ületamisel võib **suurim koormus** esile kutsuda plastse deformatsiooni või purunemise.

$\sigma(\tau)_{\text{limit}}$ piirpinge lähtuvalt tööseisundist (lk 41 ja allolev tabel)

$\sigma(\tau)_{\text{all}}$ lubatav pinge

$\sigma(\tau)_{\text{ext}}$ tegelik pinge
v varutegur (allolev tabel)

Lubatav pinge
(dimensioneerimine)

$$\sigma_{\text{all}} = \frac{\sigma_{\text{limit}}}{v}; \tau_{\text{all}} = \frac{\tau_{\text{limit}}}{v}$$

Tugevuskontroll
(üldjuhul)

$$\sigma_{\text{ext}} \leq \sigma_{\text{all}} \\ \tau_{\text{ext}} \leq \tau_{\text{all}}$$

Dimensioneerimine

(komponendi ristlõike nõutavate mõõtmete ligikaudne arvutus)

Kui komponendi ristlõike mõõtmed ei ole teada, ei saa kuigi täpselt selle tugevust arvutada. Seetõttu määratakse esmalt komponendi ohutu ristlõike ligikaudsed mõõtmed, kasutades suurendatud varuteguri väärtust ning alltoodud tabelis nimivoolepiiri (vähim voolepiiri väärtus vähima paksusega ristlõikele) põhjal antud juhiseid.

Tugevuskontroll (komponendi ristlõike pingeväärtuste kontroll)

Komponendi tegeliku pinge väärtusi võrreldakse lubatava pinge väärtustega, arvestades komponendi vajalikku tugevust ning nõutavat ohutuse määra (varutegur).

Näide:

Staatiliselt tõmmatud varras: materjal S275JR;

σ_{all} dimensioneerimiseks = ?, σ_{all} tugevuskontrolliks, kui $d = 25 \text{ mm} = ?$

Dimensioneerimine: $\sigma_{\text{limit}} = R_e$ (allolev tabel) = 275 N/mm² (lk 135)

$v = 1.7$ (allolev tabel)

$$\sigma_{\text{all}} = \frac{\sigma_{\text{limit}}}{v} = \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1.7} = 161 \text{ N/mm}^2$$

Tugevuskontroll: $\sigma_{\text{limit}} = R_e$ (allolev tabel) = 265 N/mm² (lk 135)

$v = 1.5$ (allolev tabel)

$$\sigma_{\text{all}} = \frac{\sigma_{\text{limit}}}{v} = \frac{265 \text{ N/mm}^2}{1.5} = 176 \text{ N/mm}^2$$

Piirpingete ja varutegurite väärtused staatilisel koormamisel (suunist)¹⁾

Töö seisund	Sitked materjalid				Haprad materjalid			
	Piir-pinge	Teras, Cu-sulamid	Al-def-sulamid	Al-valu-sulamid	Piir-pinge	GJL	GJM	GJS
Tõmme	Voolepiir R_e ($R_{p0.2}$)				Tõmbetugevus R_m			
Surve	σ_{cf}	R_e	$R_{p0.2}$	$1.5 \cdot R_{p0.2}$	σ_{cB}	$2.5 \cdot R_m$	$1.5 \cdot R_m$	$1.3 \cdot R_m$
Paine	σ_{bY}	$1.2 \cdot R_e$	$R_{p0.2}$	$R_{p0.2}$	σ_{bB}	R_m	R_m	R_m
Vääne	τ_{tY}	$0.7 \cdot R_e$	$0.6 \cdot R_{p0.2}$	$0.65 \cdot R_{p0.2}$	τ_{tB}	$0.8 \cdot R_m$	$0.7 \cdot R_m$	$0.65 \cdot R_m$
Lõige	τ_{sY}	$0.6 \cdot R_e$	$0.6 \cdot R_{p0.2}$	$0.75 \cdot R_{p0.2}$	τ_{sB}	$0.8 \cdot R_m$	$0.7 \cdot R_m$	$0.65 \cdot R_m$
Varutegur	voolamise vältimiseks				katkemise vältimiseks			
	Tugevuskontroll: $v \approx 1.5$				Tugevuskontroll: $v \approx 2.0$			
	Dimensioneerimine: $v \approx 1.7$				Dimensioneerimine: $v \approx 2.1$			

¹⁾ Dimensioneerimine: R_e = nimivoolepiir (vähim voolepiiri väärtus vähima paksusega ristlõikele).

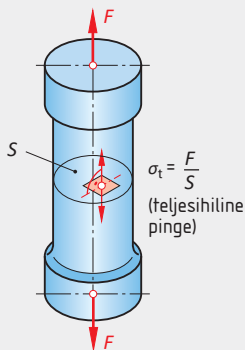
Tugevuskontroll: R_e = voolepiir komponendi ristlõike tegelikule paksusele.

Elastsusmoodul E , kN/mm² (keskväärtused)

Materjal	Teras	EN-GJL-150	EN-GJL-300	EN-GJS-400	Valuteras	EN-GJMW-350-4	Zn-Cu-sulam CuZn40	Alumiiniumisulam	Titaanisulam
E - moodul	210	85	125	175	210	170	90	70	120

Tõmme, surve, pindsurve

Tõmbepinge



σ_t tõmbepinge
 F tõmbejõud
 S ristlõikepindala
 σ_{all} lubatav tõmbepinge
 v varutegur (lk 42)

S_{req} nõutav ristlõikepindala
 R_e voolepiir

Tõmbepinge

$$\sigma_t = \frac{F}{S}$$

1. näide:

Terastraat: $d = 3 \text{ mm}$ ($S = 7.07 \text{ mm}^2$), $F = 900 \text{ N}$;

$\sigma_t = ?$

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{900 \text{ N}}{7.07 \text{ mm}^2} = 127 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

2. näide:

Terasvarda dimensioonierimine: materjal S235JR, $F = 15 \text{ kN}$; $S_{\text{req}} = ? \text{ d} = ?$

$$\sigma_{\text{all}} = \frac{R_e}{v} = \frac{235 \text{ N/mm}^2}{1.7} = 138 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{\text{req}} = \frac{F}{\sigma_{\text{all}}} = \frac{15000 \text{ N}}{138 \text{ N/mm}^2} = 108.7 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{d = 12 \text{ mm}}$$

Elastse pikennemise arvutus: lk 201.

Nõutav ristlõikepindala

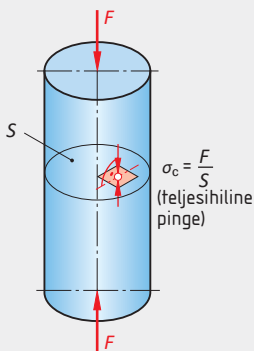
$$S_{\text{req}} = \frac{F}{\sigma_{\text{all}}}$$

Lubatav tõmbepinge¹⁾

$$\sigma_{\text{all}} = \frac{R_e}{v}$$

Voolepiiri R_e väärtused: lk 135 ... lk 139

Survepinge



σ_c survepinge
 F survejõud
 S ristlõikepindala
 σ_{all} lubatav survepinge
 σ_{cF} voolepiir survele (lk 42, terasele $\sigma_{\text{cF}} \approx R_e$)
 v varutegur (lk 42)

S_{req} nõutav ristlõikepindala
 R_e voolepiir

Survepinge

$$\sigma_c = \frac{F}{S}$$

Näide:

Raami dimensioonierimine: materjal EN-GJS-400; $F = 1200 \text{ kN}$, $S_{\text{req}} = ?$

$$\sigma_{\text{call}} = \frac{\sigma_{\text{cB}}}{v} = \frac{1.3 \cdot R_m}{2.1} = \frac{1.3 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{2.1} = 248 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{\text{req}} = \frac{F}{\sigma_{\text{call}}} = \frac{1200000 \text{ N}}{248 \text{ N/mm}^2} = \mathbf{4838.7 \text{ mm}^2}$$

Voolepiiri R_e väärtused: lk 135 ... lk 139.

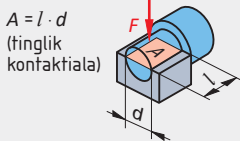
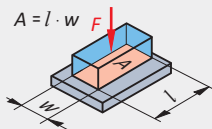
Nõutav ristlõikepindala

$$S_{\text{req}} = \frac{F}{\sigma_{\text{call}}}$$

Lubatav survepinge¹⁾

$$\sigma_{\text{call}} = \frac{\sigma_{\text{cF}}}{v}$$

Pindsurve



Pindsurvena mõistetakse kahe komponendi kontakti alas mõjuvat keskmist survepinget.

F jõud
 p pindsurve
 A kontaktiala pindala, tingliku kontaktiala pindala
 A_{req} nõutav kontaktiala pindala

p_{all} lubatav pindsurve
 R_e voolepiir

Pindsurve

$$p = \frac{F}{A}$$

Näide:

Kaks pingutusvarrast, kumbki paksusega 8 mm, on ühendatud sõrme DIN 1445-10h11 x 16 x 30 abil ning koormatud jõuga $F = 2000 \text{ N}$. $p = ?$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{2000 \text{ N}}{8 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}} = 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Voolepiiri R_e väärtused: lk 135 ... lk 139.

Nõutav kontaktiala pindala

$$A_{\text{req}} = \frac{F}{p_{\text{all}}}$$

Lubatav pindsurve¹⁾²⁾ (hinnangulised väärtused)

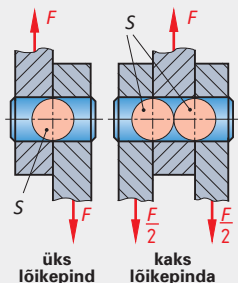
$$p_{\text{all}} = \frac{R_e}{1.2}$$

1) Lubatava pinge arvutus kehtib vaid mittehabraste materjalide (nt teras) staatilisel koormamisel.

Habrastele materjalidele tuleb lubatava pinge väärtus arvutada samal viisil (lk 42).

2) Lubatava pinge väärtused on kasutamiseks masinaelementide (nt poldid) arvutustes.

Lõige, vääne, paine

Lõikepinge¹⁾

Voolepiiri R_e väärtused:
lk 135 ... 139.

Ristlõige, kus mõjuvad lõikepinged, ei tohi nihkuda.

τ_s lõikepinge S_{req} nõutav ristlõikepindala
 F lõikejõud R_e voolepiir
 S ristlõikepindala
 τ_{sall} lubatav lõikepinge
 τ_{sY} voolepiiri lõikel (lk 42, terasele $\tau_{sY} \approx 0.6 \cdot R_e$)
 v varutegur (lk 42)

Näide:

Tihvt: läbimõõt 6 mm ($S = 28.3 \text{ mm}^2$): üks lõikepind, koormus $F = 2200 \text{ N}$; $\tau_s = ?$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{2200 \text{ N}}{28.3 \text{ mm}^2} = 77.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

1) Purunemine lõikel: lk 371.

2) Lubatava pinge väärtused on kasutamiseks masinaelementide arvutustes.

Lõikepinge

$$\tau_s = \frac{F}{S}$$

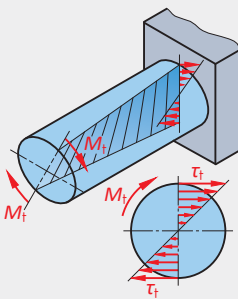
Nõutav ristlõikepindala

$$S_{req} = \frac{F}{\tau_{sall}}$$

Lubatav lõikepinge²⁾³⁾

$$\tau_{sall} = \frac{\tau_{sY}}{v}$$

Väändepinge



Voolepiiri R_e väärtused:
lk 135 ... 139.

Väändepingena käsitletakse komponendi välispinna lähedal mõjuvat suurimat pinget.

τ_t suurim väändepinge R_e voolepiir
 M_t väändemoment
 W_p polaartugevusmoment (lk 46)
 W_{preq} nõutav polaartugevusmoment
 τ_{tall} lubatav väändepinge
 τ_{tY} voolepiiri väändel (lk 42, terasele $\tau_{tY} \approx 0.7 \cdot R_e$)
 v varutegur (lk 42)

Näide:

Võll: $d = 32 \text{ mm}$, $M_t = 420 \text{ Nm}$; $W_p = ?$, $\tau_t = ?$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot (32 \text{ mm})^3}{16} = 6434 \text{ mm}^3$$

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_p} = \frac{420000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{6434 \text{ mm}^3} = 65.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Väändepinge

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_p}$$

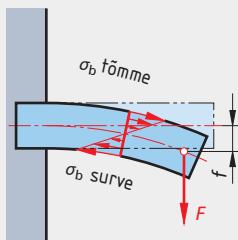
Nõutav polaartugevusmoment

$$W_{preq} = \frac{M_t}{\tau_{tall}}$$

Lubatav väändepinge³⁾

$$\tau_{tall} = \frac{\tau_{tY}}{v}$$

Paindepinge



Voolepiiri R_e väärtused:
lk 135 ... 139.

Paindepingena käsitletakse komponendi välispinna lähedal mõjuvat suurimat tõmbe- või survepinget.

σ_b suurim paindepinge R_e voolepiir
 M_b paindemoment (lk 45) F paindejõud
 W telgtugevusmoment (lk 46) f läbipaine (lk 45)
 W_{req} nõutav telgtugevusmoment
 σ_{ball} lubatav paindepinge
 σ_{bY} voolepiiri paindel (lk 42, terasele $\sigma_{bY} \approx 1.2 \cdot R_e$)
 v varutegur (lk 42)

Näide:

Telg: materjal S275J0, $d = 70 \text{ mm}$, staatiline koormus, $\sigma_{ball} = ?$

$R_e = 245 \text{ N/mm}^2$ (lk 131)

$$\sigma_{ball} = \frac{\sigma_{bY}}{v} = \frac{1.2 \cdot 245 \text{ N/mm}^2}{1.5} = 196 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Paindepinge

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W}$$

Nõutav telgtugevusmoment

$$W_{req} = \frac{M_b}{\sigma_{ball}}$$

Lubatav paindepinge³⁾

$$\sigma_{ball} = \frac{\sigma_{bY}}{v}$$

³⁾ Lubatava pinge arvutus kehtib vaid mittehabraste materjalide (nt teras) staatilisel koormamisel. Habrastele materjalidele tuleb lubatava pinge väärtus arvutada samal viisil.

Paindemoment, põikjõud, läbipaine

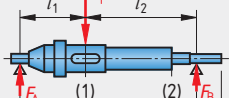
Võlli sisejõud paindel (erijuht)

Näide:

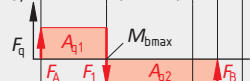
$$F_1 = 1.6 \text{ kN}; l_1 = 180 \text{ mm};$$

$$l_2 = 300 \text{ mm}; l_3 = 240 \text{ mm}$$

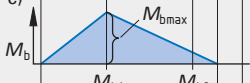
a)



b)



c)



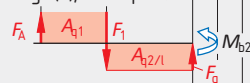
Lõige (1), vasak pool:



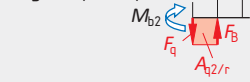
Lõige (1), parem pool:



Lõige (2), vasak pool:



Lõige (2), parem pool:



Painutavalt koormatud ühtlase varda dimensioneerimisel on kõige olulisem paindemomendi M_b suurim väärtus. Muutuva ristlõike korral on tarvis paindemomendi arvutust teha komponendi erinevates kohtades (x), nt (1), (2), (3), ... Selleks kasutatakse nn lõikemeetodit, kus komponendist teoreetiliselt eraldatakse üks osa (lõigatakse vabaks) ning arvutatakse avanenud sisepinna sisejõud (paindemoment M_b ja põikjõud F_q). Arvutada võib graafiliste seoste abil, mis põhinevad põikjõude epüüri pindaladel A_q või matemaatilisel tasakaalutingimuste alusel.

Tasakaalutingimus
(tasandil)

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma M_{(x)} = 0$$

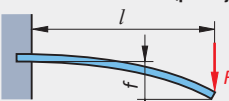
Laheuskäigu sammud:	Näide (arvutuskeem vasakul)
Komponendi arvutuskeem, st kõikide jõude määramine ja arvutus tasakaalutingimustest $F_1, F_2, F_3 \dots$ ja F_A, F_B .	a) $F_1 = 1.6 \text{ kN}$; toereaktsioonide arvutus annab (lk 34): $F_A = 1 \text{ kN}$; $F_B = 0.6 \text{ kN}$.
Põikjõu F_q epüüri tekivad ristkülikud pindalaga $A_q = F_q \cdot l$ ($\cong M_b$). Paindemomendi tippväärtused ilmnevad kohtades, kus põikjõud epüüri on nullkoht.	b) Koosta põikjõu epüür arvutuse põhiseaduse F_q ulatuses, alustades vasakult, vt ka paindemomendi märgikokkulepet ¹⁾ .
Paindemomendi suurima väärtuse ning muude väärtuste arvutus vajalikes kohtades.	c) Arvuta paindemomendi suurim väärtus kohal (1) ning väärtus kohal (2) omal valikul, kas graafilisel või tasakaaluvõrranditega , antud asukohast vasakul või paremal pool.
Nii lõikest vasakule poole kui ka paremale poole jääv osa annab sama tulemuse. (Põikjõud F_q on seotud lõikega ²⁾).	nt lõikes (1) tasakaaluvõrrandiga vasakult: $M_{b(1)} = F_A \cdot l_1 = 1 \text{ kN} \cdot 0.18 \text{ m}$ $M_{b(1)} = 180 \text{ Nm}$
Lõige (1) graafiliselt, pindala A_q abil: vasak pool: $M_{b(1)} = A_{q1} = F_A \cdot l_1$ parem pool: $M_{b(1)} = A_{q2} = F_B \cdot l_2$	nt lõikes (1) graafiliselt paremalt: $M_{b(1)} = A_{q2} = F_B \cdot l_2 = 0.6 \text{ kN} \cdot 0.3 \text{ m}$ $M_{b(1)} = 180 \text{ Nm}$
Lõige (1) tasakaaluvõrrandi $\Sigma M_{(1)} = 0$ abil: vasak pool: $\Sigma M_{(1)} = 0 = M_{b(1)} - F_A \cdot l_1$ parem pool: $\Sigma M_{(1)} = 0 = -M_{b(1)} + F_B \cdot l_2$	nt lõikes (2) graafiliselt vasakult: $M_{b(2)} = A_{q1} + A_{q2/1}$ $= F_A \cdot l_1 + (F_A - F_1) \cdot l_3$ $= 1 \text{ kN} \cdot 0.18 \text{ m} + (-0.6 \text{ kN}) \cdot 0.24 \text{ m}$ $M_{b(2)} = 36 \text{ Nm}$
Lõige (2) graafiliselt, pindala A_q abil: vasak pool: $M_{b(2)} = A_{q1} + A_{q2/1}$ $= F_A \cdot l_1 + (F_A - F_1) \cdot l_3$ parem pool: $M_{b(2)} = A_{q2/r} = F_B \cdot (l_2 - l_3)$	nt lõikes (2) tasakaaluvõrrandiga paremalt: $M_{b(2)} = F_B \cdot (l_2 - l_3)$ $= 0.6 \text{ kN} \cdot (0.3 \text{ m} - 0.24 \text{ m})$ $M_{b(2)} = 36 \text{ Nm}$
Lõige (2) tasakaaluvõrrandi $\Sigma M_{(2)} = 0$ abil: vasak pool: $\Sigma M_{(2)} = 0 = M_{b(2)} - F_A \cdot (l_1 + l_3) + F_1 \cdot l_3$ parem pool: $\Sigma M_{(2)} = 0 = -M_{b(2)} + F_B \cdot (l_2 - l_3)$	

¹⁾ vastupäeva paindemoment on positiivne (+) ja päripäeva paindemoment on negatiivne (-). Tugevusarvutustes kasutatakse paindemomendi absoluutväärtust (ilma +/- märgita).

²⁾ painde tugevusarvutustes tavaliselt lõikepinget ei arvestata.

Suurim paindemoment ja suurim läbipaine (valik erijuhtusid)

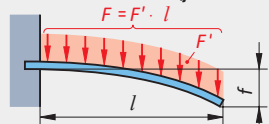
ühelt otsast kinnitatud (punktjõud)



$$M_b = F \cdot l$$

$$f = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

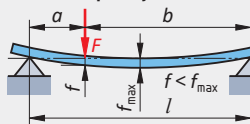
ühelt otsast kinnitatud (joonkoormus)



$$M_b = \frac{F \cdot l}{2}$$

$$f = \frac{F \cdot l^3}{8 \cdot E \cdot I}$$

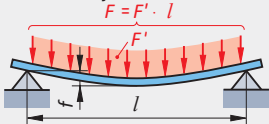
kahel toel (punktjõud)



$$M_b = F \cdot \frac{a \cdot b}{l}$$

$$f = \frac{F \cdot a^2 \cdot b^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot l}$$

kahel toel (joonkoormus)



$$M_b = \frac{F \cdot l}{8}$$





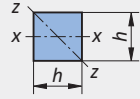
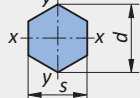
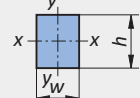
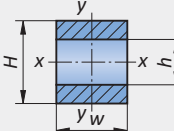
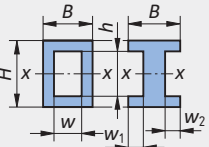
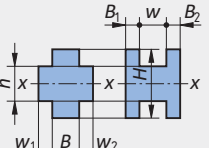
$$f = \frac{5 \cdot F \cdot l^3}{384 \cdot E \cdot I}$$

E Elastusmoodulite väärtused: lk 42

I Ristlõike telginertsimoment; valemid: lk 46; väärtused: lk 150 ... lk 155

F' Joonkoormus (koormus pikkusühiku kohta, nt N/cm)

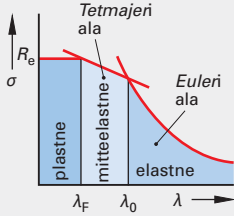
Ristlõigete pinnamomendid

Inertsimomendid ja tugevusmomendid ¹⁾			
Ristlõige	Paine ja nõtkete		Vääne Polaartugevusmoment W_p
	Telginertsimoment I	Telgtugevusmoment W	
	$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$	$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$	$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$
	$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64}$	$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D}$
	$I = 0.05 \cdot D^4 - 0.083 \cdot d \cdot D^3$	$W = 0.1 \cdot D^3 - 0.17 \cdot d \cdot D^2$	$W_p = 0.2 \cdot D^3 - 0.34 \cdot d \cdot D^2$
	$I = 0.003 \cdot (D + d)^4$	$W = 0.012 \cdot (D + d)^3$	$W_p = 0.2 \cdot d^3$
	$I_x = I_z = \frac{h^4}{12}$	$W_x = \frac{h^3}{6}$ $W_z = \frac{\sqrt{2} \cdot h^3}{12}$	$W_p = 0.208 \cdot h^3$
	$I_x = I_y = \frac{5 \cdot \sqrt{3} \cdot s^4}{144}$ $I_x = I_y = \frac{5 \cdot \sqrt{3} \cdot d^4}{256}$	$W_x = \frac{5 \cdot s^3}{48} = \frac{5 \cdot \sqrt{3} \cdot d^3}{128}$ $W_y = \frac{5 \cdot s^3}{24 \cdot \sqrt{3}} = \frac{5 \cdot d^3}{64}$	$W_p = 0.188 \cdot s^3$ $W_p = 0.123 \cdot d^3$
	$I_x = \frac{w \cdot h^3}{12}$ $I_y = \frac{h \cdot w^3}{12}$	$W_x = \frac{w \cdot h^2}{6}$ $W_y = \frac{h \cdot w^2}{6}$	-
	$I_x = \frac{w \cdot (H^3 - h^3)}{12}$ $I_y = \frac{w^3 \cdot (H - h)}{12}$	$W_x = \frac{w \cdot (H^3 - h^3)}{6 \cdot H}$ $W_y = \frac{w^2 \cdot (H - h)}{6}$	-
	$I_x = \frac{B \cdot H^3 - w \cdot h^3}{12}$ $w = w_1 + w_2$	$W_x = \frac{B \cdot H^3 - w \cdot h^3}{6 \cdot H}$ $w = w_1 + w_2$	-
	$I_x = \frac{B \cdot H^3 + w \cdot h^3}{12}$ $B = B_1 + B_2$ $w = w_1 + w_2$	$W_x = \frac{B \cdot H^3 + w \cdot h^3}{6 \cdot H}$ $B = B_1 + B_2$ $w = w_1 + w_2$	-

¹⁾ Standardprofiilide inerts- ja tugevusmomendid: lk 153 ... lk 158 ja lk 178 ... lk 180.

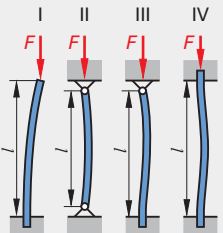
Nõtk. Liitõõseisundid

Nõtk



Varda kinnitustüüpi ja nõtkepikkus

Kinnitustüüpi



Nõtkepikkus

$l_k = 2 \cdot l$ $l_k = l$ $l_k = 0.7 \cdot l$ $l_k = 0.5 \cdot l$

Surutud saledatel varrastel ($\lambda > \lambda_F$) on oht nõtkuda.

- λ saledus
- λ_0 Euleri piirsaledus
- λ_F vähim nõtkesaledus (pehmetele terastele $\lambda_F = 60$)
- l pikkus
- l_k nõtkepikkus
- i inertsiraadius
- I inertsimoment (lk 46)
- S ristlõike pindala
- σ_k kriitiline pinge (mille korral varras nõtkub)
- E elastsusmoodul (lk 42)
- F_k kriitiline jõud (mille mõjudes varras nõtkub)
- I_{req} nõutav inertsimoment (lk 46)
- σ_{call} lubatav survepinge
- F_{call} lubatav survejõud
- v varutegur (masinaehituses nõtk korral 3...10)

Saledus¹⁾

$$\lambda = \frac{l_k}{i}$$

Inertsiraadius

$$i = \sqrt{\frac{I}{S}}$$

Lubatav survepinge

$$\sigma_{call} = \frac{\sigma_k}{v}$$

Lubatav survejõud

$$F_{call} = \frac{F_k}{v}$$

Kriitiline survepinge ja -jõud (Euleri järgi)

$$\sigma_k = \frac{E \cdot \pi^2}{\lambda^2}; F_k = \frac{E \cdot I_{req} \cdot \pi^2}{l_k^2}$$

Nõutav telginertsimoment (Euleri järgi)²⁾

$$I_{min} = \frac{v \cdot F \cdot l_k^2}{E \cdot \pi^2}$$

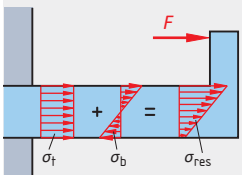
²⁾ Esialgne arvutus tuleb teha Euleri valemi järgi, või selle kehtivust eeldada. Kui tulemuseks on $\lambda < \lambda_0$, tuleb σ_k arvutada Tetmajeni järgi. Kui v väärtus ei ole piisav, tuleb vastavalt muuta varda mõõtmeid.

- $\lambda < \lambda_F$: nõtkearvutus ei ole vajalik
- $\lambda_F < \lambda < \lambda_0$: kriitiline pinge Tetmajeni järgi
- $\lambda > \lambda_0$: kriitiline pinge Euleri järgi

Materjal	Euleri piirsaledus λ_0	Kriitiline pinge (Tetmajeni järgi)
S235JR	104	$\sigma_k = 310 - 1.14 \cdot \lambda$
E295, E335	89	$\sigma_k = 335 - 0.62 \cdot \lambda$
EN-GJL-200	80	$\sigma_k = 776 - 12 \cdot \lambda + 0.053 \cdot \lambda^2$
5 % Ni-teras	86	$\sigma_k = 470 - 2.30 \cdot \lambda$

Liitõõseisundid (mitme pingekomponendi koosmõju)

Summaarne pinge



Ainult normaalpingeid σ (st tõmme/surve ja paine) või ainult nihkepingeid τ (st vääne ja lõige), mis mõjuvad samaaegselt ühes ja samas ristlõike punktis ning ühes ja samas sihis võib summaarseks pingeks kokku liita.

- σ_{res}, τ_{res} summaarne normaal-/nihkepinge
- $\sigma_b, \tau_{s,c}$ painde-, tõmbe- ja survepinge
- τ_r, τ_s väände- ja lõikepinge
- Piirpinge: madalaim vastav piirpingeväärtus.

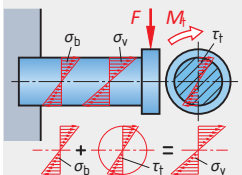
Summaarne normaalpinge

$$\sigma_{res} = \sigma_b \pm \sigma_{t,c}$$

Summaarne nihkepinge

$$\tau_{res} = \tau_t \pm \tau_s$$

Võrdpinge



Kui ühes ja samas ristlõike punktis mõjub samaaegselt nii normaalpinge σ (nt paine) kui ka nihkepinge τ (nt vääne), tuleb arvutada võrdpinge (ekvivalentpinge), mille ohtlikkuse määr on sama, kui normaal- ja nihkepingel kokku.

- σ_v võrdpinge
- σ, τ normaal- ja nihkepinge
- α_0 mõjutegur³⁾

Võrdpinge (kujumuutuse energia tugevuskariteerium sitketele materjalidele)

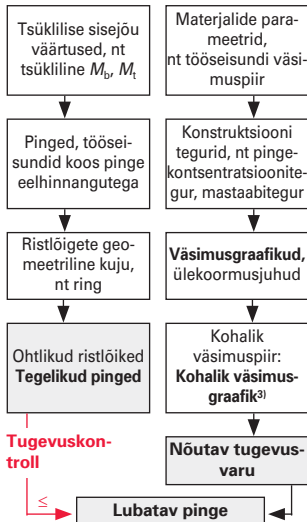
$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2}$$

³⁾ Mõjutegur α_0 (tõõseisundi nihkepinge taandamine normaalpingeks), terasele: sümmeetrilise tsükliliga painde ja staatilise või ühepoolse tsükliliga väände koosmõjul $\alpha_0 \approx 0.7$; ühetaoliselt mõjuva painde ja väände koosmõjul $\alpha_0 \approx 1.0$; staatilise või ühepoolse tsükliliga painde ning sümmeetrilise tsükliliga väände koosmõjul $\alpha_0 \approx 1.5$.

Väsimustugevus, väsimusvarutegur

Üldine tugevusarvutus tsüklilisele koormusele, dimensioneerimine

Üldine väsimusanalüüsi metoodika:



³⁾ Materjali väsimusest tulenevate kahjustuste ohu tõttu peavad komponendi pinged olema väiksema väärtusega, kui komponendi kohalik väsimuspiir (varutegur).

Dimensioneerimine:

Kui komponendi kuju ja mõõtmed ei ole teada, pole võimalik selle vastupidavust tsüklilisele koormusele hinnata. Sel juhul arvutatakse esmalt komponendi ristlõike ligikaudsed mõõtmed, kasutades piirpinge (materjali parameeter staatikas) ning olulisel määral suurendatud varuteguri väärtusi.

$\sigma(\tau)_{\text{limit}}$ piirpinge (lk 41 ja allolev tabel)

v_D varutegur (allolev tabel)

Painde ja väände koormuse võrdpinge seosest (lk 47) saab tuletada vastava võrdpaindemomendi valemi ümarvordale.

M_b, M_t , painde- ja väändmoment

M_v , võrdpaindemoment

α_0 mõjutegur (lk 47)

$\sigma(\tau)_{\text{limit}}$ piirpinge (lk 41 ja allolev tabel)

d võlli või telje esialgne ligikaudne läbimõõt

1) Dimensioneerimise valemid põhinevad komponendi tööseisundil ning vastaval inseneripraktikal.

2) Kui komponendi pikkusmõõtmed pole teada, võib kasutada empiirilisi väärtusi:

$M_v \approx 1.17 \cdot M_t$ (laagrite vahekaugus on tavapärane);

$M_v \approx 2.1 \cdot M_t$ (laagrite vahekaugus on suur).

Lubatav pinge (eeldimensioneerimine)

$$\sigma_{\text{all}} = \frac{\sigma_{\text{limit}}}{v_D}, \quad \tau_{\text{all}} = \frac{\tau_{\text{limit}}}{v_D}$$

Võrdpaindemoment (sitke materjal)

$$M_v = \sqrt{M_b^2 + 0.75 \cdot (\alpha_0 \cdot M_t)^2}$$

Telje läbimõõt¹⁾

$$d \approx 3.4 \cdot \sqrt[3]{M_b / \sigma_{\text{limit}}}$$

Võlli läbimõõt¹⁾ (ainult vääne)

$$d \approx 2.7 \cdot \sqrt[3]{M_t / \tau_{\text{limit}}}$$

Võlli läbimõõt¹⁾²⁾ (vääne ja paine)

$$d \approx 3.4 \cdot \sqrt[3]{M_v / \sigma_{\text{limit}}}$$

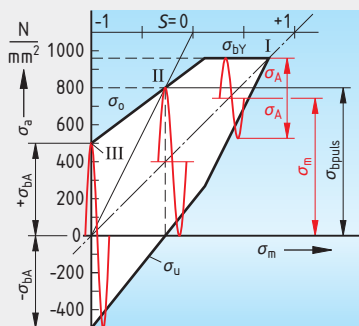
Arvutusnäide: lk 50.

Väsimuspiiri väärtused (piirpinged), N/mm² ja varutegurid (suunised)¹⁾

Smithi piirpingediagramm:

Ühesuguse mõõtkavaga telgedele kantud pingetsükli piirväärtusjoonte σ_o ja σ_u abil määratakse antud pingetsükli keskpinge σ_m alusel amplituudpinge suurim ohutu σ_A väärtus.

Näide: 41Cr4, paine



Selgitus:

III Väsimuspiir, kui $\sigma_m = 0$ ($S = -1$)

I Lubatav amplituud, kui $\sigma_o = 0$ ($S = 0$)

I Voolapiiriga antud pinge piirväärtus

Materjal ²⁾	σ_{tpuls} σ_{cpuls}	σ_{ct}	σ_{bpuls}	σ_{bA}	τ_{tpuls}	τ_{tA}
S235	235	145	280	180	160	110
S275	275	165	330	205	190	125
E295	295	190	355	235	205	140
E360	360	270	430	335	250	200
C10E	310	200	370	250	215	150
17Cr3	540	320	655	400	380	240
16MnCr5	640	400	800	500	480	300
20MnCr5	725	480	910	600	590	360
18CrNiMo7-6	725	480	910	600	590	360
C22E	340	200	405	250	235	150
C45E	490	280	590	350	340	210
C60E	580	340	690	425	400	250
41Cr4	650	400	800	500	525	300
30CrNiMo8	750	500	930	625	625	375
GE200	200	150	240	190	140	110
GE300	300	240	360	260	210	155
EN-GJS-400	240	140	345	220	195	115
EN-GJS-500	270	155	380	240	225	130
EN-GJS-600	330	190	470	270	275	160
EN-GJS-700	355	205	520	300	305	175
Varutegur	Sitked materjalid		Haprad materjalid			
	Tugevuskontroll $v_D \approx 1.5$		Tugevuskontroll $v_D \approx 1.7$			
	Dimensioneerimine $v_D \approx 3 \dots 4$		Dimensioneerimine $v_D \approx 3 \dots 6$			

¹⁾ Kõnnisväärtused ainult dimensioneerimiseks, sest tugevuskontroll põhineb väsimusarvutusel.

²⁾ Materjalide seisund: konstruktsiooniteras, normaalseisund; parendatud teras (K+KöN); tsementiitidud pindkarastatud teras.

Tugevusarvutus väsimusele

Väsimustugevus, lihtsustatud väsimuskontroll

Kohalik väsimustugevus on tsükliliselt koormatud komponendi ristloike vastupanuvõime väsimusele (lk 202) arvestades tugevus vähendavaid kohalikke mõjureid.

Peamised sedalaadi mõjurid on:

- komponendi kuju (pingekontsentratsioon);
- mehaanilise töötlemise kvaliteet (pinnakaredus);
- tooriku mõõtmed (komponendi paksus).

Väsimuspiiri väärtuse vähendamine võib lisaks olla vajalik sõltuvalt ka pingetsükli keskpinge väärtusest (*Smithi* diagramm, lk 48) ning prognoositud ülekoormustest.

Üldine tugevuskontroll: Suurim tegeliku paindepinge väärtus peab olema väiksem (varutegur) paindetugevusest, mis vastab antud ristloike väsimusprotsessi tekklele, mis lõpuks viib väsimuspurenemiseni.

Lihtsustatud tugevuskontroll: Sitkete materjalide korral võib paindetugevuse võtta võrdseks kohaliku väsimuspiiriga ($\sigma_{GA} = \sigma_{GW}$, $\tau_{GA} = \tau_{GW}$), sest need erinevad vähe. Kui asümmeetriategur $S > 0$ tuleb ristloike tugevust kontrollida ka voolavusele (lk 42 ... lk 44).

Arvutusnäide: lk 50.

- $\sigma(\tau)_{GW}$ kohalik väsimuspiir
- $\sigma(\tau)_W$ väsimuspiir (lk 41 ja lk 48)
- b_1 pinnaviimistlustegur (alltoodud graafik)
- b_2 mastaabitegur (alltoodud graafik)
- β_k pingekontsentratsioonitegur väsimusel (alltoodud tabel)
- $\sigma(\tau)_{ext}$ tegelik paindepinge
- $\sigma(\tau)_{all}$ lubatav pinge
- $\sigma(\tau)_{GA}$ paindetugevus
- v_D väsimusvarutegur (lk 48)

Kohalik väsimustugevus (tsükliline koormus)

$$\sigma_{GW} = \frac{\sigma_W \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_k}$$

$$\tau_{GW} = \frac{\tau_W \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_k}$$

Tugevuskontroll (üldine)

$$\sigma_{ext} \leq \sigma_{all}$$

$$\tau_{ext} \leq \tau_{all}$$

Lubatav pinge lihtsustatud tugevuskontrolliks (tsükliline koormus)

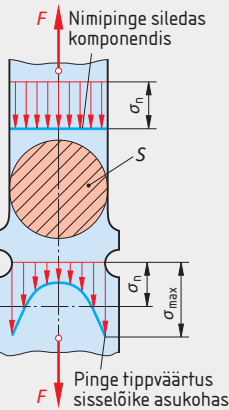
$$\sigma_{all} = \frac{\sigma_{GW}}{v_D} = \frac{\sigma_{GA}}{v_D}$$

$$\tau_{all} = \frac{\tau_{GW}}{v_D} = \frac{\tau_{GA}}{v_D}$$

FÜ

Pingekontsentratsioon ja pingekontsentratsiooniteguri β_k juhised terasele

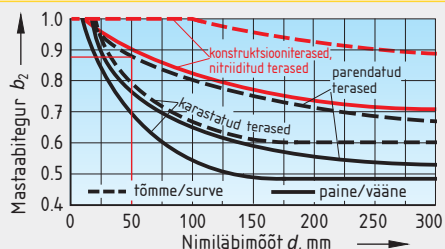
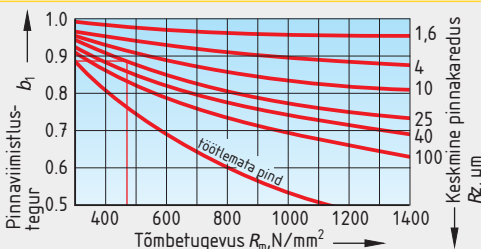
Näide: Pingete laotus tõmbel



Ühtlases tõmmatud vardas puuduva takistused sisejõu vabale jaotumisele materjali sees ning seetõttu on pingelaotus ühtlane. Ristloike muutused põhjustavad aga sisejõu mõjujoonte lokaalset koondumist ja seetõttu pinge väärtuse suurenemist. Sellest tulenevat tugevuse vähenemist mõjutab peamiselt ristloike muutuse (sälgu) kuju, aga ka materjali tundlikkus pingete kontsentreerumisele.

Pingekontsentratsioon	R_m N/mm ²	Pingekonts.-tegur väsimusel β_k	
		Paine	Vääne
Võlli ümara sälguga	300 ... 800	1.2 ... 2.0	1.1 ... 1.9
Võlli rõngassoonega paigaldusrõnga jaoks	300 ... 800	2.2 ... 3.5	2.2 ... 3.4
Astmega võll	300 ... 1200	1.1 ... 3.0	1.1 ... 2.0
Võlli liistsoon (otsfrees)	400 ... 1200	1.8 ... 2.6	1.3 ... 2.4
Võlli liistsoon (ketasfrees)	400 ... 1200	1.5 ... 1.9	1.3 ... 2.4
Võlli segmentliistsoon	400 ... 1200	1.9 ... 3.2	1.8 ... 3.0
Hammaste võll	400 ... 1200	1.4 ... 2.3	1.8 ... 3.0
Peenhammasliite võll	400 ... 1200	1.6 ... 2.6	1.8 ... 3.0
Pressliite serv	400 ... 1200	1.8 ... 2.9	1.2 ... 1.8
Võlli puuritud põikava	400 ... 1200	1.7 ... 2.0	1.7 ... 2.0
Ribasse puuritud ava	400 ... 1200	1.3 ... 1.6	Tõmme 1.5 ... 1.9

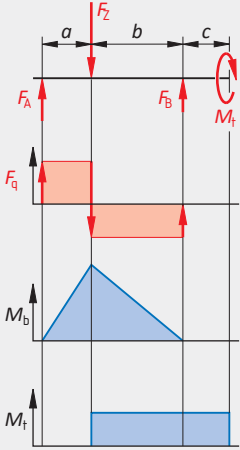
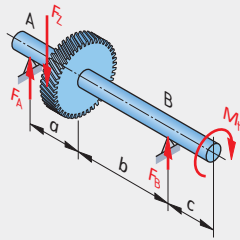
Pinnaviimistlustegur b_1 ja mastaabitegur b_2 terasele



Tugevusarvutus väsimusele

Näited lk 48 ja lk 49

Võlli eeldimensioneerimine väsimusele (erijuht)



Konveieri ajamisüsteemi terasest 16MnCr5 võll on ette nähtud nimivõimsusele $P = 5.5$ kW pöörlemissagedusel $n = 900$ 1/min. Pöördemoment rakendatakse paindevabalt siduri abil. Hammasratta ringjõud $F_z = 2$ kN ning väänav koormus toimib pulseerivalt, vastavalt konveieri pulseerivale koormusele tööolukorras.

- Eeldimensioneerimine, kui kaugused a , b , c ei ole teada
Koormus $M_t = ?$; M_v laagrите tavapaigutusel = ?; võlli läbimõõt $d = ?$
- Eeldimensioneerimine, kui $a = 50$ mm, $b = 80$ mm, $c = 50$ mm:
Paindemoment $M_b = ?$; mõjutegur $\alpha_0 = ?$
Võrdpöördemoment $M_v = ?$; võlli läbimõõt $d = ?$

Lahendus A:

$$P = \frac{M \cdot n}{9550} \quad (\text{lk 37}): \quad M_t = M = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{5.5}{900} = 58.4 \text{ Nm}$$

Eeldimensioneerimine (lk 48):

$$M_v \approx 1.17 \cdot M_t = 1.17 \cdot 58.4 \text{ Nm} = 68.3 \text{ Nm}; \quad \sigma_{\text{limit}} = \sigma_{bW} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 3.4 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{\text{limit}}}} = 3.4 \cdot \sqrt[3]{\frac{68300 \text{ Nmm}}{500 \text{ N/mm}^2}} = 17.5 \text{ mm} \rightarrow d = 20 \text{ mm}$$

Lahendus B:

Painde ja väände koosmõju (lk 45):

$$M_b = F \cdot \frac{a \cdot b}{l} = F_z \cdot \frac{a \cdot b}{l} = 2000 \text{ N} \cdot \frac{50 \text{ mm} \cdot 80 \text{ mm}}{130 \text{ mm}} = 61533 \text{ Nmm} = 61.5 \text{ Nm}$$

Võrdpinge painde ja väände koosmõjul (lk 47), kui paindetsüklil on sümmeetriline (ümarvõll), väändetsüklil on ühepoolne, siis $\alpha_0 = 0.7$

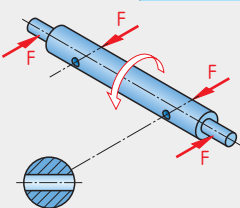
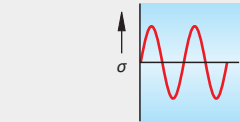
Eeldimensioneerimine, võrdpaindemoment (lk 48):

$$M_v = \sqrt{M_b^2 + 0.75 \cdot (\alpha_0 \cdot M_t)^2} = \sqrt{(61.5 \text{ Nm})^2 + 0.75 \cdot (0.7 \cdot 58.4 \text{ Nm})^2} = 71 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{\text{limit}} = \sigma_{bW} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 3.4 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{\text{limit}}}} = 3.4 \cdot \sqrt[3]{\frac{71000 \text{ Nmm}}{500 \text{ N/mm}^2}} = 17.7 \text{ mm} \rightarrow d = 20 \text{ mm}$$

Lihtsustatud tugevuskontroll (erijuht)



Konveieri ajamisüsteemi võll valmistatakse terasest E295, tooriku läbimõõt $d = 50$ mm, ohtlikus ristlõikes on põiksihiline ava, pinnakaredus $R_z = 25$ μm , suurim nimipaindepinge ristlõikes $\sigma_{\text{ext}} = 55$ N/mm².

Paindetugevus $\sigma_{\text{GA}} = ?$, lubatav pinge $\sigma_{\text{all}} = ?$

Kas tegelik pinge on ohutu?

Lahendus:

$$\sigma_{bW} = 235 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{lk 48}); \quad R_m = 470 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{lk 135});$$

$$b_1 = 0.88, \quad b_2 = 0.88; \quad \beta_k \approx 1.8 \quad (\text{graafik, tabel lk 49}); \quad v_D = 1.5 \quad (\text{lk 48})$$

$$\sigma_{\text{GA}} = \sigma_{\text{GW}} = \frac{\sigma_w \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_k} = \frac{235 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.88 \cdot 0.88}{1.8} = 101.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{all}} = \frac{\sigma_{\text{GA}}}{v_D} = \frac{101.1 \text{ N/mm}^2}{1.5} = 67.4 \text{ N/mm}^2$$

Tegelik ristlõike nimipaindepinge $\sigma_{\text{ext}} = 55$ N/mm² on ohutu, sest $\leq \sigma_{\text{all}}$.

Piirpingediagrammi kasutamise näide (lk 48)

Piirpingediagramm lk 48, materjal 41Cr4, paine:

Voolepiir paindel $\sigma_{bV} = ?$; ühepoolse pingetsükli väsimuspiir $\sigma_{b\text{puls}} = ?$; sümmeetrilise pingetsükli väsimuspiir $\sigma_{bA} = ?$; paindepinge piiramplituud σ_{bD} , kui keskpinge $\sigma_m = 740$ N/mm² = ?

Lahendus:

Lugem I ehk S = 1:

voolepiir paindel $\sigma_{bV} = 960$ N/mm²

Lugem II ehk S = 0:

ühepoolse pingetsükli väsimuspiir $\sigma_{b\text{puls}} = 800$ N/mm²

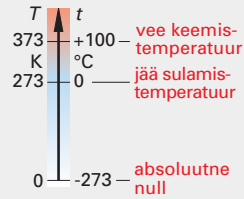
Lugem III ehk S = -1:

sümmeetrilise pingetsükli väsimuspiir $\sigma_{bA} = 500$ N/mm²

Lugem kohal $\sigma_m = 740$ N/mm²: pinge piiramplituud $\sigma_{bD} = 220$ N/mm²

Temperatuuri muutuse mõjud

Temperatuuri skaalad



Temperatuuri mõõdetakse kelvinites (K), *Celsiuse kraadides* (°C) või *Fahrenheiti kraadides* (°F). *Kelvini* skaala algab madalaimalt võimalikult temperatuurilt: absoluutselt nullilt; Celsius skaala nullpunktiks on jää sulamispunkt.

T absoluutne temperatuur, K t, ϑ temperatuur, °C
(termodünaamiline temperatuur) t_f temperatuur, °F

Näide:

$$t = 20^\circ\text{C}; T = ?$$

$$T = t + 273 = (20 + 273) \text{ K} = 293 \text{ K}$$

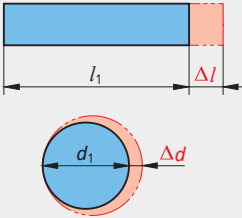
Absoluutne temperatuur, K

$$T = t + 273$$

**Temperatuur
Fahrenheiti kraadides**

$$t_f = 1.8 \cdot t + 32$$

Mõõtmete muutus



α_l joonpaisumistegur Δl pikkuse muutus
 $\Delta t, \Delta \vartheta, \Delta T$ temperatuuri muutus Δd läbimõõdu muutus
 l_1 algne pikkus
 d_1 algne läbimõõt

Näide:

Mittelegeerterasest plaat, $l_1 = 120$ mm;
 $\alpha_l = 0.0000119 \frac{1}{^\circ\text{C}}$; $\Delta t = 550$ °C; $\Delta l = ?$
 $\Delta l = \alpha_l \cdot l_1 \cdot \Delta t$
 $= 0.0000119 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 120 \text{ mm} \cdot 550^\circ\text{C} = \mathbf{0.785 \text{ mm}}$

Pikkuse muutus

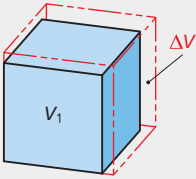
$$\Delta l = \alpha_l \cdot l_1 \cdot \Delta t$$

Läbimõõdu muutus

$$\Delta d = \alpha_l \cdot d_1 \cdot \Delta t$$

Joonpaisumistegurid:
lk 120 ja lk 121

Ruumala muutus



α_V mahtpaisumistegur ΔV ruumala muutus
 V_1 algne ruumala
 $\Delta t, \Delta \vartheta, \Delta T$ temperatuuri muutus

Näide:

Bensiin, $V_1 = 60$ l; $\alpha_V = 0.001 \frac{1}{^\circ\text{C}}$; $\Delta t = 32$ °C; $\Delta V = ?$
 $\Delta V = \alpha_V \cdot V_1 \cdot \Delta t = 0.001 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 60 \text{ l} \cdot 32^\circ\text{C} = \mathbf{1.9 \text{ l}}$

Ruumala muutus

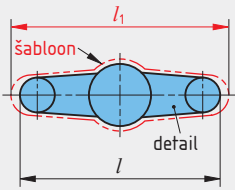
$$\Delta V = \alpha_V \cdot V_1 \cdot \Delta t$$

Tahketel ainetel
 $\alpha_V = 3 \cdot \alpha_l$

Mahtpaisumistegurid:
lk 121

Gaaside mahtpaisumine
(oleku muutus): lk 40

Kahanemine



S kahanemisvaru, % l_1 šablooni pikkus
 l detaili pikkus

Näide:

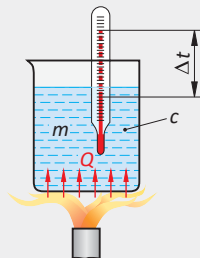
Alumiiniumvaland, $l = 680$ mm; $S = 1.2$ %; $l_1 = ?$
 $l_1 = \frac{l \cdot 100\%}{100\% - S} = \frac{680 \text{ mm} \cdot 100\%}{100\% - 1.2\%}$
 $= \mathbf{688.2 \text{ mm}}$

Šablooni pikkus

$$l_1 = \frac{l \cdot 100\%}{100\% - S}$$

Kahanemisvarud: lk 172.

Temperatuuri muutustega kaasnev soojushulk



Erisoojus c näitab kui suur soojushulk on vajalik, et 1 kg aine temperatuuri tõsta 1°C võrra. Sama soojushulk vabaneb aine jahtumisel.

c erisoojus Q soojushulk
 $\Delta t, \Delta \vartheta, \Delta T$ temperatuuri muutus m mass

Näide:

Terassvõll, $m = 2$ kg; $c = 0.48 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$;
 $\Delta t = 800$ °C; $Q = ?$
 $Q = c \cdot m \cdot \Delta t = 0.48 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2 \text{ kg} \cdot 800^\circ\text{C} = \mathbf{768 \text{ kJ}}$

Soojushulk

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

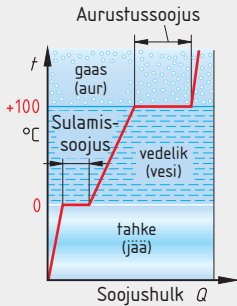
$$1 \text{ kJ} = \frac{1 \text{ kW} \cdot \text{h}}{3600}$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ MJ}$$

Erisoojused: lk 120 ja lk 121.

Sulamis-, aurustus- ja põlemissoojus

Sulamissoojus, aurustussoojus



Aine muundamiseks tahkest olekust vedelasse või vedelast olekust gaasilisse on vajalik soojusenergia. See on tuntud sulamis- või aurustussoojusena.

Q sulamissoojus
 q sulamise erisoojus

r aurustumise erisoojus
 m mass

Sulamissoojus

$$Q = q \cdot m$$

Aurustussoojus

$$Q = r \cdot m$$

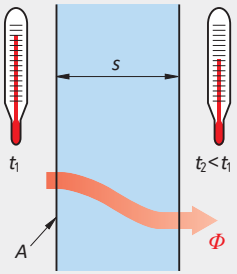
Sulamis- ja aurustussoojused: lk 120 ja 121.

Näide:

Vask, $m = 6.5 \text{ kg}$; $q = 213 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $Q = ?$

$$Q = q \cdot m = 213 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 6.5 \text{ kg} = 1384.5 \text{ kJ} \approx 1.4 \text{ MJ}$$

Soojusvoog



Soojusvoog Φ liigub aines alati suunaga kõrgema temperatuuri poolt madalama temperatuuri poole.

Soojusülekande k võtab arvesse nii komponendi materjali soojusjuhtivust kui ka soojusülekandeakistust komponendi pindadel.

Φ soojusvoog
 λ soojusjuhtivus
 k soojusülekande-
 tegur

$\Delta t, \Delta \theta, \Delta T$ temperatuuri muutus
 s komponendi paksus
 A komponendi pindala

Soojusvoog aine sees

$$\Phi = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta t}{s}$$

Soojusvoog soojusülekande

$$\Phi = k \cdot A \cdot \Delta t$$

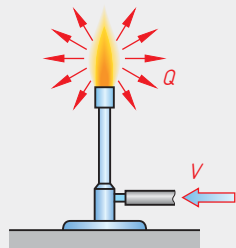
Näide:

Juhtimiskilp; värvitud terasplekk; $A = 5.8 \text{ m}^2$;
 $\Delta t = 15^\circ\text{C}$; $\Phi = ?$

$$\Phi = k \cdot A \cdot \Delta t = 5.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 5.8 \text{ m}^2 \cdot 15^\circ\text{C} = 478.5 \text{ W}$$

Soojusjuhtivuse λ väärtused: lk 120 ja 121.
 Soojusülekande

Põlemissoojus



Aine **netokütteväärtus** H_i (H) on soojushulk, mis vabaneb 1 kg või 1 m^3 aine täielikul põlemisel (kütteväärtus), miinus põlemisgaasides sisalduva vee aurustumissoojus.

Q põlemissoojus
 H_i, H kütteväärtus
 m tahke- või vedelkütuse mass
 V gaaskütuse ruumala

Tahkiste ja vedelike põlemissoojus

$$Q = H_i \cdot m$$

Gaaside põlemissoojus

$$Q = H_i \cdot V$$

Näide:

Maagaas, $V = 3.8 \text{ m}^3$; $H_i = 35 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$; $Q = ?$

$$Q = H_i \cdot V = 35 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \cdot 3.8 \text{ m}^3 = 133 \text{ MJ}$$

Kütuste H_i (H) netokütteväärtus

Soojusülekande

Tahkekütused	H_i MJ/kg	Vedel- kütused	H_i MJ/kg	Gaas- kütused	H_i MJ/m ³	Materjal (näited)	$\frac{W}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
Puit	15...17	Piiritus	27	Vesinik	10	Värvitud terasplekk	≈ 5.5
Biomass (kuiv)	14...18	Benseen	40	Maagaas	34...36	Roostevaba terasplekk	≈ 4.5
Pruunsüsi	16...20	Bensiin	43	Atsetüleen	57	Alumiiniumplekk	≈ 12
Koks	30	Diislikütus	41...43	Propaan	93	Topeltseinaga alumiinium	≈ 4.5
Kivisüsi	30...34	Kütteõli	40-43	Butaan	123	Polüester	≈ 3.5

Suurused ja ühikud, Ohmi seadus. Elektri juhi takistus

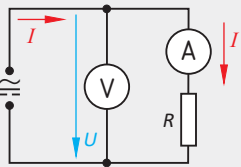
Elektrilised mõisted ja ühikud

Suurus		Ühik	
Nimetus	Tähis	Nimetus	Tähis
pinge	U	volt	V
voolutugevus	I	amper	A
takistus	R	oom	Ω
juhtivus	G	siimens	S
võimsus	P	vatt	W

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$$

Ohmi seadus



U pinge, V
 I voolutugevus, A
 R takistus, Ω

Näide:

$$R = 88 \Omega; U = 230 \text{ V}; I = ?$$

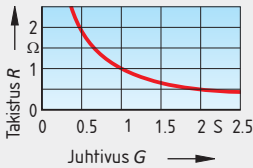
$$I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{88 \Omega} = 2.6 \text{ A}$$

Voolutugevus

$$I = \frac{U}{R}$$

Tingmargid: lk 438

Elektriline takistus ja juhtivus



R takistus, Ω
 G juhtivus, S

Näide:

$$R = 20 \Omega; G = ?$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{20 \Omega} = 0.05 \text{ S}$$

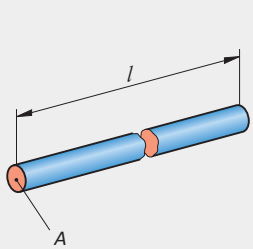
Takistus

$$R = \frac{1}{G}$$

Juhtivus

$$G = \frac{1}{R}$$

Eritakistus, erijuhtivus, juhi takistus



ρ eritakistus $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
 γ erijuhtivus, $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$
 R takistus, Ω
 A juhi ristlõikepindala, mm^2
 l juhi pikkus, m

Näide:

Vasktraat, $l = 100 \text{ m}$;

$$A = 1.5 \text{ mm}^2; \rho = 0.0179 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}; R = ?$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{0.0179 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 100 \text{ m}}{1.5 \text{ mm}^2} = 1.19 \Omega$$

Materjalide eritakistused: lk 120 ja 121.

Eritakistus

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

Juhi takistus

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Takistuse temperatuuritegur

Materjal	α , 1/K
alumiinium	0.0040
plii	0.0039
kuld	0.0037
vask	0.0039
hõbe	0.0038
volfram	0.0044
tina	0.0045
tsink	0.0042
grafiit	-0.0013
konstantaan	± 0.00001

ΔR takistuse muutus, Ω
 R_{20} takistus 20°C juures, Ω
 R_t takistus temperatuuril t , Ω
 α temperatuuritegur, 1/K
 Δt temperatuuride vahe, K

Näide:

Vase takistus; $R_{20} = 150 \Omega$; $t = 75^\circ \text{C}$; $R_t = ?$

$$\alpha = 0.0039 \text{ 1/K}; \Delta t = 75^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C} = 55^\circ \text{C} = 55 \text{ K}$$

$$R_t = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

$$= 150 \Omega \cdot (1 + 0.0039 \text{ 1/K} \cdot 55 \text{ K}) = 182.2 \Omega$$

Takistuse muutus

$$\Delta R = \alpha \cdot R_{20} \cdot \Delta t$$

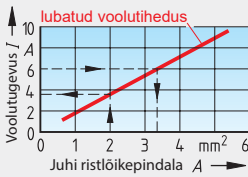
Takistus temperatuuril t

$$R_t = R_{20} + \Delta R$$

$$R_t = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

Eletrivoolu tihedus. Elektrivooluringid

Voolutihedus juhtmetes



J voolutihedus, A/mm²
 I voolutugevus, A
 A juhi ristlõikepindala, mm²

Näide:

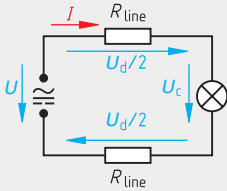
$$A = 2.5 \text{ mm}^2; I = 4 \text{ A}; J = ?$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{4 \text{ A}}{2.5 \text{ mm}^2} = 1.6 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Voolutihedus

$$J = \frac{I}{A}$$

Pingelang juhtmes



U_d pingelang juhtmes, V
 U klemmipinge, V
 U_c pingelang koormusel, V
 I voolutugevus, A
 R_{line} juhtmete takistus, Ω

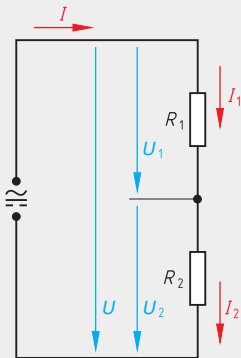
Pingelang

$$U_d = 2 \cdot I \cdot R_{line}$$

Pingelang koormusel

$$U_c = U - U_d$$

Vooluring järjestiktakistustega



R kogutakistus, Ω
 I koguvoolu tugevus, A
 U kogupinge, V
 R_1, R_2 üksiktakistid, Ω
 I_1, I_2 osavoolude tugevused, A
 U_1, U_2 pingelangud takistitel R_1 ja R_2 , V

Näide:

$$R_1 = 10 \Omega; R_2 = 20 \Omega; U = 12 \text{ V}; R = ?; I = ?;$$

$$U_1 = ?; U_2 = ?$$

$$R = R_1 + R_2 = 10 \Omega + 20 \Omega = 30 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{30 \Omega} = 0.4 \text{ A}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I = 10 \Omega \cdot 0.4 \text{ A} = 4 \text{ V}$$

$$U_2 = R_2 \cdot I = 20 \Omega \cdot 0.4 \text{ A} = 8 \text{ V}$$

Kogutakistus

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

Kogupinge

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

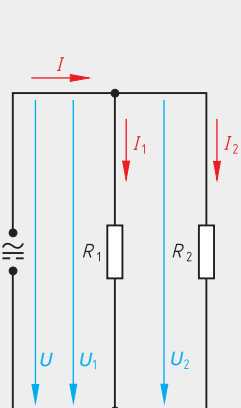
Koguvoolu tugevus

$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

Pingelangud

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Vooluring paralleeltakistustega



R kogutakistus, Ω
 I koguvoolu tugevus, A
 U kogupinge, V
 R_1, R_2 üksiktakistid, Ω
 I_1, I_2 osavoolude tugevused, A
 U_1, U_2 pingelangud takistitel R_1 ja R_2 , V

Näide:

$$R_1 = 15 \Omega; R_2 = 30 \Omega; U = 12 \text{ V}; R = ?; I = ?;$$

$$I_1 = ?; I_2 = ?$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{15 \Omega \cdot 30 \Omega}{15 \Omega + 30 \Omega} = 10 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{10 \Omega} = 1.2 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12 \text{ V}}{15 \Omega} = 0.8 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{12 \text{ V}}{30 \Omega} = 0.4 \text{ A}$$

Kogutakistus

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$R^{(1)} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Kogupinge

$$U = U_1 = U_2 = \dots$$

Koguvoolu tugevus

$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

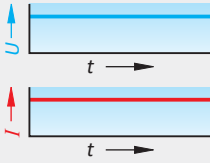
Osavoolude tugevus

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

¹⁾ Seda valemit võib kasutada, kui vooluringis on ainult kaks paralleeltakistit.

Elektrivoolu liigid

Alalisvool (DC; sümbol –), alalispinge



Alalisvoolu puhul kulgeb vool ühes suunas ja on pidevalt ühesugune. Ka pinge on konstantne.

I voolutugevus, A
 U pinge, V
 t aeg, s

Voolutugevus

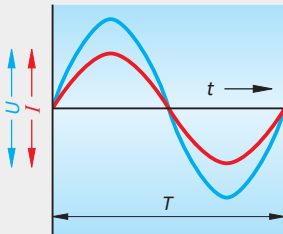
$$I = \text{konstant}$$

Pinge

$$U = \text{konstant}$$

Vahelduvvool (AC; sümbol ~), vahelduvpinge

Periood ja sagedus



Vahelduvvoolu puhul muutub pinge sinusoidaalselt ja vabad elektronid muudavad oma voolusuunda.

f sagedus, 1/s, Hz
 T periood, s
 ω nurksagedus, 1/s
 I voolutugevus, A
 U pinge, V
 t aeg, s

Periood

$$T = \frac{1}{f}$$

Sagedus

$$f = \frac{1}{T}$$

Nurksagedus

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

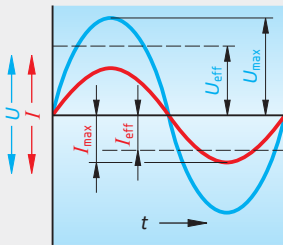
1 herts = 1 Hz = 1/s =
1 periood sekundis

Näide:

Sagedus 50 Hz; $T = ?$

$$T = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ s}$$

Pinge ja voolu maksimum- ja efektiivväärtus



I_{\max} voolutugevuse maksimumväärtus, A
 I_{eff} voolutugevuse efektiivväärtus, A
 U_{\max} pinge maksimumväärtus, V
 U_{eff} pinge efektiivväärtus, V (pinge, mis tekitab oomilisel takistusel sama võimsuse nagu identne alalispinge)
 I voolutugevus, A
 U pinge, V
 t aeg, s

Voolutugevuse maksimumväärtus

$$I_{\max} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{eff}}$$

Pinge maksimumväärtus

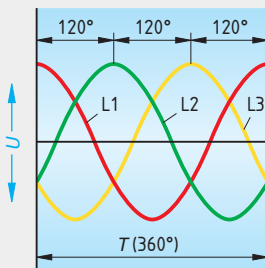
$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}$$

Näide:

$U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$; $U_{\max} = ?$

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot 230 \text{ V} = 325 \text{ V}$$

Kolmefaasiline vool



Kolmefaasiline vool tekitatakse kolmest vahelduvvoolust, millede faasid on nihutatud 120° .

U pinge, V
 T periood, s
 $L1$ faas 1
 $L2$ faas 2
 $L3$ faas 3

Pinge maksimumväärtus

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}$$

U_{eff} efektiivne pinge faasi ja nulljuhtme vahel = 230 V

U_{eff} efektiivne pinge kahe faasijuhtme vahel = 400 V

Elektriline töö ja võimsus. Trafo

Elektriline töö



W elektriline töö, kW · h
 P elektriline võimsus, W
 t aeg (sisselülitatud olekus), h

Näide:

Pliidiplaat, $P = 1.8 \text{ kW}$; $t = 3 \text{ h}$;
 $W = ?$, kW · h ja MJ

$$W = P \cdot t = 1.8 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 5.4 \text{ kW} \cdot \text{h} = 19.44 \text{ MJ}$$

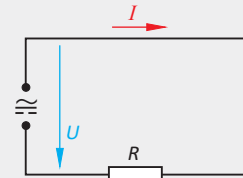
Elektriline töö

$$W = P \cdot t$$

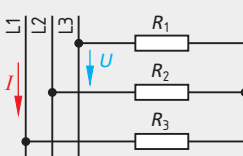
$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ MJ} \\ = 3\,600\,000 \text{ W} \cdot \text{s}$$

Elektriline võimsus mitteinduktiivse koormuse korral¹⁾

Alalis- või vahelduvvool



Kolmefaasiline vool



P elektriline võimsus, W
 U pinge, V
 I voolutugevus, A
 R takistus, Ω

Esimene näide:

Elektripirn, $U = 6 \text{ V}$; $I = 5 \text{ A}$; $P = ?$; $R = ?$

$$P = U \cdot I = 6 \text{ V} \cdot 5 \text{ A} = 30 \text{ W}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 1.2 \Omega$$

Teine näide:

Kolmefaasiline elektriahi, $U = 400 \text{ V}$; $P = 12 \text{ kW}$; $I = ?$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{12\,000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 17.3 \text{ A}$$

Võimsus alalis- ja vahelduvvoolu korral

$$P = U \cdot I$$

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

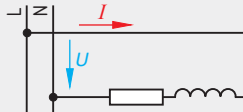
Kolmefaasilise voolu elektriline võimsus

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

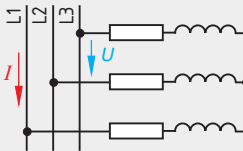
¹⁾ Ainult oomiliste koormuste korral (kütteseadmed).

Elektriline võimsus alalis- ning vahelduvvoolu või kolmefaasilise ühenduse reaktiivkoormuse korral²⁾

Vahelduvvool



Kolmefaasiline vool



P elektriline võimsus, W
 U pinge, V
 I voolutugevus, A
 $\cos \varphi$ võimsustegur

Näide:

Kolmefaasiline elektrimootor, $U = 400 \text{ V}$; $I = 2 \text{ A}$;
 $\cos \varphi = 0.85$; $P = ?$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} \cdot 0.85 \\ = 1178 \text{ W} \approx 1.2 \text{ kW}$$

Vahelduvvoolu väljundvõimsus

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Kolmefaasilise voolu väljundvõimsus

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

²⁾ Elektrimootorid ja -generaatorid.

Trafo

Sisend (primaarmähis)
Väljund (sekundaarmähis)

N_1, N_2 keerdude arvud
 I_1, I_2 voolutugevused, A
 U_1, U_2 pinged, V

Pinge

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Näide:

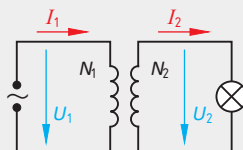
$N_1 = 2875$; $N_2 = 100$; $U_1 = 230 \text{ V}$; $I_1 = 0.25 \text{ A}$; $U_2 = ?$; $I_2 = ?$

$$U_2 = \frac{U_1 \cdot N_2}{N_1} = \frac{230 \text{ V} \cdot 100}{2875} = 8 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{I_1 \cdot N_1}{N_2} = \frac{0.25 \text{ A} \cdot 2875}{100} = 7.2 \text{ A}$$

Voolutugevus

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$



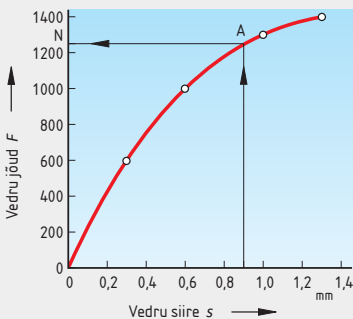
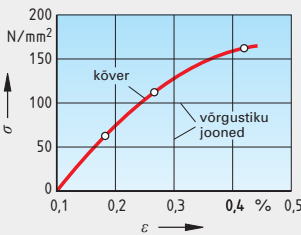
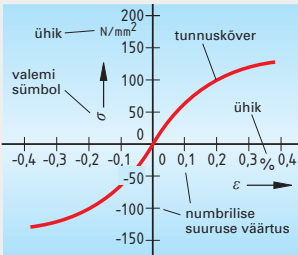
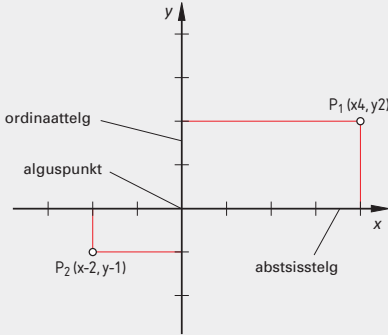


3 Tehniline joonestamine

<p>Viskoossus Temperatuur</p>	<p>3.1 Arvjoonised Koordinaatide süsteem 58 Arvjooniste liigid 59</p>
	<p>3.2 Geomeetrised põhikonstruktsioonid Sirglõigud, ristsirged ja nurgad 60 Puutujad, ringikaared, hulknurgad 61 Kolmnurga sise- ja ümberringjoon, ellips, spiraal... 62 Tsükloid, evolvent, parabool, hüperbool 63</p>
<p>ABCDEFGHIJKLMNO abcdefghijklmnpqr</p>	<p>3.3 Joonise elemendid Kirjaliigid 64 Eelismõõtardvud, raadiused, mõõtkavad 65 Joonise kavandamine, tükitabel 66 Joonte tüübid 68</p>
<p>30° 30°</p>	<p>3.4 Kujutamine Põhiprintsiibid, projektsioonimeetodid 70 Vaated 72 Lõikekujutised 74 Viirutamine, mõõtmestamise süsteemid 76</p>
<p>3x45° M16-RH M16-LH 17 20</p>	<p>3.5 Mõõtmestamine Mõõtjooned, distantsjooned, mõõtardvud 77 Mõõtmestamise reeglid 78 Mõõtmeelemendid 79 Tolerantside esitus 81 Mõõtmestamise viisid 82 Lihtsustatud esitamine joonisel 84</p>
	<p>3.6 Masinaelemendid Hammasrattad 85 Veerelaagrid 86 Tihendid ja veerelaagrisõlmed 87 Paigaldusrõngad, vedrud, hammasliited 88</p>
	<p>3.7 Detailielemendid Võlliitsad, detaili nurgad, servad 89 Keerme väljajooksud ja väljajooksusooned 90 Keermed ja keermesliited 91 Tsentriavad, rihveldus, väljajooksusooned 92</p>
<p>V-kujuline keevis-õmblus</p>	<p>3.8 Keevitus ja jootmine Keevituse ja jootmise tähised 94 Keevisliidete ja jooteliidete esitus 96</p>
<p>Z x Rf</p>	<p>3.9 Pinnad Termotöötlus 98 Kujuhälbed ja pinnakaredus 99 Pinnaparametretri määratlus ja esitus 100</p>
<p>H-tolerantsivahemik h-tolerantsivahemik G_H G_h N EI=0 es=0 max. määde min. määde nimimääde ava vöall</p>	<p>3.10 Tolerantsid ja istud ISO-tolerantside ja -istude süsteem 104 ISO-istud 106 Üldtolerantsid 112 Veerelaagrite istud 112 Eelisistud, istude kasutus 113 Toote geomeetriselised spetsifikatsioonid 114 Geomeetriatolerantsid 116</p>

Cartesiuse koordinaatide süsteem

DIN 461 (1973-03)



Koordinaatteljed:

- abstsiss (horisontaaltelj; x-telj);
- ordinaat (vertikaaltelj; y-telj).

Märgitavad väärtused:

- positiivne: alguspunktist paremale või üles;
- negatiivne: alguspunktist vasakule või alla,

Positiivse suunaga telje tähistamine toimub:

- noolotsaga telje abil või
- telgede suhtes paralleelsete nooltega.

Valemi sümbolid kirjutatakse kursiivis:

- abstsisssteljel nooleotsa alla;
- ordinaatteljest vasakul noole järele või telgede suhtes paralleelsete noolte ees.

Skaalad on tavaliselt sirgjoonelised (lineaarsed); mõnikord on need jaotatud logaritmiselt.

Suuruste väärtused kirjutatakse skaalakriipsude juurde. Kõik negatiivsed väärtused on miinusmärgiga.

Väärtuste ühikud kirjutatakse abstsiss- ja ordinaatteljele kahe viimase positiivse numbriga vahele või pärast valemi sümbolit.

Koordinaatvõrgustik lihtsustab väärtuste märkimist.

Sirg- või kõverjooned ühendavad suuruste erinevad väärtused graafikul.

Joonte laiused. Jooned tõmmatakse proportsiooniliselt: võrgustik : teljed : graafikud = 1 : 2 : 4.

Graafikud esitatakse lõikude kaupa, kui väärtused erinevates suundades ei lähtu alguspunktist. Alguspunkt võib olla esitatud ka vaikimisi.

Näide (vedru karakteristikköver):

On teada järgmised taldrivedru andmed:

Vedru siire <i>s</i> , mm	0	0,3	0,6	1,0	1,3
Vedru jõud <i>F</i> , N	0	600	1000	1300	1400

Millist jõudu *F* avaldab taldrivedru, kui siire (deformatsioon) *s* = 0,9 mm?

Lahendus:

Väärtused on märgitud graafikule, mille punktid on ühendatud kõveraga. Vertikaalsirge, mis lähtub siirdepunktist *s* = 0,9 mm, lõikub kõveraga punktis *A*.

Läbi punkti *A* tõmmatud horisontaalsirge näitab vedru jõuks *F* = 1250 N, mis on loetav ordinaatteljelt.

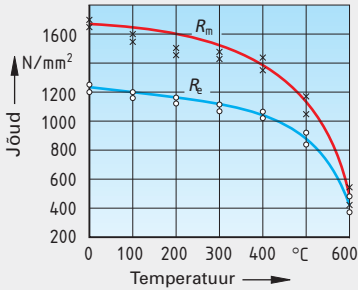
¹⁾ Arvjooniseid kasutatakse kvantitatiivsete suhete ja muudatuste esitamiseks informatsiooni visualiseerimise teel.



Polaarkoordinaatide süsteem. Arvjooniste liigid

Cartesiuse koordinaatide süsteem (järg)

DIN 461 (1973-03)



Mitme kõveraga graafikud

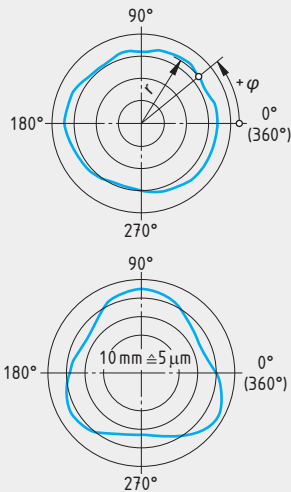
Kui mõõdetud väärtused on suure hajuvusega, märgistatakse iga kõvera punktid erisuguse sümboliga, nt: ○, ×, □

Kõverate märgistamine:

- üht ja sama tüüpi joone puhul kasutatakse kas nimetust, valemi sümbolit või erinevaid värve;
- võib kasutada ka erinevaid joonte tüüpe.

Polaarkoordinaatide süsteem

DIN 461 (1973-03)



Polaarkoordinaatide süsteemis on 360° jaotus

Alguspunkt (poolus). Horisontaal- ja vertikaaltele löikepunkt.

Nurga asend. Polaartelg nurgaga 0° vastab poolusest paremale suunduvale horisontaaltele.

Nurga lugemine. Nurk loetakse positiivseks polaarteljest alates kellaosuti liikumisele vastassuunas.

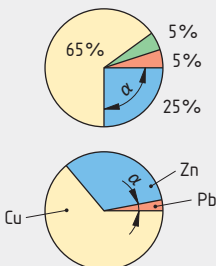
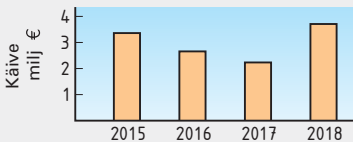
Radius. Raadius vastab märgitava väärtuse kohavektori pikusele. Väärtuste märkimist võivad lihtsustada ümber pooluse joonestatavad konsentrilised ringid.

Näide:

Kasutades mõõteseadet, muudetakse nähtavaks laagri-
liua siseava ümaruse hälve ja selle asetsemine nõutavates
piirides.

Ümarusest kõrvalekalle võib tõenäoliselt olla põhjustatud ka
laagri-
liua kinnitamisest padrunis.

Arvjooniste liigid



Tulpdigrammid

Tulpdigrammides on suurused esitatud kas horisontaalsete või vertikaalsete võrdse laiusega tulpadena.

Sektordiagrammid

Sektordiagrammi abil esitatakse väärtusi harilikult protsentides, kus ringjoonega ümbritsetud koguala (360°) on 100%.

Kesknurk

Protsendimäär x on määratud vastava kesknurgaga:

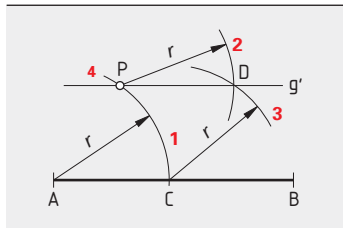
$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot x\%}{100\%}$$

Näide:

Kui suur kesknurk vastab plii protsendimäärale sulamis
CuZn36Pb3?

Lahendus:
$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot 3\%}{100\%} = 10.8^\circ$$

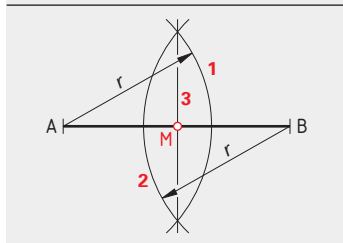
Sirglõigud, ristsirged ja nurgad



Sirgjoone paralleelid

Antud: Sirglõik \overline{AB} , on vaja tõmmata paralleelne sirge g' läbi punkti P.

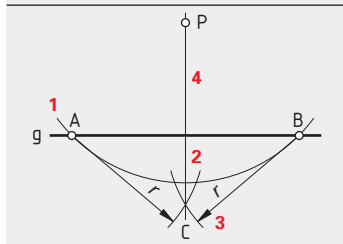
1. Ümber punkti A läbi P tõmmatav kaar raadiusega r annab \overline{AB} -ga lõikudes punkti C.
2. Ümber punkti P tõmmatakse kaar raadiusega r .
3. Ümber punkti C raadiusega r tõmmatav kaar lõikab eelnevat kaart punktis D.
4. Läbi punktide P ja D tõmmatav sirge g' ongi lõiguga \overline{AB} paralleelne.



Sirglõigu poolitamine

Antud: Sirglõik \overline{AB} .

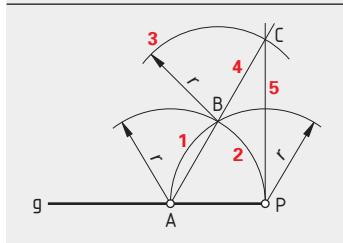
1. Ümber punkti A tõmmatakse kaar 1 raadiusega r ; $r > \frac{1}{2} \overline{AB}$.
2. Ümber punkti B tõmmatakse sama raadiusega r kaar 2.
3. Kaarte lõikepunkte ühendav sirge 3 on lõiguga \overline{AB} risti ja poolitab selle.



Ristsirge tõmbamine

Antud: Sirge g ja punkt P väljaspool sirget.

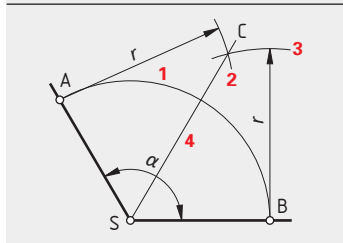
1. Punktist P tõmmatakse vaba kaarega 1 sirgele g lõikepunktid A ja B.
2. Punktist A tõmmatakse kaar 2 raadiusega r ; $r > \frac{1}{2} \overline{AB}$.
3. Punktist B tõmmatakse sama raadiusega r kaar 3 (tekib lõikepunkt C).
4. Lõikepunkti C punktiga P ühendav sirge 4 ongi soovitud ristsirge.



Sirgjoone otspunktist P ristsirge konstrueerimine

Antud: Sirglõik g ja punkt P.

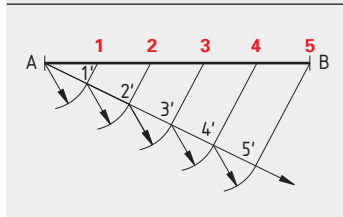
1. Punktist P tõmmatakse kaar 1 raadiusega r ; tekib lõikepunkt A.
2. Sama raadiusega r tõmmatakse punktist A kaar 2, mis lõikub eelmise kaarega punktis B.
3. Punktist B tõmmatakse sama raadiusega r kaar 3.
4. Punktist A läbi punkti B pikendatud sirge 4 lõikub kaarega 3 punktis C.
5. Punktist C punktini P tõmmatav sirge ongi sirgjoone g ristsirge.



Nurga poolitamine

Antud: Nurk α .

1. Nurga tippust S vabalt võetud kaar 1 lõikab selle nurga haarasid punktides A ja B.
2. Punktist A tõmmatakse kaar 2 raadiusega r ; $r > \frac{1}{2} \overline{AB}$.
3. Punktist B sama raadiusega r tõmmatud võrdne kaar 3 lõikab eelmist kaart punktis C.
4. Lõikepunkti C ja nurga tippu S ühendav sirge 4 jaotab nurga α pooleks.



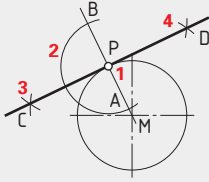
Sirglõigu jaotamine

Antud: Sirglõik \overline{AB} tuleb jaotada viieks võrdseks osaks.

1. Punktist A tõmmatakse kiir vabalt võetud nurga all.
2. Punktist A märgitakse sirkliga kirele 5 võrdse pikkusega jaotist.
3. Tõmmatakse sirge punktist 5' punktini B.
4. Paralleelsirged lõiguga 5' B läbi punktide 1'... 4' jaotavad sirglõigu \overline{AB} viieks võrdseks osaks.



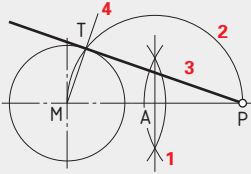
Puutujad, ringikaared, hulknurgad



Puutuja läbi ringjoone punkti P

Antud: Ringjoon ja punkt P.

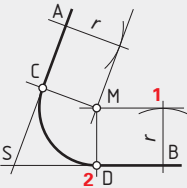
1. Tõmmata sirglõik \overline{MP} ja seda pikendada.
2. Ümber punkti P tõmmatav kaar 2 annab lõikepunktid A ja B.
3. Punktide A ja B ühe ja sama raadiusega tõmmatavad kaared annavad lõikepunktid C ja D.
4. Punkte C ja D läbiv sirge on lõigu \overline{PM} ristsirge ja ringjoone puutuja.



Puutuja ringjoonele selle välispunktist P

Antud: Ringjoon ja punkt P.

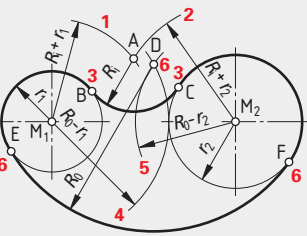
1. Poolitada sirglõik \overline{MP} . A on selle lõigu keskpunkt.
2. Punktist A raadiusega $r = \overline{AM}$ tõmmatav kaar 2 ulatub punktini P. Punkt T on puutepunkt.
3. Ühendada punktid T ja P.
4. Sirglõik \overline{MT} on ristsirge puutujale \overline{PT} .



Nurga ümardamine

Antud: nurk ASB ja raadius r .

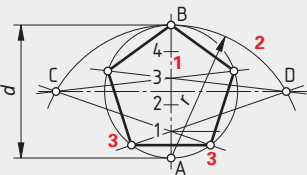
1. Tõmmata nurga haaradele \overline{AS} ja \overline{BS} paralleelid kaugusel r . Nende lõikepunkt M on raadiusega r nurka ümardava ringikaare tseentr.
2. Nurga haaradele AS ja BS punktist M tõmmatavad ristsirged lõikavad nurga haarasid kaarele sujuva ülemineku punktides C ja D.



Kahe ringjoone sujuv ühendamine ringikaartega

Antud: Ringjooned keskmatega M_1 ja M_2 ; raadiused R_1 and R_2 .

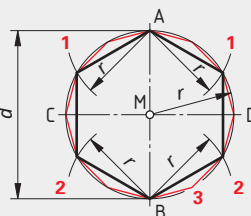
1. Keskmest M_1 tõmmata kaar raadiusega $R_1 + r_1$.
2. Keskmest M_2 tõmmatav kaar raadiusega $R_2 + r_2$ lõikub kaarega 1 punktis A.
3. Ühendades keskmest M_1 ja M_2 punktiga A, saadakse sujuva liite punktid B ja C antud ringjoonte ühendamiseks kaarega, mille raadius on R_1 .
4. Keskmest M_1 tõmmata kaar 4 raadiusega $R_0 - r_1$.
5. Keskmest M_2 tõmmatav kaar 5 raadiusega $R_0 - r_2$ lõikub kaarega 4 punktis D.
6. Punktist D läbi keskmete M_1 and M_2 tõmmatavate sirgete pikendused annavad sujuva liite punktid E ja F antud ringjoonte hõlmavaks ühendamiseks kaarega, mille raadius on R_0 .



Korrapärane hulknurk (nt viisnurk) ringjoone sees

Antud: Ringjoon läbimõõduga d .

1. Jaotada lõik \overline{AB} viieks võrdseks osaks (lk 60).
2. Punktist A tõmmatav kaar raadiusega $r = \overline{AB}$ annab punktid C ja D.
3. Tõmmata punktide C ja D sirged läbi paaritute punktide 1, 3, 5 jne. Lõikepunktid ringjoonega osutuvad viisnurga tippudeks. Paarisnumbrilise nurkade arvuga hulknurga konstrueerimisel tuleks sirged tõmmata vastavalt läbi paarisnumbritega jaotuspunktide 2, 4, 6 jne.

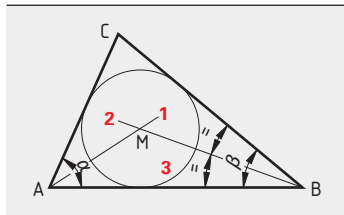


Korrapärane kuusnurk ja kaksteistnurk ringjoone sees

Antud: Ringjoon läbimõõduga d .

1. Punktist A tõmmata ringjoont lõikav kaar 1 raadiusega $r = \frac{d}{2}$.
2. Tõmmata punktist B ringjoont lõikav kaar 2 raadiusega r .
3. Ühendada ringjoonel tekkinud lõikepunktid järjestikku sirglõikudeks. Kaksteistnurkse hulknurga jaoks tuleb punktide C ja D leida veel vahepealsed lõikepunktid.

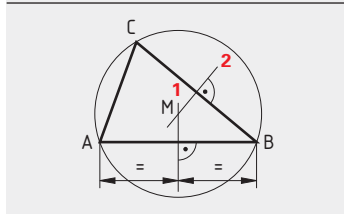
Kolmnurga sise- ja ümberringjoon, ringjoone kese, ellips, spiraal



Kolmnurga siseringjoon

Antud: Kolmnurk ABC.

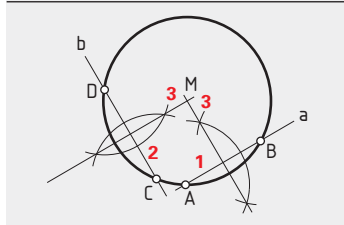
1. Poolita nurk α .
2. Poolita nurk β (lõikepunkt M on kolmnurga siseringjoone kese).
3. Punktist M tõmmata kolmnurga sisemine puutereringjoon.



Kolmnurga ümberringjoon

Antud: Kolmnurk ABC.

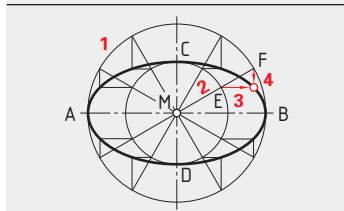
1. Joonesta kolmnurga küljele keskrisirge \overline{AB} .
2. Joonesta küljele keskrisirge \overline{BC} (lõikepunkt M on kolmnurga ümberringjoone kese).
3. Punktist M tõmmata kolmnurgale ümberringjoon.



Ringjoone keskme leidmine

Antud: Ringjoon.

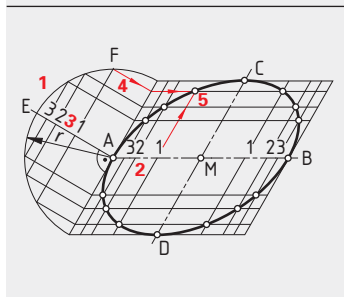
1. Lõigata ringjoont vabalt valitud sirgema a punktides A ja B.
2. Lõigata ringjoont sirgema b (mis oleks sirge a suhtes ligikaudu risti) punktides C ja D.
3. Konstrueerida lõikudele \overline{AB} ja \overline{CD} keskrisirged.
4. Keskrisirgete lõikepunkt M on ringjoone kese.



Ellipsi konstrueerimine telgringjoonte võttega

Antud: Teljed \overline{AB} ja \overline{CD} .

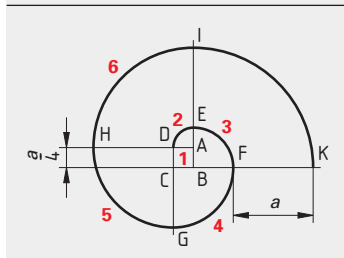
1. Tõmmata ümber keskme M kaks ringjoont läbimõõdudega \overline{AB} ja \overline{CD} .
2. Konstrueerida välimise ringjoone jaotuspunktidest läbi keskme M kiired, mis mõlemat ringjoont lõikavad (nt punktides E ja F).
3. Tõmmata paralleelid põhitelgedega \overline{AB} ja \overline{CD} vastavalt punktide E ja F. Paralleelide lõikepunktid osutuvad ellipsi punktideks.



Ellipsi konstrueerimine rööpküliliku võttega

Antud: Rööpkülilik telgedega \overline{AB} ja \overline{CD} .

1. Punktist A tõmmata poolring raadiusega $r = \overline{MC}$ annab punkti E.
2. Jaotades lõigu \overline{AM} (või \overline{BM}) pooleks, neljaks ja kaheksaks, saadakse punktid 1, 2, 3. Läbi nende punktide tõmmata paralleelid teljega \overline{CD} .
3. Jaotades lõigu \overline{EA} pooleks, neljaks ja kaheksaks, saadakse teljel \overline{AE} punktid 1, 2, 3. Läbi nende punktide tõmmata paralleelid teljega \overline{CD} annavad ringikaarel lõikepunktid F.
4. Paralleelid poolringjoone teljega \overline{AE} läbi lõikepunktide F annavad lõikepunktid rööpküliliku küljel. Sealt tõmmatakse paralleelid teljega \overline{AB} .
5. Nummerdatud punkte läbivad paralleelid tekitavad punktid ellipsis.



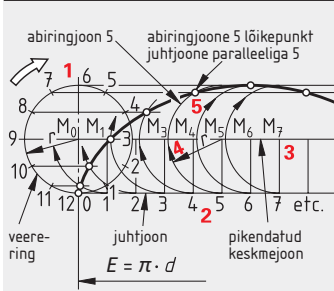
Spiraal (lähiskonstruktsioon sirklil abil)

Antud: Spiraali tõus a.

1. Konstrueerida ruut ABCD, mille külje pikkus on a/4.
2. Tipust A raadiusega \overline{AD} tõmmatav veerandringi kaar annab punkti E.
3. Tipust B raadiusega \overline{BE} tõmmatav veerandringi kaar annab punkti F.
4. Tipust C raadiusega \overline{CF} tõmmatav veerandringi kaar annab punkti G.
5. Tipust D raadiusega \overline{DG} tõmmatav veerandringi kaar annab punkti H.
6. Tipust A raadiusega \overline{AH} tõmmatav veerandringi kaar annab punkti I (jne).



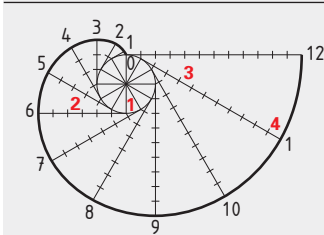
Tsükloid, ringjoone evolvent, parabool, hüperbool, kruvijoone



Tsükloid

Antud: Veering raadiusega r .

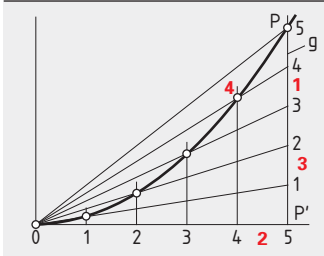
1. Jaotada moodulringjoon mingiks arvuks võrdseks osaks (nt 12-ks).
2. Jaotada juhtjoon (\cong moodulringjoone sirgestatud pikkus $= \pi \cdot d$) mingiks arvuks võrdseks osaks (antud juhul 12-ks).
3. Juhtjoone jaotuspunktidest 1 ... 12 tõmmatavad ristsirged annavad keskmejoonel veeringi erinevate asendite keskmised M_1, \dots, M_{12} .
4. Tõmmata ümber keskmite M_1, \dots, M_{12} veeringi eri asendites abiringjooned raadiusega r .
5. Abiringjoonte lõikepunktid moodulringjoone vastavatest jaotuspunktidest tõmmatavate juhtjoone paralleelidega on ühtlasi tsükloidi punktid.



Ringjoone evolvent

Antud: Ringjoon.

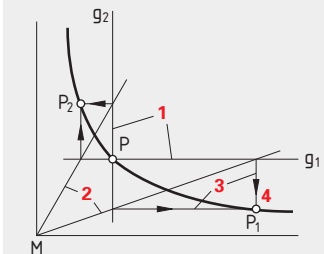
1. Jaotada ringjoon teatud arvuks võrdseteks osadeks (nt 12-ks osaks).
2. Konstrueerida igale osale puutuja.
3. Märkida igale puutuajale puutepunkti alates laotatud ümber -mõõdule vastava kaarelõigu sirgestatud pikkus.
4. Läbi puutesirgete otspunktide tõmmatav kõverjoon moodustab ringjoone evolventi.



Parabool

Antud: Parabooli ristteljed ja parabooli punkt P .

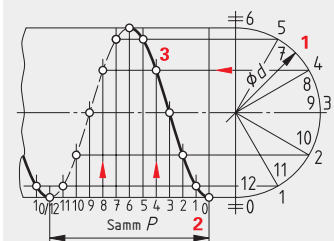
1. Läbi punkti P tõmmatav vertikaaltelje paralleelsirge g annab punkti P' .
2. Jaotada horisontaaltelje vahemik OP' võrdseteks osadeks (nt 5-ks) ja konstrueerida nendest paralleelid vertikaalse teljega.
3. Jaotada vahemik PP' omaette samaks arvuks võrdseteks lõikudeks ja ühendada jaotused alguspunktiga O .
4. Ühendussirged annavad vastavalt samanimbiliste vertikaalidega lõikumisel parabooli punktid.



Hüperbool

Antud: Punktis M lõikuvad asümptootid ja hüperbooli haripunkt P .

1. Läbi hüperbooli haripunkti P konstrueerida asümptootidega paralleelsed sirged g_1 ja g_2 .
2. Tõmmata punktis M mõned kiired.
3. Kiirte lõikepunktidest sirgetega g_1 ja g_2 tõmmata asümptootide suhtes paralleelid.
4. Paralleelide lõikepunktid (P_1, P_2, \dots) osutuvad hüperbooli punktideks.



Kruvijoone (heeliks)

Antud: Ringjoon läbimõõduga d ja kruvijoone samm P

1. Jaotada poolring võrdseteks osadeks, nt 6-ks.
2. Jaotada samm P kaks korda suuremaks arvuks osadeks, seega 12-ks.
3. Pikendada samanimbilistest jaotuspunktidest tõmmatud horisontaal- ja vertikaaljooned kuni lõikumiseni. Tekkivad lõikepunktid osutuvad kruvijoone punktideks.

Kirjaliigid

Kiri, normkirja tüübid

DIN EN ISO 3098-1 (2015-06) ja DIN EN ISO 3098-2 (2000-11)

Tehnilisel joonisel tuleb kasutada täpsete tähevahedega A- või B- tüüpi normkirja. Mõlemad kirjatüübid võivad olla esitatud püstkirjana või kaldkirjana 15° paremale poole kaldu. Hea loetavuse tagamiseks jäetakse tähede vahele kaks kirjaajoonet laiust. Täheühendites, nagu näiteks LA, TV, Tr, TJ, vähendatakse vahe ühe joonelaiuseni.

B-tüüpi püstnormkiri

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

1234567890 IVX[(!?:;'-=+±×:√%&)]ϕ

B-tüüpi kaldnormkiri

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890 ϕ

A-tüüpi püstnormkiri

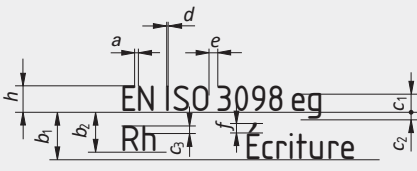
ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ

A-tüüpi kaldnormkiri

ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ

Normkirja mõõtmed

DIN EN ISO 3098-1 (2015-06)



b_1 diakriitiliste¹⁾ märkidega tähed
 b_2 diakriitiliste märkideta tähed
 b_3 suurtähed ja numbrid

¹⁾ Diakriitilised märgid leiavad kirjades kasutamist, kui tähti on edaspidises vaja eristavalt esitada.

Kirja kõrgus h ehk suurtähe kõrgus (kirja nimisuurus), mm

1.8

2.5

3.5

5

7

10

14

20

Tähe elementide suhe kõrgusesse h

DIN EN ISO 3098-1 (2015-06)

Kirja tüüp	a	b_1	b_2	b_3	c_1	c_2	c_3	d	e	f
A	$\frac{2}{14} \cdot h$	$\frac{25}{14} \cdot h$	$\frac{21}{14} \cdot h$	$\frac{17}{14} \cdot h$	$\frac{10}{14} \cdot h$	$\frac{4}{14} \cdot h$	$\frac{4}{14} \cdot h$	$\frac{1}{14} \cdot h$	$\frac{6}{14} \cdot h$	$\frac{5}{14} \cdot h$
B	$\frac{2}{10} \cdot h$	$\frac{19}{10} \cdot h$	$\frac{15}{10} \cdot h$	$\frac{13}{10} \cdot h$	$\frac{7}{10} \cdot h$	$\frac{3}{10} \cdot h$	$\frac{3}{10} \cdot h$	$\frac{1}{10} \cdot h$	$\frac{6}{10} \cdot h$	$\frac{4}{10} \cdot h$

Kreeka tähestik

DIN EN ISO 3098-3 (2000-11)

A α	alfa	Z ζ	dzeeta	Λ λ	lambda	Π π	pii	Φ φ	fii
B β	beeta	H η	eeta	M μ	müü	P ρ	roo	X χ	hii
Γ γ	gamma	Θ θ	teeta	N ν	nüü	Σ σ	sigma	Ψ ψ	psii
Δ δ	delta	I ι	ioota	Ξ ξ	ksii	T τ	tau	Ω ω	omeega
E ε	epsilon	K κ	kapa	O ο	omikron	Υ υ	üpsilon		

Rooma numbrid

I = 1	II = 2	III = 3	IV = 4	V = 5	VI = 6	VII = 7	VIII = 8	IX = 9
X = 10	XX = 20	XXX = 30	XL = 40	L = 50	LX = 60	LXX = 70	LXXX = 80	XC = 90
C = 100	CC = 200	CCC = 300	CD = 400	D = 500	DC = 600	DCC = 700	DCCC = 800	CM = 900
M = 1000	MM = 2000	Näited: MDCLXXXVII = 1687			MCMXCIX = 1999		MMXVIII = 2018	



Eelismõõtarvud, radiused, mõõtkavad

Eelismõõtarvud ja eelismõõtarvude read ¹⁾								DIN 323-1 (1974-08)									
R 5		R 10		R 20		R 40		R 5		R 10		R 20		R 40			
1.00		1.00		1.00		1.00		4.00		4.00		4.00		4.00			
						1.06								4.25			
				1.12		1.12						4.50		4.50			
						1.18								4.75			
		1.25		1.25		1.25		5.00		5.00		5.00					
						1.32						5.30					
				1.40		1.40				5.60		5.60					
						1.50						6.00					
		1.60		1.60		1.60		1.60		6.30		6.30		6.30		6.30	
								1.70								6.70	
1.80						1.80		7.10						7.10			
						1.90								7.50			
2.00				2.00		2.00		8.00		8.00		8.00					
						2.12						8.50					
				2.24		2.24				9.00		9.00					
						2.36						9.50					
2.50				2.50		2.50		2.50		10.00		10.00		10.00		10.00	
								2.65								Rida		Tegur
		2.80				2.80		R 5						$q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$			
						3.00		R 10						$q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$			
		3.15		3.15		3.15		R 20		$q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$							
						3.35		R 40		$q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$							
				3.55		3.55											
						3.75											

TJ

Raadiused																		DIN 250 (2002-04)					
						0.2					0.3		0.4		0.5		0.6		0.8				
1		1.2		1.6		2		2.5		3		4		5		6		8					
10		12		16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90				
100	110	125	140	160	180	200	Eelisväärtused on näidatud poolpaksus kirjas.																

Mõõtkavad ²⁾								DIN ISO 5455 (1979-12)									
Tegelik suurus				Vähendavad mõõtkavad				Suurendavad mõõtkavad									
1 : 1				1 : 2		1 : 20		1 : 200		1 : 2000		2 : 1		5 : 1		10 : 1	
				1 : 5		1 : 50		1 : 500		1 : 5000		20 : 1		50 : 1			
				1 : 10		1 : 100		1 : 1000		1 : 10 000							

¹⁾ Eelismõõtarvud, nt pikkusmõõtude ja raadiuste jaoks. Eelisarvude kasutamine väldib meelevaldset järgustamist. Eelismõõtarvude ridades (baasread R5 kuni R40) on rea iga arv saadud eelismõõtarvu korrutamisel vastava rea püsiteguriga. Eelistada tuleb rida R5 reale R10, rida R10 reale R20 ja rida R20 reale R40. Iga rea mõõtarvud tuleb läbi korrutada teguritega 10, 100, 1000 jne või läbi jagada arvudega 10, 100, 1000 jne.

²⁾ Erivajadusel võib toodud suurendusi ja vähendusi laiendada kõiki 10-kordsetega läbi korrutades.

Joonise kavandamine

Paberi mõõtmed		DIN EN ISO 5457 (2010-11) ja DIN EN ISO 216 (2007-12)					
Formaat	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Formaadi mõõtmed ¹⁾ , mm	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297	148 × 210	105 × 148
Joonise välja mõõtmed, mm	821 × 1159	574 × 811	400 × 564	277 × 390	180 × 277	–	–

¹⁾ Joonestuspaberite kõrguse ja laiuuse suhe on $1 : \sqrt{2}$ (= 1 : 1.414).

Joonise kokkuvoltimine DIN-formaadiks A4		DIN 824 (1981-03)
		<p>1. volt: Murra parempoolne osa (190 mm laiuselt) tahapoole.</p> <p>2. volt: Murra lehe joonisepoolne külg nii, et 1. voldi serv jääks lehe vasakust servast 20 mm kaugusele.</p> <p>1. volt: Murra vasakpoolne osa (210 mm laiuselt) paremale.</p> <p>2. volt: Murra kolmnurk 297 mm kõrguselt 105 mm ulatuses vasakule.</p> <p>3. volt: Murra parempoolne osa (192 mm laiuselt) tahapoole.</p> <p>4. volt: Murra volditud pakett 297 mm kõrguselt tahapoole.</p>

Kirjanurk

DIN EN ISO 7200 (2004-05)

Kirjanurga laius on 180 mm. Kirjanurgas olevate lahtrite (infoväljade) mõõtmed (kõrgus ja laius) ei ole enam fikseeritud, nagu oli eelmises standardis. Lehe allosas olevas tabelis on näited lahtrite võimalike suuruste kohta.

Kirjanurga näidis:

Vastutav osakond AB 131 11	Kontrollis Susan Miller 12	Joonestab Kristin Brown 13	Kinnitas John Dave 14	15	
John Smith Co. 1		Joonise tüüp Koostejoonis 9	Joonise staatus Väljastatud 10		
		Nimetus, täiendav nimetus 2 Ketasae völli koos laagritega 3	A225-03300-012 4		
		Versioon A 5	Kuupäev 2014-01-15 6	Keel et 7	Leht 8 / 3 8

Joonisele märgitavad tähised, nagu näiteks mõõtkaava, projektsioonisümbol, tolerantsid, pinna spetsifikatsioonid, tuleks näidata väljaspool kirjanurka.

Kirjanurgas olevad lahtrid (infoväljad)

Välja nr	Välja nimi	Suurim tähe märkide arv	Nõutud	Välja nimi Valikuline	Välja suurus, mm laius	Välja suurus, mm kõrgus
1	Joonise omanik	pole määratud	jah	–	69	27
2	Nimetus (joonise nimi)	25	jah	–	60	18
3	Täiendav nimetus	25	–	jah	60	
4	Joonise tähis	16	jah	–	51	9
5	Joonise versioon	2	–	jah	7	
6	Joonise väljalaske kuupäev	10	jah	–	25	
7	Keele lühend (et = eesti keel)	4	–	jah	10	
8	Lehe number ja lehtede koguarv	4	–	jah	9	
9	Joonise tüüp	30	jah	–	60	
10	Joonise staatus	20	–	jah	51	9
11	Vastutav osakond	10	–	jah	26	
12	Kontrollija nimi	20	–	jah	43	
13	Joonestaja nimi	20	jah	–	44	
14	Kinnitaja nimi	20	jah	–	43	
15	Märkused	pole määratud	–	jah	24	



Tükitalbel, positsiooni numbrid

Tükitalbel (BoM)

Tükitalbel on vajalik informatsiooni vahetuseks nii ettevõttes sees kui ka väljas, nt detailide või toorikute saadavuse hindamiseks. Sõltuvalt kasutamise eesmärgist, eristatakse erinevat tüüpi tükitalbeleid, nt ehituses kasutatav tükitalbel, tootmises kasutatav tükitalbel, koguste ülevaate tükitalbel (lk 292).

Koosteejooniste tükitalbelites peavad olema loetletud kõik üksikult valmistatavad detailid ja kõik ülejäänud detailid (standard- ja ostutooted), mis antud koostus või tootes eksisteerivad. Iga detail peab olema selgelt ja üheselt identifitseeritud, kasutades järgmisi määranguid:

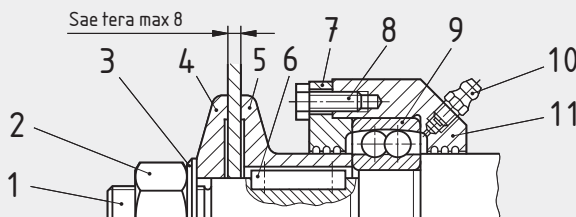
- positsiooni number, • ühik, • detaili või joonise number, • mass,
- kogus, • nimetus, • standardi nimetus või kood, • märkus.

Tükitalbeli struktuur (veergude arv) võib igas ettevõttes olla erinev vastavalt esitatud nõudmistele.

Tükitalbel koos kirjanurgaga

Tükitalbel asetatakse joonise kirjanurga peale (DIN 6771-2).

Täidetakse suunaga altpoolt ülespoole positsiooni numbrite järjestuses.



5	1	Hoidja	S275JR	
4	1	Tera hoidja	S275JR	
3	1	Seib	ISO 7090-20-300 HV	
2	1	Mutter	ISO 8673-M20x1.5-LH-8	
1	1	Võll	E295	RD45
Pos nr	Kogus/ühik	Nimetus	Materjal/tähis	Märkus
Kirjanurk standardi DIN EN ISO 7200 järgi (leht 66) joonise "Ketassae võll koos laagriga" juurde (joonise nr A226-0096-022)				

Eraldiseisev tükitalbel

Enamikul juhtudel koostatakse tükitalbel joonisest eraldi. Tagamaks detailide seotuse joonisega, tuleb tükitalbelis kindlasti ära näidata joonise number, mille kohta antud tükitalbel kehtib.

Tükitalbel				Leht 1/1	
Joonise number A226-0096-022		Nimetus Ketassae võll koos laagriga		Kuupäev 25. juuni 2020	
Posits. nr	Detaili/joonise nr	Nimetus	Materjal	Kogus	Ühik
01	A226-00972-027	Võll	E295	1	tk
02	N701-02064-264	Mutter ISO 8673-M20 x 1.5-LH-8		1	tk
03	N601-16012-320	Seib ISO 7090-20-300 HV		1	tk
04	A426-00966-008	Tera hoidja	S275JR	1	tk
05	A526-009761-007	Hoidja	S275JR	1	tk

Positsiooni numbrid

DIN EN ISO 6433 (2012-12)

Igale detailile omistatakse koostu koosteejoonisel või alamkoostu koosteejoonisel unikaalne positsiooni number. See number peab vastama tükitalbelis antud positsiooni numbritele ja sellega seotud detailile. Positsiooni numbritele kehtivad järgmised nõuded:

- hästi struktureeritud; • kahekordne mõõtmete kirja kõrgus; • väljaspool detailide kontuurjooni;
- ümbritsetud ringiga • koos viitejoonega osutades vastavale detailile; • asetus horisontaalselt ja/või vertikaalselt.
- (mittekohustuslik);

Joonte tüübid

Masinaehitusjooniste jooned		DIN ISO 128-24 (1999-12)	
Nr.	Joone kirjeldus ja kujutis	Kasutusnäited	
01.1	Kitsas pidevjoon 	<ul style="list-style-type: none"> mõõt- ja distantsjooned viitejooned ja nende laudid keerme põhjajoon viirutusjooned kihptide (nt laminaat) suuna-jooned pealejoonestatud ristlõike kontuurid lühikesed keskmejooned painutusjooned vaatel ja pinna-laotusel 	<ul style="list-style-type: none"> mõõtjoonte algused ja nende nooleotsad diagonaaljooned tasandpindade näitamiseks elementi piiritlev joon projektsiooni ja võrgustiku jooned iseloomulike kohtade piiritusjooned eseme kujutise taustal joon korduvate elementide näitamiseks
	Kitsas vabakäepidevjoon ¹⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> osaliselt kujutatud vaadetele, lõigetele ja ristlõigetele käsitsi tõmmatav katkestusjoon, kui see joon ei ole sümmeetrilisel või tsentrijoon 	
	Kitsas siksakpidevjoon ¹⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> osaliselt kujutatud vaadetele, lõigetele ja ristlõigetele joonlaua järgi tõmmatav katkestusjoon, kui see joon ei ole sümmeetrilisel või tsentrijoon 	
01.2	Lai pidevjoon 	<ul style="list-style-type: none"> nähtavad serva- ja piirjooned kruvikeerme harjajooned tööprofiiliga keermeosa lõpujoon noole joon ristlõikel pinna struktuuri kujutis (nt rihveldus) 	<ul style="list-style-type: none"> arvjooniste (nt graafikute) ja kaartide peamist infot esitavad jooned metallkonstruktsiooni süsteemis struktuuri näitavad jooned valuvormi vaadete lahutuspinna jooned
	Kitsas kriipsjoon 	<ul style="list-style-type: none"> varjatud servad 	<ul style="list-style-type: none"> varjatud kontuurid
02.2	Lai kriipsjoon 	<ul style="list-style-type: none"> pinnaotluseks lubatava piirkonna märgistusjoon (nt termotöötlus) 	
04.1	Kitsas pikk-kriipspunktjoon 	<ul style="list-style-type: none"> tsentrijooned, keskmejooned sümmeetriliseljooned 	<ul style="list-style-type: none"> hammasratta jaotusringjoon avade jaotusringjoon
04.2	Lai pikk-kriipspunktjoon 	<ul style="list-style-type: none"> teatud ala kohustuslikule tööt-lusele kuuluva pinnaosa märgis-tusjoon (nt termotöötlus) 	<ul style="list-style-type: none"> lõiketaseandite asukohta näitav joon
05.1	Kitsas pikk-kriipskakspunktjoon 	<ul style="list-style-type: none"> külgnevate detailide kontuurid liikuvate osade piirasendid raskuskeskme teljed lähtekuju piirjooned lõikepinna ees asuvate elementide kontuurid 	<ul style="list-style-type: none"> lõpliku kuju näitavad jooned tooriku kujutise taustal alternatiivsed kujuvariandid üksikpiirkondade raamistusjoon projekteeritud tolerantsi tsoon

¹⁾ Ühel ja samal joonisel kitsast vabakäepidevjoont ja kitsast siksakpidevjoont koos ei kasutata.

Joone elementide pikkused			DIN EN ISO 128-20 (2002-12)		
Joone element	Joone tüübi nr	Pikkus	Joone element	Joone tüübi nr	Pikkus
pikad kriipsud	04.1, 04.2 ja 05.1	$24 \cdot d$	vahed	02.1, 02.2, 04.1, 04.2 ja 05.1	$3 \cdot d$
lühikesed kriipsud	02.1 ja 02.2	$12 \cdot d$	Näide: Joone tüüp 04.2 		
punktid	04.1, 04.2 ja 05.1	$< 0.5 \cdot d$			



Joonte tüübid

Joone laused ja joone grupid

DIN ISO 128-24 (1999-12)

Joone laused. Joonisel kasutatakse harilikult kaheksuguse laiusega jooni. Laiuste suhe on 1 : 2.

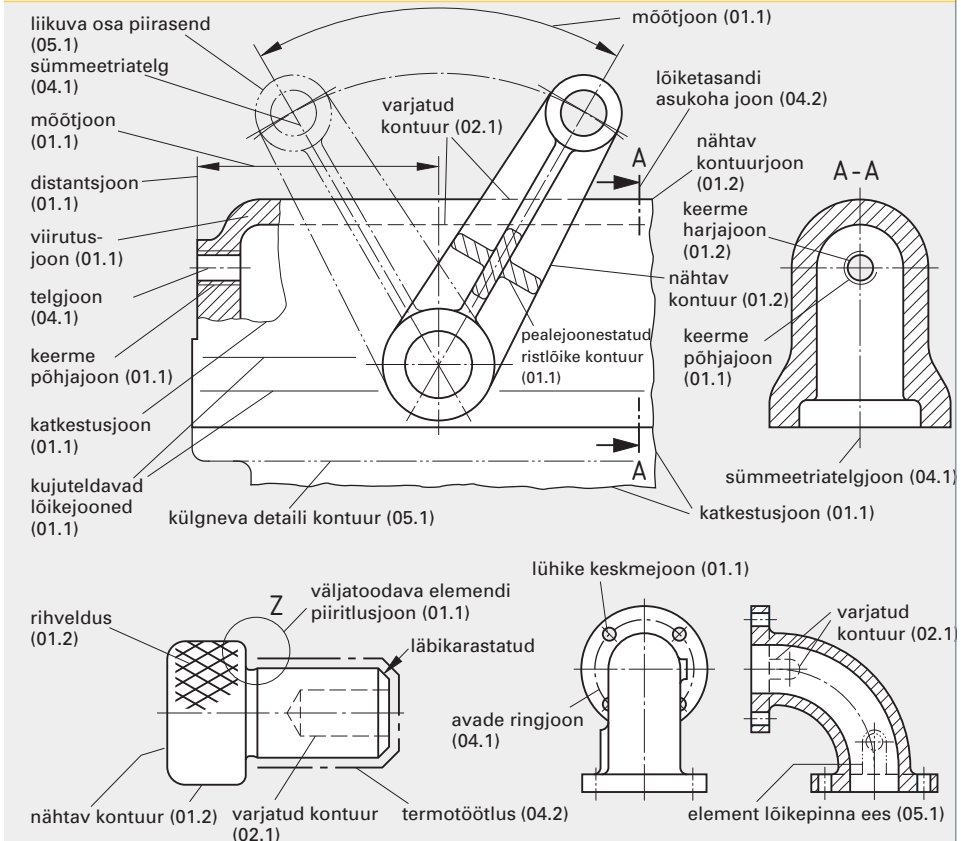
Joone grupid. Joone gruppide jada on määratud suhtega $1 : \sqrt{2}$ ($\approx 1 : 1.4$).

Valimine. Vastavalt joonise liigile, suurusele ja mõõtkavale valitakse joone laused ja joone grupid. Valimisel võetakse arvesse ka joonise paljundamise võimalusi.

Joone grupp	Ühtsed joone laused, mm		
	laiad jooned	kitsad jooned	mõõtmete ja tolerantside graafilised sümboolid
0.25	0.25	0.13	0.18
0.35	0.35	0.18	0.25
0.5	0.5	0.25	0.35
0.7	0.7	0.35	0.5
1	1	0.5	0.7
1.4	1.4	0.7	1
2	2	1	1.4

Joonte näiteid tehnilistel joonistel¹⁾

DIN ISO 128-24 (1999-12)



¹⁾ Joonte numbrilised tähistused: lk 68.

Kujutamise põhiprintsiibid, projektsioonimeetodid

Kujutamise põhiprintsiibid

DIN ISO 128-30 (2002-05) ja DIN ISO 5456-2 (1998-04)

Eestvaate kui peakujutise valik. Eestvaateks valitud (pea)kujutis peab andma eseme kujust ja mõõtmetest kõige rohkem informatsiooni.

Teised vaated. Teised vaated on vajalikud eseme selgemaks esitamiseks või teiste tarvilike mõõtmete näitamiseks, mida eestvaates ei olnud võimalik näidata. Sealjuures peaks arvestama järgnevaga:

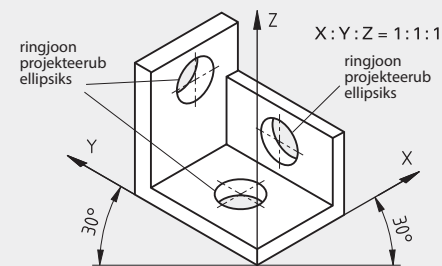
- vaadete valik peab piirduma nende minimaalse hulgaiga;
- täiendavad vaated võivad sisaldada (kuid võimalikult vähe) varjatud servi ja varjatud kontuure.

Teiste vaadete asend. Teiste vaadete asend peakujutise suhtes on leib projektsioonimeetodist. Esimese ja kolmanda ruuminurga järgse projektsioonimeetodi sümbol (lk 71) tuleb esitada kirjanurgas.

Aksonomeetriline kujutamine¹⁾

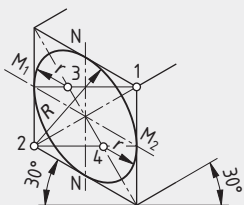
DIN ISO 5456-3 (1998-04)

Isomeetriline ristaksonomeetria

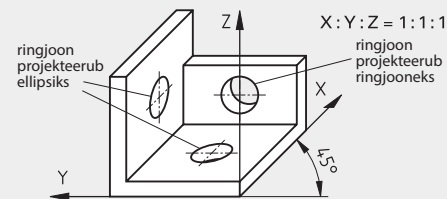


Ellipsi ligikaudne konstruktsioon:

1. Konstrueerida avale puuteromb. Rombi küljepoolitajad annavad lõikepunktid M_1 , M_2 ja N .
2. Ühendades sirgetega punktid M_1 ja 1 ning M_2 ja 2, saame lõikepunktid 3 ja 4.
3. Raadiusega R tõmmatud kaared punktidest 1 ja 2 ning raadiusega r tõmmatud kaared punktidest 3 ja 4 konstrueerivad lõpliku ellipsi.

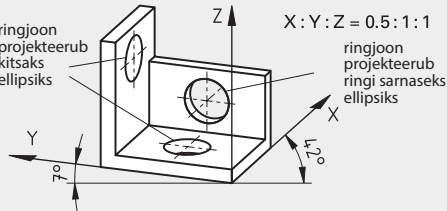


Frontaalne kaldisomeetria



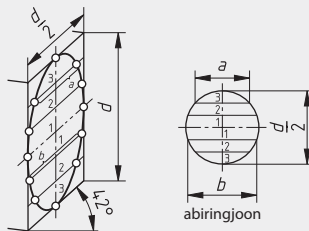
Ellipsi konstrueerimine rööpkülilike sisse vt lk 62.

Dimeetriline ristaksonomeetria

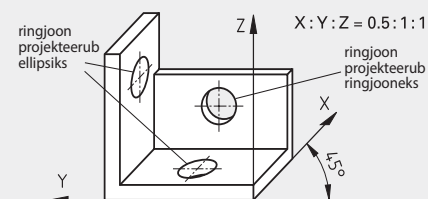


Ellipsi konstrueerimine:

1. Tõmmata abiringjoon raadiusega $r = d/2$.
2. Jaotada kõrgus d teatud hulgaüks võrdseteks lõikudeks ja tõmmata läbi jaotuspunktide paralleelid (1 ... 3).
3. Jaotada abiringjoone diameeter paralleelidega samahulksaks osaks.
4. Kanda lõigupikkused a , b jne. abiringjoonelt üle rombile.



Frontaalne kaldidimeetria ehk kabinetprojektsioon



Ellipsit konstrueeritakse samamoodi nagu dimeetrisel ristaksonomeetrias (vt ülal).

¹⁾ Aksonomeetriline kujutamine: lihtsad graafilised kujutised.



Projektsioonimeetodid

DIN ISO 128-30 (2002-05)
DIN ISO 5456-2 (1998-04)

Eesti Rahvusraamatukogu digitaalarhiiv DIGAR(S)

Projekteerimine viitenoolte meetodil

Vaatamise suuna märkimine:

- nooltega ja suurtähtedega.

Vaadete tähistamine:

- suurtähtedega.

Vaadete paigutamine:

- eestvaate suhtes projektsiooniliselt sõltumatutena.

Suurtähtede paigutamine:

- vahetult vaate kohale üles;
- vertikaalselt lugemise suunas;
- noole kohale üles või noolest paremale.

Projekteerimine esimese ruuminurga meetodil

Asendid eestvaate F suhtes		
T	pealtvaade	F-ist allpool
LS	vasakultvaade	F-ist paremal
RS	paremaltvaade	F-ist vasakul
B	altvaade	F-ist ülalpool
R	tagantvaade	F-ist paremal või vasakul

Projektsiooni-meetodi sümbol

TJ

Projekteerimine kolmanda ruuminurga meetodil¹⁾

Asendid eestvaate F suhtes		
T	pealtvaade	F-ist ülalpool
LS	vasakultvaade	F-ist vasakul
RS	paremaltvaade	F-ist paremal
B	altvaade	F-ist allpool
R	tagantvaade	F-ist paremal või vasakul

Projektsiooni-meetodi sümbol

Projektsioonimeetodite sümbolid

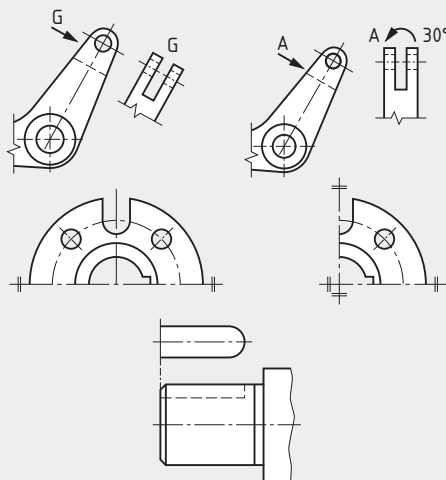
Sümbol ²⁾	Sümboli proportsioonid
<p>esimese ruuminurga jaoks</p> <p>Saksamaal ja enamikes Euroopa riikides</p>	<p>h kirja kõrgus, mm $H = 2 \cdot h$ $d = 0.1 \cdot h$</p>
<p>kolmanda ruuminurga jaoks</p> <p>inglisekeelsetes maades, nt USA, Kanada</p>	

¹⁾ Projekteerimist teise ruuminurga meetodil ei kasutata.
²⁾ Projektsioonimeetodi sümbol esitatakse joonise kirjanurgas.

Vaated

DIN ISO 128-30 ja -34 (2002-05)

Osalised vaated



Kasutus. Osalisi vaateid kasutatakse ebasoovitavate projektsioonide või moonutatavate kujutiste vältimiseks.

Paigutus. Osaline vaade näidatakse vaatena elemendile noole suunas või pööratud kujul. Pööramise suund ja nurk kraadides peab olema ära toodud.

Piiritlemine. Osaline vaade piiratakse katkestusjoonega.

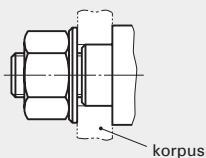
Kasutus. Vahel on piisav, kui detailist näidatakse vaid üks sümmeetriline tükk, seda näiteks ruumi kokkuhoiuks.

Tähistus. Osalisest vaatest väljaspool tõmmatakse läbi sümmeetriatelje oste kaks paralleelset ristkriipsukest.

Kasutus. Kui detaili teatud sümmeetriline element on selge geomeetrilise vormiga, võib täisvaate asendada vaid selle kohta kujutisega.

Kujutamine. Kohtvaade vormistatakse kolmanda ruuminurga meetodil ja seotakse oma lähtekujutisega kitsa pikk-kriipspunktjoone abil.

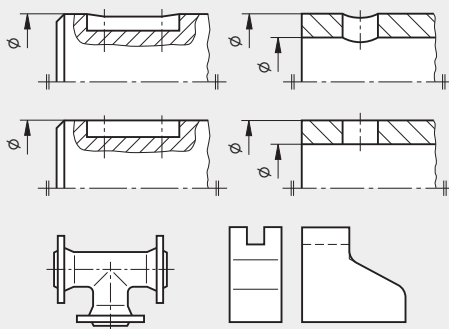
Külgnevad osad (piirnevad osad)



Kasutus. Joonisest parema arusaamise huvides näidatakse põhidetaili juures ka temaga külgnevad osad.

Kujutamine. Külgnevad osad näidatakse lihtsustatud kujul kitsa pikk-kriipskakspunktjoone abil. Lõikesse sattunud külgnevaid osi ei viirutata.

Lihtsustatud lõikejooned

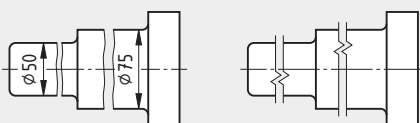


Kasutus. Kui joonisest selge arusaadavus ei kannata, võib avade ja süvendite ümarad lõikejooned asendada sirgete joontena.

Kujutamine. Liistusoone külgserva ja völli pinna kõver lõikejoon on asendatud sirgega. Avade kõverad lõikejooned võib asendada sirgetega, kui nende läbimõõtude erinevus on suur.

Ligikaudseid pindade üleminekuid ja ümardatud servi näidatakse joonisel kitsate pidevjoontega just nendes kohtades, kus vastavad pinnad oleksid lõikunud. Kitsaid pidevjooni ülemineku kohas ei viida detaili kontuuri.

Katkestatud vaated



Kasutus. Ruumi kokkuhoiu mõttes võib pikkade esemete joonisel kujutada ainult olulisi kohti.

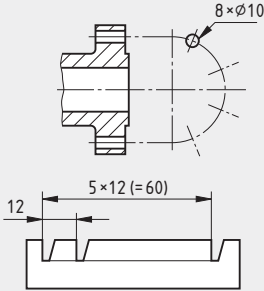
Kujutamine. Katkestatud kohad suletakse kitsa vabakäe- või murretega pidevjoone abil. Allesjäänud osad nihutatakse üksteisele lähemale.



Vaated

DIN ISO 128-30 ja -34 (2002-05)

Korduvad geomeetrised elemendid



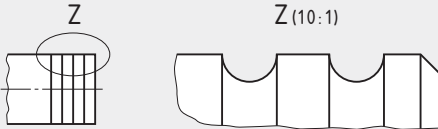
Kasutus. Regulaarselt korduvate geomeetrisete elementide puhul joonestatakse välja ainult üks nendest.

Kujutamine. Need geomeetrised elemendid, mida välja ei joonestata, näidatakse:

- kitsaste pikk-kriipspunktjoontega nende sümmeetrilises paiknemiskohas;
- mittesümmeetrilise asetuse korral – oma asukohas kitsa pidevjoonega.

Korduvelementide arv tuleb mõõtmestamisel ära näidata.

Väljatoodud elemendid

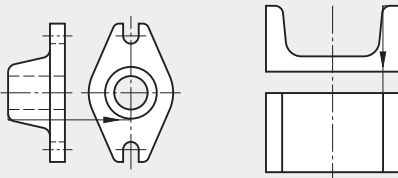


Kasutus. Kui joonise mõnes kohas jääb teatud elemendi kujutis ebaselgeks, võib selle koha suurendavas mõõtkavas välja tuua.

Kujutamine. Vastav piirkond ümbritsetakse kitsa pidevjoonega (nt ringjoone- või ovaalikuljuselt) ja tähistatakse suurtähtedega. Väljatoodav element esitatakse suurendatud kujul võimalikult lähtekujutise lähikonnas ja tähistatakse sama suurtähega. Sulgudes lisatakse väiksemas kirjas suurendav mõõtkava.

TJ

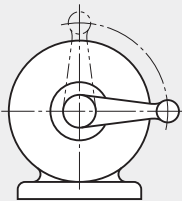
Väikeste kallete ja kooniliste vormide kujutamine



Kasutus. Vähemärgatavat kallet, koonilisust või püramiidsust ei pea joonestama projektsioonilises vastavuses.

Kujutamine. Nimetatud elemendid joonestatakse kujumuutliku koha väiksemale mõõtmele vastava kontuuri laia pidevjoone abil.

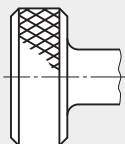
Liikuvad osad



Kasutus. Koostejoonisel liikuvate osade piirasendite ja liikumisulatusete näitamiseks.

Kujutamine. Liikuvad osad liikumisulatusetele vastavas piirasendis joonestatakse kitsa pikk-kriipspunktjoonega.

Pinna tekstuur

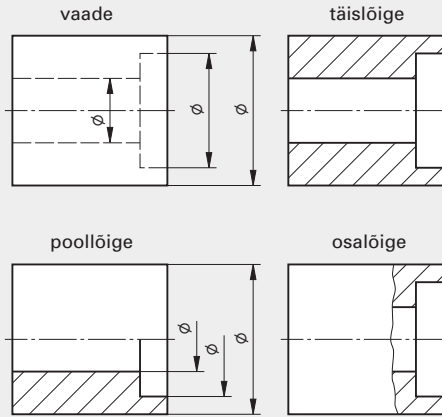


Kujutamine. Pinna tekstuur nagu rihveldus ja kohrutamine kujutatakse laia pidevjoonega. Eelistatakse pinna tekstuuri osalist näitamist.

Lõikekujutised

DIN ISO 128-40, -44 ja -50 (2002-05)

Lõigete tüübid



Lõikekujutised. Võimaldavad täpsemalt näidata eseme sisemust või selle üksikuid sektsioone.

Täislõige. Detaili eespool olev osa, mis sisemust varjab, mõtteliselt eemaldatakse. Lõikes on võimalik kujutada:

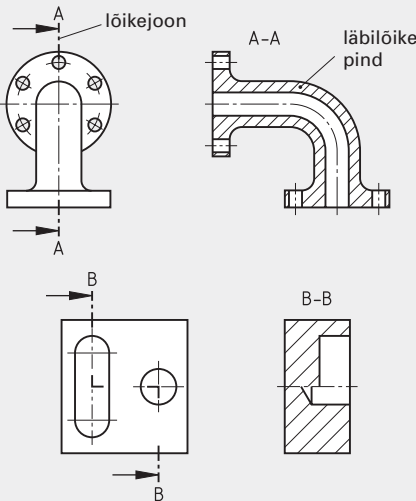
- elemente, mis on vahetult lõiketasandil, ja lisaks neid kontuure, mis asuvad lõiketasandist tagapool või
- ainult lõiketasandile jäävaid elemente.

Lõiketasand on vabalt valitav. Tavaliselt paigutatakse lõiketasand piki telge või sellega risti.

Poollõige. Võimaldab sümmeetrilistel detailidel anda lõikes vaid ühe sümmeetrilise poole, teine pool esitatakse vaatena. Lõikeosa on vaateosast eraldatud sümmeetrilistel. Horisontaalse sümmeetrilise puhul näidatakse lõige allpool telge, vertikaalse sümmeetrilise puhul näidatakse lõige paremal pool telge.

Osalõige. Osalõikega näidatakse lõikes ainult detaili üks osaline piirkond. Lõikeosa piiratakse katkestusjoonega.

Määratlused



Lõiketasand. Lõiketasand on kujuteldav pind, millega detaili on lõigatud. Keerukamate detailide puhul võib lõiketasandeid olla kaks või rohkem.

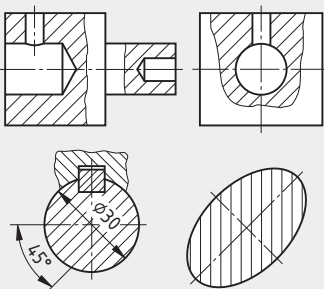
Läbilõike pind. Tekib detaili mõttelisel läbilõikamisel. Lõikepind viirutatakse (vaata ülal ja lk 76).

Lõikejoon. See näitab lõiketasandi asukohta; kahe või enama lõiketasandi korral selgitab lõikejoon lõike kulgemist läbi eseme. Lõikejoon tõmmatakse laia pikk-kriipspunktjoonega. Kahe või enama paralleelse lõiketasandi kulgemisel astmeliselt läbi detaili tuleb vastavad lõikejoone otsad laia, kuid lühikese pidevjoonega rõhutades esile tõsta.

Lõikejoone tähistamine. Tähistatakse lõikejoone alguses ja lõpus ühe ja sama suurtähedega. Laia pidevjoonega tõmmatud vaatesuuna ristipidi nooled on otsaga vastu lõikejoont.

Lõike tähistamine. Lõikekujutis tähistatakse pealkirjana samade suurtähtedega, mida kasutati lõikejoone juures.

Lõigete viirutamine



Viirutamine. Lõikepinnad viirutatakse paralleelsete kitsaste pidevjoontega, mis tõmmatakse telgjoone või oluliste servajoonete suhtes eelistatavalt 45° all. Kirja kohal viirutus katkestatakse.

Viirutist kasutatakse lõikepindade näitamiseks, kusjuures:

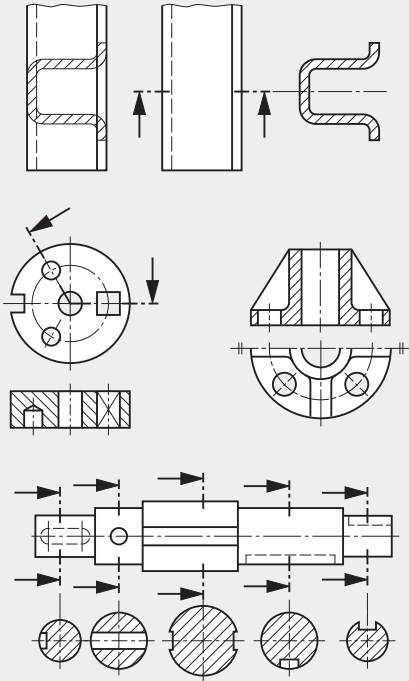
- detaili läbilõigatud pinnad peavad olema ühel ja samal joonisel viirutatud kõik ühes suunas ja ühesuguse viirutusjoone vahel;
- kõrvuti asetsevate detailide viirutised tehakse kaldu erinevas suunas või viirutusjooned erineva vahel;
- suuri läbilõikepindu viirutatakse ainult piki detaili piiri või servajooni.



Lõikekujutised

DIN ISO 128-40, -44 ja -50 (2002-05)

Ristlõiked



Ristlõiked. Võivad olla esitatud kahel viisil:

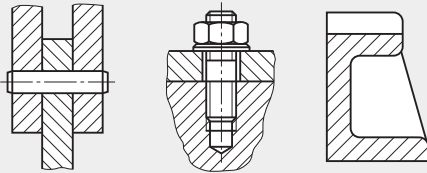
- vaatekujutise taustal peale joonestatud ristlõikena, mis tõmmatakse seal välja kitsa pidevjoonega;
- väljatoodud ristlõikena, mis seotakse lähtekujutisega (nt vastava vaatega) kitsa pikk-kriipspunktjoone abil; väljatoodud ristlõige, mis asub lähtekujutisest eemal, tuleb tähistada ja pealkirjastada.

Murdlõige. Kui kahest tasandist, mis eset läbides omavahel lõikuvad, asub üks projektsioonipinnal, võib ka teise tasandi sellele projektsioonipinnale välja pöörata.

Lõiketasandile pööratud elemendid. Kui teatud elemendid lõikekujutisel ei satu läbilõikepinnale, võib neid tinglikult pööramisega sinna viia, nt jaotusringjoonel paiknevad avad.

Piirjooned ja servad. Eseme kontuure ja servajooni, mis asuvad lõiketasandist tagapool, näidatakse lõikekujutisel ainult siis, kui nad lisavad joonisele selgust.

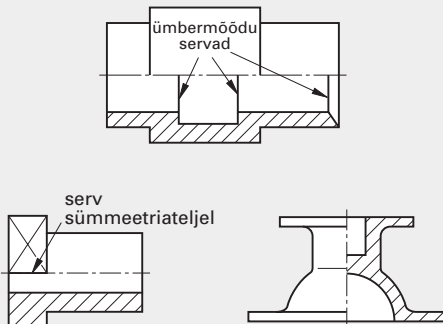
Osad, mida ei lõigata



Pikisuunas ei lõigata:

- osi, mida ei läbi õõnsused, näit kruvid, poldid, vardad, võllid;
- põhikehast väljalatuvaid elemente, nt tugevdusribisid.

Märkusi joonisel



Servade käsitus

- Lõikepinnast tahapoole jäävad servad ja pindade üleminekujooned tuleb lõikekujutisel ära näidata, vähemolulised elemendid võivad jääda ka kujutamata (nt need, mis projekteeruvad moonedega).
- Varjatud servad. Lõikekujutisel varjatud servi reeglina ei näidata.
- Servad telgjoonel. Serva, mis lõikekujutisel langeb kokku telgjoonega, kujutatakse sellel.

Poollõige sümmeetrilisest detailist

Sümmeetrilise detaili lõikepool joonestatakse eelistatult:

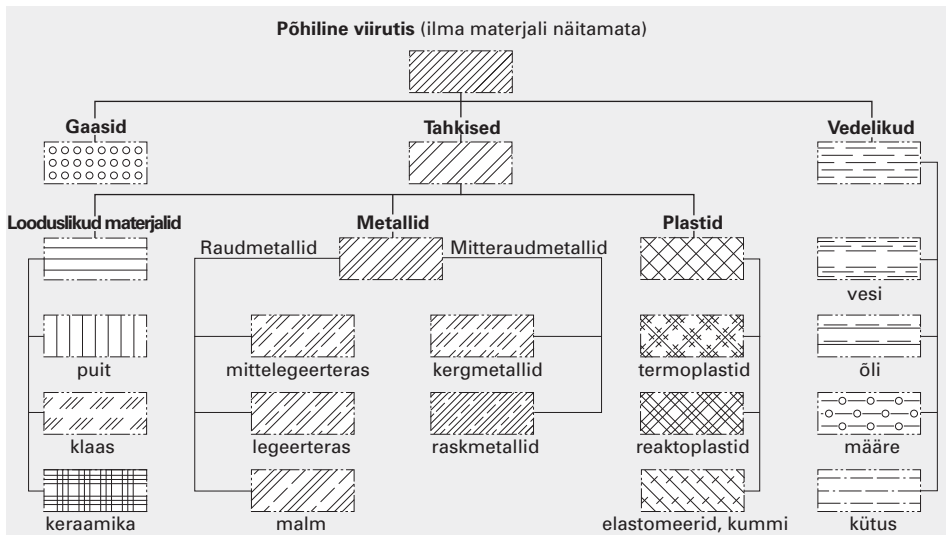
- horisontaalsest telgjoonest allapoole;
- vertikaalsest telgjoonest paremale poole.

Viirutamine, mõõtmestamise süsteemid

Viirutamine

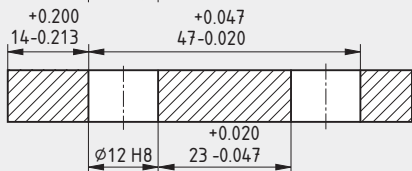
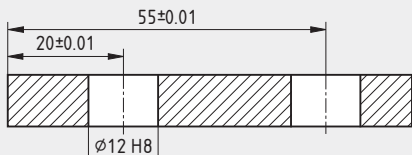
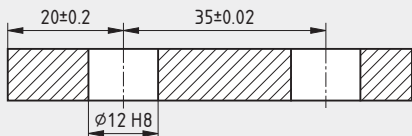
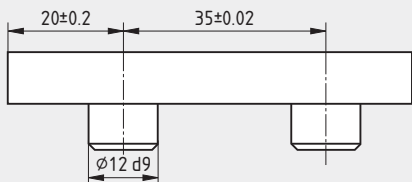
DIN ISO 128-50 (2002-05)

Lõikepinnad esitatakse põhilise, paralleeljoontega viirutise kujul, pööramata tähelepanu materjalile. Nende osade viirutamiseks, mille materjali soovitakse lõikes rõhutada, kasutatakse lõikes erilist viirustismustrit.



Mõõtmestamise süsteemid

DIN 406-10 (1992-12)



Detaili mõõtmestamise ja tolereerimise lähteks on:

- detaili funktsionaalsus,
- töötlus,
- kontrollitavus.

Ühel joonisel võib kasutada mitmeid mõõtmestamise süsteeme.

Funktsionaalsusel põhinev mõõtmestamine

Tunnus. Mõõtmeid eristatakse, kantakse joonisele ja tolereeritakse tulenevalt detaili funktsioonist ja konstruktsioonist.

Töötlemisel põhinev mõõtmestamine

Tunnus. Valmistamiseks vajaminevad mõõtmed tuleb määrata funktsiooni tagavatest mõõtmetest.

Kontrollitavusel põhinev mõõtmestamine

Tunnus. Mõõtmed ja tolerantsid on kantud joonisele vastavalt kavandatud kontrolli tingimustele.

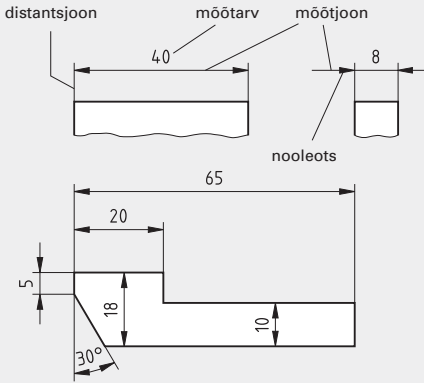


Jooniste mõõtmestamise alused

Mõõtjooned, mõõtjoone otsad, distantsjooned, mõõtarvud

DIN 406-11 (1992-12)

Mõõtjooned



Kujundamine. Mõõtjooned tõmmatakse kitsaste pidevjoontega.

Joonisele kandmine. Mõõtjooni kasutatakse:

- pikkuste mõõtmiseks mõõdetava perimeetri ulatuses ja sellega paralleelselt;
- nurga ja kaare mõõtmiseks ringikaare kujuliselt ümber nurga tipu või kaare tsentri.

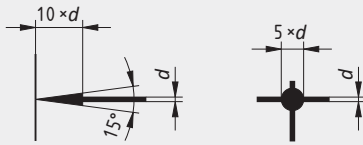
Piiratud ala. Kui mõõtarvu kirjutamiseks on ruumi vähe, võib mõõtjooni:

- pikendada distantsjoonest väljapoole;
- paigutada detaili kujutise peale;
- tõmmata vastu eseme servajooni.

Paigutamine. Mõõtjooned tuleb tõmmata vähemalt:

- 10 mm kaugusele detaili kontuurist;
- 7 mm kaugusele üksteisest.

Mõõtjoone ots



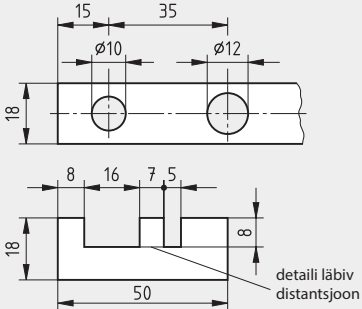
Mõõtjoone nooleotsad. Nooleotsad jäetakse üldiselt mõõtjoone piiridesse, kusjuures:

- nooleotsa pikkus on 10-kordne mõõtjoone laius;
- nooleotsa küljed moodustavad 15° nurga.

Mõõtjoone punktotsad. Kasutatakse ruumipuudusel:

- punkti läbimõõt on 5 x mõõtjoone laius.

Distantsjooned

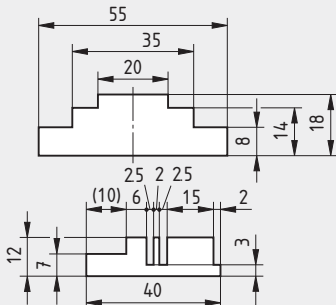


Kujundamine. Distantsjooned tõmmatakse kitsa pidevjoonega mõõdetava pikkuse suhtes risti.

Iseärasused

- **Sümmeetrilised elemendid.** Sümmeetriliselt paiknevate elementide telgjooni võib kasutada distantsjoonena.
- **Katkestused.** Mõõtarvu ja selle ees seisva kujumärgi kohal tuleb distantsjoon katkestada.
- Ühemõõduliste, kuid eraldi paiknevate elementide mõõtmestamisel võib kasutada **detaili läbivat distantsjoont**.
- **Distantsjooni** ei pikendata ühest vaatest teiseni.

Mõõtarvud



Joonisele kandmine. Mõõtarvud kantakse joonisele:

- normkirjas DIN EN ISO 3098 kohaselt (lk 64);
- minimaalne kirja kõrgus on 3.5 mm;
- mõõtarvud kirjutatakse mõõtjoone peale (kohale);
- vertikaalsetele mõõtjoontele kantavad mõõtarvud olgu loetavad paremalt poolt vaadatavatena alt üles.

Piiratud ala. Ruumipuudusel võib mõõtarve joonisele kanda:

- viitejoone abil,
- distantsjoonest ülalpool.

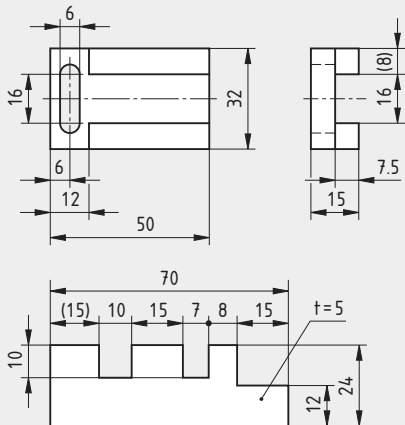
Teatmemõõtmed esitatakse ümarsulgudes; need aitavad joonises paremini orienteeruda ja nad ei kuulu kontrollimisele.

Jooniste mõõtmestamise alused

Mõõtmestamise reeglid, viitejooned, nurga mõõtmed, ruudukujulised ja lapikud detailid

DIN ISO 128-22 (1999-11)

Mõõtmestamise reeglid



Mõõtmete kandmine joonisele

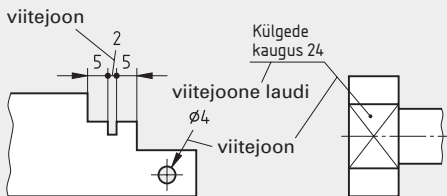
- Iga mõõde kantakse joonisele vaid üks kord. Kui kaks elementi on ühesuguste mõõtetega, kuid erineva kujuga, tuleb neid mõõtmestada kumbki eraldi.
- Kui detail on joonisel esitatud mitme kujutisega, antakse mõõtmed selle kujutise juures, kus vastav element on kõige paremini äratuntav.
- Sümmeetrilised detailid. Sümmeetriatelje asukohta ei ole vaja mõõtmestada.

Mõõtmed ahela kujul. Mõõtmete esitamist ahelana tuleb vältida. Kui tootmisest tingituna on ahelmõõtmestamine siiski vajalik, antakse üks ahela mõõtmeist ümar-sulgudes, s.o teatmemõõtmena.

Lapikdetailide mõõtmestamine. Kui lapiku kujuga detail on joonestatud ainult ühes vaates, võib tema paksuse anda viitetähisega t kas:

- vaate pinnal või
- vaate läheduses viitejoone laudil.

Viitejoon ja viitejoone laudi

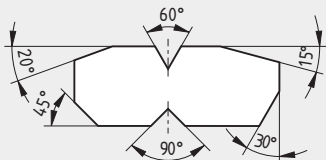


Viitejooned. Viitejooned tõmmatakse kitsa pidevjoonega, mis lõpevad:

- nooleotsaga, mille tipp on suunatud vastu eseme serva või ava kontuuri;
- punktiga eseme pinnal;
- ilma markeerimata otsaga vastu teisi jooni, mis ei ole kontuurjooned.

Viitejoone laudid. Viitejoone laudid joonestatakse kitsa pidevjoonega lugemise suunas.

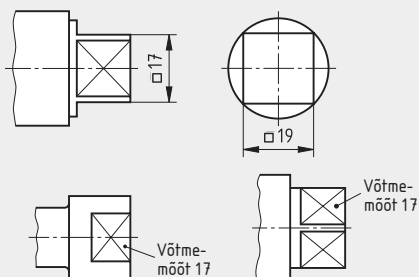
Nurgamõõtmed



Distantsjooned. Distantsjooned lähtuvad mõõdetava nurga tipust.

Mõõtardud. Tavaliselt kirjutatakse nad nurga tippu ümber tõmmatud kaarja mõõtjoone suhtes puutujasuunaliselt. Mõõtardud paigutatakse nurgatippu läbivast tinglikust horisontaaljoonest ülespoole jäävate nurkade puhul kumerale mõõtjoonele ja horisontaaljoonest allpool asuvate nurkade puhul nõgusale mõõtjoonele.

Ruudukujulisus, võtmemõõt



Ruudukujulisus

Sümbol. Ruudukujulise ristlõikega elemendi sümbol (ruudumärk) asetatakse mõõtardu ette. Märk on väiketähe kõrgune.

Mõõtmestamine. Ruudukujuline vorm mõõtmestatakse eelistatavalt selles vaates, kus detaili kuju on äratuntav. Mõõde kantakse joonisele ainult ruutvormi ühe külje ulatuses.

Võtmemõõt

Võtmemõõdu sümbolit ISO standardid ette ei näe. Sel juhul tahkudevahelist mõõdet eraldi enam ei anta.

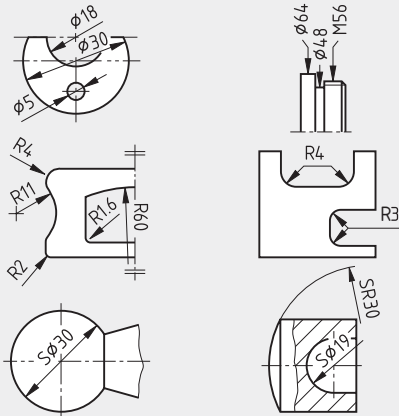


Jooniste mõõtmestamise alused

Läbimõõt, raadius, sfäär, faas, kalded, koonilisuus, kaare mõõtmed

DIN 406-11 (1992-12)

Läbimõõt (diameeter), raadius, sfäär



Läbimõõt

Sümbol. Kõikide läbimõõtude puhul on sümbol ϕ mõõtarvu ees. Selle kogukõrgus on sama, mis mõõtarvul.

Piiratud ala. Kui ruumi on vähe, antakse läbimõõt kujutisest väljaspool; sealt suunatakse noolotsaga lõppev viitejoon detaili vastava kohani.

Raadius

Sümbol. Raadiuse sümbol suurtäht R kirjutatakse mõõtarvu ette.

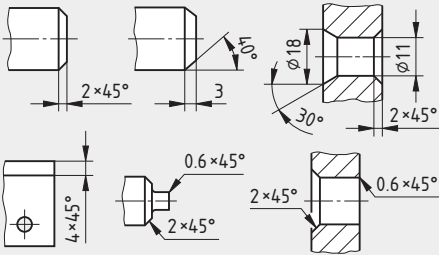
Mõõtjooned tõmmatakse:

- raadiuse keskmest lähtuva mõõtnoolega või
- raadiuse keskmee poole suunatud mõõtnoolega;
- suure raadiuse puhul võib keskmee tinglikult kaarele lähemale tuua. Mõõtnool tehakse siis murdega 90° all.

Sfäär

Sümbol. Detaili sfäärilise koha sümboliks on suurtäht S , mis kirjutatakse läbimõõdu või raadiuse sümboli ette.

Faasid, süvised

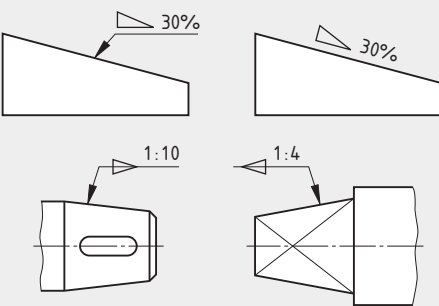


45° faasid ja 90° süvised mõõtmestatakse lihtsalt nurga ja faasi laiuse äranäitamisega. Nii joonisel kujutatud kui ka väikseid kujutamata 45° faase võib mõõtmestada viitenoole laudil.

Teised faasi nurgad. Faaside puhul, mis 45° -st erinevad, näidatakse eraldi:

- nii nurk kui ka faasi laius või
- nurk ja faasi läbimõõt.

Kalle ja koonilisuus



Kalle

Sümbol. Kalde sümbol \sphericalangle asetatakse mõõtarvu ette.

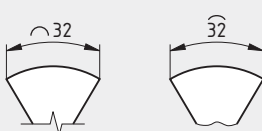
Sümboli orientatsioon. Sümboli terav tipp osutab kalde suunale. Sümbol koos kalde suurust näitava protsendiga või suhtega antakse kaldpinnal või viitenoole laudil. Laudi peab olema kaldpinna aluse suhtes paralleelne.

Koonilisuus

Sümbol. Koonilisuse sümbol \sphericalangle asetatakse suhtearvude ette.

Sümboli orientatsioon. Sümboli tipp laudijoonel küljes on suunatud detaili koonilise elemendi (ka püramiidselt aheneva elemendi) tipu poole. Viitenoole laudi peab olema paralleelne detaili koonilise (aheneva) elemendi telgjoonega.

Kaare mõõtmed



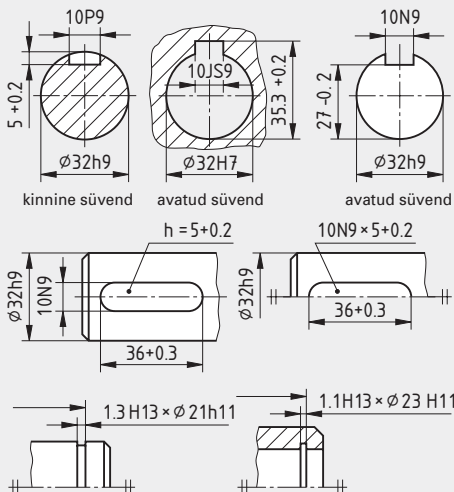
Sümbol. Kaarekujuline sümbol $\overline{\quad}$ asetatakse mõõt-
arvude ette. Käsitati tehtud joonisel võib mõõtarv olla
märgistatud kaarekesega üleval mõõtarvu kohal.

Jooniste mõõtmestamise alused

Süvendid, keermed, musterolemid

DIN 406-11 (1992-12) ja DIN ISO 6410-1 (1993-12)

Süvendid


Süvendi sügavus. Süvendi sügavust mõõdetakse:

- kinnise süvendi puhul võlliava süvendi põhjast vastasmoodustajani;
- avatud süvendi puhul võlli süvendi põhjast vastasmoodustajani.

Lihtsustatud mõõtmestamine. Kui süvend on kujutatud ainult detaili peavaatel, saab süvendi sügavust anda:

- kas tähega h või
- kombineeritud sügavust koos süvendi laiusega.

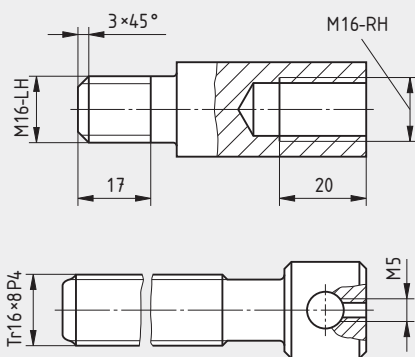
Süvendi sügavust võib joonisel anda ka lähtuvalt piirderingist, kombineerituna süvendi laiusega.

Tolerantsiklasside JS9, N9, P9 ja H11 piirhälbed: vt lk 111

Süvendi mõõtmed:

- kiilu süvendi (soone) kohta: lk 246;
- liistu süvendi (soone) kohta: lk 247;
- lukustusrõnga süvendi (soone) kohta: lk 273.

Keermed


Tähistus. Standardkeermete puhul kasutatakse nimimõõtte ees tähiseid (M - meeterkeere, Tr - trapeetskeere, G - silindriline torukeere).

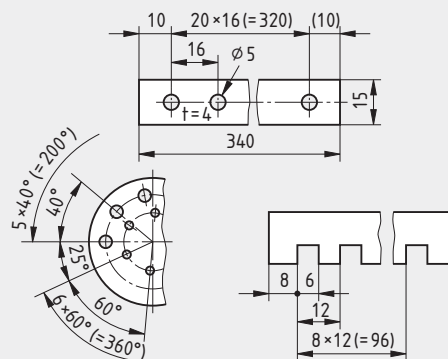
Vasakkeermed. Vasakkeeme tähisele lisatakse LH. Kui detailil on nii vasak- kui ka paremkeermeid, lisatakse paremkeeme tähisele RH, muidu mitte.

Mitmekäigulised keermed. Mitmekäiguliste keermete tähises antakse käigulisus (telgsuuline siire kruvi täispöörde kohta) Ph ja samm P nimimõõtte järel.

Ulatuse määratlus. Ulatuse määratlusega. Keermesava põhiaugu sügavust harilikult ei mõõtmestata (vt lk 216).

Faasid. Keeme faase mõõtmestatakse ainult siis, kui nende läbimõõdud on keeme sise- või välisläbimõõdetest erinevad.

Lineaar- ja nurkmusterolemid


Ühesugused musterolemid. Ühesuguste musterolemitide võrdvahedega paigutusandmed on:

- elementide arv;
- elementide vahedega või nurk nende vahel;
- pikkuse- või nurgavahemike kogulatus (ümarisugudes).

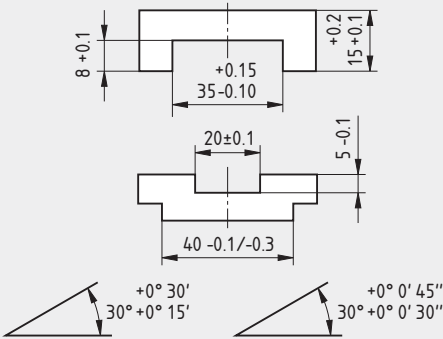


Jooniste mõõtmestamise alused

Tolerantside esitus

DIN 406-12 (1992-12), DIN ISO 2768-1 (1991-06) ja DIN ISO 2768-2 (1991-04)

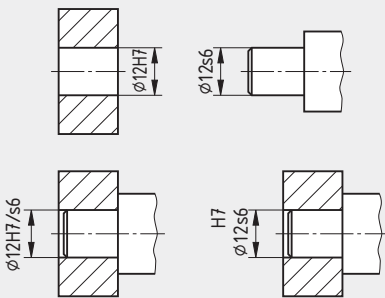
Tolerantsi esitus piirhälvetena (arvuliselt)



Näitamine joonisel. Piirhälbed antakse:

- nimimõõtme järel sellega sama suures kirjas;
- kahe hälbe puhul nii, et ülemine hälve asuks alumise hälbe kohal üleval või kõik ühes reas nimimõõtme järel: kõigepealt ülemine hälve, siis kaldkriips ja alumine hälve;
- ülemise ja alumise hälbe võrdsuse korral ± märgiga hälbe väärtuse ees, mis näidatakse joonisel vaid ühekordselt;
- nurgamõõtmete puhul koos mõõtühiku lisamisega.

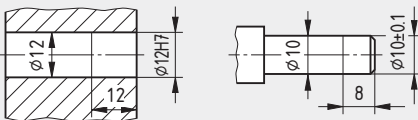
Tolerantsi esitus tolerantsiklassiga



Näitamine joonisel. Tolerantsiklassid näidatakse:

- üksiku nimimõõtme puhul kohe nimimõõtme järel;
- üksteise sees kujutatud detailide korral: nimimõõtme järel kõigepealt haarava detaili (ava) tolerantsiklass, siis kaldkriips ja haaratava detaili (võll) tolerantsiklass; ava tolerantsiklassi võib kirjutada ka ülespoole võlli omast.

Tolerantsi määratlus kindlas piirkonnas



Rakenduspiirkond. Mõõtme tolerantsi ulatuspiirkond näidatakse kitsa pidevjoonega tõmmatud distantsjoone abil.

Üldtolerantside esitus

Kontrollis	Mõõtkava	Joonestus	Kuupäev
	1:1		
	ISO 2768	Ettevõtte	Leht
	III		10

Kasutus. Üldtolerantse kasutatakse:

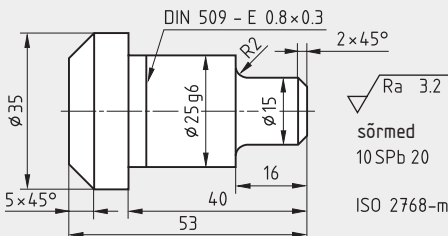
- joon- ja nurgamõõtmete tolereerimisel;
- kuju ja asendi tolereerimisel.

Näitamine joonisel. Märkus üldtolerantsi (lk 112) kohta asetseb:

- joonisel vastava koha lähedal või
- joonise kirjanurga vastavas lahtris.

Joonisel tuuakse ära:

- standardi number;
- joon- ja nurgamõõtmete tolerantsiklassid;
- vajaduse korral ka kuju ja asendi tolerantsiklassid.

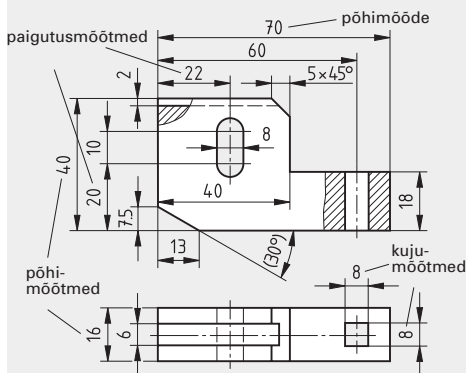


Mõõtmestamise viisid

Mõõtmed

DIN 406-10 ja -11 (1992-12)

Mõõtmete põhiliigid



Põhimõõtm. Detaili põhimõõtm on:

- üldpikkus,
- üldlaius,
- üldkõrgus.

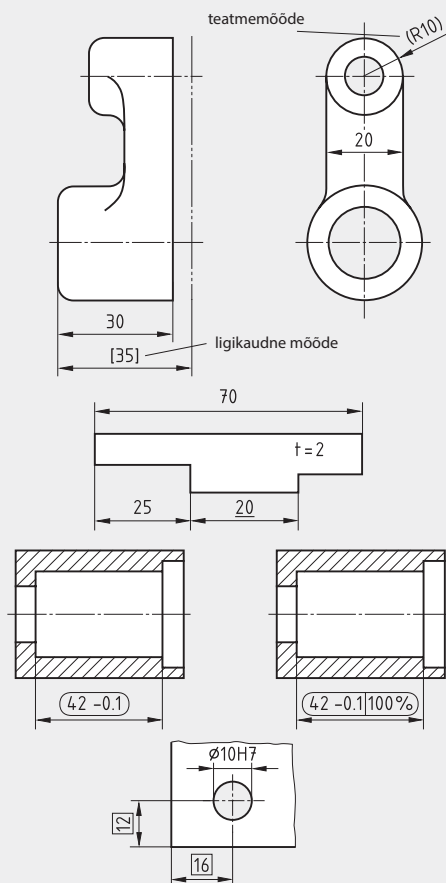
Kujumõõtm. Kujumõõtmeks peetakse:

- süvendite mõõtmid,
- õlgmike, servade jt kujuelementide mõõtmid.

Paigutusmõõtm. Neid kasutatakse niisuguste kujuelementide paigutuse näitamiseks, nagu:

- avad,
- süvendid,
- pikendatud avad jms.

Erimõõtmed



Ligikaudsed mõõtm

Funktsioon. Ligikaudsed mõõtm võivad anda infot valatud või sepiatud detailide kohta enne nende lõiketööstust.

Märgistamine. Ligikaudsed mõõtm asetatakse nurksulgudesse.

Teatmemõõtm

Funktsioon. Teatmemõõtm annavad täiendavat infot. Nad ei ole detaili geomeetria ehituse määramisel olulised.

Märgistamine. Teatmemõõtm:

- asetatakse ümarsulgudesse,
- kantakse joonisele ilma tolerantsideta.

Mõõtkavata mõõtm

Märgistamine. Muutliku suurusega detaili element võib olla antud mõõtkavast sõltumatu mõõtmega, mis esitatakse allakriipsutusega.

Arvutipõhises joonestamises (CAD) allajoonitud mõõtmid ei kasutata.

Kontrollmõõtm

Funktsioon. Ostja võib nõuda, et teatud mõõtm oleksid eriliselt märgistatud ja et need oleks 100% üle kontrollitud.

Märgistamine. Kontrollmõõtm ümbritsetakse joonisel ümarotsalise raamiga.

Teoreetiliselt täpsed mõõtm

Funktsioon. Niisugused mõõtm annavad geomeetria idealse (teoreetiliselt täpse) elementide paigutuse.

Märgistamine. Paigutusmõõtm asetatakse raamidesse ilma tolerantsi määratlemata; elemendid ise aga tolereeritakse geomeetria suhtes.

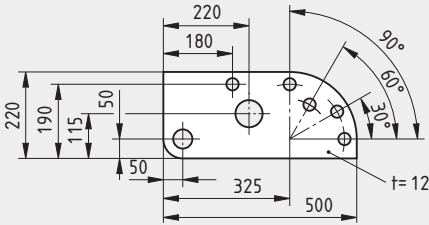


Mõõtmestamise viisid

Paralleel-, jada- ja koordinaatmõõtmestamine¹⁾

DIN 406-11 (1992-12)

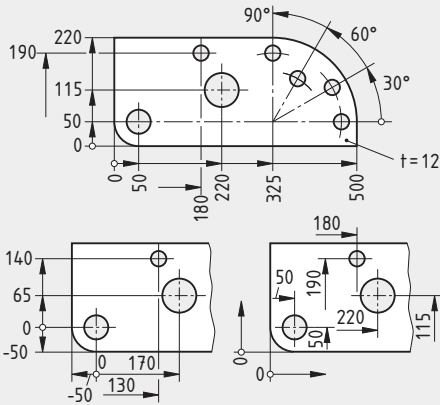
Paralleelmõõtmestamine



Mõõtjooned. Mitmed mõõtjooned kantakse joonisele:

- paralleelsete joonmõõtmelena,
- kontsentriliste nurgamõõtmelena.

Jadamõõtmestamine



Ühisnullpunkt. Mõõtmel kantakse joonisele kujutistest väljaspool, lähtudes ühisnullpunktist, seda kõigis kolmes võimalikus suunas. Ühisnullpunkt näidatakse ära väikese ringikesega.

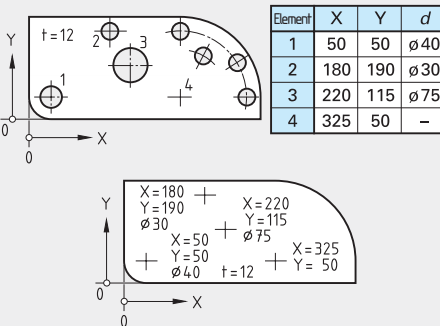
Mõõtjooned. Joonisele võib mõõtjooni kanda:

- igas võimalikus suunas reeglina ainult ühte mõõtjoont kasutades;
- vähese ruumi korral võib mõõtjooni ka rohkem olla, vajadusel distantsjooni katkestades.

Mõõtmel:

- ühisnullpunktist vastassuunas esitatakse mõõtardud miinusemärgiga;
- neid võib anda ka lugemise suunas.

Koordinaatmõõtmestamine



Element	X	Y	d
1	50	50	ø40
2	180	190	ø30
3	220	115	ø75
4	325	50	-

Cartesiuse koordinaadid (lk 58)

Koordinaatide väärtused. Need kantakse joonisele:

- tabeli kujul või
- koordinaatpunktide vahetusse lähedusse.

Alguspunkt. Koordinaatide alguspunkt märgitakse joonisel:

- väikese ringikesega,
- ringike võib asuda joonise mistahes kohas.

Mõõtmel. Positiivse suuna suhtes vastassuunas olevad mõõtmel märgitakse joonisel miinusemärgiga.

Polaarkoordinaadid (lk 59)

Koordinaatide väärtused. Polaarkoordinaatide arvvaartused esitatakse joonisel tabeli kujul.

TJ

¹⁾ Paralleel-, jada- ja koordinaatmõõtmestamine võivad joonisel olla ka omavahel kombineeritud.

Lihtsustatud esitamine joonisel

Avade lihtsustatud esitamine

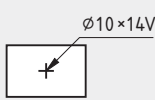
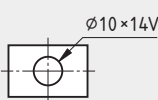
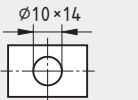
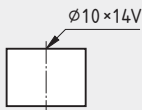
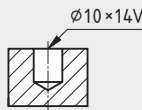
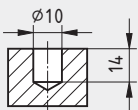
DIN ISO 15786 (2014-12)

Umbava põhikuju, joone laiused lihtsustatud kujutamiseks

Täielik kujutamine ja mõõtmestamine

Täielik kujutamine ja lihtsustatud mõõtmestamine

Lihtsustatud kujutamine ja mõõtmestamine



Umbava põhikuju

Umbava põhikuju esitatakse vajaduse korral sümboliga.

Näiteks tähendavad sümbolid:

V: puuri otsa kujuline silindriline puuritud ava;

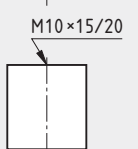
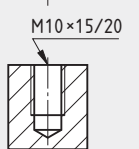
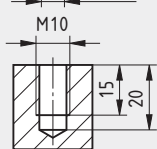
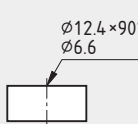
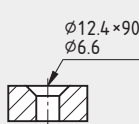
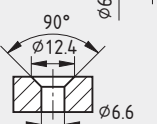
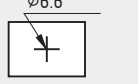
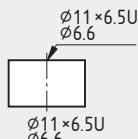
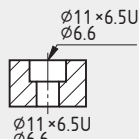
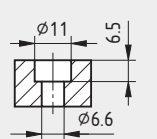
U: tasase põhjaga silindriline puuritud ava.

Joone laiused

Umbava kujutatakse lihtsustatult:

- pealtvaates lõikuvate telgjoontega;
- joonise pinnaga paralleelsete telgede puhul laia pidevjoonega.

Astmelised avad, süvised ja faasid, sisekeermed



Astmelised avad

Kahe või enama astmega avade mõõtmised antakse üksteise kohal (üleistikku). Mõõtmest kirjutatakse astmete paiknemise järjekorras.

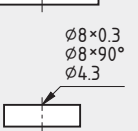
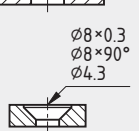
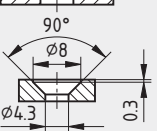
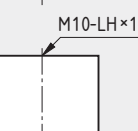
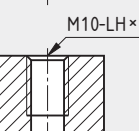
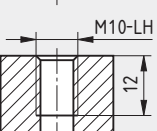
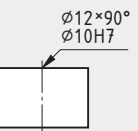
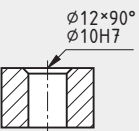
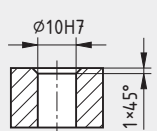
Süvised ja faasid

Süvised ja ava faasid antakse joonisel süvise suurima diameetri ja faasi nurgaga.

Sisekeermed

Keerme pikkus ja augu sügavus eraldatakse kaldkriipsuga. Kui sügavusmõõdet ei ole näidatud, on tegemist läbiva avaga.

Näiteid



Ava $\varnothing 10H7$.

Läbiv ava.

Faas $1 \times 45^\circ$.

Vasakkeere M10.

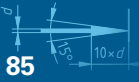
Keerme pikkus 12 mm.

Keermeava on puuritud detailist läbi.

Silindriline süvis $\varnothing 8$, sügavusega 0,3 mm.

Kooniline süvis 90° , läbimõõduga $\varnothing 8$

läbiv ava $\varnothing 4,3$.



Hammasrattad

Hammasrataste kujutamine¹⁾

DIN ISO 2203 (1976-06)

Silinderhammasratas	Koonushammasratas	Tiguratas
Välisambumisega kaldhammastega silinderülekanne		Siseambumisega silinderülekanne
Hammaslattuülekanne		Koonushammasratasülekanne (telgedenurk 90°)
Tiguülekanne	Kettülekanne	Hammasrihmülekanne

TJ

¹⁾ Hammasrataste mõõtmestamine: lk 103.

Veerelaagrid

Veerelaagrite kujutamine			DIN ISO 8826-1 (1990-12) ja DIN ISO 8826-2 (1995-10)		
Kujutamine			Elementide lihtsustatud kujutamine		
lihtsustus	lõige	selgitus	element	selgitus, rakendus	
		Eesmärgiks on kujutada veerelaagrit üldiselt ruudu või ristkülikuna koos vabalt paikneva püstristiga.		Pikk sirgjoon; veerelaagri elementide telgede näitamiseks laagrítüüpi üldiselt täpsustamata.	
		Vajaduse korral võib veerelaagrit näidata oma välispiirjoonte ja vabalt paikneva püstristiga.		Pikk kaarjoon; veerelaagri elementide telgede näitamiseks laagrítüüpi täpsustades (nt seaduv laager).	
		Vajaduse korral võib veerelaagrit näidata oma välispiirjoonte ja vabalt paikneva püstristiga.		Lühike sirgjoon; veerelaagri elementide asukoha ja ridade arvu näitamiseks.	
		Vajaduse korral võib veerelaagrit näidata oma välispiirjoonte ja vabalt paikneva püstristiga.		Ringjoon; veerelaagri elementide (kuulid, rullid, nõellaagri nõelad) näitamiseks, mis on joonestatud oma telgede suhtes risti.	
Näiteid veerelaagrite lihtsustatud kujutamise kohta					
Üherealise veerelaagri kujutamine			Kaherealise veerelaagri kujutamine		
liigi lihtsustus	lõige	laagri liik	liigi lihtsustus	lõige	laagri liik
		Radiaalkuullaager, silinderrulllaager			Kaherealine radiaalkuullaager, kaherealine silinderrulllaager
		Seaduv (sfääriline) radiaalkuullaager			Kaherealine seaduv (sfääriline) kuullaager, kaherealine seaduv (sfääriline) rulllaager
		Radiaaltugikuullaager, koonusrulllaager			Kaherealine radiaaltugikuullaager (kahesuunaline)
		Nõellaager, nõellaagrikoost			Kaherealine nõellaager, kaherealine nõellaagrikoost
		Tugikuullaager, tugirulllaager			Kaherealine tugikuullaager (kahesuunaline)
		Seaduv (sfääriline) tugirulllaager			Kaherealine seaduvate pesadega tugikuullaager (kahesuunaline)
Kombineeritud veerelaagrid			Kujutis veerelaagri telje risttasandis		
		Nõellaager kombineeritud radiaaltugikuullaagriga			
		Tugikuullaager kombineeritud nõellaagriga			
			Mistahes kujuga veerelemendiga (kuulid, rullid, nõelad) veerelaager		



Tihendid ja veerelaagrisõlmed

Tihendite lihtsustatud kujutamine			DIN ISO 9222-1 (1990-12) ja DIN ISO 9222-2 (1991-03)	
lihtsustus	Kujutamine		Elementide lihtsustatud kujutamine	
	lõige	selgitus	element	selgitus; kasutus
		Üldeesmärgiks on kujutada tihendit ruudu või ristkülikuna ja eraldi diagonaalriistiga. Tihendamise suund näidatakse noolega.		Pikk joon, mis on paralleelne tihendatava pinnaga; fikseeritud (staatilise) tihendatava pinna puhul.
				Pikk diagonaaljoon; dünaamilise tihendatava elemendi puhul, nt tihendushuul. Tihendamise suund näidatakse noolega.
				Lühike diagonaaljoon; tolmuuulega tihenditel, tihendusrõngastel.
		Vajaduse korral võib tihendit kujutada välispiirjoonega ja vabalt paikneva diagonaalriistiga.		Lühikesed jooned, suunatud sümboli keskohta; U- ja V-kujuliste tihendite paigalseisvate osade ja tihendipaketi kujutamiseks.
				Lühikesed jooned, suunatud sümboli keskohta; U- ja V-kujuliste tihendite huulte ja tihendipaki kujutamiseks.
				T- ja U-kujulised elemendid mittekontaktsetele tihenditele (labürinttihenditele).

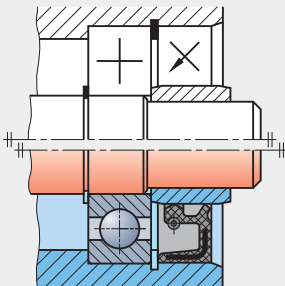
TJ

Näiteid tihendite lihtsustatud kujutamise kohta

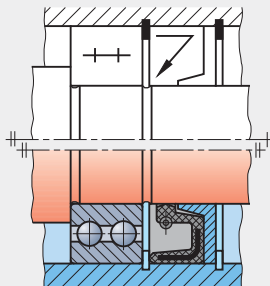
Võlli- ja kolvitiendid				Mansetttihendid, tihendipaketid ja labürinttihendid			
lihtsustus	lõige	liikumine		lihtsustus	lõige	lihtsustus	lõige
		pöörlev	kulgev				
		Võllitihend ilma tolmutõrjehuuleta	Kolvitihend ilma tolmutõrjehuuleta				
		Võllitihend tolmutõrjehuulega	Kolvitihend tolmutõrjehuulega				
		Võllitihend kahesuunalise toimega	Kolvitihend kahesuunalise toimega				

Näiteid tihendite ja veerelaagrite lihtsustatud kujutamise kohta

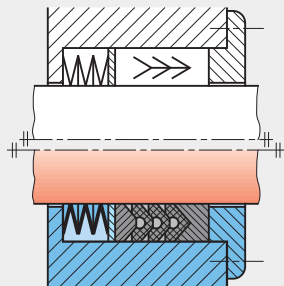
Radiaalkuullaager ja radiaalne võllitihend koos tolmutõrjehuulega¹⁾



Kaherealine radiaalkuullaager ja vedruka kaelustihend võlli jaoks²⁾



Diafragmatihend (tihendipakett)²⁾



¹⁾ Ülemine pool: lihtsustatud kujutis; alumine pool: lõikekujutis.

²⁾ Ülemine pool: üksikasjade lihtsustatud kujutis; alumine pool: lõikekujutis.

Paigaldusrõngad, paigaldusrõngasooned, vedrud, hammasliited

Paigaldusrõngaste ja paigaldusrõnga soonte kujutamine			
Nimetus	Kujutamine	Mõõtmete kooslus	Hälbed
Lukustusrõngas völli jaoks (lk 273)		<p>Mõõtmete baaspind¹⁾ $a =$ veerelaagri laius + lukustusrõnga laius</p>	d_2 hälbed: ülemine hälve: 0 (null), alumine hälve: negatiivne. a hälbed: ülemine hälve: positiivne, alumine hälve: 0 (null).
Lukustusrõngas ava jaoks (lk 273)		<p>Mõõtmete baaspind¹⁾</p>	d_2 hälbed: ülemine hälve: positiivne, alumine hälve: 0 (null). a hälbed: ülemine hälve: positiivne, alumine hälve: 0 (null).

¹⁾ Soone mõõtmete baaspind on siin joonise pinnaga risti.

Vedrude kujutamine DIN ISO 2162-1 (1994-08)

Nimetus	Kujutis		Sümbol	Nimetus	Kujutis		Sümbol
	vaade	lõige			vaade	lõige	
Silindriline surve-keerdvedru				Silindriline tõmbe-keerdvedru			
Silindriline keerd-väändvedru				Silindriline surve-keerdvedru (ruutristlõikega traadist)			
Taldrikvedru (üksikvedru)				Liit-taldrikvedru (vastasetusega)			
Liit-taldrikvedru (päriasetusega)							

Hammasvõllide ja -pukside kujutamine DIN ISO 6413 (1990-03)

Rööpkülgsed hammasvõllid ja -puksid.	Võll	Puks	Liide
	Sümbol:		
Evolventhammasvõllid ja -puksid.			
Sümbol:	⇒ Hammasvõll ISO14-6 x 26f7 x 30: rööpkülgne hammasvõll, ISO14 järgi, hammaste arv $N = 6$, siseläbimõõt $d = 26f7$, välisläbimõõt $D = 30$.		



Võlliotsad. Detaili nurgad ja servad

Eesti Rahvusraamatukogu digitaalarhiiv DIGAR(S)

Võlliotsad		DIN 6785 (2014-06)								
Võlliotsa mõõtmed		Mõõtmed	Lõpptoote suurim läbimõõt, mm							
Näide		$d_{2\max}$ mm	alates 3	üle 3 kuni 5	üle 5 kuni 8	üle 8 kuni 12	üle 12 kuni 18	üle 18 kuni 26	üle 26 kuni 40	üle 40 kuni 60
Joonisel		l_{\max} mm	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9	1.2	2.0	3.0

Detaili nurgad ja servad DIN ISO 13715 (2000-12)

Serv või nurk	Detaili servad/nurgad viitega nende ideaalsele geomeetrilisele kujule		
	Sisemine	Välimine	Koht
Välisserv	Materialeemaldus 	Kraat, äär 	Teravservne
Siseserv	Materialeemaldus 	Üleminek 	Teravservne
Mööde a, mm	- 0.1; - 0.3; - 0.5; - 1.0; - 2.5	+ 0.1; + 0.3; + 0.5; + 1.0; + 2.5	- 0.05; - 0.02; + 0.02; + 0.05

Detaili servade/nurkade märgistuse sümbol	Sümbol	Mõeldud		Kraat ja materialeemalduse suund		
		välisservale	siseservale		välisserv	siseserv
mõõtmete märkimise koht	+	Kraat lubatud, materialeemaldus mitte lubatud	Üleminek lubatud, materialeemaldus mittelubatud	Lubatud määratlus:	kraadile	materialeemaldusele
	-	Eemaldus kohustuslik, kraat mittelubatud	Eemaldus kohustuslik, üleminek mittelubatud	Näide		
	± 1)	Kraat või üleminek lubatud	Materialeemaldus või üleminek lubatud	Tähendus		
1) Lubatud ainult koos mõõtmetega.						

Detaili nurkade ja servade märgistamine

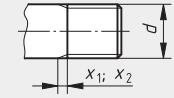
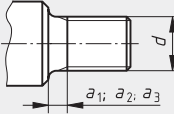
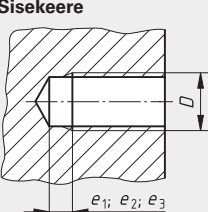
Grupiline osundamine	Näited
<p>Grupiline osundamine kõikidele servadele, mille kuju ei ole antud. Servad, mille kuju pole grupiliselt näidatud, märgitakse ära joonisel. Erandid antakse grupilise osundamise järel ümarsulgudes või tuuakse ära põhisümboliga.</p>	<p>Kraadida välisserv. Materjali lubatud eemaldamine on kuni 0,3 mm. Välisserv lubatud kraadiga kuni 0,3 mm (kraadi suund määratud). Siseserv materjali lubatud eemaldamisega vahemikus 0.1 mm kuni 0.5 mm (materialeemalduse suund määramata). Siseserv koos materjali lubatud eemaldamisega kuni 0.02 mm või lubatud üleminekuga 0.02 mm (teravservselt).</p>
<p>Välis- ja siseservade grupilised kujuosundused antakse vastavate sümbolitega.</p>	

TJ

Keeme väljajooksud ja väljajooksusooned

Keeme väljajooksud ISO-meeterkeermetele

DIN 76-1 (2016-08)

Väliskeere	Samm ¹⁾ <i>P</i>	ISO- standard- keere <i>d; D</i>	Keeme väljajooks ²⁾			Samm ¹⁾ <i>P</i>	ISO- standard- keere <i>d; D</i>	Keeme väljajooks ²⁾		
			<i>x</i> ₁ max.	<i>a</i> ₁ max.	<i>e</i> ₁			<i>x</i> ₁ max.	<i>a</i> ₁ max.	<i>e</i> ₁
	0.2	–	0.5	0.6	1.3	1.25	M8	3.2	3.75	6.2
	0.25	M1	0.6	0.75	1.5	1.5	M10	3.8	4.5	7.3
	0.3	–	0.75	0.9	1.8	1.75	M12	4.3	5.25	8.3
	0.35	M1.6	0.9	1.05	2.1	2	M16	5	6	9.3
	0.4	M2	1	1.2	2.3	2.5	M20	6.3	7.5	11.2
	0.45	M2.5	1.1	1.35	2.6	3	M24	7.5	9	13.1
	0.5	M3	1.25	1.5	2.8	3.5	M30	9	10.5	15.2
	0.6	–	1.5	1.8	3.4	4	M36	10	12	16.8
	0.7	M4	1.75	2.1	3.8	4.5	M42	11	13.5	18.4
	0.75	–	1.9	2.25	4	5	M48	12.5	15	20.8
	0.8	M5	2	2.4	4.2	5.5	M56	14	16.5	22.4
	1	M6	2.5	3	5.1	6	M64	15	18	24

¹⁾ Peenkeermete väljajooksud on valitud vastavalt sammule *P*.

²⁾ Reeglina rakendatakse siis, kui muid valikuid pole toodud.

Vajadusel kasutatakse lühendatud keeme väljajooksu:

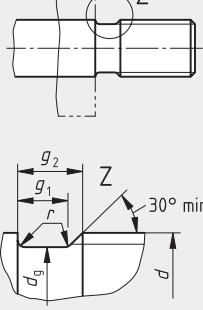

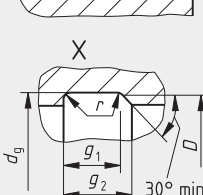

$$x_2 \approx 0.5 \cdot x_1; \quad a_2 \approx 0.67 \cdot a_1; \quad e_2 \approx 0.625 \cdot e_1.$$

Vajadusel rakendatakse pikendatud keeme väljajooksu:

$$a_3 \approx 1.3 \cdot a_1; \quad e_3 \approx 1.6 \cdot e_1.$$

Keeme väljajooksusooned ISO-meeterkeermetele

DIN 76-1 (2016-08)

Väliskeere kuju A ja kuju B	Samm ¹⁾ <i>P</i>	ISO- standard- keere <i>d; D</i>	<i>r</i>	Väliskeermed				Sisekermed					
				<i>d</i> ₀ h13 ⁴⁾	Kuju A ²⁾		Kuju B ³⁾		<i>d</i> ₀ H13	Kuju C ²⁾		Kuju D ³⁾	
				g ₁ min.	g ₂ max.	g ₁ min.	g ₂ max.	g ₁ min.	g ₂ max.	g ₁ min.	g ₂ max.	g ₁ min.	g ₂ max.
	0.2	–	0.1	<i>d</i> –0.3	0.45	0.7	0.25	0.5	<i>D</i> +0.1	0.8	1.2	0.5	0.9
	0.25	M1	0.12	<i>d</i> –0.4	0.55	0.9	0.25	0.6	<i>D</i> +0.1	1	1.4	0.6	1
	0.3	M1.4	0.16	<i>d</i> –0.5	0.6	1.05	0.3	0.75	<i>D</i> +0.1	1.2	1.6	0.75	1.25
	0.35	M1.6	0.16	<i>d</i> –0.6	0.7	1.2	0.4	0.9	<i>D</i> +0.2	1.4	1.9	0.9	1.4
	0.4	M2	0.2	<i>d</i> –0.7	0.8	1.4	0.5	1	<i>D</i> +0.2	1.6	2.2	1	1.6
	0.45	M2.5	0.2	<i>d</i> –0.7	1	1.6	0.5	1.1	<i>D</i> +0.2	1.8	2.4	1.1	1.7
	0.5	M3	0.2	<i>d</i> –0.8	1.1	1.75	0.5	1.25	<i>D</i> +0.3	2	2.7	1.25	2
	0.6	M3.5	0.4	<i>d</i> –1	1.2	2.1	0.6	1.5	<i>D</i> +0.3	2.4	3.3	1.5	2.4
	0.7	M4	0.4	<i>d</i> –1.1	1.5	2.45	0.8	1.75	<i>D</i> +0.3	2.8	3.8	1.75	2.75
	0.75	M4.5	0.4	<i>d</i> –1.2	1.6	2.6	0.9	1.9	<i>D</i> +0.3	3	4	1.9	2.9
	0.8	M5	0.4	<i>d</i> –1.3	1.7	2.8	0.9	2	<i>D</i> +0.3	3.2	4.2	2	3
	1	M6	0.6	<i>d</i> –1.6	2.1	3.5	1.1	2.5	<i>D</i> +0.5	4	5.2	2.5	3.7
	1.25	M8	0.6	<i>d</i> –2	2.7	4.4	1.5	3.2	<i>D</i> +0.5	5	6.7	3.2	4.9
	1.5	M10	0.8	<i>d</i> –2.3	3.2	5.2	1.8	3.8	<i>D</i> +0.5	6	7.8	3.8	5.6
	1.75	M12	1	<i>d</i> –2.6	3.9	6.1	2.1	4.3	<i>D</i> +0.5	7	9.1	4.3	6.4
	2	M16	1	<i>d</i> –3	4.5	7	2.5	5	<i>D</i> +0.5	8	10.3	5	7.3
	2.5	M20	1.2	<i>d</i> –3.6	5.6	8.7	3.2	6.3	<i>D</i> +0.5	10	13	6.3	9.3
	3	M24	1.6	<i>d</i> –4.4	6.7	10.5	3.7	7.5	<i>D</i> +0.5	12	15.2	7.5	10.7
	3.5	M30	1.6	<i>d</i> –5	7.7	12	4.7	9	<i>D</i> +0.5	14	17.7	9	12.7
	4	M36	2	<i>d</i> –5.7	9	14	5	10	<i>D</i> +0.5	16	20	10	14
	4.5	M42	2	<i>d</i> –6.4	10.5	16	5.5	11	<i>D</i> +0.5	18	23	11	16
	5	M48	2.5	<i>d</i> –7	11.5	17.5	6.5	12.5	<i>D</i> +0.5	20	26	12.5	18.5
	5.5	M56	3.2	<i>d</i> –7.7	12.5	19	7.5	14	<i>D</i> +0.5	22	28	14	20
	6	M64	3.2	<i>d</i> –8.3	14	21	8	15	<i>D</i> +0.5	24	30	15	21

⇒ **DIN 76-C:** Keeme väljajooksusooned kuju C

¹⁾ Peenkeermete väljajooksusooned mõõdetud on valitud vastavuses sammuga *P*.

²⁾ Kasutatakse väikimisi, kui teisi andmeid ei ole antud.

³⁾ Ainult juhtudel, kui on nõutav keeme lühendatud väljajooksusoon.

⁴⁾ Keermete puhul, mille nimiläbimõõt on kuni 3 mm: h12.

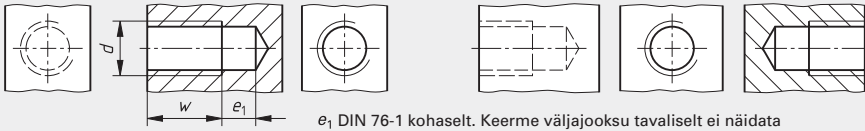


Keermed ja keermesliited

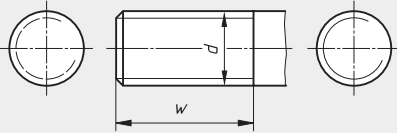
Keermete kujutamine

DIN ISO 6410-1 (1993-12)

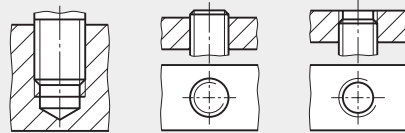
Sisekeere



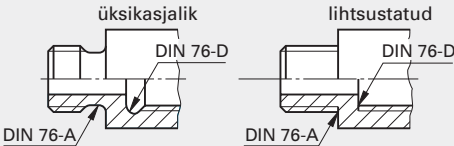
Väliskeere



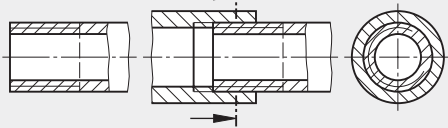
Kruvi keermega avas



Keeme väljajooksusoon

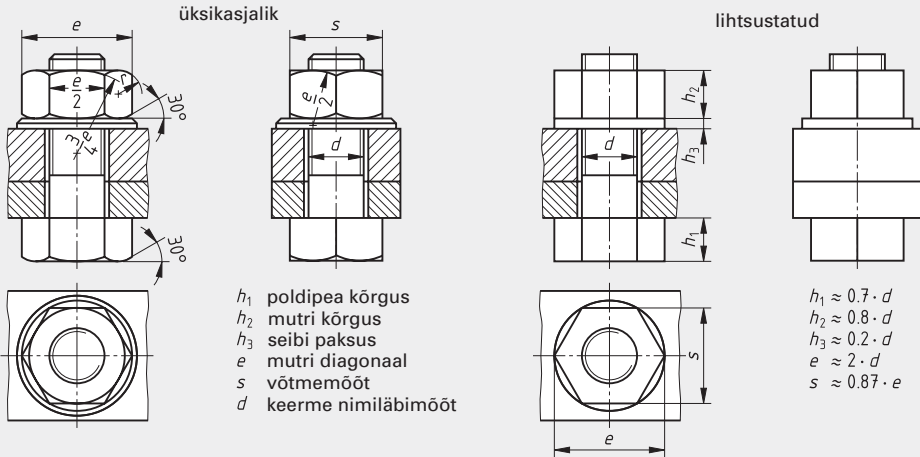


Keermega toru ja toruliide

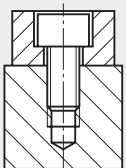


Keermesliidete kujutamine

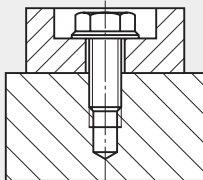
Keermesliide kuuskantpeapoldi, kuuskantnutri ja seibiga



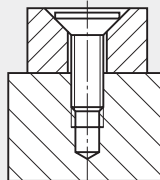
Keermesliide silinderpeakruviga



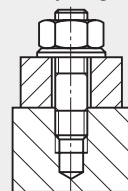
Keermesliide kuuskantpeakruviga



Keermesliide peitpeakruviga



Keermesliide tikkpoldiga



Tsentriavad. Rihveldus

Tsentriavad		DIN 332-1 (1986-04)										
		Nimimõõtmed										
		Kuju	d_1	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8
R	d_2	2.12	2.65	3.35	4.25	5.3	6.7	8.5	10.6	13.2	17	
A	t_{min}	1.9	2.3	2.9	3.7	4.6	5.8	7.4	9.2	11.4	14.7	
B	a	3	4	5	6	7	9	11	14	18	22	
		t_{min}	1.9	2.3	2.9	3.7	4.6	5.9	7.4	9.2	11.5	14.8
		a	3.5	4.5	5.5	6.6	8.3	10	12.7	15.6	20	25
		b	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.6	1.4	1.6
		d_3	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	18	22.4
		t_{min}	1.9	2.3	2.9	3.7	4.6	5.9	7.4	9.2	11.5	14.8
		a	3.5	4.5	5.5	6.6	8.3	10	12.7	15.6	20	25
		b	0.4	0.6	0.7	0.9	0.9	1.1	1.7	1.7	2.3	3
		d_4	4.5	5.3	6.3	7.5	9	11.2	14	18	22.4	28
		d_5	5	6	7.1	8.5	10	12.5	16	20	25	31.5
		Kuju	R: kõvermoodustajaga pind, kaitsesüviseta. A: sirgmoodustajaga pind, kaitsesüviseta. B: sirgmoodustajaga pind, koonuskaitsesüvisega. C: sirgmoodustajaga pind, tüvikoonuskaitsesüvisega.									

Tsentriavad joonisel			DIN ISO 6411 (1997-11)		
Tsentriava lõpptootel on kohustuslik	Tsentriava lõpptootel on lubatud	Tsentriava lõpptootel võib puududa			
			ISO 6411-A4/8.5	ISO 6411-A4/8.5	ISO 6411-A4/8.5

⇒ ISO 6411 – A4/8.5: Tsentriava ISO 6411: tsentriava vööli otsas on kohustuslik. Tsentriava kuju ja mõõtmed on vastavuses DIN 332: Kuju A; $d_1 = 4$ mm; $d_2 = 8.5$ mm.

Rihveldus		DIN 82 (1973-01)			
<p>d_1 nimiläbimõõt d_2 jaotusringjoone läbimõõt t samm</p> <p>Sammu standardväärtused t: (0.5; 0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.6) mm</p> <p>Joonisele kandmise näide DIN 82-RGE 0.8</p>	Täht-tähis	Kujutis	Nimetus	Harja kuju	Jaotusringjoone läbimõõt d_2
	RAA		Telgrööpne rihveldus	-	$d_2 = d_1 - 0.5 \cdot t$
	RBR		Paremkaldega rihveldus	-	$d_2 = d_1 - 0.5 \cdot t$
	RBL		Vasakkaldega rihveldus	-	$d_2 = d_1 - 0.5 \cdot t$
	RGE		Kaldvõrkrihveldus	end-harjaga sisse pressitud	$d_2 = d_1 - 0.67 \cdot t$
	RGV		Kaldvõrkrihveldus	end-harjaga sisse pressitud	$d_2 = d_1 - 0.33 \cdot t$
	RKE		Telgrööpne ja ringrihveldus	end-harjaga sisse pressitud	$d_2 = d_1 - 0.67 \cdot t$
RKV		Telgrööpne ja ringrihveldus	end-harjaga sisse pressitud	$d_2 = d_1 - 0.33 \cdot t$	
⇒		DIN 82-RGE 0.8: Kaldvõrkrihveldus, endharjaga, $t = 0.8$ mm.			



Väljajooksusooned

Väljajooksusooned¹⁾ DIN 509 (2006-12)

Kuju E
Silinderpinnale, mida edaspidi töödeldakse

Kuju F
Õlgmiktele ja silinderpindadele, mida edaspidi töödeldakse

Kuju G
Väikestele üleminekutele (kergekroomustel)

Kuju H
Tasa- ja silinderpindadele, mida edaspidi töödeldakse

$z_1, z_2 =$ töötlemisvarud

⇒ Väljajooksusoon DIN 509 – E 0.8 x 0.3: Kuju E, raadius $r = 0.8$ mm, väljajooksusoonesügavus $t_1 = 0.3$ mm.

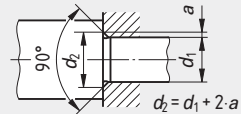
Väljajooksusoonemootmed ja süvise mootmed

Kuju	$r^{2) \pm 0.1}$		t_1	t_2	f	g	Sõltuvus läbimõõdust $d_1^{3)}$		Koostöötava detaili süvise minimaalmõõde $a^4)$				
	Seeria 1	Seeria 2					normaal-koormus	suurendatud väsimustugevus	väljajooksusoon $r \times t_1$	Kuju			
			+ 0.1 0	+ 0.05 0	+ 0.2 0					E	F	G	H
E ja F	–	0.2	0.1	0.1	1	(0.9)	$> \phi 1.6 \dots \phi 3$	–	0.2 x 0.1	0.2	0	–	–
	0.4	–	0.2	0.1	2	(1.1)	$> \phi 3 \dots \phi 18$	–	0.4 x 0.2	0.3	0	–	–
	–	0.6	0.2	0.1	2	(1.4)	$> \phi 10 \dots \phi 18$	–	0.6 x 0.2	0.5	0.15	–	–
	–	0.6	0.3	0.2	2.5	(2.1)	$> \phi 18 \dots \phi 80$	–	0.6 x 0.3	0.4	0	–	–
	0.8	–	0.3	0.2	2.5	(2.3)	$> \phi 18 \dots \phi 80$	–	0.8 x 0.3	0.6	0.05	–	–
	–	1	0.2	0.1	2.5	(1.8)	–	$> \phi 18 \dots \phi 50$	1.0 x 0.2	0.9	0.45	–	–
	–	1	0.4	0.3	4	(3.2)	$> \phi 80$	–	1.0 x 0.4	0.7	0	–	–
	1.2	–	0.2	0.1	2.5	(2)	–	$> \phi 18 \dots \phi 50$	1.2 x 0.2	1.1	0.6	–	–
	1.2	–	0.4	0.3	4	(3.4)	$> \phi 80$	–	1.2 x 0.4	0.9	0.1	–	–
	1.6	–	0.3	0.2	4	(3.1)	–	$> \phi 50 \dots \phi 80$	1.6 x 0.3	1.4	0.6	–	–
2.5	–	0.4	0.3	5	(4.8)	–	$> \phi 80 \dots \phi 125$	2.5 x 0.4	2.2	1.0	–	–	
4	–	0.5	0.3	7	(6.4)	–	$> \phi 125$	4.0 x 0.5	3.6	2.1	–	–	
G	0.4	–	0.2	0.2	(0.9)	(1.1)	$> \phi 3 \dots \phi 18$	–	0.4 x 0.2	–	–	0	–
H	0.8	–	0.3	0.05	(2.0)	(1.1)	$> \phi 18 \dots \phi 80$	–	0.8 x 0.3	–	–	–	0.35
	1.2	–	0.3	0.05	(2.4)	(1.5)	–	$> \phi 18 \dots \phi 50$	1.2 x 0.3	–	–	–	0.65

TJ

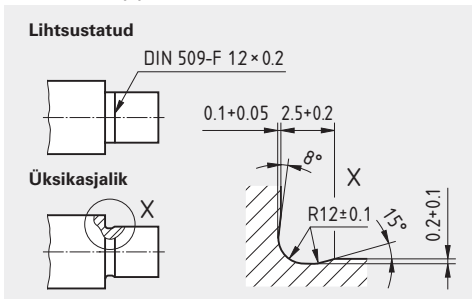
- Väljajooksusooned kõik kujud rakenduvad nii võlli- kui avadele.
- Eelistatud on seeriassa 1 kuuluvad väljajooksusoonemootmed.
- Detaili kõverõlgsetes ja õhukeseseinalistes piirkondades sõltuvust diameetrist ei rakendata. Detaili erinevate läbimõõdudega kohtades on soovitatav väljajooksusooned kujundada ühe ja sama kuju ja suurusega.

⁴⁾ Vastasetali süvise mõõde a.

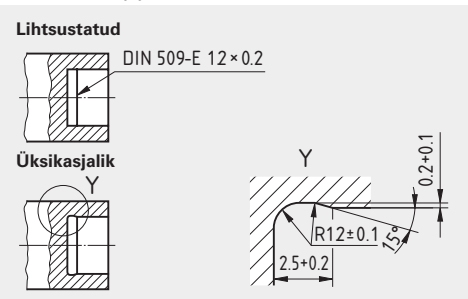


Väljajooksusoonemootmed näitamine joonisel
Tavaliselt kujutatakse väljajooksusooni joonisel lihtsustatult koos tähisega. Aga neid tuleb samuti koos joonestada ja mootmestada.

Näide: Võlli väljajooksusoon DIN 509 – F1.2 x 0.2



Näide: Ava väljajooksusoon DIN 509 – E1.2 x 0.2

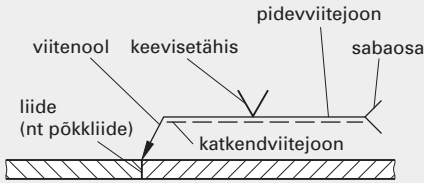


Keevituse ja jootmise tähised

Keevituse ja jootmise tähiste paigutus joonisel

DIN EN ISO 2553 (2014-04)

Üldist



Viitejoon. Viitejoon e laudi koosneb pidevjoonest ja katkendjoonest. Katkendjoon on paralleelne pidevjoonega ja võidakse kujutada pidevjoone kohal või selle all. Sümmetriliste õmbluste tähistamisel on katkendjoon tarbetu ja seda ei näidata.

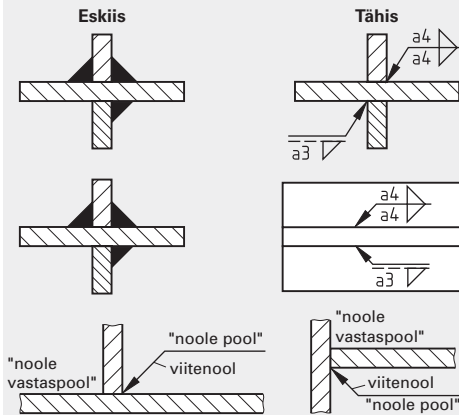
Viitenool. Ühendab pidevviitejoone laudist õmblusega. Mittesümmeetriliste õmbluste korral (nt HV-õmblus) osutab viitenool komponendile, mille servale tuleb teha ettevalmistav töötlus.

Sabaosa. Tuuakse vajadusel lisateabe näitamiseks, nagu:

- keevitusviis, protsess,
- tööasend,
- hindamisgrupp,
- lisamaterjal.

Liide. Liidetavate komponentide paigutus.

Teave keevise kohta



Põhimärk. Tähis iseloomustab keevise kuju. See tuuakse eelistatult pidevviitejoonega risti, kuid vajadusel ka katkendviitejoonel.

Keevise tähise paigutus

Keevise tähise asukoht	Keevise asend (keevita liide)
pidevviitejoonel	"noole poole"
katkendviitejoonel	"noole vastaspoole"

Keeviste näitamisel vaates või lõikes peab tähis olema keevise ristlõikega kooskõlas.

Noole pool¹⁾. Noole pool asub liite viitenooli poolel.

Noole vastaspool¹⁾. Liite vastaspool asub noole poolelt vastaspool.

Esitus joonistel (põhitähised)

DIN EN 2553 (2014-04)

Keevise tüüp/ tähis	Esitus		Keevise tüüp/ tähis	Esitus	
	Eskiis	Tähis		Eskiis	Tähis
I-keervis 			V-keervis 		
Y-keervis 			HY-keervis 		

¹⁾ Vaikse ookeani riikides kasutatavat "noole poole" ja "noole vastaspoole" tähistamise moodust, mis on samuti määratletud DIN EN ISO 2553-ga, ei ole siin selgitatud.



Keevituse ja jootmise tähised

Esitus joonistel (põhitähised)				DIN EN 2553 (2014-04)			
Keevise tüüp/ tähis	Esitus		Keevise tüüp/ tähis	Esitus		Keevise tüüp/ tähis	Keevise tüüp/ tähis
	Eskiis	Tähis		Eskiis	Tähis		
Paindservaga pökk-keervis 			HV-pökk-keervis 			HV-pökk-keervis 	
Korkkeervis 							
Ühepoolne U-pökk-keervis 			Pealiskeervis 			Pealiskeervis 	
Ühepoolne J-pökk-keervis 							
Järskservaga V-pökk-keervis 			Järskservaga V-pökk-keervis 			Järskservaga V-pökk-keervis 	
Punkt-takistuskeervis 							
Läbisulatus-punktkeervis 			Joon-takistuskeervis 			Joon-takistuskeervis 	
Läbisulatus-joonkeervis 							
Kontuur-keervis 			Järskservaga HV-pökk-keervis 			Järskservaga HV-pökk-keervis 	
Nurkkeervis 							
Koostekeervis paksusega 3 mm 			Pealesulatus-keervis 			Pealesulatus-keervis 	
Koostekeervis paksusega 3 mm 							
Koostekeervis paksusega 3 mm 			Tihvtkeervis 			Tihvtkeervis 	

Keevisliidete ja jooteliidete esitus

Kombineeritud keevitustähised sümmeetriliste keeviste tähistamisel¹⁾

DIN EN ISO 2553 (2014-04)

Keevise tüüp	Tähis	Ristlõige	Keevise tüüp	Tähis	Ristlõige
X-keevis (tasane kaksik-V-keevis)			Kaksik-U-keevis		
K-keevis (tasane kaksik-HV-keevis)			Osaservatud K-keevis (osaservatud kaksik-HY-keevis)		

Lisamärkide kasutusnäiteid

DIN EN ISO 2553 (2014-04)

Keevis/tähis	Näide	Ristlõige	Keevis/tähis	Näide	Ristlõige
töödeldud tasaseks			juuretoe-keevis/läbim		
kumer			ringkeevis		
nõgus			juuretugevdus-keevis		
keevise üleminek sujuv		—	koostekeevis		—
keevis kahe punkti vahel			vahelduv-katkendkeevis		

Mõõtmestamise näiteid

Keevise tüüp	Esitus joonisel ja mõõtmestamine Eskiis	Tähis	Mõõtmestustähise selgitus
I-keevis (läbiv)			Pökk-keevis, läbiv, keevisõmbuse paksus $s = 4$ mm.
V-keevis (läbiv) juuretoe-keevisega			V-keevis (läbiv) juuretoe-keevisega, tehtud käsikaarkeevitusega (kood 111, DIN EN ISO 4063), nõutav kvaliteedigrupp C, ISO 5817; keevitamine alumises asendis (PA), ISO 6947; elektrood E 42 0 RR, ISO 2560-A.

¹⁾ Täiendavad nõuded tuuakse viitejoone sabaosas.



Keevisliidete ja jooteliidete esitus

Liim-, valts- ja pressliidete esitus

Mõõtmestamise näiteid (järg)					
Keevise tüüp	Esitus joonisel ja mõõtmestamine		Mõõtmestustähise selgitus		
	Eskiis	Tähis			
Nurkkeervis (pidev)		 	<p>Nurkkeervis, keevise jalapaksus $a = 3$ mm (võrdhaarse täisnurkse kolmnurga kõrgus).</p> <p>Nurkkeervis, keevise jalakõrgus $z = 4$ mm (võrdhaarse täisnurkse kolmnurga kaatet).</p>		
			<p>Nurkkeervis (katkendlik), keevise jalapaksus $a = 5$ mm; 2 õmblust, kumbki pikkusega $l = 20$ mm; õmbluste vahekaugus $e = 10$ mm, kaugus servast $v = 30$ mm.</p>		
Kaksiknurkkeervis (katkendlik)			<p>Kaksiknurkkeervis (katkendlik, sümmeetriline), keevise jalapaksus $a = 4$ mm; üksikõmbluse pikkus $l = 30$ mm, õmbluste vahekaugus $e = 10$ mm, vahetult otsast.</p>		
Kaksiknurkkeervis (vahelduv-katkendlik)			<p>Kaksiknurkkeervis (vahelduv-katkendlik), keevise jalakõrgus $z = 5$ mm; üksikõmbluse pikkus $l = 20$ mm, õmbluste vahekaugus $e = 30$ mm, kaugus otsast $v = 25$ mm.</p>		
Liim-, valts- ja pressliidete tähistus (näiteid)			DIN EN ISO 15785 (2002-12)		
Liide	Liite tüüp/tähis	Täendus/esitus joonisel	Liide	Liite tüüp/tähis	Täendus/esitus joonisel
Liimliited (liimesed)	Katteliide ¹⁾ =		Valtsliide	Valtsliide 	
	Kaldliide ¹⁾ //				
			Pressliide	Pressliide 	

¹⁾ Liimliidete (liimeste) puhul liimi ei näidata.

Termotöötlus

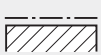
Termotöödeldud osade kujutamine ja viitamine joonisel

DIN ISO 15787 (2010-01)

Termotöötluse iseloomustus

Nõuded materjalile	Materjalinouete mõõdetavad parameetrid			Võimalikud lisanõuded
Näited: parendatud (karastus ja kõrgnoolutus) karastatud karastatud ja noolutatud lõõmutatud nitriiditud	Kõvadusarv	HRC HV HB	Rockwelli kõvadus Vickersi kõvadus Brinelli kõvadus	Mõõtepunktid. Mõõtmiskoht ja mõõtmed joonisel tähisega (↕).
	Kõvaduse sügavus	CHD ND SHD	pindkõvendussügavus nitreerimissügavus pindkarastussügavus	Kuumusköver. Lihtsustatud, tavaliselt vähendatud mõõtkavas esitus kirjanurga juures.
		CD CLT	süsinikrikastussügavus nitriidühendahekihi paksus	Minimaalne tõmbetugevus või mikrostruktuur. Kui on võimalik testida detaile samast partiist.
	Kõik sügavused on plussolerantsiga			

Pinnapiirkondade tähistus kohttermotöötluseks



Pinnaosa kuulub termotöötlusele.



Pinnaosa võib termotöödelda.



Vahepealset pinnaosa võib mitte termotöödelda.

Termotöötluse nõuete esitus joonisel (näiteid)

Meetod	Laustermotöötlus		Kohttermotöötlus
	Ühtlased nõuded	Erinevad nõuded	
Parendus (karastus ja kõrgnoolutus) Karastus Karastus ja noolutus	 Parendatud (K+KõN) 350 + 50 HB 2.5/187.5	 Karastatud ja noolutatud 58 + 4 HRC ① 40 + 5 HRC	 --- Karastatud ja kogu ulatuses noolutatud 60 + 3 HRC
Nitritimine Tsementiitimine	 Nitriiditud ≥ 900 HV10 ND = 0.3 + 0.1	 Pindkõvendatud (tsementiitimine, karbonitritimine) ja noolutatud ① 60 + 4 HRC CHD = 0.8 + 0.4 ② ≤ 52 HRC	 --- Pindkõvendatud (tsementiitimine, karbonitritimine) ja noolutatud 700 + 100 HV10 CHD = 1.2 + 0.5
Pindkarastus	 --- Pindkarastatud 620 + 120 HV50 SHD 500 = 0.8 + 0.8	 --- Pindkarastatud ja kogu ulatuses noolutatud ① 54 + 6 HRC ② ≤ 35 HRC ③ ≤ 30 HRC	 --- Pindkarastatud ja noolutatud 61 + 4 HRC SHD 600 = 0.8 + 0.8

Kõvendussügavused ja tolerantsid, mm

Pindkõvendussügavus CHD	0.05+0.03	0.1+0.1	0.3+0.2	0.5+0.3	0.8+0.4	1.2+0.5	1.6+0.6
Nitritimissügavus ND	0.05+0.02	0.1+0.05	0.15+0.05	0.2+0.1	0.25+0.1	0.3+0.1	0.35+0.15
Pindkarastussügavus SHD	0.2+0.2	0.4+0.4	0.6+0.6	0.8+0.8	1.0+1.0	1.3+1.1	1.6+1.3
Laser/elektronkiirkarastussügavus SHD	0.2+0.1	0.4+0.2	0.6+0.3	0.8+0.4	1.0+0.5	1.3+0.6	1.6+0.8

Kontrollkõvaduspiirid etteantud kõvendussügavustel

Pindkõvendussügavus CHD	550 HV1
Nitritimissügavus ND	südamiku kõvadus + 50 HV0.5
Pindkarastussügavus SHD	0.8 · vähim pinnakõvadus (HV järgi)



Kujuhälbed ja pinnakaredus

Kujuhälbed

DIN 4760 (1982-06)

Kujuhälbed on tegeliku pinna hälbed geomeetrisest ideaalpinnast, mille standardvorm on joonisega määratud.

Kujuhälvete määramine Profiilvertikaal, suurendatud	Näited	Võimalikud põhjused
1. tase: kujuhälbed 	sirguse ja ümaruse hälbed	Tööeldava detaili või masina kõrvalekalded töötlemise käigus, tingituna tööpingi juhikute ebatäpsusest või kulumisest.
2. tase: lainelisus 	lained	Tingitud masina vibratsioonist, viskumistest või freesi kujuhälbeist töötlemisel.
3. tase: pinnakaredus 	vaod	Lõikeriistade geometriast, ettenihkest või lõikesügavusest tingitud jäljed töötlemise käigus.
4. tase: pinnakaredus 	kriimud, soomused, mügarad	Tingitud laastumoodustuse sagedusest (nt rebestuslaast), pinna deformatsioonist haaveldamisel.
5. ja 6. tase: pinnakaredus Pole esitatavad lihtprofiilidena	maatriksstruktuur, võrestruktuur	Kristallisatsioonitsüklid, muutused põhimetallis keevitusel või kuumtöötusel, keemilised muutused (nt korrosioon, sööbimine).

Pinnatekstuuri profiilid ja parameetrid

DIN EN ISO 4287 (2010-07) ja DIN EN ISO 4288 (1998-04)

Pinnaprofiilid	Parameetrid	Selgitused
Lähteprofiil (tegelik, P-profiil) 	Profiili kogukõrgus Pt	Lähteprofiil on parameetrite arvutamise alus ja formeerib lainelisuse ja pinnakareduse lähte. Profiili kogukõrgus Pt on suurima tippkõrguse Z_p ja tipp sügavuse Z_v summa lähtepikkusel l_n .
Laineprofiil (W-profiil) 	Profiili kogukõrgus Wt	Laineprofiil kujuneb välja jämfiltreerimise tulemina, kus lühikese lainepikkusega komponendid puuduvad. Profiili kogukõrgus Wt on suurima tippkõrguse Z_p ja tipp sügavuse Z_v summa lähtepikkusel l_n .
Pinnakaredusprofiil (R-profiil) 	Profiili kogukõrgus Rt	Pinnakaredusprofiil kujuneb välja peenfiltreerimisel, kus pika lainepikkusega komponendid puuduvad. Profiili kogukõrgus Rt on suurima tippkõrguse Z_p ja tipp sügavuse Z_v summa lähtepikkusel l_n .
	Rp, Rv	Suurim tippkõrgus Z_p, suurim tipp sügavus Z_v üksikväärtuse lähtepikkusel l_r .
	Kõrgeim profiilitipp Rz	Rz on kõrgeim profiilitipp üksikväärtuse lähtepikkusel l_r . Rz on parameetriselt defineeritud lähtepikkuste kaudu kui 5 üksikväärtuste pikkuste aritmeetiline keskmine.
	Profiili aritmeetiline keskmine kõrgus Ra	Profiili aritmeetiline keskmine kõrgus Ra on kõikide ordinaatide väärtuste $Z(x)$ aritmeetiline keskmine üksikväärtuse lähtepikkusel l_r . Ra on parameetriselt defineeritud lähtepikkuste kaudu kui 5 üksikväärtuste pikkuste aritmeetiline keskmine.
	Profiili materjalisuhe Rmr	Profiili materjalisuhe väljendub protsendisuhena Rmr , mis on vastaval kõrgusel kaasatud materjali pikkuste summa suhe kogu lähtepikkusesse l_n .
	Keskjoon (x-telg) x	Keskjoon (x-telg) x on joon, mis jälgib pika lainepikkuse profiilikomponente, mis on saadud profiili filtreerimisega.

l_n lähtepikkus
 l_r üksikväärtuse lähtepikkus
 $Z(x)$ profiili kõrgus suvalises positsioonis x ; ordinaat

Pinnaparametrite määratlus ja esitus

Pinnakareduse parameetrite tavavaheemikud					DIN EN ISO 4288 (1998-04)				
Perioodilised profiilid (nt pöördpinnad)	Mitteperioodilised profiilid (nt lihv- ja poleerpinnad)		Piir-lainepikkus	Üksik/kogu lähtepikkus	Perioodilised profiilid (nt pöördpinnad)	Mitteperioodilised profiilid (nt lihv- ja poleerpinnad)		Piir-lainepikkus	Üksik/kogu lähtepikkus
	Vao laius R_{Sm} , mm	R_z μm				R_a μm	mm		
> 0.01 ... 0.04	kuni 0.1	kuni 0.02	0.08	0.08/0.4	> 0.13 ... 0.4	> 0.5 ... 10	> 0.1 ... 2	0.8	0.8/4
> 0.04 ... 0.13	> 0.1 ... 0.5	> 0.02 ... 0.1	0.25	0.25/1.25	> 0.4 ... 1.3	> 10 ... 50	> 2 ... 10	2.5	2.5/12.5

Pinnaviimistluse näitamine		DIN EN ISO 1302 (2002-06)	
Sümbol	Tähendus	Lisamärgid	
	Kõik töötlemisprotsessid on lubatud.		
	Materjaleemaldus on ette nähtud (nt treimine, freesimine).		
	Materjaleemaldus pole lubatud või pind peab jääma endisesse olukorda.		
	Kõik pinnad mööda kontuuri on sama pinnaviimistlusega.		

Näited			
Sümbol	Tähendus	Sümbol	Tähendus
	<ul style="list-style-type: none"> materjaleemaldusega töötlemine pole lubatud $R_z = 10 \mu\text{m}$ (ülemine piir) standardülekanenäit⁽³⁾ standardlähtepikkus⁽⁴⁾ "16 % reegel"⁽⁵⁾ 		<ul style="list-style-type: none"> materjaleemaldusega töötlemine $R_a = 8 \mu\text{m}$ (ülemine piir) standardülekanenäit⁽³⁾ standardlähtepikkus⁽⁴⁾ "16 % reegel"⁽⁵⁾ kehtib kogu kontuuri kohta
	<ul style="list-style-type: none"> töötlemine mistahes viisil standardülekanenäit⁽³⁾ $R_a = 3.5 \mu\text{m}$ (ülemine piir) standardlähtepikkus⁽⁴⁾ "16 % reegel"⁽⁵⁾ 		<ul style="list-style-type: none"> materjaleemaldusega töötlus töötlemine lihvimisega $R_a = 1.6 \mu\text{m}$ (ülemine piir) $R_a = 0.8 \mu\text{m}$ (alumine piir) mõlemal R_a väärtusel kehtib "16 % reegel"⁽⁵⁾ ülekanenäit (0.008 ... 4) mm standardlähtepikkus⁽⁴⁾ töötlemishälve 0.5 mm töötlussooned vaatega risti
	<ul style="list-style-type: none"> materjaleemaldusega töötlus $R_z = 0.5 \mu\text{m}$ (ülemine piir) standardülekanenäit⁽³⁾ standardlähtepikkus⁽⁴⁾ "max-reegel"⁽⁶⁾ 		

¹⁾ **Pinnaparameter**, nt R_z , sisaldab profiili (siin pinnakaredusprofiil R) ja parameetrit (siin z).

²⁾ **Ülekanenäit**: lainepikkuse ulatus lühikese laine filtri λ_s ja pika laine filtri λ_c . Pika laine pikkuse filter ühildub üksiku lähtepikkusega l_r . Kui ülekanenäitu pole antud, siis rakendatakse standardülekanenäitu³⁾.

³⁾ **Standardülekanenäit** piirlainepikkus pinnakaredusparameetrite mõtmisel, mis sõltub pinnakareduse profiilist ja võetakse tabelitest.

⁴⁾ **Standardlähtepikkus** $l_n = 5 \times$ üksiklähtepikkus l_r .

⁵⁾ "**16 % reegel**": ainult 16 % mõõdetud pinnakaredusparameetrite väärtustest võivad ületada lubatud väärtusi.

⁶⁾ "**max-reegel**" (suurima väärtuse reegel): ükski mõõdetud väärtus ei tohi ületada suurimat etteantud väärtust.



Pinnaviimistluse tähised

Pinnaviimistluse näitamine DIN EN ISO 1302 (2002-06)

Töötlusvagude sihi tähised							
Vagude sihi esitus							
Sümbol	=	⊥	X	M	C	R	P
Vagude siht	rööpne projekt-sioonipin-naga	risti projekt-sioonipin-naga	risti kahes-suunas	mitme-suunaline	ligikaudu kontsentri-line	ligikaudu radiaalne	vagudeta, teraline pind

Tähiste suurus	Tähe kõrgus h , mm						
	2.5	3.5	5	7	10	14	20
d	0.25	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0
H_1	3.5	5	7	10	14	20	28
H_2	8	11	15	21	30	42	60

TJ

Lugemine
alt üles või paremalt vasakule

Paigutus
vahetult pinnale või selle viitele ja pikendus-joonele

Joonestusnäiteid

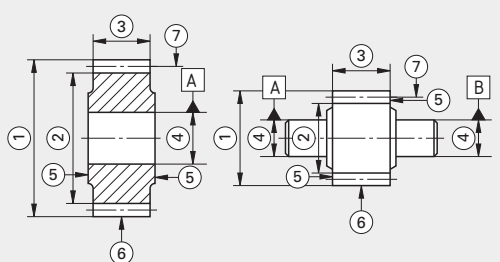
$\sqrt{z} = \sqrt{Rz 10}$
 $\sqrt{y} = \sqrt{Rz 3.1}$
 $\sqrt{Rz 6} (\checkmark)$



Hambatöötuse kvaliteet ja hammasrataste mõõtmestamine

Evolentsirghammastega silinderhammasrattad

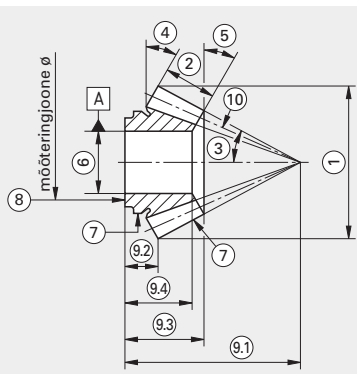
DIN 3966-1 (1978-08)

Silinderhammasratste geomeetria nõutavad parameetrid¹⁾

- (1) peadeläbimõõt d_g koos piirhälvetega
- (2) jalgadeläbimõõt d_f , kui hamba kõrgus ei ole antud
- (3) hamba laius w
- (4) lähteelement
- (5) hammasvöö ringviskumise ja tööpinde paralleelsuse tolerants
- (6) hammasvöö samatelguse tolerants
- (7) hamba tööpinde pinnakvaliteedi nõuded DIN EN ISO 1302 järgi

Sirghammastega koonushammasrattad

DIN 3966-2 (1978-08)

Koonushammasratste geomeetria nõutavad parameetrid¹⁾

- (1) väline peadeläbimõõt d_a koos piirhälvetega
- (2) hamba laius w
- (3) peadenurk
- (4) täienduskoonuse täiendusnurk
- (5) sisetäienduskoonuse täiendusnurk (kui on vajalik)
- (6) lähteelement
- (7) hammasvöö samatelguse tolerants
- (8) hammasvöö ringviskumise tolerants
- (9.1) koostamismõõde
- (9.2) välise peaderingjoone kaugusmõõde
- (9.3) sisemise peaderingjoone kaugusmõõde
- (9.4) rummu pikkus
- (10) hamba tööpinde pinnakvaliteedi nõuded DIN EN ISO 1302 järgi

Hambatöötuse parameetrid

DIN 3966-1 (1978-08), DIN 3966-2 (1978-08)

Lisaks hammasratta geomeetria parameetritele tuleb (joonisel või eraldi lehel) vastavas tabelis määratleda ka nõuded hambatöötustööriistale, hambatöötluspingi seadistusele ning hammasvöö kvaliteedikontrollile.

Silinderhammasratste välissirghambad	
Andmed	Näide
Moodul	m_n 3
Hammaste arv	z 22
Lähtekontuur	DIN 867
Hambatöötuse kvaliteedijärk, katsetus-klass DIN 3961 järgi	8d25 DIN 3967
Hammasülekande telgede vahe	a 99±0.05
Hambuv hammasrattas	detaili number hammaste arv z
	25564 44

Selgitus:

- 8 hambatöötuse kvaliteedijärk (1 ... 12)
 d: hamba paksuse piirhälve ($a \dots h$)
 25 hamba paksuse tolerantsijärk (21 ... 30)

Hambatöötuse kvaliteet

Hambatöötuse kvaliteedijärk määratakse lähtuvalt hammasratta kasutusest (vt allpool), valmistamise meetodist (vt allpool) ja pöörlemissagedusest.

Kasutus											
Hambatöötuse kvaliteedijärk											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mõõteh.-rattad											
				Mõõteseadmed							
				Mootorsõidukid							
				Tööpingid							
				Põllutöömasinad							
				Tõsteseadmed, konveierid							

Valmistusmeetod											
Hambatöötuse kvaliteedijärk											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hoonimine											
				Lihvimine							
				Šeiverdamine							
				Rullimisloikamine							
				Kopeerloikamine							
				Stantsimine, pressimine, paagutamine							

¹⁾ Lisada tuleb mõõtmised hammasratta korpuse valmistamiseks, nt ava läbimõõt ja liistusoonde mõõtmised.

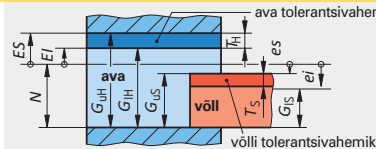
ISO-tolerantside ja -istude süsteem

Mõisted

DIN EN ISO 286-1 (2010-11)

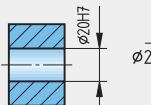
Ava

N nimimõõde
 G_{uH} ava suurim mõõde
 G_{lH} ava vähim mõõde
 ES ava ülemine piirhälve
 EI ava alumine piirhälve
 T_H ava tolerants

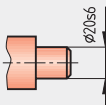


Võll

N nimimõõde
 G_{uS} võlli suurim mõõde
 G_{lS} võlli vähim mõõde
 es võlli ülemine piirhälve
 ei võlli alumine piirhälve
 T_S võlli tolerants



nimimõõde tolerantsiklass
 tolerantsijärk põhihälve



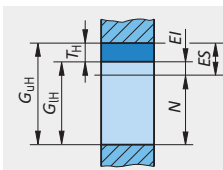
nimimõõde tolerantsiklass
 tolerantsijärk põhihälve

Mõiste	Selgitus	Mõiste	Selgitus
Nimimõõde	Geomeetriaelemendi teoreetiliselt täpne mõõde.	Tolerantsijärk	ISO standardtolerantsijärku näitaja (järgu number), nt 7 tähises IT7.
Piirmõõde	Ülemine ja alumine mõõde vastava nimimõõdte jaoks.	Standardtolerants (IT)	Tolerants, mis on määratud ISO standardtolerantsijärguga (nt IT7) nimimõõdte kindlaksmääratud vahemikule (nt üle 30 mm kuni 50 mm).
Hajumisvahemik	Vähima ja suurima mõõdtega määratud statistiline mõõdmete vahemik.	Põihälve	Nimimõõdtele lähim piirhälve. Põihälvet tähistatakse tähttähisega, nt H, h.
Tolerants (T)	Suurima ja vähima piirmõõdte vahe ehk ülemise ja alumise piirhälve vahe.	Tolerantsiklass	Põihälvet ja tolerantsijärku sisaldav tähis, nt H7.
Standardtolerantsijärk	Sama täpsuse määraga ISO tolerantside kogum, nt IT7 (IT = standardtolerants, 7 = järgu number).	Ist	Võlli ja ava kavandatud liite omadus.

Piirmõõdmed, piirhälbed ja tolerantsid

DIN EN ISO 286-1 (2010-11)

Ava



$$G_{uH} = N + ES$$

$$G_{lH} = N + EI$$

$$T_H = ES - EI$$

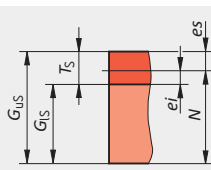
$$T_H = G_{uH} - G_{lH}$$

Näide: Ava $\varnothing 50+0.3/+0.1$; $G_{uH} = ?$; $T_H = ?$

$$G_{uH} = N + ES = 50 \text{ mm} + 0.3 \text{ mm} = 50.30 \text{ mm}$$

$$T_H = ES - EI = 0.3 \text{ mm} - 0.1 \text{ mm} = 0.2 \text{ mm}$$

Võll



$$G_{uS} = N + es$$

$$G_{lS} = N + ei$$

$$T_S = es - ei$$

$$T_S = G_{uS} - G_{lS}$$

Näide: Võll $\varnothing 20e8$; $G_{lS} = ?$; $T_S = ?$

Piirhälvete ei ja es väärtused: lk 109

$$ei = -73 \mu\text{m} = -0.073 \text{ mm}; \quad es = -40 \mu\text{m} = -0.040 \text{ mm}$$

$$G_{lS} = N + ei = 20 \text{ mm} + (-0.073 \text{ mm}) = 19.927 \text{ mm}$$

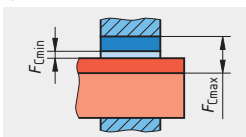
$$T_S = es - ei = -40 \mu\text{m} - (-73 \mu\text{m}) = 33 \mu\text{m}$$

Istud

DIN EN ISO 286-1 (2010-11)

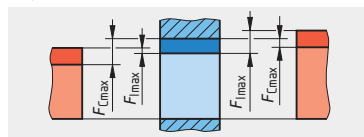
Lõtkist

F_{Cmax} suurim lõtk
 F_{Cmin} vähim lõtk



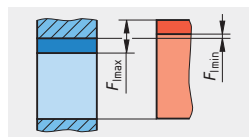
Siirdeist

F_{Cmax} suurim lõtk
 F_{Imax} suurim ping



Pingist

F_{Imin} suurim ping
 F_{Imin} vähim ping



$$F_{Cmin} = G_{lH} - G_{uS}$$

$$F_{Cmax} = G_{uH} - G_{lS}$$

$$F_{Imin} = G_{lH} - G_{uS}$$

$$F_{Imin} = G_{uH} - G_{lS}$$

Näide: Ist $\varnothing 30 H8/f7$; $F_{Cmax} = ?$; $F_{Cmin} = ?$

Piirhälvete ES , EI ja ei väärtused: lk 109

$$G_{uH} = N + ES = 30 \text{ mm} + 0.033 \text{ mm} = 30.033 \text{ mm}$$

$$G_{lH} = N + EI = 30 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 30.000 \text{ mm}$$

$$G_{uS} = N + es = 30 \text{ mm} + (-0.020 \text{ mm}) = 29.980 \text{ mm}$$

$$G_{lS} = N + ei = 30 \text{ mm} + (-0.041 \text{ mm}) = 29.959 \text{ mm}$$

$$F_{Cmax} = G_{uH} - G_{lS} = 30.033 \text{ mm} - 29.959 \text{ mm} = 0.074 \text{ mm}$$

$$F_{Cmin} = G_{lH} - G_{uS} = 30.000 \text{ mm} - 29.980 \text{ mm} = 0.02 \text{ mm}$$



ISO-tolerantside ja -istude süsteem

Istusüsteemid DIN EN ISO 286-1 (2010-11)

Istusüsteem: põhiavasüsteem (kõigil avamootmeil põhihälve H)

Võllide põhihälbed

Näited nimimootmele 25 mm
põhiava tolerantsijärguga 7

Istusüsteem: põhivõllisüsteem (kõigil võllimootmeil põhihälve h)

Avade põhihälbed

Näited nimimootmele 25 mm
põhivõlli tolerantsijärguga 6

Standardtolerantsid DIN EN ISO 286-1 (2010-11)

Nimimõõde üle ... kuni mm	Standardtolerantsijärk																	
	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	µm									mm								
kuni 3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3 ... 6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6 ... 10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10 ... 18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18 ... 30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30 ... 50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50 ... 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80 ... 120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120 ... 180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180 ... 250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250 ... 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315 ... 400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400 ... 500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500 ... 630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630 ... 800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800 ... 1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000 ... 1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250 ... 1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600 ... 2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000 ... 2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500 ... 3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

Põhiahälvete h, js, H ja JS korral saab tolerantsi piirhälbed tuletada standardtolerantsi väärtusest IT: h: es = 0; ei = - IT
js: es = + IT/2; ei = - IT/2 H: ES = + IT; EI = 0 JS: ES = + IT/2; EI = - IT/2.

ISO-istud

Põhihälbed võllidele (valimik)															DIN EN ISO 286-1 (2010-11)				
Põhihälve	a	c	d	e	f	g	h	j	k	m	n	p	r	s					
Standard-tolerantsijärk	IT9 kuni IT13	IT8 kuni IT12	IT5 kuni IT13	IT5 kuni IT10	IT3 kuni IT10		IT1 kuni IT18	IT5 kuni IT8	IT3 kuni IT13		IT 3 kuni IT9		IT3 kuni IT10						
Tabeli kehtivus	kõik standardtolerantsijärgud				IT4 kuni IT9	IT4 kuni IT8	IT1 kuni IT18	IT7	IT4 kuni IT7	IT8 kuni IT13	IT4 kuni IT7		IT4 kuni IT8	IT4 kuni IT9					
Nimimõõde üle ... kuni mm	Ülemine piirhälve <i>es</i> , µm							Alumine piirhälve <i>ei</i> , µm											
kuni 3																			
3...6	- 270	- 60	- 20	- 14	- 6	- 2	0	- 4	0	+ 2	+ 4	+ 6	+ 10	+ 14					
6...10		- 70	- 30	- 20	- 10	- 4	0	- 4	+ 1	0	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15	+ 19				
10...18	- 280	- 80	- 40	- 25	- 13	- 5	0	- 5	+ 1	0	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19	+ 23				
18...30	- 290	- 95	- 50	- 32	- 16	- 6	0	- 6	+ 1	0	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23	+ 28				
30...40	- 300	- 110	- 65	- 40	- 20	- 7	0	- 8	+ 2	0	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28	+ 35				
40...50	- 310	- 120	- 80	- 50	- 25	- 9	0	- 10	+ 2	0	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34	+ 43				
50...65	- 340	- 140	- 100	- 60	- 30	- 10	0	- 12	+ 2	0	+ 11	+ 20	+ 32	+ 41	+ 53				
65...80	- 360	- 150	- 110	- 60	- 30	- 10	0	- 12	+ 2	0	+ 11	+ 20	+ 32	+ 43	+ 59				
80...100	- 380	- 170	- 120	- 72	- 36	- 12	0	- 15	+ 3	0	+ 13	+ 23	+ 37	+ 51	+ 71				
100...120	- 410	- 180	- 120	- 72	- 36	- 12	0	- 15	+ 3	0	+ 13	+ 23	+ 37	+ 54	+ 79				
120...140	- 460	- 200	- 145	- 85	- 43	- 14	0	- 18	+ 3	0	+ 15	+ 27	+ 43	+ 63	+ 92				
140...160	- 520	- 210	- 145	- 85	- 43	- 14	0	- 18	+ 3	0	+ 15	+ 27	+ 43	+ 65	+ 100				
160...180	- 580	- 230	- 170	- 100	- 50	- 15	0	- 21	+ 4	0	+ 17	+ 31	+ 50	+ 68	+ 108				
180...200	- 660	- 240	- 170	- 100	- 50	- 15	0	- 21	+ 4	0	+ 17	+ 31	+ 50	+ 77	+ 122				
200...225	- 740	- 260	- 190	- 110	- 56	- 17	0	- 26	+ 4	0	+ 20	+ 34	+ 56	+ 80	+ 130				
225...250	- 820	- 280	- 190	- 110	- 56	- 17	0	- 26	+ 4	0	+ 20	+ 34	+ 56	+ 84	+ 140				
250...280	- 920	- 300	- 190	- 110	- 56	- 17	0	- 26	+ 4	0	+ 20	+ 34	+ 56	+ 94	+ 158				
280...315	- 1050	- 330	- 210	- 125	- 62	- 18	0	- 28	+ 4	0	+ 21	+ 37	+ 62	+ 98	+ 170				
315...355	- 1200	- 360	- 210	- 125	- 62	- 18	0	- 28	+ 4	0	+ 21	+ 37	+ 62	+ 108	+ 190				
355...400	- 1350	- 400	- 230	- 135	- 68	- 20	0	- 32	+ 5	0	+ 23	+ 40	+ 68	+ 114	+ 208				
400...450	- 1500	- 440	- 230	- 135	- 68	- 20	0	- 32	+ 5	0	+ 23	+ 40	+ 68	+ 126	+ 232				
450...500	- 1650	- 480	- 230	- 135	- 68	- 20	0	- 32	+ 5	0	+ 23	+ 40	+ 68	+ 132	+ 252				

Piirhälvete arvutus

Piirhälbed neile standardtolerantsijärkudele, mis on näidatud tabeli real "Tabeli kehtivus" (vt ülal ja lk 107) saab arvutada kasutades ülalolevat ja lk 107 tabelit ning alltoodud valemeid. Standardtolerantsi IT väärtused saab võtta tabelist lk 105.

Valemid:

- võlli piirhälbed

$$ei = es - IT$$

$$es = ei + IT$$

- ava piirhälbed

$$EI = ES - IT$$

$$ES = EI + IT$$

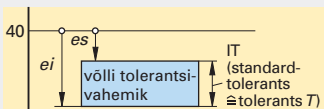
Näide 1: Võll (välisläbimõõt)

∅40g5; *es* = ?; *ei* = ?

es (ülalolev tabel) = -9 µm

IT5 (tabel lk 105) = 11 µm

ei = *es* - IT = -9 µm - 11 µm = -20 µm



Näide 2: Ava (siseläbimõõt)

∅100K6; *ES* = ?; *EI* = ?

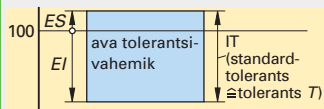
ES (tabel lk 107) = -3 µm + Δ

(tabelist lk 107 allosas, standardtolerantsijärgu IT6 jaoks: Δ = 7 µm)

ES = -3 µm + 7 µm = 4 µm

IT6 (tabel lk 105) = 22 µm

EI = *ES* - IT = +4 µm - 22 µm = -18 µm





ISO-istud

Põhihälbed avadele (valimik) ¹⁾													DIN EN ISO 286-1 (2010-11)			
Põhihälve	A	C	D	E	F	G	H	J	K	M ¹⁾	N	P, R, S	P	R	S	
Standard-tolerantsijärk	IT9 kuni IT13	IT8 kuni IT13	IT6 kuni IT13	IT5 kuni IT10	IT3 kuni IT10	IT5 kuni IT8	IT1 kuni IT18	IT6 kuni IT8	IT3 kuni IT10		IT3 kuni IT11	IT3 kuni IT10				
Tabeli kehtivus	kõik standardtolerantsijärgud				IT5 kuni IT9	IT5 kuni IT8	IT1 kuni IT18	IT8	IT5 kuni IT8			IT3 kuni IT7	IT8 ja IT9	IT8	IT8 ja IT9	
Nimimõõde üle ... kuni mm	Alumine piirhälve E_l , μm							Ülemine piirhälve E_s , μm (Parandi Δ väärtused: allolev tabel)								
kuni 3	+ 270	+ 60	+ 20	+ 14	+ 6	+ 2	0	+ 6	0	- 2	- 4	Ülemise piirhälbe E_s väärtused: samad, mis tolerantsijärgule IT7, millele liita parand Δ	- 6	- 10	- 14	
3 ... 6		+ 70	+ 30	+ 20	+ 10	+ 4	0	+ 10	- 1 + Δ	- 4 + Δ	- 8 + Δ		- 12	- 15	- 19	
6 ... 10	+ 280	+ 80	+ 40	+ 25	+ 13	+ 5	0	+ 12	- 1 + Δ	- 6 + Δ	- 10 + Δ		- 15	- 19	- 23	
10 ... 18	+ 290	+ 95	+ 50	+ 32	+ 16	+ 6	0	+ 15	- 1 + Δ	- 7 + Δ	- 12 + Δ		- 18	- 23	- 28	
18 ... 30	+ 300	+ 110	+ 65	+ 40	+ 20	+ 7	0	+ 20	- 2 + Δ	- 8 + Δ	- 15 + Δ		- 22	- 28	- 35	
30 ... 40	+ 310	+ 120	+ 80	+ 50	+ 25	+ 9	0	+ 24	- 2 + Δ	- 9 + Δ	- 17 + Δ		- 26	- 34	- 43	
40 ... 50	+ 320	+ 130		+ 100	+ 60	+ 30	+ 10	0	+ 28	- 2 + Δ	- 11 + Δ		- 20 + Δ	- 32	- 43	- 53
50 ... 65	+ 340	+ 140	+ 120	+ 72	+ 36	+ 12	0	+ 34	- 3 + Δ	- 13 + Δ	- 23 + Δ		- 37	- 51	- 71	
65 ... 80	+ 360	+ 150	+ 145	+ 85	+ 43	+ 14	0	+ 41	- 3 + Δ	- 15 + Δ	- 27 + Δ		- 43	- 65	- 100	
80 ... 100	+ 380	+ 170	+ 170	+ 100	+ 50	+ 15	0	+ 47	- 4 + Δ	- 17 + Δ	- 31 + Δ		- 50	- 77	- 122	
100 ... 120	+ 410	+ 180	+ 190	+ 110	+ 56	+ 17	0	+ 55	- 4 + Δ	- 20 + Δ	- 34 + Δ		- 56	- 80	- 130	
120 ... 140	+ 460	+ 200	+ 210	+ 125	+ 62	+ 18	0	+ 60	- 4 + Δ	- 21 + Δ	- 37 + Δ		- 62	- 94	- 158	
140 ... 160	+ 520	+ 210	+ 230	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ		- 68	- 98	- 170	
160 ... 180	+ 580	+ 230	+ 240	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ		- 68	- 108	- 190	
180 ... 200	+ 660	+ 240	+ 260	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 114	- 208		
200 ... 225	+ 740	+ 260	+ 280	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 126	- 232		
225 ... 250	+ 820	+ 280	+ 300	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 132	- 252		
250 ... 280	+ 920	+ 300	+ 330	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 132	- 252		
280 ... 315	+ 1050	+ 330	+ 360	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 132	- 252		
315 ... 355	+ 1200	+ 360	+ 400	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 132	- 252		
355 ... 400	+ 1350	+ 400	+ 440	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 132	- 252		
400 ... 450	+ 1500	+ 440	+ 480	+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 132	- 252		
450 ... 500	+ 1650	+ 480		+ 135	+ 68	+ 20	0	+ 66	- 5 + Δ	- 23 + Δ	- 40 + Δ	- 68	- 132	- 252		

Parand Δ^2 , μm

Standard-tolerantsijärk	Nimimõõtmel üle ... kuni, mm													
	kuni 3	3 kuni 6	6 kuni 10	10 kuni 18	18 kuni 30	30 kuni 50	50 kuni 80	80 kuni 120	120 kuni 180	180 kuni 250	250 kuni 315	315 kuni 400	400 kuni 500	
IT3	0	1	1	1	1.5	1.5	2	2	3	3	4	4	5	
IT4	0	1.5	1.5	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	
IT5	0	1	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	7	
IT6	0	3	3	3	4	5	6	7	7	9	9	11	13	
IT7	0	4	6	7	8	9	11	13	15	17	20	21	23	
IT8	0	6	7	9	12	14	16	19	23	26	29	32	34	

¹⁾ Erijuht: Tolerantsiklassi M6 puhul nimimõõtmetele (250...315) mm, $E_S = -9 \mu\text{m}$ (mitte aga $-11 \mu\text{m}$, nagu tuleb arvutusest). ²⁾ Arvutusnäited: lk 106.



ISO-istud

Põhivasüsteem										DIN EN ISO 286-2 (2010-11)												
Nimimõõde üle ... kuni mm	Piirhälbed tolerantsiklasside ¹⁾ , μm																					
	Ava		Võll					Ava		Võll												
			istatud avaga H6							istatud avaga H7												
	H6		Lõtkist		Siirdeist			Pingist		H7		Lõtkist			Siirdeist				Pingist			
		h5	j5	k6	n5	r5			f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	r6	s6					
kuni 3	+ 6 0	0 - 4	± 2	+ 6	+ 8	+ 14	+ 10	- 6	- 2	0	+ 4	+ 6	+ 8	+ 10	+ 16	+ 20						
3 ... 6	+ 8 0	0 - 5	+ 3	+ 9	+ 13	+ 20	+ 12	- 10	- 4	0	+ 6	+ 9	+ 12	+ 16	+ 23	+ 27						
6 ... 10	+ 9 0	0 - 6	+ 4	+ 10	+ 16	+ 25	+ 15	- 13	- 5	0	+ 7	+ 10	+ 15	+ 19	+ 28	+ 32						
10 ... 14	+ 11 0	0 - 8	+ 5	+ 12	+ 20	+ 31	+ 18	- 16	- 6	0	+ 8	+ 12	+ 18	+ 23	+ 34	+ 39						
14 ... 18			- 3	+ 1	+ 12	+ 23	0	- 34	- 17	- 11	- 3	+ 1	+ 7	+ 12	+ 23	+ 28						
18 ... 24	+ 13 0	0 - 9	+ 5	+ 15	+ 24	+ 37	+ 21	- 20	- 7	0	+ 9	+ 15	+ 21	+ 28	+ 41	+ 48						
24 ... 30			- 4	+ 2	+ 15	+ 28	0	- 41	- 20	- 13	- 4	+ 2	+ 8	+ 15	+ 28	+ 35						
30 ... 40	+ 16 0	0 - 11	+ 6	+ 18	+ 28	+ 45	+ 25	- 25	- 9	0	+ 11	+ 18	+ 25	+ 33	+ 50	+ 59						
40 ... 50			5	+ 2	+ 17	+ 34	0	- 50	- 25	- 16	- 5	+ 2	+ 9	+ 17	+ 34	+ 43						
50 ... 65	+ 19 0	0 - 13	+ 6	+ 21	+ 33	+ 54	+ 30	- 30	- 10	0	+ 12	+ 21	+ 30	+ 39	+ 60	+ 72						
65 ... 80			- 7	+ 2	+ 20	+ 56	0	- 60	- 29	- 19	- 7	+ 2	+ 11	+ 20	+ 62	+ 78						
80 ... 100	+ 22 0	0 - 15	+ 6	+ 25	+ 38	+ 66	+ 35	- 36	- 12	0	+ 13	+ 25	+ 35	+ 45	+ 73	+ 93						
100 ... 120			- 9	+ 3	+ 23	+ 69	0	- 71	- 34	- 22	- 9	+ 3	+ 13	+ 23	+ 76	+ 101						
120 ... 140						+ 54									+ 54	+ 79						
140 ... 160	+ 25 0	0 - 18	+ 7	+ 28	+ 45	+ 83	+ 40	- 43	- 14	0	+ 14	+ 28	+ 40	+ 52	+ 90	+ 125						
160 ... 180			- 11	+ 3	+ 27	+ 85	0	- 83	- 39	- 25	- 11	+ 3	+ 15	+ 27	+ 65	+ 100						
180 ... 200						+ 86									+ 93	+ 133						
200 ... 225	+ 29 0	0 - 20	+ 7	+ 33	+ 51	+ 97	+ 46	- 50	- 15	0	+ 16	+ 33	+ 46	+ 60	+ 106	+ 151						
225 ... 250			- 13	+ 4	+ 31	+ 100	0	- 96	- 44	- 29	- 13	+ 4	+ 17	+ 31	+ 77	+ 122						
250 ... 280	+ 32 0	0 - 23	+ 7	+ 36	+ 57	+ 117	+ 52	- 56	- 17	0	+ 16	+ 36	+ 52	+ 66	+ 113	+ 169						
280 ... 315			- 16	+ 4	+ 34	+ 121	0	- 108	- 49	- 32	- 16	+ 4	+ 20	+ 34	+ 84	+ 140						
315 ... 355	+ 36 0	0 - 25	+ 7	+ 40	+ 62	+ 133	+ 57	- 62	- 18	0	+ 18	+ 40	+ 57	+ 73	+ 126	+ 190						
355 ... 400			- 18	+ 4	+ 37	+ 108	0	- 119	- 54	- 36	- 18	+ 4	+ 21	+ 37	+ 108	+ 190						
400 ... 450	+ 40 0	0 - 27	+ 7	+ 45	+ 67	+ 153	+ 63	- 68	- 20	0	+ 20	+ 45	+ 63	+ 80	+ 144	+ 226						
450 ... 500			- 20	+ 5	+ 40	+ 126	0	- 131	- 60	- 40	- 20	+ 5	+ 23	+ 40	+ 108	+ 208						
						+ 159									+ 114	+ 208						
						+ 132									+ 114	+ 208						
															+ 166	+ 272						
															+ 126	+ 232						
															+ 172	+ 292						
															+ 132	+ 252						

¹⁾ Tolerantsiklassid **paksus kirjas** vastavad reale 1 DIN 7157 järgi (lk 113); nende kasutus on eelistatud.



ISO-istud

Põhiavasüsteem

DIN EN ISO 286-2 (2010-11)

Nimimõõde üle ... kuni mm	Piihalded tolerantsiklassidele ¹⁾ , µm													
	Ava	Võll						Ava	Võll					
		istatud avaga H8							istatud avaga H11					
		H8	Lõtkist				Pingist		H11	Lõtkist				
d9	e8		f7	h9	u8 ²⁾	x8 ²⁾	a11	c11		d9	d11	h9	h11	
kuni 3	+14 0	-20 -45	-14 -28	-6 -16	0 -25	+32 +18	+34 +20	+60 0	-270 -330	-60 -120	-20 -45	-20 -80	0 -25	0 -60
3 ... 6	+18 0	-30 -60	-20 -38	-10 -22	0 -30	+41 +23	+46 +28	+75 0	-270 -345	-70 -145	-30 -60	-30 -105	0 -30	0 -75
6 ... 10	+22 0	-40 -76	-25 -47	-13 -28	0 -36	+50 +28	+56 +34	+90 0	-280 -370	-80 -170	-40 -76	-40 -130	0 -36	0 -90
10 ... 14	+27 0	-50 -93	-32 -59	-16 -34	0 -43	+60	+40	+110 0	-290 -400	-95 -205	-50 -93	-50 -160	0 -43	0 -110
14 ... 18						+33	+72								+45
18 ... 24	+33 0	-65 -117	-40 -73	-20 -41	0 -52	+74	+87	+130 0	-300 -430	-110 -240	-65 -117	-65 -195	0 -52	0 -130
24 ... 30						+81	+97								+64
30 ... 40	+39 0	-80 -142	-50 -89	-25 -50	0 -62	+99	+119	+160 0	-310 -470	-120 -280	-80 -142	-80 -240	0 -62	0 -160
40 ... 50						+109	+136								+97
50 ... 65	+46 0	-100 -174	-60 -106	-30 -60	0 -74	+133	+168	+190 0	-340 -500	-140 -330	-100 -174	-100 -290	0 -74	0 -190
65 ... 80						+148	+192								+146
80 ... 100	+54 0	-120 -207	-72 -126	-36 -71	0 -87	+178	+232	+220 0	-380 -600	-170 -390	-120 -207	-120 -340	0 -87	0 -220
100 ... 120						+198	+264								+210
120 ... 140	+63 0	-145 -245	-85 -148	-43 -83	0 -100	+233	+311	+250 0	-460 -710	-200 -450	-145 -245	-145 -395	0 -100	0 -250
140 ... 160						+253	+343								+280
160 ... 180	+72 0	-170 -285	-100 -172	-50 -96	0 -115	+273	+373	+290 0	-580 -830	-230 -480	-170 -285	-170 -460	0 -115	0 -290
180 ... 200						+308	+422								+350
200 ... 225	+72 0	-170 -285	-100 -172	-50 -96	0 -115	+330	+457	+290 0	-660 -950	-240 -530	-170 -285	-170 -460	0 -115	0 -290
225 ... 250						+258	+385								+425
250 ... 280	+81 0	-190 -320	-110 -191	-56 -108	0 -130	+356	+497	+320 0	-820 -1110	-280 -570	-190 -320	-190 -510	0 -130	0 -320
280 ... 315						+396	+556								+475
315 ... 355	+89 0	-210 -350	-125 -214	-62 -119	0 -140	+431	+606	+360 0	-1200 -1560	-360 -720	-210 -350	-210 -570	0 -140	0 -360
355 ... 400						+479	+679								+660
400 ... 450	+97 0	-230 -385	-135 -232	-68 -131	0 -155	+587	+837	+400 0	-1500 -1900	-440 -840	-230 -385	-230 -630	0 -155	0 -400
450 ... 500						+490	+740								+820

¹⁾ Tolerantsiklassid paksus kirjas vastavad reale 1 DIN 7157 järgi (lk 113); nende kasutus on eelistatud.

²⁾ DIN 7157 soovib nimimõõtmeile kuni 24 mm H8/x8; nimimõõtmeile üle 24 mm H8/u8.



ISO-istud

Põhivõllisüsteem																	DIN EN ISO 286-2 (2010-11)	
Nimimõõde üle ... kuni mm	Piirhälbed tolerantsiklassidele ¹⁾ , µm																	
	Võll	Ava					Võll	Ava										
		istatud võlliga h5						istatud võlliga h6										
		h5	Lõtkist		Siirdeist			Pingist	h6	Lõtkist			Siirdeist				Pingist	
H6	J6		M6	N6	P6	F8	G7	H7		J7	K7	M7	N7	R7	S7			
kuni 3	0 - 4	+ 6 0	+ 2 - 4	- 2 - 8	- 4 - 10	- 6 - 12	0 - 6	+ 20 + 6	+ 12 + 2	+ 10 0	+ 4 - 6	0 - 10	- 2 - 12	- 4 - 14	- 10 - 20	- 14 - 24		
3 ... 6	0 - 5	+ 8 0	+ 5 - 3	- 1 - 9	- 5 - 13	- 9 - 17	0 - 8	+ 28 + 10	+ 16 + 4	+ 12 0	+ 6 - 6	+ 3 - 9	0 - 12	- 4 - 16	- 11 - 23	- 15 - 27		
6 ... 10	0 - 6	+ 9 0	+ 5 - 4	- 3 - 12	- 7 - 16	- 12 - 21	0 - 9	+ 35 + 13	+ 20 + 5	+ 15 0	+ 8 - 7	+ 5 - 10	0 - 15	- 4 - 19	- 13 - 28	- 17 - 32		
10 ... 18	0 - 8	+ 11 0	+ 6 - 5	- 4 - 15	- 9 - 20	- 15 - 26	0 - 11	+ 43 + 16	+ 24 + 6	+ 18 0	+ 10 - 8	+ 6 - 12	0 - 18	- 5 - 23	- 16 - 34	- 21 - 39		
18 ... 30	0 - 9	+ 13 0	+ 8 - 5	- 4 - 17	- 11 - 24	- 18 - 31	0 - 13	+ 53 + 20	+ 28 + 7	+ 21 0	+ 12 - 9	+ 6 - 15	0 - 21	- 7 - 28	- 20 - 41	- 27 - 48		
30 ... 40	0 - 11	+ 16 0	+ 10 - 6	- 4 - 20	- 12 - 28	- 21 - 37	0 - 16	+ 64 + 25	+ 34 + 9	+ 25 0	+ 14 - 11	+ 7 - 18	0 - 25	- 8 - 33	- 25 - 50	- 34 - 59		
40 ... 50																		
50 ... 65	0 - 13	+ 19 0	+ 13 - 6	- 5 - 24	- 14 - 33	- 26 - 45	0 - 19	+ 76 + 30	+ 40 + 10	+ 30 0	+ 18 - 12	+ 9 - 21	0 - 30	- 9 - 39	- 30 - 62	- 42 - 78		
65 ... 80																		
80 ... 100	0 - 15	+ 22 0	+ 16 - 6	- 6 - 28	- 16 - 38	- 30 - 52	0 - 22	+ 90 + 36	+ 47 + 12	+ 35 0	+ 22 - 13	+ 10 - 25	0 - 35	- 10 - 45	- 38 - 73	- 58 - 93		
100 ... 120																		
120 ... 140																		
140 ... 160	0 - 18	+ 25 0	+ 18 - 7	- 8 - 33	- 20 - 45	- 36 - 61	0 - 25	+ 106 + 43	+ 54 + 14	+ 40 0	+ 26 - 14	+ 12 - 28	0 - 40	- 12 - 52	- 50 - 90	- 85 - 125		
160 ... 180																		
180 ... 200																		
200 ... 225	0 - 20	+ 29 0	+ 22 - 7	- 8 - 37	- 22 - 51	- 41 - 70	0 - 29	+ 122 + 50	+ 61 + 15	+ 46 0	+ 30 - 16	+ 13 - 33	0 - 46	- 14 - 60	- 63 - 109	- 113 - 159		
225 ... 250																		
250 ... 280	0 - 23	+ 32 0	+ 25 - 7	- 9 - 41	- 25 - 57	- 47 - 79	0 - 32	+ 137 + 56	+ 69 + 17	+ 52 0	+ 36 - 16	+ 16 - 36	0 - 52	- 14 - 66	- 74 - 126	- 138 - 190		
280 ... 315																		
315 ... 355	0 - 25	+ 36 0	+ 29 - 7	- 10 - 46	- 26 - 62	- 51 - 87	0 - 36	+ 151 + 62	+ 75 + 18	+ 57 0	+ 39 - 18	+ 17 - 40	0 - 57	- 16 - 73	- 87 - 144	- 169 - 226		
355 ... 400																		
400 ... 450	0 - 27	+ 40 0	+ 33 - 7	- 10 - 50	- 27 - 67	- 55 - 95	0 - 40	+ 165 + 68	+ 83 + 20	+ 63 0	+ 43 - 20	+ 18 - 45	0 - 63	- 17 - 80	- 103 - 166	- 209 - 272		
450 ... 500																		

¹⁾ Tolerantsiklassid **paksus kirjas** vastavad reale 1 DIN 7157 järgi (lk 113); nende kasutus on eelistatud.



ISO-istud

Põhivõllisüsteem											DIN EN ISO 286-2 (2010-11)			
Nimimõõde üle ... kuni mm	Võll	Piihalded tolerantsiklassidele ¹⁾ , µm									Võll	Ava		
		Ava										Ava		
	h9	istatud võlliga h9						Siirdeist			h11	istatud võlliga h11		
		Lõtkist			Siirdeist			Lõtkist						
	C11	D10	E9	F8	H8	J9/JS9 ²⁾	N9 ³⁾	P9	A11	C11	D10	H11		
kuni 3	0	+120	+60	+39	+20	+14	+12.5	-4	-6	0	+330	+120	+60	+60
	-25	+60	+20	+14	+6	0	-12.5	-29	-31	-60	+270	+60	+20	0
3 ... 6	0	+145	+78	+50	+28	+18	+15	0	-12	0	+345	+145	+78	+75
	-30	+70	+30	+20	+10	0	-15	-30	-42	-75	+270	+70	+30	0
6 ... 10	0	+170	+98	+61	+35	+22	+18	0	-15	0	+370	+170	+98	+90
	-36	+80	+40	+25	+13	0	-18	-36	-51	-90	+280	+80	+40	0
10 ... 18	0	+205	+120	+75	+43	+27	+21.5	0	-18	0	+400	+205	+120	+110
	-43	+95	+50	+32	+16	0	-21.5	-43	-61	-110	+290	+95	+50	0
18 ... 30	0	+240	+149	+92	+53	+33	+26	0	-22	0	+430	+240	+149	+130
	-52	+110	+65	+40	+20	0	-26	-52	-74	-130	+300	+110	+65	0
30 ... 40	0	+280									+470	+280		
		+120	+180	+112	+64	+39	+31	0	-26	0	+310	+120	+180	+160
40 ... 50	-62	+290	+80	+50	+25	0	-31	-62	-88	-160	+480	+290	+80	0
		+130									+320	+130		
50 ... 65	0	+330									+530	+330		
		+140	+220	+134	+76	+46	+37	0	-32	0	+340	+140	+220	+190
65 ... 80	-74	+340	+100	+60	+30	0	-37	-74	-106	-190	+550	+340	+100	0
		+150									+360	+150		
80 ... 100	0	+390									+600	+390		
		+170	+260	+159	+90	+54	+43.5	0	-37	0	+380	+170	+260	+220
100 ... 120	-87	+400	+120	+72	+36	0	-43.5	-87	-124	-220	+630	+400	+120	0
		+180									+410	+180		
120 ... 140	0	+450									+710	+450		
		+200									+460	+200		
140 ... 160	-100	+460	+305	+185	+106	+63	+50	0	-43	0	+770	+460	+305	+250
		+210	+145	+85	+43	0	-50	-100	-143	-250	+520	+210	+145	0
160 ... 180		+480									+820	+480		
		+230									+580	+230		
180 ... 200		+530									+950	+530		
		+240									+660	+240		
200 ... 225	0	+550	+355	+215	+122	+72	+57.5	0	-50	0	+1030	+550	+355	+290
	-115	+260	+170	+100	+50	0	-57.5	-115	-165	-290	+740	+260	+170	0
225 ... 250		+570									+1110	+570		
		+280									+820	+280		
250 ... 280	0	+620									+1240	+620		
		+300	+400	+240	+137	+81	+65	0	-56	0	+920	+300	+400	+320
280 ... 315	-130	+650	+190	+110	+56	0	-65	-130	-186	-320	+1370	+650	+190	0
		+330									+1050	+330		
315 ... 355	0	+720									+1560	+720		
		+360	+440	+265	+151	+89	+70	0	-62	0	+1200	+360	+440	+360
355 ... 400	-140	+760	+210	+125	+62	0	-70	-140	-202	-360	+1710	+760	+210	0
		+400									+1350	+400		
400 ... 450	0	+840									+1900	+840		
		+440	+480	+290	+165	+97	+77.5	0	-68	0	+1500	+440	+480	+400
450 ... 500	-155	+880	+230	+135	+68	0	-77.5	-155	-223	-400	+2050	+880	+230	0
		+480									+1650	+480		

¹⁾ Tolerantsiklassid paksus kirjas vastavad reale 1 DIN 7157 järgi (lk 113); nende kasutus on eelistatud.

²⁾ Tolerantsivahemikud J9/JS9, J10/JS10 jne on suuruselt identsed ning sümmeetrilised nulljoone suhtes.

³⁾ Tolerantsiklassi N9 nimimõõtme ≤ 1mm korral ei kasutata.

Üldtolerantsid. Veerelaagrite istud

Joon- ja nurkmõõtmete üldtolerantsid DIN ISO 2768-1 (1991-06)

Tolerantsi-klass	Joonmõõtmed							
	Piihälbed nimimõõtmevahemikele, mm							
	0.5 kuni 3	üle 3 kuni 6	üle 6 kuni 30	üle 30 kuni 120	üle 120 kuni 400	üle 400 kuni 1000	üle 1000 kuni 2000	üle 2000 kuni 4000
f (täpne)	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	–
m (keskmine)	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2
c (räme)	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4
v (väga räme)	–	± 0.5	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 6	± 8

Tolerantsi-klass	Välisservad (servaraadiused ja -faasid)				Nurkmõõtmed				
	Piihälbed nimimõõtmevahemikele, mm				Piihälbed nurga lühema külje nimimõõtmevahemikele				
	0.5 kuni 3	üle 3 kuni 6	6		kuni 10	üle 10 kuni 50	üle 50 kuni 120	üle 120 kuni 400	400
f (täpne)	± 0.2	± 0.5	± 1		± 1°	± 0° 30'	± 0° 20'	± 0° 10'	± 0° 5'
m (keskmine)									
c (räme)	± 0.4	± 1	± 2		± 1° 30'	± 1°	± 0° 30'	± 0° 15'	± 0° 10'
v (väga räme)					± 3°	± 2°	± 1°	± 0° 30'	± 0° 20'

Geomeetria üldtolerantsid¹⁾ cf. DIN ISO 2768-2 (1991-04)

Tolerantsi-klass	Geomeetriatolerantsid, mm													Viskum.	
	Sirgsus ja tasapindsus						Ristisus				Sümmeetria				
	Nimimõõtmevahemik, mm						Nimimõõtmevahemik, mm (nurga lühem külj)				Nimimõõtmevahemik, mm (lühem mõõtmelement)				
	kuni 10	üle 10 kuni 30	üle 30 kuni 100	üle 100 kuni 300	üle 300 kuni 1000	üle 1000 kuni 3000	kuni 100	üle 100 kuni 300	üle 300 kuni 1000	üle 1000 kuni 3000	kuni 100	üle 100 kuni 300	üle 300 kuni 1000	üle 1000 kuni 3000	
H	0.02	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5			0.1	
K	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	1	0.6	0.8	1	0.2	
L	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6	0.6	1	1.5	2	0.6	1	1.5	2	0.5

¹⁾ Üldtolerantsid rakenduvad mõõtmetele, millel individuaalsed tolerantsid puuduvad. Joonisel näitamine: lk 81.

Tolerantsid veerelaagrite paigaldamiseks DIN 5425-1 (1984-11) (tagasisvõetud)

Radiaalveerelaagerdused									
Sisevõru (võllile)					Välisvõru (keresse)				
Sisevõru koormuse liik	Ist	Koormus	Põhihülbe võllile ¹⁾		Välisvõru koormuse liik	Ist	Koormus	Põhihülbe laagripesale ¹⁾	
			kuullaager	rull-laager				kuullaager	rull-laager
 ringlev	nõutav on siirdeist või pingist	kerge	h, k	k, m	 kohalik	lubatav on lõtkist	mistahes väärtusega	J, H, G, F	
		keskmine	j, k, m	k, m, n, p					
		raske	m, n	n, p, r					
 kohalik	lubatav on lõtkist	mistahes väärtusega	j, h, g, f		 ringlev	nõutav on siirdeist või pingist	kerge	J	K
							keskmine	K, M	M, N
							raske	–	N, P

Tugiveerelaagerdused						
Koormuse suund	Laagri kujundus	Võllile istatav võru		Keresse istatav võru		
		Võru koormuse liik	Põhihülbe võllile ¹⁾	Võru koormuse liik	Põhihülbe laagripesale ¹⁾	
Radiaal- ja telgkoormuse koosmõju	radiaaltugikuullaager, seaduv rull-laager, koosnusrull-laager	ringlev	j, k, m	kohalik	H, J	
		kohalik	j	ringlev	K, M	
Telgkoormus	kuullaager rull-laager	–	h, j, k	–	H, G, E	

¹⁾ Peamised tolerantsijärgud: võllidele tavaliselt IT6, laagripesadele tavaliselt IT7. Kõrgemate nõuete korral laagerduse töö sujuvusele ja täpsusele, nähakse ette ka väiksemaid tolerantsijärke.



Eelisted, istude kasutus

Eelisted ¹⁾		DIN 7157 (1966-01, tagasivõetud)	
Reast 1	C11/h9, D10/h9, E9/h9, F8/h9, H8/f7, F8/h6, H7/f7, H8/h9, H7/h6, H7/n6, H7/r6, H8/x8 või u8		
Reast 2	C11/h11, D10/h11, H8/d9, H8/e8, H7/g6, G7/h6, H11/h9, H7/j6, H7/k6, H7/s6		
Istude kasutus (näiteid)		DIN 7157 (1966-01, tagasivõetud)	
Põhiva ²⁾	Omadused/kasutusnäited		Põhivõll ²⁾
Lõtkistud			
	H8/d9	Suure lõtkuga ist Distantpuksid võllidel.	D10/h9
	H8/e8	Märkimisväärse lõtkuga ist: Detailid on üksteise suhtes käega väga kergesti liigutatavad. Liikuvad liited, võllikraed võllidel.	E9/h9
	H8/f7	Suurendatud lõtkuga ist: Detailid on üksteise suhtes käega väga kergesti liigutatavad. Liugelaagrid võllidel.	F8/h9
	H7/f7	Väikese lõtkuga ist: Detailid on üksteise suhtes käega üsna kergesti liigutatavad. Liugelaagrid üldiselt, liugejuhikud, juhtimisarmatuuri kolvid silindrites.	F8/h6
	H7/g6	Vähese lõtkuga ist: Detailid on üksteise suhtes käega liigutatavad. Paigaldustihvtid avades, liugelaagrid.	G7/h6
	H8/h9	Vähima lõtkuga ist: Detailid on üksteise suhtes käega liigutatavad, kuid selleks peab rakendama jõudu. Distantpuksid, võllikraed võllidel.	H8/h9
	H7/h6	Väga väikese lõtkuga ist: Detailide üksteise suhtes käega liigutamine võib jõu rakendamisel olla võimalik. Laagrikaaned pesades, templid templihoidjas.	H7/h6
Siirdeistud			
	H7/j6	Valdavalt lõtkuga siirdeist: Detailide üksteise suhtes käega liigutamine võib jõu rakendamisel olla võimalik. Hammasrattad võllidel.	määratlemata
	H7/n6	Valdavalt pinguga siirdeist: Detailide üksteise suhtes liigutamiseks on vaja rakendada vähest jõudu pressi abil. Pressitavad puksid keredes, paigaldustihvtid seadmetes.	
Pingistud			
	H7/r6	Väikese pinguga ist: Detailide üksteise suhtes liigutamiseks on vaja rakendada suuremat jõudu pressi abil. Puksid keredes.	määratlemata
	H7/s6	Märkimisväärse pinguga ist: Detailide üksteise suhtes liigutamiseks on vaja rakendada väga suurt jõudu pressi abil. Liugelaagripuksid, tigurataste hammasvööd.	
	H8/u8	Suure pinguga ist: Detailide üksteise suhtes liigutamine on võimalik vaid temperatuurigradiendi kasutades. Võllikraed, rattad telgedel, tiivikud võllidel.	
	H8/x8	Väga suure pinguga ist: Detailide üksteise suhtes liigutamine on võimalik vaid temperatuurigradiendi kasutades. Võllikraed, rattad telgedel, tiivikud võllidel.	

¹⁾ Eelistede mittekasutamine on õigustatud vaid erandjuhtudel, nt veerelaagrite istamisel.

²⁾ Istud **paksus kirjas** on tolerantsiklasside kombinatsioonid rea 1 järgi; nende kasutus on eelisted.

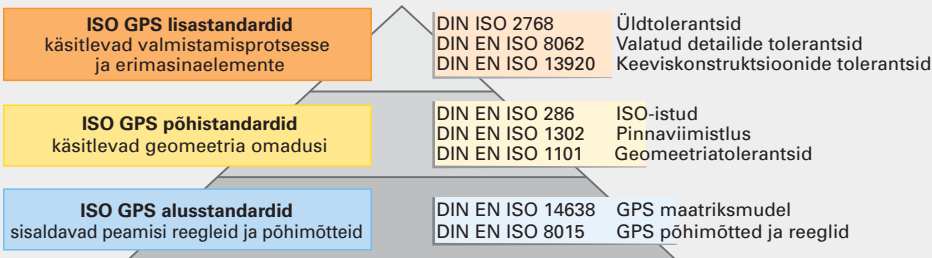
Toote geomeetrised spetsifikatsioonid (GPS)

ISO-GPS-süsteem

DIN EN ISO 14638 (2015-12)

ISO-GPS on ülemaailmne (globaalne) standardite süsteem toote omaduste, tootmise ja mõõtmisega seotud tolerantside, aga ka vastavate mõõteseadmete kalibreerimisviiside määratlemiseks. Eesmärk on ühtlustada kõik toote kvaliteediga seotud standardid ja suurendada nende selgust üleilmastunud tootmise lihtsustamiseks.

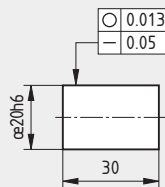
ISO-GPS-standardite struktuur ja hierarhia



Geomeetriaspetsifikatsioonid

DIN EN ISO 8015 (2011-09)

Sõltumatus printsiip



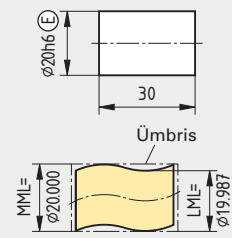
Iga joonisel antud teave (spetsifikatsioon) rakendub teistest kirjetest sõltumatult. Kasutamata tolerantsid ei tohi üle kanda teistele omadustele.

Kõik joonmõõtmed on vaikimisi kahepunktimõõtmed ja nende täpsemaks määratlemiseks on tavaliselt vaja täiendavaid spetsifikatsioone.

Geomeetrilise elemendi "silinder" ühemõttelise kirjelduse (vt näide) annavad joonmõõtmed koos kuju tolerantsidega.

Sõltumatus printsiip on tolereerimise põhimõtete rahvusvaheline standard.

Ümbrise printsiip



Kui komponendid on tarvis teineteisega ühendada (istata), saab kasutada ümbrise nõuet. Mõõtmete tolerantsid lubavad mõõtmete kõrvalekaldeid nimiväärtusest. Komponendi tegelik geomeetiline kuju peab olema mõõtmete tolerantsivahemiku sees. Mõõtmekontrollitakse mõõtekaliibriga või koordinaatmõõteseadmetega ja analüüsiprogrammide abil.

Ümbrise printsiipi saab kasutada vaid tasaparalleelsete või silindriliste istupindade korral.

Tegelik geomeetria ei tohi ületada enimmaterjali piiriga (MML = *maximum material limit*) määratud ümbrist ega ületada vähimmaterjali piiri (LML = *least material limit*) mitte üheski punktis.

MML (enimmaterjali piir): Võlli suurim mõõde/Ava vähim mõõde.

LML (vähimmaterjali piir): Võlli vähim mõõde/Ava suurim mõõde

Näitamine joonisel:

- **Kohalik nõue** ümbrise tähisega \textcircled{E} ¹⁾ vastava mõõtme järel:

→ $\varnothing 20h6 \textcircled{E}$

- **Üldine nõue** joonise kõikidele mõõtmetele ümbrise tähisega kirjanurgas:

→ Mõõtmed vastavalt ISO 14405 \textcircled{E}

Nõuded mõõtekaliibrile:

- läbiminev e "GO"-kaliiber kontrollib kogu geomeetrilist elementi;
- mitteläbiminev e "NO GO"-kaliiber kontrollib kahepunktimõõtmekalibreid (LML).

Spetsifikatsiooni tähiseid (joonise kirjeid) täiendatakse vajadusel teisendtähistega (täpsustavad nõuded), et määratleda mõõtmeelement üheselt (lk 115).

Spetsifikatsioonid joonisel on antud sõltumatult mõõtemetodeist (mõõtmete kontroll).

Kvaliteedikontrolli ja mõõtmise tarbeks määratletakse vastavad kontrolloperatoorid (mõõtesuurused) arvestades ka mõõtemääramatusi. Kõik kontrolloperatoorid koos peavad olema vastavuses spetsifikatsiooni operatooriga.

¹⁾ *Envelope*.



Toote geomeetrised spetsifikatsioonid

Põhimõtted ja reeglid

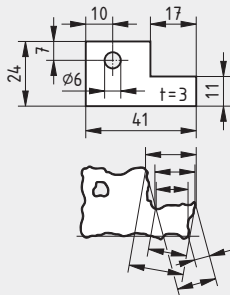
DIN EN ISO 8015 (2011-09)

Joonte tõlgendamise ja spetsifikatsioonide määratlemise põhieeldused:

- Kõik komponendi **talitluslikud piirangud** on määratletud teoreetiliselt või praktiliselt (prototüübi järgi);
- Tolerantsivahemiku piirid** on samased talitluslike piirangutega – ilma lisavaru eeldamata;
- Komponendi toimivus (**talitluslikkuse tase**) on tagatud vaid siis, kui kõik mõõtmed on tolerantsivahemiku (spetsifikatsiooni piiride) sees.

Mõõtmed

DIN EN ISO 14405-1 ja -2 (2011-04)



Joonsuurusmõõtmed

Pikkusmõõde mõõtmelementidele **silinder, sfäär** ja kaks **paralleelset vastastikust pinda**.

Vaikimisi määrang on mitmetähenduslik "kahepunktimõõde". Seetõttu tuleb näiteks kõikide mõõtmete määratlemiseks vähimruutude meetodil saadud keskvärtusena tuua kirjanurgas kirje "mõõtmed ISO 14405 GG" (vt allpool).

Muud mõõtmed

Sügavus- ja kaugusmõõtmel, nurki, raadiusi ega servi ei saa ühemõtteliselt määratleda joonsuurusmõõtmelena (nt mõõtmed 7, 10 ja 17).

Nõutav selgus tagatakse geomeetriatolerantside (lk 116 ... 118), spetsifikatsiooni tähistega ja teisendtähistega abil.

Joonsuurusmõõtmete spetsifikatsioonid ja teisendused (valimik)

DIN EN ISO 14405-1 (2011-04)

Mõiste	Tähistus joonisel	Selgitus – Kasutus	Tähendus
LP Kahepunktimõõde		Mõõtetulemus saadakse kahepunkti suurusmõõtmelena (rakendub ka vaikimisi spetsifikatsioonina, kui tähis LP ei ole antud). Väheoluliste mõõtmete käitsi mõõtmiseks.	
GG Vähimruutude mõõde		Mõõtetulemus saadakse eritarkvara abil <i>Gaussi</i> meetodil (vähimruutude meetod) arvu- tatud keskmisena. Üheselt mõistetav mõõtetulemus vähima võimaliku mõõtemääramatusega.	
GX Suurim sissejoonestatud mõõde		Mõõtetulemuseks on suurima sissejoonestatava mõõtmelemendi mõõde. Sisemiste geomeetriaelementide (avade) istamis- pinnad, nt sõrme-, poldi- ja kruviavad.	
GN Vähim ümberjoonestatud mõõde		Mõõtetulemuseks on vähima ümberjoonestatava mõõtmelemendi mõõde. Väliste geomeetriaelementide (võllide) istamis- pinnad, nt positsioneerimissõrmed ja -tihvid.	
E Ümbrise nõue		Ümbrise nõuet rakendatakse, kui komponendid tuleb teineteisega ühendada (istata) lõtkuga, nt laagrite ja juhikute lõtkuga istud (vt eelmine lk). Mõõtmete hajumine on piiratud tolerantsivahemiku piiridega. Ümbrise nõude kontroll hõlmab kogu geomeetriaelementi.	
M Enimmaterjali nõue DIN EN ISO 2692 (2015-12) järgi		Geomeetriatolerantsi suurendatakse mittekasutatud joonsuurusmõõtmel tolerantsi võrra (vt näide), see tagab säästlikkuse valmistamisel. Kasutatakse ka koos kohatolerantsidega, nt velje poldiavad, et tagada kokkusobivus rummuga. Kontrollitakse talituskaliibriga abil.	

Geomeetriatolerantsid

Kuju-, suuna-, asendi- ja viskumistolerantsid

DIN EN ISO 1101 (2017-02)

Geomeetriatolerantside spetsifitseerimine

Lähe (mõõtebaas)	Tolereeritud geomeetriaelement
<p>Tähistus</p> <p>Lähte võimalusi</p>	<p>Tähistus</p> <p>Tolerantsiga määratud elemente</p>

Lähte- ja tolereeritud elementide kujutamine joonistel

Lähe	Lihtlähe	Ühislähe	Mitmiklähe (kaks või kolm lähteelementi)
Näide			
Tähis tolerantsiraamis	Lihtlähte lähtetäht	Ühislähte sidekriipsuga eraldatud lähtetähed	Lähtetähtede kombinatsioon sõltuvalt geomeetriatolerantsist

Näited

<p>Ø10H7 ⊥ 0.04 A</p> <p>Ava telg peab olema risti lähtepinnaga A (tolerants 0.04 mm).</p>	<p>≡ 0.1 A 16+0.3/+0.1 45f7</p> <p>Soone pinnad peavad olema sümmeetrilised lähtesümmeetriapinna A suhtes (tolerants 0.1 mm).</p>	<p>∥ 0.05 B Ø24g6 Ø20k6</p> <p>Silinderpind Ø24g6 ja tasand peavad paiknema õigesti lähtetelgjoone B suhtes (tolerants 0.05 mm).</p>	<p>≡ 0.06 C ∥ 0.02 C 4+0.2 8P9 Ø25h6</p> <p>Liistusoone pinnad peavad olema sümmeetrilised tolerants 0.06 mm) ja paralleelsed (tolerants 0.02 mm) lähtetelgjoone C suhtes.</p>
--	---	--	--

Kujutamine joonistel

DIN EN ISO 1101 (2017-02)

Tolereeritud geomeetria-suurus ja tähis	Tähistus	Selgitus	Tolerantsitsoon
Sirgsus		Tolereeritud pinda (tasand) kontuur peab igal lähtetasandiga A paralleelsel lõiketasandil asuma kahe paralleelse piirsirgjoone vahel, mille vahekaugus on $t = 0.1$ mm.	
Tasapind-sus		Tolereeritud pind peab paiknema kahe paralleelse piirtasandi vahel, mille vahekaugus on $t = 0.03$ mm.	



Geometriatolerantsid

Kujutamise joonistel (jätk)

DIN EN ISO 1101 (2017-02)

Tolereeritud geomeetria-suurus ja tähis		Tähistus	Selgitus	Tolerantsitsoon
Kujutolerantsid (jätk)				
Ümarus			Tolereeritud pinna (koonus) kontuur peab igal lähtetelgjoonega A ristuväl lõiketasapinnal asuma kahe konsentrilise piirringjoone vahel, mille vahekaugus on $t = 0.08$ mm.	
Silindrilisus			Tolereeritud pind (silinder) peab asuma kahe samatelgse piirsilindripinna vahel, mille vahekaugus on $t = 0.1$ mm.	
Jooneprofiil			Tolereeritud pinna kontuur peab igal lähtetasandiga A paralleelsel lõiketasandil asuma kahe piirjoone vahel, mille vahekaugus on määratud ringjoontega, mille läbimõõt on $t = 0.05$ mm. Nende ringjoonte keskmekd asuvad geomeetriliselt ideaalsel joonel.	
Pinna profiil			Tolereeritud pind (kera) peab asuma kahe piirpinna vahel, mille vahekaugus on määratud keradega, mille läbimõõt on $t = 0.03$ mm. Nende kerade keskmekd asuvad geomeetriliselt ideaalsel pinnal.	
Suunatolerantsid				
Rööpsus			Tolereeritud ava mediaanjoon peab asuma kahe paralleelse piirtasandi vahel, mille vahekaugus on $t = 0.2$ mm. Need tasandid on paralleelsed lähtetelgjoonega A ja risti lähtetasandiga B.	
			Tolereeritud ava mediaanjoon peab asuma piirsilindri sees, mis on paralleelne lähtetelgjoonega A ja mille läbimõõt on $t = 0.03$ mm.	
Risti-sus			Tolereeritud ava mediaanjoon peab asuma piirsilindri sees, mis on risti lähtetasandiga A ja mille läbimõõt on $t = 0.1$ mm.	
			Tolereeritud pind peab asuma kahe paralleelse piirtasandi vahel, mis on risti lähtetelgjoonega A ja mille vahekaugus on $t = 0.03$ mm.	
Kalle			Tolereeritud ava mediaanjoon peab asuma piirsilindri sees, mille läbimõõt on $t = 0.1$ mm. Piirsilindri telg on paralleelne lähtetasandiga B ning kaldu lähtetasandi A suhtes nurga võrra, mille teoreetiliselt täpne väärtus on 45° .	
			Tolereeritud pind (tasand) peab olema kahe paralleelse piirtasandi vahel, mille vahekaugus on $t = 0.15$ mm ning mis on kaldu lähtetelgjoone A suhtes nurga võrra, mille teoreetiliselt täpne väärtus on 75° .	

Geomeetriatolerantsid

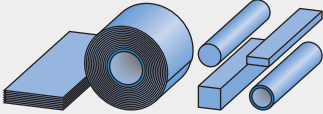


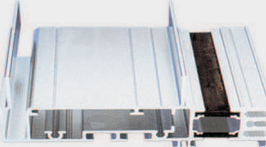


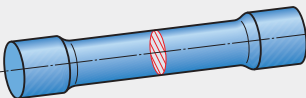
Kujutamine joonistel (jätk)

DIN EN ISO 1101 (2017-02)

Tolereeritud geomeetriasuurus ja tähis		Tähistus	Selgitus	Tolerantsitsoon
Asenditolerantsid				
Koht		<p>$\oplus \varnothing 0.05 | A | B | C |$</p> <p>Tolereeritud ava mediaanjoon peab asuma piirsilindri sees, mille läbimõõt on $t = 0.05$ mm. Piirsilinder on risti lähtetasandiga A ning selle telje asukoht on määratud kaugusmõõtmega lähtetasanditest B ja C, mille teoreetiliselt täpsed väärtused on vastavalt 30 mm ja 40 mm.</p> <p>$\oplus 0.1 | A | B |$</p> <p>Tolereeritud pind peab asuma kahe paralleelse piirtasandi vahel, mille vahekaugus on $t = 0.1$ mm. Piirtasandite sümmeetrilise tasandi asukoht on määratud kaugusmõõtmega lähtetasandist A, ning kaldenurgaga lähtetelgjoone B suhtes, mille teoreetiliselt täpsed väärtused on vastavalt 20 mm ja 105°.</p>	<p>lähetasand A</p> <p>lähetasand B</p> <p>lähetasand C</p>	
Kontsentriilsus		<p>$\odot \varnothing 0.1 | A |$</p> <p>Igal ristlõikepinnal peab tolereeritud pinda (ava) kontuuri (ring) mediaanpunkt asuma piirringjoone sees, mille kese on lähtepunkt A ja läbimõõt on $t = 0.1$ mm.</p>	<p>lähepunkt A</p>	
Samatelgsus		<p>$\parallel \varnothing 0.05 | A - B |$</p> <p>Tolereeritud pinda (silinder) mediaanjoon peab asuma piirsilindri sees, mille telg on ühislähtetelgjoon A-B ja läbimõõt on $t = 0.05$ mm.</p>	<p>lähetelgjoon A-B</p>	
Sümmeetria		<p>$\equiv 0.05 | A |$</p> <p>Tolereeritud elemendi (sisselõige) mediaanpind peab asuma kahe paralleelse piirtasandi vahel, mis on paralleelsed ja sümmeetrilised lähtetasandi A suhtes ja mille vahekaugus on $t = 0.05$ mm.</p>	<p>lähetasand A</p>	
Viskumistolerantsid				
Radiaalringviskumine		<p>$\perp 0.1 | A - B |$</p> <p>Tolereeritud pinda (silinder) kontuur peab igal ühislähtetelgjoonega A-B ristuvatel lõiketasandil asuma kahe piirringjoone vahel, mis on kontsentriilsed ühislähtetelgjoonega A-B ja mille vahekaugus on $t = 0.1$ mm.</p> <p>$\perp 0.1 | A |$</p> <p>Pinna tolereeritud osa (sektor 120°) kontuur peab igal lähtetelgjoonega A ristuvatel lõiketasandil asuma kahe piirringjoone vahel, mis on kontsentriilsed lähtetelgjoonega A ja mille vahekaugus on $t = 0.1$ mm.</p>	<p>iga ristlõige</p> <p>ühislähtetelgjoon A-B</p> <p>iga ristlõige</p> <p>lähetelgjoon A</p>	
Telg-ringviskumine		<p>$\perp 0.04 | A |$</p> <p>Tolereeritud pinda kõik punktid, mis paiknevad ühel ja samal (suvalisel) kaugusel lähtetelgjoonest A peavad asuma kahe paralleelse piirtasandi vahel, mis on risti lähtetelgjoonega A ja mille vahekaugus on $t = 0.04$ mm.</p>	<p>lähetelgjoon A</p> <p>iga kaugus teljelst A</p>	
Radiaalkoguviskumine		<p>$\perp 0.03 | A - B |$</p> <p>Tolereeritud pind (silinder) peab asuma kahe piirsilindripinna vahel, mis on samatelgsed ühislähtetelgjoonega A-B ja mille vahekaugus on $t = 0.03$ mm.</p>	<p>ühislähtetelgjoon A-B</p>	
Telgkoguviskumine		<p>$\perp 0.04 | A |$</p> <p>Tolereeritud pinda kõik punktid peavad asuma kahe paralleelse piirtasandi vahel, mis on risti lähtetelgjoonega A ja mille vahekaugus on $t = 0.04$ mm.</p>	<p>lähetelgjoon A</p>	



4 Materjaliõpetus

Aatomnumber 13 Al Tähttähis Suhteline aatommass Alumiinium 26.982 Nimetus	4.1 Materjalid Materjalide omadused 120 Elementide perioodilisustabel 122 Metallitöötuskemikaalid 123
Margitähis 42CrMo4+N Tunnusnumber 1.7225+N	4.2 Terased, tähistussüsteem Teraste määratlus ja liigid 124 Terastoodete standardimine 125 Teraste tähistus 127
	4.3 Terased, terasegrupid Terased, ülevaade 131 Konstruksiooniterased 134 Tsementiitavad terased 137 Parendatavad terased 138 Tööriistaterased 140 Roostevabaterased 141
	4.4 Terased, tooted Riba ja leht, torud 146 Kuumvaltsprofiilid 150 Joonmass ja pindmass 159
	4.5 Termotöötlus Kristallivõred, kristallisatsioon 160 Faasidiagrammid, raud-süsinikfaasidiagramm ... 161 Terase termotöötlus 163 Alumiiniumisulamite termotöötlus 166
	4.6 Malmid Malmide tähistus 167 Malmide liigid ja omadused 168 Valuterased 170
	4.7 Valutehnoloogia 171 4.8 Kergsulamid (Al-, Mg- ja Ti-sulamid) Alumiiniumisulamid, liigid ja omadused 173 Deformeeritavad alumiiniumisulamid 175 Alumiiniumi valusulamid 177 Alumiiniumprofiilid 178 Magneesiumisulamid, titaan ja titaanisulamid .. 181
	4.9 Kesk- ja rasksulamid Liigid ja omadused 182 Vasesulamid 184 Erilised tsingisulamid 185
	4.10 Teised metalsed materjalid 186 4.11 Plastid Plastide liigid ja omadused 188 Reaktoplastid 191 Termoplastid 192 Kummid, vahtmaterjalid 195 Plastide töötlemine 196
	4.12 Materjali katsetamine Materjalide katsemeetodid, ülevaade 199 Tõmbeteim 201 Löökpaindeteim ja pöördpaindeteim 202 Kõvaduskatsed 203
	4.13 Korrosioon, korrosioonikaitse 206

Materjalide omadused

Tahkised								
Materjal	Tihedus ρ kg/dm ³	Sulamis-tempera- tuur 1.013 bar t °C	Keemistem- peratuur 1.013 bar t °C	Sulamis- soojus 1.013 bar q kJ/kg	Soojusjuh- tivus 20°C λ W/(m · K)	Erisoojus (0 ... 100)°C c kJ/(kg · K)	Eritakistus 20°C ϱ_{20} Ω · mm ² /m	Joonpaisu- mistegur (0 ... 100)°C α_1 1/°C või 1/K
Alumiinium (Al)	2.7	659	2467	356	204	0.94	0.028	0.000238
Antimon (Sb)	6.69	630.5	1637	163	22	0.21	0.39	0.000108
Asbest	2.1...2.8	≈ 1300	–	–	–	0.81	–	–
Berüllium (Be)	1.85	1280	≈ 3000	–	165	1.825	0.04	0.000123
Betoon	1.8...2.2	–	–	–	≈ 1	0.88	–	0.0001
Vismut (Bi)	9.8	271	1560	59	8.1	0.12	1.25	0.000125
Plii (Pb)	11.3	327.4	1751	24.3	34.7	0.13	0.208	0.00029
Kaadmium (Cd)	8.64	321	765	54	91	0.23	0.077	0.0003
Kroom (Cr)	7.2	1903	2642	134	69	0.46	0.13	0.000084
Koobalt (Co)	8.9	1493	2880	268	69.1	0.43	0.062	0.000127
CuAl sulamid	7.4...7.7	1040	2300	–	61	0.44	–	0.000195
CuSn sulamid	7.4...8.9	900	2300	–	46	0.38	0.02...0.03	0.000175
CuZn sulamid	8.4...8.7	900...1000	2300	167	105	0.39	0.05...0.07	0.000185
Jää	0.92	0	100	332	2.3	2.09	–	0.00051
Raud (Fe)	7.87	1536	3070	276	81	0.47	0.13	0.00012
Raudoksiid (rooste)	5.1	1570	–	–	0.58 (pulber)	0.67	–	–
Rasvad	0.92...0.94	30...175	≈ 300	–	≈ 0.21	–	–	–
Kips	2.3	1200	–	–	0.45	1.09	–	–
Klaas (kvarts)	2.4...2.7	(520)...550 ¹⁾	–	–	0.8...1.0	0.73	10 ¹⁸	0.000005
Kuld (Au)	19.3	1064	2707	67	310	0.13	0.022	0.000142
Grafiit (C)	2.26	≈ 3550	≈ 4800	–	168	0.71	–	0.000078
Malm	7.25	1150...1200	2500	125	58	0.50	0.6...1.6	0.000105
Kövasulam (K 20)	14.8	> 2000	≈ 4000	–	81.4	0.80	–	0.000005
Puit (õhkuiv)	0.20...0.72	–	–	–	0.06...0.17	2.1...2.9	–	≈ 0.00004 ²⁾
Iridium (Ir)	22.4	2443	> 4350	135	59	0.13	0.053	0.000065
Jood (I)	5.0	113.6	183	62	0.44	0.23	–	–
Süsinik (teemant)	3.51	≈ 3550	–	–	–	0.52	–	0.0000118
Koks	1.6...1.9	–	–	–	0.18	0.83	–	–
Konstantaan	8.89	1260	≈ 2400	–	23	0.41	0.49	0.000152
Kork	0.1...0.3	–	–	–	0.04...0.06	1.7...12.1	–	–
Korund (Al ₂ O ₃)	3.9...4.0	2050	2700	–	12...23	0.96	–	0.000065
Vask (Cu)	8.96	1083	≈ 2595	213	384	0.39	0.0179	0.000168
Magneesium (Mg)	1.74	650	1120	195	172	1.04	0.044	0.00026
Mg sulamid	≈ 1.8	≈ 630	1500	–	46...139	–	–	0.000245
Mangaan (Mn)	7.43	1244	2095	251	21	0.48	0.39	0.00023
Molibdeen (Mo)	10.22	2620	4800	287	145	0.26	0.054	0.000052
Naatrium (Na)	0.97	97.8	890	113	126	1.3	0.04	0.00071
Nikkel (Ni)	8.91	1455	2730	306	59	0.45	0.095	0.00013
Nioobium (Nb)	8.55	2468	≈ 4800	288	53	0.273	0.217	0.000071
Kollane fosfor (P)	1.82	44	280	21	–	0.80	–	–
Plaatina (Pt)	21.5	1769	4300	113	70	0.13	0.098	0.00009
Polüstüreen	1.05	–	–	–	0.17	1.3	10 ¹⁰	0.0007
Portselan	2.3...2.5	≈ 1600	–	–	1...4	0.75...0.9	10 ¹²	0.00004
Kvarts (SiO ₂)	2.1...2.5	1480	2230	–	9.9	0.8	–	0.00008
Vahtkummi	0.06...0.25	–	–	–	0.04...0.06	–	–	–
Väävel (S)	2.07	113	344.6	49	0.2	0.70	–	–
Punane selen (Se)	4.4	220	688	83	0.2	0.33	–	–
Höbe (Ag)	10.5	961.5	2180	105	407	0.23	0.015	0.000193

¹⁾ Faasimuutuse temperatuur (jäigaks, tahkest plastseks, viskoosseks).²⁾ Ristikiudu.

Materjalide omadused

Tahkised (järg)

Materjal	Tihedus ρ kg/dm ³	Sulamis-tempera- tuur 1.013 bar t °C	Keemistem- peratuur 1.013 bar t °C	Sulamis- soojus 1.013 bar q kJ/dm ³	Soojusjuh- tivus 20°C λ W/(m·K)	Erisoojus (0...100)°C c kJ/(kg·K)	Eritakistus 20°C $\frac{Q_{20}}{e_{20}}$ Ω·mm ² /m	Joonpaisu- mistegur (0...100)°C α_1 1/°C või 1/K
Räni (Si)	2.33	1423	2355	1658	83	0.75	2.3 · 10 ⁹	0.000 004 2
Ränikarbiid (SiC)	3.2	temp.-l üle 3000°C laguneb	C-ks ja Si-ks		110 ¹⁾	0.7 ¹⁾	–	0.000 004 7
Süsinikteras	7.85	≈ 1500	2500	205	48...58	0.49	0.14...0.18	0.000 011 9
Legeerteras	7.9	≈ 1500	–	–	14	0.51	0.7	0.000 016 1
Antratsiit	1.35	–	–	–	0.24	1.02	–	–
Tantaal (Ta)	16.6	2996	5400	172	54	0.14	0.124	0.000 006 5
Titaan (Ti)	4.5	1670	3280	88	15.5	0.52	0.42	0.000 009
Uraan (U)	19.1	1133	≈ 3800	356	28	0.12	–	–
Vanaadium (V)	6.12	1890	≈ 3380	343	31.4	0.50	0.2	–
Volfram (W)	19.27	3390	5500	54	130	0.13	0.055	0.000 004 5
Tsink (Zn)	7.13	419.5	907	101	113	0.4	0.06	0.000 029
Tina (Sn)	7.29	231.9	2687	59	65.7	0.24	0.114	0.000 023

¹⁾ Suured kõikumised valmistustingimustest sõltuvalt.

Vedelikud

Materjal	Tihedus 20°C ρ kg/dm ³	Sütti- mis- temp. t °C	Külmumis- või sulamis- tempera- tuur 1.013 bar t °C	Keemistem- peratuur 1.013 bar t °C	Aurustus- soojus ¹⁾ 1.013 bar r kJ/kg	Soojusjuh- tivus 20°C λ W/(m·K)	Erisoojus 20°C c kJ/(kg·K)	Mahupaisu- mistegur α_v 1/°C või 1/K
Etüüleeter (C ₂ H ₅) ₂ O	0.71	170	– 116	35	377	0.13	2.28	0.001 6
Bensiin	0.72...0.75	220	– 30...– 50	25...210	419	0.13	2.02	0.001 1
Diislikütus	0.81...0.85	220	– 30	150...360	628	0.15	2.05	0.000 96
Kerge kütteõli (EL)	≈ 0.83	220	– 10	> 175	628	0.14	2.07	0.000 96
Masinaõli	0.91	400	– 20	> 300	–	0.13	2.09	0.000 93
Petrooleum	0.76...0.86	550	– 70	> 150	314	0.13	2.16	0.001
Elavhõbe (Hg)	13.5	–	– 39	357	285	10	0.14	0.000 18
Etaanol 95 %	0.81	520	– 114	78	854	0.17	2.43	0.001 1
Destilleeritud vesi	1.00 ²⁾	–	0	100	2256	0.60	4.18	0.000 18

¹⁾ Keemistemperatuuril ja rõhul 0.013 bar.

²⁾ Temperatuuril 4°C.

Gaasid

Materjal	Tihedus 0°C 1.013 bar ρ kg/m ³	Eri- tihedus ¹⁾ ρ/ρ_L	Sulamis- tempera- tuur 1.013 bar t °C	Keemis- tempera- tuur 1.013 bar t °C	Soojusjuh- tivus 20°C λ W/(m·K)	Erisoojus- juhtivus ²⁾ λ/λ_A	Erisoojus 20°C ja 1.013 bar c_p ³⁾ c_v ⁴⁾ kJ/(kg·K)	
Atsetüleen (C ₂ H ₂)	1.17	0.905	– 84	– 82	0.021	0.81	1.64	1.33
Ammoniaak (NH ₃)	0.77	0.596	– 78	– 33	0.024	0.92	2.06	1.56
Butaan (C ₄ H ₁₀)	2.70	2.088	– 135	– 0.5	0.016	0.62	–	–
Freon (CF ₂ Cl ₂)	5.51	4.261	– 140	– 30	0.010	0.39	–	–
Süsinikmonooksiid (CO)	1.25	0.967	– 205	– 190	0.025	0.96	1.05	0.75
Süsinikdioksiid (CO ₂)	1.98	1.531	– 57 ⁵⁾	– 78	0.016	0.62	0.82	0.63
Õhk	1.293	1.0	– 220	– 191	0.026	1.00	1.005	0.716
Metaan (CH ₄)	0.72	0.557	– 183	– 162	0.033	1.27	2.19	1.68
Propaan (C ₃ H ₈)	2.00	1.547	– 190	– 43	0.018	0.69	–	–
Hapnik (O ₂)	1.43	1.106	– 219	– 183	0.026	1.00	0.91	0.65
Lämmastik (N ₂)	1.25	0.967	– 210	– 196	0.026	1.00	1.04	0.74
Vesinik (H ₂)	0.09	0.07	– 259	– 253	0.180	6.92	14.24	10.10

¹⁾ Eritihedus = gaasi tihedus ρ jagatud õhu tihedusega ρ_A . ²⁾ Erisoojusjuhtivus = gaasi soojusjuhtivus λ jagatud õhu soojusjuhtivusega λ_A .

³⁾ Konstantsel rõhul.

⁴⁾ Konstantsel mahul.

⁵⁾ Rõhul 5.3 bar.

Elementide perioodilisustabel

Peri-ood	Põhigrupid		Tähttähis										Põhigrupid																																																																																																																																																																																																																																																											
	1 (I A)	2 (II A)	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	55 Cs	56 Ba	57...71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	87 Fr	88 Ra	89...103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
1	Vesinik 1.008	4 Be Berüllium 9.012	11 Na Naatrium 22.989	12 Mg Magneesium 24.305	13 Al Alumiinium 26.982	14 Si Räni 28.086	15 P Fosfor 30.974	16 S Väävel 32.066	17 Cl Kloor 35.453	18 Ar Argoon 39.948	19 K Kaalium 39.098	20 Ca Kaltsium 40.078	21 Sc Skandium 44.956	22 Ti Titaan 47.867	23 V Vanaadium 50.942	24 Cr Kroom 51.996	25 Mn Mangaan 54.938	26 Fe Raud 55.845	27 Co Koobalt 58.933	28 Ni Nikkel 58.693	29 Cu Vask 63.546	30 Zn Tsink 65.390	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germaanium 75.610	33 As Arseen 74.922	34 Se Selene 78.960	35 Br Broom 79.904	36 Kr Kriptoon 83.798	37 Rb Rubiidium 85.468	38 Sr Strontsium 87.620	39 Y Ütrium 88.906	40 Zr Tsirkoonium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molibdeen 95.962	43 Tc Tehneetsium 98.906	44 Ru Roodium 101.070	45 Rh Roodium 102.906	46 Pd Palladium 106.420	47 Ag Hõbe 107.868	48 Cd Kaadmium 112.410	49 In Indium 114.820	50 Sn Tina 118.710	51 Sb Antimon 121.760	52 Te Telluur 127.600	53 I Jood 126.905	54 Xe Ksenoon 131.290	55 Cs Tseesium 132.905	56 Ba Baarium 137.330	57...71 Lantanoidid	72 Hf Hafnium 178.490	73 Ta Tantaal 180.948	74 W Volfram 183.850	75 Re Ruteenium 186.207	76 Os Osmium 190.230	77 Ir Iiriidium 192.220	78 Pt Platina 195.080	79 Au Kuld 196.967	80 Hg Elavhõbe 200.590	81 Tl Tallium 204.383	82 Pb Plii 207.200	83 Bi Vismut 208.980	84 Po Poloonium 209	85 At Astaat 210	86 Rn Radoon 222	87 Fr Frantsium 223	88 Ra Raadium 226	89...103 Aktiinid	104 Rf Rutherfordium 261	105 Db Dubnium 262	106 Sg Seaborgium 263	107 Bh Bohrium 264	108 Hs Hassium 265	109 Mt Meitnerium 266	110 Ds Darmstadtium 267	111 Rg Roentgenium 268	112 Cn Koperniikum 269	113 Nh Nihonium 270	114 Fl Flerovium 271	115 Mc Moskoviium 272	116 Lv Livermoorium 273	117 Ts Tennessin 274	118 Og Oganesoon 276	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300

Aatomnumber (= prootonite arv)

Suhteline aatommass

Tähttähis

Nimetus: olek:
273 K (0°C) ja 1.013 bar:
tahkis: must tähttähis
vedelik: pruun tähttähis
gaas: sinine tähttähis

Radioaktiivsed elemendid on punases kirjas, nt. 222

Sünteesitud elemendid on sulgudes, nt (261)

¹⁾ Kergmetallid $\rho \leq 5 \text{ kg/dm}^3$; raskmetallid $\rho > 10 \text{ kg/dm}^3$

Üleminekuelemendid

Mittemetallid

Metallid

Kergmetallid¹⁾

Kesk- ja raskmetallid¹⁾

Väärismetallid

Halogeniid

Väärisgaasid

Metallitööstuskemikaalid

Metallide tehnoloogias kasutatavad põhilised kemikaalid				
Tehniline nimetus	Keemiline nimetus	Valem	Omadused	Kasutus
Atsetoon	Atsetoon (propanoon)	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	Värvitu, põlev, kergesti lenduv vedelik	Värvi, atsetüleeni ja plasti lahusti
Atsetüleen	Atsetüleen, Etaan	C_2H_2	Kõrgreageeriv värvitu plahvatusohtlik gaas	Keevitusgaas, plasti lähtematerjal
Vesipuhasti	Erinevad pindaktiivained	--COO-- --OSO ₃ -- --SO ₃ --	Mitmesugused vesilahustuvad ained	Lahusti, puhastusaine, emulseeriv ja paksendav aine
Süsiniktetra-kloriid	Süsiniktetra-kloriid	CCl_4	Värvitu, mittepõlev vedelik, tervele ohtlik	Rasva, õli ja värvi lahusti
Süsihape	Süsinik dioksiid	CO_2	Vees lahustuv, mittepõlev gaas, tardub temperatuuril -78°C	Kaitsegaas MAG keevitusel, kuivjää jahutusainena
Külmpuhasti	Orgaaniline lahusti	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	Värvitu, tihti kergesti süttiv vedelik	Rasva, õli ja puhastusainete lahusti
Vasevitriol	Vasksulfaat	CuSO_4	Sinine, vees lahustuv, kergelt mürgine	Elektrolüüsivannid, kahjuritõrje
Korund	Alumiiniumoksiid	Al_2O_3	Väga kõva, värvitu kristall, sulamistemperatuur 2050°C	Lihv- ja poleervahend, oksiidkeramika
Etüülalkohol	Etüülalkohol denatureeritud	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Värvitu, kergesti süttiv vedelik, keemistemperatuur 78°C	Lahusti, puhastus- ja süüteaine, kütuselisand
Soolhape	Soolhape	HCl	Värvitu, teravalt lõhnav, tugev hape	Metallide söövitaja, kemikaalide toore
Lämmastikhape	Lämmastikhape	HNO_3	Tugev hape, lahustab metalle (v.a. väärismetallid)	Metallide söövitaja, kemikaalide toore
Sooda	Naatriumkarbonaat	Na_2CO_3	Värvitu kristall, vees kergesti lahustuv, aluseline	Rasvastustamis- ja puhastusvannid, vettpehmendav
Ammoonium-piiritus	Ammoonium-hüdroksiid	NH_4OH	Värvitu, teravalt lõhnav vedelik, nõrk leelis	Rasvade lahusti, hapete neutraliseerimine
Väävelhape	Väävelhape	H_2SO_4	Värvitu, rasvane, lõhnatu, tugev hape	Metallide söövitus, elektrolüüsivannid, patareid
Söögisool	Naatriumkloriid	NaCl	Värvitu, kristalne sool, vees kergesti lahustuv	Maitseaine, jahutussegu, kloori ekstraksiooniks

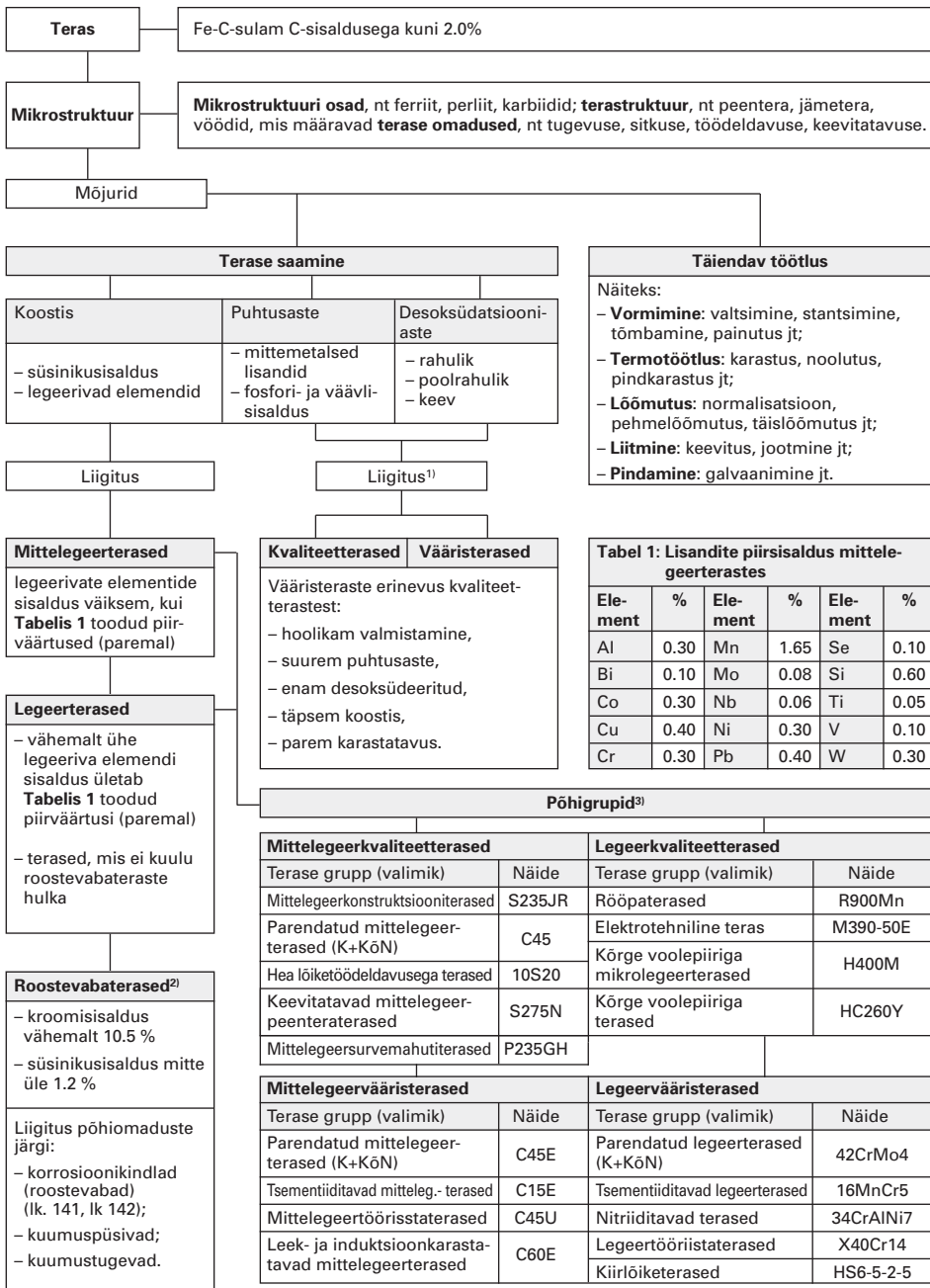
Sagedasemad molekulaargrupid

Molekulaargrupp		Kirjeldus	Näide	
Nimetus	Valem		Nimetus	Valem
Karbiid	$\equiv \text{C}$	Süsinikuühend; mõningal määral väga kõva	Ränikarbiid	SiC
Karbonaat	$= \text{CO}_3$	Süsihappeühend, soojuste toimet laguneb (CO_2)	Kaltsiumkarbonaat	CaCO_3
Kloriid	$- \text{Cl}$	Hüdrokloorhappesool, kergesti veeslahustuv	Naatriumkloriid	NaCl
Hüdroksiid	$- \text{OH}$	Valmistatakse metallioksiididest ja veest; käituvad alusena	Kaltsiumhüdroksiid	Ca(OH)_2
Nitrat	$- \text{NO}_3$	Lämmastikhappe sool, kergesti veeslahustuv	Kaaliumnitrat	KNO_3
Nitriid	$\equiv \text{N}$	Lämmastikühend, mõningad neist väga kõvad	Räninitriid	SiN
Oksiid	$= \text{O}$	Hapnikuühend; maakeral enamlevinud molekulaargrupp, monooksiid (O), dioksiid (O_2)	Alumiiniumoksiid	Al_2O_3
Sulfaat	$= \text{SO}_4$	Väävelhappe sool; kergesti veeslahustuv	Vasksulfaat	CuSO_4
Sulfiid	$= \text{S}$	Väävliühend; põhilised maagid, tagab murduva laustu hea lõiketöödeldavusega terastes	Raud (II) sulfiid	FeS

pH väärtus

Vesilahuse tüüp	suurevalt happeline						neutraalne	suurevalt aluseline							
	0	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14
pH väärtus	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kontsentratsioon H^+ , mol/l	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}

Teraste määratlus ja liigid



¹⁾ Põhigrupp "Tavaterased" on ära jäetud. Kõiki varasemaid tavateraseid toodetakse kvaliteetterastena.

²⁾ Roostevabaterased moodustavad eraldi grupi. Need on legeerterased, kuid neid ei liigitata kvaliteet- või vääristerasteks.

³⁾ www.europa-lehrmittel.de/tm47 "Material testing by spark tests".

Terastoodete standardimine

Teraste ja terastoodete nt, lehtmetsall, vardad ja torud, tähistamine on määratletud erinevate standarditega. Täieliku tähise ja usaldusväärse tellimisspetsifikatsiooni koostamiseks tuleb järgida erinevate standardite sätteid koos.

Näide:

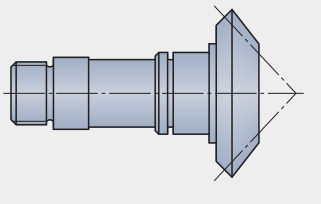
Nõutavad omadused:

- kulumiskindlus,
- südameki kõrge tugevus,
- kõrge väsimustugevus.

Sobivad materjaligrupid:

- tsementiitidavad terased, lk 137;
- niitriidid terased, lk 139;
- leek- ja induktioonkarastatavad terased, lk 139.

Võllhammasratas



Sobiv valmistusviis:

- toorik: ümarvarras;
- lõiketöötlus, termotöötlus.

Sobiv ümarvarras¹⁾:

- kuumvaltsümarteras¹⁾, lk 151;
- kalibreeritud teras¹⁾, lk 152.

Valik: Tsementiitidavad terased DIN EN 10084 järgi	
Standard määratleb järgmise info, nt:	
Grupp	Sisu, näited
Definitsioon	Tsementiitidav teras
Liigid, tähistus	Legeer- ja mittelegeerterased, nt C15E, 16MnCr5, 15NiCr13
Tellimisinfo	Kogus, toote kuju, mõõtmete standardi tähis, mõõtmed, tingtähis, termotöötlus ja pinnaviimistlus
Tootmine	Rahulik teras, tavapärase tarne
Keemiline koostis	Süsinikusisaldus, legeerivad elemendid, mittemetalsed lisandid
Termotöötlus	Temperatuur, karastuskeskkond, karastusprotsess ja kõvaduse vahemik
Omadused	Töödeldavus, lõigatavus
Mikrostruktuur	Terasuurus, lisandid
Terase liigid	36 erinevat tsementiitidavat terast
Väljastusolek	Pehmelöömutatud (+A), töödeldud karastuspingete suhtes (+TH)
Pinnaviimistlus	Kuumtöödeldud (+HW), kuumtöödeldud ja jugapuhastatud
Töödeldavus	Lõiketöödeldav, lõigatav
Katsetamine	Kõvaduse kontroll

¹⁾ Terastoodete terminid vastavalt DIN EN 10079.

Valik: Kuumvaltsitud ümarteras DIN EN 10060 järgi

Standard määratleb järgmise info, nt:

- tähistus,
- eelistatud läbimõõt d ,
- pikkus L (tüüp, vahemik),
- tolerantsid,
- sirgsus, mitteümarus,
- parameetrite mõõtmisreeglid.

Teraste tähistussüsteem, margid DIN EN 10027-1 järgi (lk 127)

Standard määratleb järgmise info, nt:

- margitähis, tähistusviis, margitähise määratlus, liigitus ja struktuur;
- põhilised margitähised ja lisatähised.

Valik: 16MnCr5+A+BC

- 16MnCr5 → põhilised keemilise koostise tähised
- +A → pehmelöömutatud
- +BC → kuumtöödeldud ja jugapuhastatud

Tähistuse näide:

⇒ Ümarvarras EN 10060 – 55 x 6000 F terasest EN 10084 16MnCr5+A+BC

Ümarvarras läbimõõduga $d = 55$ mm ja $L = 6000$ mm, etteantud pikkusega (F), tsementiitidavast terasest 16MnCr5, pehmelöömutatud (+A), kuumtöödeldud ja jugapuhastatud (+BC).

Märkus: Standardtähised kirjeldavad alati tarneolekut.

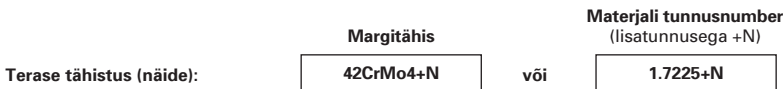
Valitud täiendavad tähised, mis lisatakse margitähisele või tunnusnumbrile, tulenevad teraste tähistussüsteemist ja osaliselt terase grupi standardeist, nt "Üldkonstruktsiooniterased", "Tsementiitidavad terased", "Parendatud (K+KõN) terased" jne.

Terase tunnusnumbrite süsteem

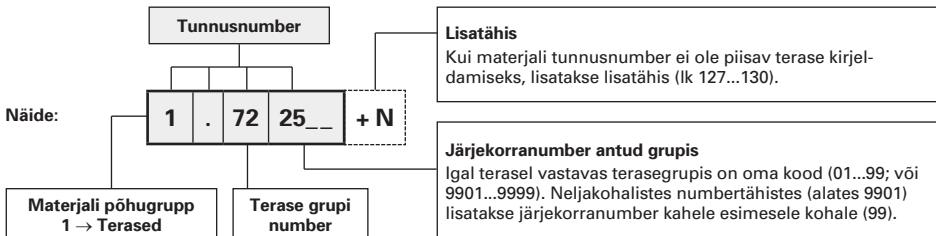
Materjali tunnusnumbrid

DIN EN 10027-2 (2015-07)

Terase margitähiseid (lk 127) või materjali tunnusnumbreid kasutatakse teraste määratlemiseks ja eristamiseks.



Materjali tunnusnumber on 6-positsiooniline (viis numbrit ja punkt), sobib andmetöötluks paremini, kui margitähis.



Mittelegeerterased

Terase grupi number	Terase grupp ¹⁾
Kvaliteetterased	
00, 01, 91	Üldehitusterased, $R_m < 500 \text{ N/mm}^2$
02, 92	Teised mittetermotööeldavad konstruktsiooniterased $R_m < 500 \text{ N/mm}^2$
03, 93	Terased $C < 0.12\%$ või $R_m < 400 \text{ N/mm}^2$
04, 94	Terased $0.12\% \leq C < 0.25\%$ või $400 \text{ N/mm}^2 \leq R_m < 500 \text{ N/mm}^2$
05, 95	Terased $0.25\% \leq C < 0.55\%$ või $500 \text{ N/mm}^2 \leq R_m < 700 \text{ N/mm}^2$
06, 96	Terased $C \geq 0.55\%$ või $R_m \geq 700 \text{ N/mm}^2$
07, 97	Kõrgendatud fosfori- ja vävliisaldusega terased
Vääristerased	
10	Füüsikaliste eriomadustega terased
11	Ehitus-, masina- ja survemahutiterased $C < 0.5\%$
12	Ehitus-, masina- ja survemahutiterased $C \geq 0.5\%$
13	Eriotstarbelised ehitus-, masina- ja survemahutiterased
15...18	Mittelegeertööriistaterased

Legeerterased

Terase grupi number	Terase grupp
Kvaliteetterased	
08, 98	Füüsikaliste eriomadustega terased
09, 99	Mitmesuguse kasutusotstarbega terased
Vääristerased	
20...28	Legeertööriistaterased
32	Koobaltiga kiirloiketeterased
33	Ilma koobaltita kiirloiketeterased
34	Kulumiskindlad terased
35	Kuullaagriterased
36, 37	Magnetiliste eriomadustega terased
38, 39	Füüsikaliste eriomadustega terased
40...45	Roostevabaterased
46	Niklisulamid, keemiliselt püsivad, kõrgtemperatuurised
47, 48	Kuumuskindlad terased
49	Kõrgtemperatuurised materjalid
50...84	Ehitus-, masina- ja survemahutiterased erinevates sulamikombinatsioonides
85	Nitriiditavad terased
87...89	Kõrgtugevad keevitavad terased

¹⁾ C on süsinik, R_m on tõmbetugevus.

Tõmbetugevuse R_m ja süsinikusalduse C väärtus on keskvärtused.

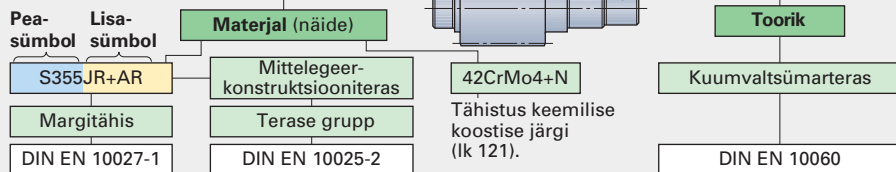
Teraste tähistus

DIN EN 10027-1 (2017-01)

Tähistus kasutuse järgi

Teraste margitähised koosnevad pea- ja lisasümbolitest. Peasümbol viitab kasutusele või keemilisele koostisele. Lisasümbolid sõltuvad terase või toote grupist.

Näide: völlihammasratas



Peasümbolid kasutuse järgi tähistamiseks

Kasutus	Peasümbol ¹⁾	Kasutus	Peasümbol
Ehitusterased	S	235 ²⁾	Y 1770 ³⁾
Masinaterased	E	360 ²⁾	D X52 ⁴⁾
Survemahutiterased	P	265 ²⁾	R 260 ⁵⁾
Toruterased	L	360 ²⁾	H C420 ⁶⁾
Sarrusterased	B	500 ²⁾	M 400-50 ⁷⁾
Pakketeras, plekk ja riba	T	S550 ²⁾	Valuteraste korral eelneb peasümbolile täht G

¹⁾ Peasümbol koosneb tähttähisest ja numbrist ning võib sisaldada lisatähte.

²⁾ Voolepiir R_e toote vähima paksuse korral.

³⁾ Vähima tõmbetugevuse R_m nimiväärtus.

⁴⁾ Valtsitud olekus C, D, X koos 2 sümboliga.

⁵⁾ Vähim Brinelli kõvadus.

⁶⁾ Valtsitud olekus C, D, X koos vähima voolepiiriga R_e või valtsitud olekus CT, DT, XT koos vähima tõmbetugevusega R_m .

⁷⁾ Suurim magnethüsteresiskadu W/kg x 100 ja nimi-paksus x100, eraldatud kriipsuga.

Ehitusterased

Tähistuse näide:

S 235 JR + N

Ehitusterase tunnus

Voolepiir R_e toote vähima paksuse korral

Lisatähis

Tootegrupp (valimik)	Standard	Lisatähised						
Mitteleegerkuumvaltskonstruktsiooniterased	DIN EN 10025-2	<table border="1"> <tr> <th>Prurustustöö, J ja temperatuur, °C</th> <th></th> </tr> <tr> <td>JR 27 20°</td> <td>J2 27 -20°</td> </tr> <tr> <td>J0 27 0°</td> <td>K2 40 -20°</td> </tr> </table> C eriline külmtööeldavus +AR väljastatud valtsitud +N normaliseeritud	Prurustustöö, J ja temperatuur, °C		JR 27 20°	J2 27 -20°	J0 27 0°	K2 40 -20°
Prurustustöö, J ja temperatuur, °C								
JR 27 20°	J2 27 -20°							
J0 27 0°	K2 40 -20°							
Normaliseeritud/normaliseeritava, keevitavad peenterakonstruktsiooniterased	DIN EN 10025-3	N normaliseeritud või normaliseerimisega valtsitud, prurustustöö temperatuuril -20 °C. NL nagu N, aga prurustustöö temperatuuril -50 °C						
Termomehaaniliselt valtsitud keevitavad konstruktsiooniterased	DIN EN 10025-4	M termomehaaniliselt valtsitud, prurustustöö temperatuuril -20 °C ML nagu M, aga prurustustöö temperatuuril -50 °C						
Parendatud (K+KõN) kuumvaltsitud kõrge voolepiiriga konstruktsiooniterased	DIN EN 10025-6	Q parendatud (K+KõN), prurustustöö temperatuuril -20°C QL parendatud (K+KõN), prurustustöö temperatuuril -40°C QL1 parendatud (K+KõN), prurustustöö temperatuuril -60°C						
Kalibreeritud terastoodete terased	DIN EN 10277-1, 2	JR, J2, C standardi DIN EN 10025-2 järgi (vt ülal) +C külmtõmmatud +SH valtsitud ja kooritud +SL lihvitud						
Mitteleeger- ja peenterakonstruktsiooniterasest kuumvaltsöönesprofiilid	DIN EN 10210-1	JR, J0, J2 ja K2 standardi DIN EN 10025-2 järgi N, NL standardi DIN EN 10025-3 järgi H öonesprofiil						

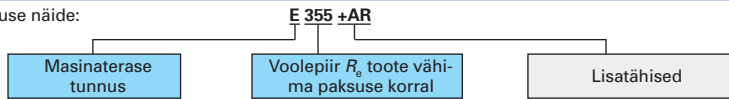
⇒ S235JR+N: Ehitusteras $R_e = 235$ N/mm², prurustustöö 27 J temperatuuril 20°C, normaliseeritud (+N).

Teraste tähistus

DIN EN 10027-1 (2017-01)

Masinaterased

Tähistuse näide:

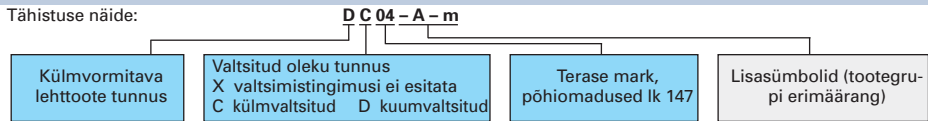


Tootegrupp (valimik)	Standard	Lisätähised
Mittelegeerkuumvaltskonstruktsiooniterased	DIN EN 10025-2	GC eriti sobiv külmtootlemiseks +AR väljastatud valtsitult +N normaliseeritud
Kalibreeritud terased	DIN EN 10277-1, 2	GC eriti sobiv külmtootlemiseks +C külmtoimmatud +SH valtsitud ja kooritud +SL lihvitud
Külmtoimmatud õmbluseta torud	DIN EN 10305-1	+A lõõmutatud +C kalibreeritud/kõva +LC kalibreeritud/pehme +N normaliseeritud +SR kalibreeritud ja pingetustatud
Mittelegeer- ja legeerterasest õmbluseta torud	DIN EN 10297-1	J2 purustustöö 27J temperatuuril – 20°C K2 purustustöö 40J temperatuuril – 20°C +AR valtsitud olekus +N normaliseeritud +QT parendatud (K+K6N)

⇒ **E355+AR**: Masinateras, voolepiir $R_e = 355 \text{ N/mm}^2$, tarnitud valtsitud olekus (+AR).

Külmvormitavad lehttooted

Tähistuse näide:

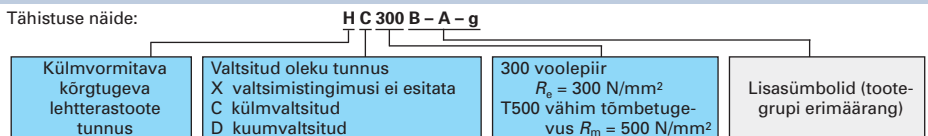


Tootegrupp (valimik)	Standard	Lisätähised
Külmvormitavad külmvaltsitud pehmeteraslehttooted	DIN EN 10130	Pinna tüüp ja viimistlus A lubatud on töödeldavust ja pinde adhesiooni mittemõjutavad defektid B parem külg peab olema defektivaba määral, mis ei mõju värvi või pinde kvaliteedile b osaliselt sile g sile m matt r kare
Külmvormitavad pidevsukelduspinnatud pehmeterasleht ja -riba	DIN EN 10346	D kuumsukelduspinne Pinne (järgneb pinde pindmass g/m^2 , nt Z140) +AS Al-Si sulam +AZ Al-Zn sulam +Z tsink +ZA Zn-Al sulam +ZF Zn-Fe sulam +ZM Zn-Mg sulam Tsinkpinde viimistlus (+Z): N tüüpiline tsinkliil M väike tsinkliil Pinna tüüp B parendatud viimistlus A tavaviimistlus C parim viimistlus

⇒ **DC04 – A – m**: Külmvormitav lehttoode (D), külmvaltsitud (C), terase mark 4 (lk 147), pinna tüüp A, pinnaviimistlus matt (m).

Külmvormitavad kõrgtugevatest terasest lehttooted

Tähistuse näide:



Tootegrupp (valimik)	Standard	Lisätähised
Mikrolegeeritud terasest külmvaltssterasriba ja -leht	DIN EN 10268	B deformatsioonvanandatud teras Y kõrgtugev, IF teras I isotroopne teras LA madallegeer/mikrolegeerteras Pinna tüüp ja viimistlus valtsimisliasele < 600 mm standardi DIN EN 10139 järgi valtsimisliasele $\geq 600 \text{ mm}$ standardi DIN EN 10130 järgi

⇒ **HC260I – A – g**: Kõrgtugevast terasest külmvaltsleht (H), külmvaltsitud (C), vähim tõmbetugevus $R_e = 260 \text{ N/mm}^2$ (260), isotroopne teras (I), pinna tüüp A, sile pind (g).

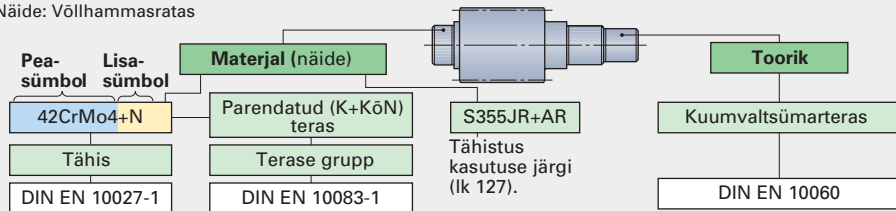
Teraste tähistus

DIN EN 10027-1 (2017-01)

Tähistus keemilise koostise järgi

Põhisümbolid väljendavad terase otstarvet ning keemilist koostist ja on loodud nelja erineva tähistusgrupi baasil. Täiendavad sümbolid sõltuvad terase või toote grupist.

Näide: Võllhammasratas

Tähistusgrupid, näited ja peasümbolite kasutus^{1) 2)}

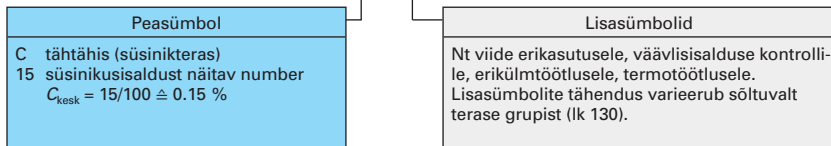
Mittelegeerteras Mn-sisaldus < 1 %, v.a hea lõiketöödeldavusega teras	Legeerteras, hea lõiketöödeldavusega teras, mitteleegerkonstruktsioonit- erased mangaanisaldusega	Legeerteras üksiku legeeriva elemendi keskmine sisaldus ≥ 5 %	Kiirlõiketeras HS 10-4-3-10
C15E	42CrMo4	X12CrNi18-8	Kiirlõiketerase tähis
Kasutus, nt: tsementiitud mitte- legeerteras, parendatavad(K+KõN) mittelegeerteras, mittelegeertööriista- teras.	Kasutus, nt: hea lõiketöödeldavusega teras, tsementiitavad legeer- teras, parendatavad (K+KõN) legeerteras, legeertööriistateras, vedruteras	Kasutus, nt: Roostevabateras: korrosioonikindlad, kuumuskindlad, kuumustugevad teras; Tööriistateras: külmtooriiistateras, kuumtooriiistateras.	Legeerivate elementide sis- aldus järjekorras W-Mo-V-Co 10 → 10% volframit (W) 4 → 4% molübdeeni (Mo) 3 → 3% vanaadiumi (V) 10 → 10% koobaltit (Co)

¹⁾ Valuteraste korral eelneb peasümbolile täht **G**; pulberteraste korral eelnevad peasümbolile tähed **PM**.

²⁾ www.europa-lehrmittel.de/tm47 "Material testing by spark tests".

Mittelegeerteras Mn-sisaldusega < 1 %, v.a hea lõiketöödeldavusega teras

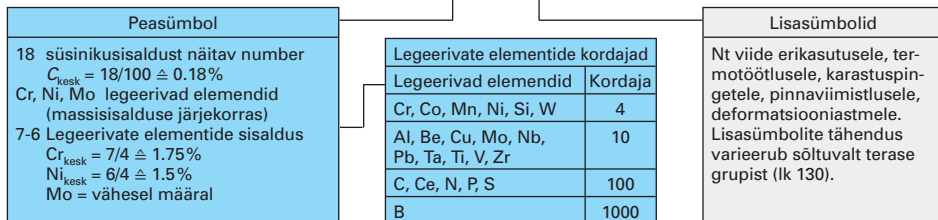
Tähistuse näide:

C15 E+S+BC

⇒ **C45E+S+BC**: Parendatav (K+KõN) mittelegeerteras, C-sisaldus 0.45%, etteantud suurim S-sisaldus (E), töödeldud lõigatavusele (+S), haaveldatud (+BC) (täiendavad sümbolid lk 130, parendatavad (K+KõN) teras).

Legeerteras, hea lõiketöödeldavusega teras, mittelegeerteras Mn-sisaldusega > 1 %

Tähistuse näide:

18CrNiMo7-6 +TH+BC

⇒ **17CrNiMo6-4+TH+BC**: Tsementiitav legeerteras, C-sisaldus 0.17 % (17), Cr-sisaldus 1.5 % (6), Ni-sisaldus 1.0 % (4), Mo vähesel määral, karastuspingete suhtes töödeldud (+TH) ja pindkaestatud (+BC) (lisasümbolid lk 130, tsementiitavad teras).

Teraste tähistus

DIN EN 10027-1 (2017-01)

Terase grupp/Valim	Standard	Lisasümbolid
Kuumtöödeldud tsementiitvatavad terased	DIN EN 10084	E määratud suurim väävlisisaldus R määratud väävlisisalduse vahemik Tööstustingimused +U mittetöödeldud +A pehmelöömutatud +N normaliseeritud +S töödeldud lõigatavusele +TH töödeldud karastuspingete suhtes (vaid mõnele terastele) +FP töödeldud ferriit-perliitstruktuurile ja karastuspingete suhtes (vaid mõnele terastele) +QT parendatud (vaid parendatud terastele) +H normaalkarastuvus +HH piiratud kõvaduse tolerants, ülemine määr +HL piiratud kõvaduse tolerants, alumine määr Pinnatöötlus +HW (või tähiseta) kuumtöödeldud +BC kuumtöödeldud ja haaveldatud +PI kuumtöödeldud ja söövitatud +RM kuumtöödeldud ja kooritud
Kuumtöödeldud parendatavad (K+KõN) terased	DIN EN 10083-1 10083-2 10083-3	
Kuumtöödeldud hea lõiketöödeldavusega terased	DIN EN 10087	Normaaltingimustes lisasümboleid ei esitata (erijuhtudel otsekarastuse tarvis: +QT parendatud (K+KõN))
Nitriiditud terased, kuumvaltsitud	DIN EN 10085	Termotöötuluse olekud +A pehmelöömutatud +QT parendatud (K+KõN) Pinnaviimistlus: tähiseta = valtsitud või sepistatud +PI täiendavalt söövitatud +BC täiendavalt haaveldatud
Tööriistaterased (v.a. kiirliõiketerased)	DIN EN ISO 4957	U tööriistadele +A (või tähiseta) pehmelöömutatud +A+C lõõmutatud ja külmtoimmatud +QT parendatud (K+KõN) +U mittetöödeldud
Kalibreeritud hea lõiketöödeldavusega terased, tsementiitvatavad terased ja parendatud (K+KõN) terased	DIN EN 10277-1 10277-3, 4, 5	+C külmtoimmatud +SH valtsitud ja kooritud +SL lihvitud E, R, +A, +FP, +QT nagu DIN EN 10083, 10084 (ülal)
Õmbluseta torud tsementiitvatavast terasest ja parendatud (K+KõN) terasest	DIN EN 10297-1	+A pehmelöömutatud +AR valtsitud +N normaliseeritud +FP töödeldud ferriit-perliitstruktuurile ja karastuspingetele +QT karastatud ja noolutatud +TH töödeldud karastuspingetele

⇒ **16MnCr5+A:** Tsementiitvat legeerteras, C-sisaldus 0.16 % (16), Mn-sisaldus 1.25 % (5), Cr vähesel määral, pehmelöömutatud (+A).

Legeerteras, vähemalt ühe legeeriva elemendi keskmine sisaldus on üle 5% (v.a kiirliõiketerased)

Tähistuse näide:

X4CrNi18-12 +2D

Peasümbol
X tähistusgruppi tunnusmärk
4 keskmist süsinikusisaldust näitav number
$C_{\text{kesk}} = 4/100 = 0.04\%$
Cr, Ni põhilised legeerivad elemendid (Cr > Ni)
18-12 nende sisaldus, %
kroom = 18%, nikkel = 12%

Lisasümbolid
Termotöötuluse ja valtsimise tingimuste tähistus, teostuse liik, pinnaviimistlus.
Lisasümbolite tähendus varieerub kooskõlas tootegrupiga.

Terase grupp/ toote grupp (valimik)	Standard	Lisasümbolid (valimik)	
		Termotöötuluse	Teostuse/pinnaviimistluse viis
Kuumvaltsitud korrosioonikindel terasleht ja riba	DIN EN 10088-2	+A lõõmutatud (K+KõN) +QT parendatud (K+KõN) tugevuseni $R_m = 650 \text{ N/mm}^2$ +AT tardlahuslöömutatud +P1300	+1 kuumvaltsitud +1U mittetermotöötulud, mittetagistatud +1C termotöötulud, mittetagistatud +1E termotöötulud, mehaaniliselt tagistatud +1D termotöötulud, söövitatud +1G lihvitud
Külmvaltsitud korrosioonikindel terasleht ja riba	DIN EN 10088-2	dispersioonkõvendatud tugevuseni $R_m = 1300 \text{ N/mm}^2$ +SR pingetuslöömutatud +C850 kalestatud (vaid teostuse liik 2H) tugevuseni $R_m = 850 \text{ N/mm}^2$	+2 külmvaltsitud 2A termotöötulud, söövitatud, hiljem valtsitud 2C, E, D, G samuti kui kuumvaltsitud 2B nagu D, kuid täiendavalt külmvaltsitud 2R heledalöömutatud 2Q karastatud ja noolutatud, tagivaba 2H kalestatud (erinevate kõvadusastmeteni), hele pind

⇒ **X2CrNi18-9+AT+2D:** Legeerteras, C-sisaldus 0.02% (2), Cr-sisaldus 18%, Ni-sisaldus 9%, tardlahuslöömutatud (+AT), külmvaltsitud (+2), kuumtöödeldud, söövitatud, siile pind (D).

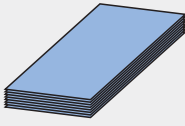
Terased, ülevaade

Tasapinsed ja varrastooted, torud, profiilid (valimik)

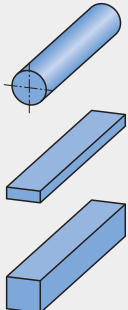
DIN EN 10079 (2007-06)

Metallurgiatehastes toodetakse pooltooteid pidevvalu, kokillivalu, valtsimise või sepistamise teel. Neid tooteid töödeldakse järgnevalt nt lehtmetailiks, ühtlasteks varrasteks või profiilvarrasteks.

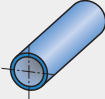
Tasapinsed tooted (valimik)

 <p>Lehtmetail</p>	Kuumvaltsleht (lk 148)	Kuumvaltsriba (lk 148)
	Ristküliku- või ruudukujulised lehed Lehe servad on: – ebaühtlased ja kergelt kõverad, valtsitult; – siledad ja ühtlased, lõigatult.	Rullis tasapindtooted (rullid) Riba servad on: – ebaühtlased ja kergelt kõverad, valtsitult; – siledad ja ühtlased lõigatult.
	Lehe ja riba erivaltsimismeetodid	
	Tava (normalisatsiooniga) valtsimine	Termomehaaniline valtsimine
Pigistusaste ja temperatuuri kontroll valtsimisprotsessis tagab struktuuri, mis vastab „normaliseeritud“ (+N) olekule.	Pigistusaste ja temperatuuri kontrolli eesmärgiks valtsimisprotsessis on tagada eriomadused, nt kõrgem voolepiir, mis pole saavutatav termotötlusega.	
Külmvaltsleht (lk 147, lk 148)	Külmvaltsriba (lk 147, lk 148)	
Ristküliku- või ruudukujulised lehed, sile pind erinevate viimistlustega, töötlemata või lõigatud servad, kahestunud materjal.	Rullis tasapindtooted, sile ja ühtlane pind, servad kergelt kõverad või lõigatud, kahestunud materjal.	
Leht ja riba pakendamiseks		
Must leht	Tinatatud leht	
Mittelegeerterastest leht ja riba, mis on saadud ühe- või kahekordse külmvaltsi- misega.	Must leht või riba, mis on kahepoolselt elektrolüütiliselt tinatud.	

Varrastooted

	Kuumvaltsitud vardad (lk 151)	Valtstraat	
	Eristatakse ristloike kuju järgi, nt ümar- vardad, ristkülikvardad, ruutvardad. Pind valtsitult või tagitustatult/kooritult.	Kuumvaltsitud ja rullis pikad tooted pak- susega $t \leq 5$ mm, sile pind, ristloike kujud nagu varrastel.	
	Kalibreeritud terasvardad, nt ümarvarras, ristkülikvarras, ruutvarras (lk 152)		
Tarneolek			
Kõrge kuju- ja mõõtmete täpsus, kõrge pinnakvali- teet, kahestunud pind, tõenäoliselt süsinikarast- atud.	Koorivtöedeldud (ümarvarras)	Lihvitud (ümarvarras)	
Kõrge kuju- ja mõõtmete täp- susega lõiketöedeldud pind, kõrge pinnakvaliteet, puudub pinna süsinikarastus.	Tõmmatud või kooritud var- dad, lihvitud või poleeritud pinnaga, parim pinnaviimis- tulus ja kõrgeim mõõtmete täpsus.		

Torud

	Õmbluseta torud (lk 149)	Keevistorud
Toodetakse eelmulgustatud rõngaste kuum- valtsimise teel, edasine töötlus kül- või kuumvaltsimise või külmtämbamisega	Ümaraks vormitud tasapinsed tooted piki- või spiraalkeevimisõmblusega	

Profiilvardad

	Kuumvaltsprofiilid (lk 153...lk 157)	Külmvaltsprofiilid
Tähistus vastavalt ristloike kujule, nt L-profiil, U-profiil, I-profiil, pind valtsitult.	Tähistus nagu kuumvaltsprofiilidel, kahestunud pinnakihid, rahuldav mõõtmete stabiilsus, sile pind.	

Terased, ülevaade

Alagrupp, väljastusolek	Standard	Põhinäitajad	Kasutus	Sortiment ¹⁾			
				S	B	P	W
Kuumvaltsitud mittelegeerkonstruktsiooniterased							lk 135
Ehitus- ja masinaterased	DIN EN 10025-2	<ul style="list-style-type: none"> hea lõiketöödeldavus keevitav, v.a. S185 kül- ja kuumtöödeldavad 	Keeviskonstruktsioonid ehituses ja masinaehituses, lihtsad masinaosad	•	•	•	•
Masinaterased		<ul style="list-style-type: none"> lõiketöödeldavad mittekeevitavad kül- ja kuumtöödeldavad 	Termootlusetu (nt karastamine, parendamine (K+KõN)) masinaosad	•	•	–	•
Keevitavad peenterakonstruktsiooniterased							lk 136
Normaliseeritud	DIN EN 10025-3	<ul style="list-style-type: none"> keevitavad kuumtöödeldavad 	Suure sitkusega keevised, hea vastupanu haprale purunemisele ja väsimuskindlus masina- ja ehituskonstruktsioonides	•	•	•	•
Termomehaaniliselt valtsitud	DIN EN 10025-4	<ul style="list-style-type: none"> keevitavad mittekuumtöödeldavad 		•	•	–	•
Parendatavad (K+KõN) kõrge voolepiiriga konstruktsiooniterased							lk 136
Legeerterased	DIN EN 10025-6	<ul style="list-style-type: none"> keevitavad kuumtöödeldavad 	Kõrgtugevad keevised masina- ja ehituskonstruktsioonides	•	–	–	–
Tsementiitavad terased							lk 137
Mittelegeerterased	DIN EN 10084	<ul style="list-style-type: none"> hea lõiketöödeldavus pehmelõõmutatult kuumtöödeldavad pindkarastuvad peale pinna süsinikrikastust 	Kulumiskindla pinnaga väikesed detailid	•	•	–	•
Legeerterased		<ul style="list-style-type: none"> hea lõiketöödeldavus pehmelõõmutatult kuumtöödeldavad pindkarastuvad peale pinna süsinikrikastust 	Kulumiskindla pinnaga tsükliliselt koormatud väikesed detailid	•	•	–	•
Parendatavad (K+KõN) terased							lk 138
Mittelegeer- kvaliteetterased	DIN EN 10083-2	<ul style="list-style-type: none"> hea lõiketöödeldavus pehmelõõmutatult kuumtöödeldavad karastuvad (küsitav mittelegeer- kvaliteetteraste korral) 	Mittekarastatavad kõrgtugevad detailid	•	•	–	•
Mittelegeer- väriterased			Raskkoormatud hea sitkusega detailid	•	•	–	•
Legeerterased	DIN EN 10083-3		Raskkoormatud hea sitkusega detailid	•	•	–	•
Leek- ja induktsoonkarastatavad terased							lk 139
Mittelegeerterased	DIN EN 10083-2, DIN EN 10083-3	<ul style="list-style-type: none"> hea lõiketöödeldavus pehmelõõmutatult kuumtöödeldavad otsekarastatavad; võimalik kohtkarastus, nt hammasrata hambapea parendamine (K+KõN) enne karastamist 	Südami- ku madala tugevusega kohtkarastatud detailid	•	•	–	•
Legeerterased			Südami- ku kõrge tugevusega suuremad kohtkarastatud detailid	•	•	–	•
Nitriiditavad terased							lk 139
Legeerterased	DIN EN 10085	<ul style="list-style-type: none"> hea lõiketöödeldavus pehmelõõmutatult karastatavad nitriide moodustavate elementidega, väikesed karastusdeformatsioonid parendamine (K+KõN) enne nitriitimist 	Suure väsimustugevusega detailid, kuluvad detailid, detailid tööks temperatuuridel kuni 500 °C	•	•	–	•
Vedruterased							lk 143
Mittelegeer- ja legeerterased	DIN EN 10270 DIN EN 10089	<ul style="list-style-type: none"> kül- või kuumtöödeldavad hea elastne vormitavus kõrge väsimustugevus 	Lehtvedrud, spiraalvedrud, taldrikvedrud, torsioonvardad	–	–	–	•

¹⁾ Terastooted: S leht, riba; W traat;

B vardad, nt ristkülik-, ruut- ja ümarvarras; P profiilid, nt L-profiil, U-profiil, T-profiil.



Terased, ülevaade

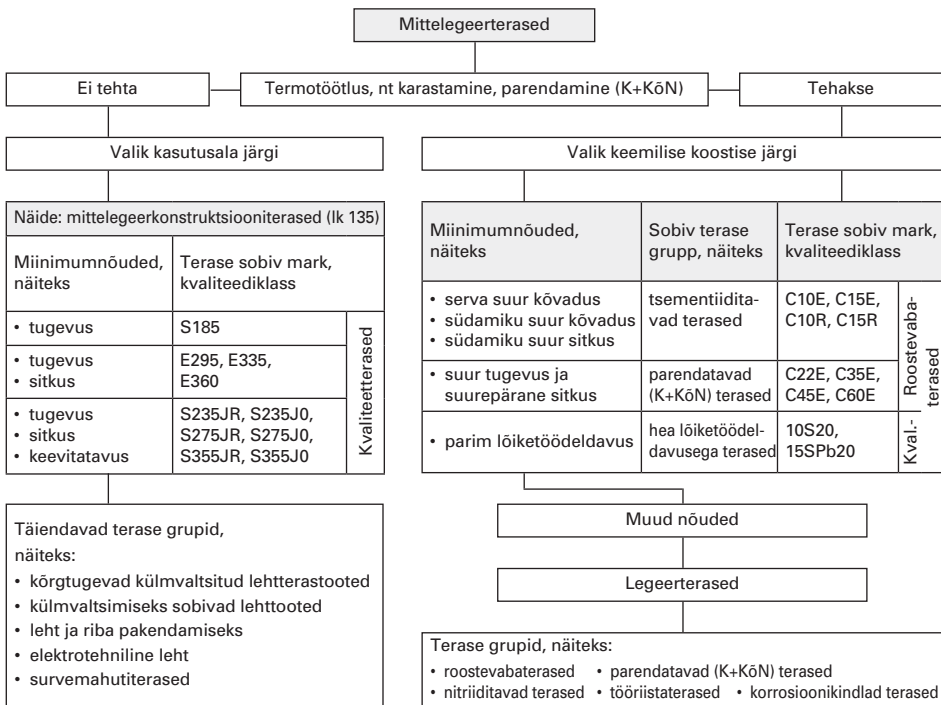
Alagrupp, väljastusolek	Standard	Põhinäitajad	Kasutus	Sortiment ¹⁾			
				S	B	P	W
Hea lõiketöödeldavusega terased				lk 139			
Mitteter- töödeldavad terased	DIN EN 10087	<ul style="list-style-type: none"> • optimaalse lõiketöödeldavusega (murduv laast) • mittekeevitav • termotöötlemine ei pruugi tsemendiitumise ning parendamise (K+KõN) korral olla ühtlane 	Madala tugevusega treitud masstoodetud detailid	-	•	-	•
Tsementiit- tavad terased	DIN EN 10087		Nagu tsementiititud mittelegeerterased; parem lõiketöödeldavus	-	•	-	•
Parendatavad terased	DIN EN 10087		Nagu parendatavad (K+KõN) mittelegeerterased; parem lõiketöödeldavus, madalam väsimustugevus	-	•	-	•
Tööriistaterased				lk 140			
Mittelegeer- kõlmööriista- terased	DIN EN ISO 4957	<ul style="list-style-type: none"> • hea lõiketöödeldavus pehmelöömutatult • mittevormitav külmal/kuumal • läbikarastuvus kuni 10 mm 	Vähekoormatud löike- ja vormimistööriistad tööks temperatuuridel kuni 200 °C.	•	•	•	•
Legeerkõlmööriistaterased	DIN EN ISO 4957	<ul style="list-style-type: none"> • lõiketöödeldav pehmelöömutatult • kuumtöödeldav • suurem pindkarastuvussügavus, suurem tugevus ja kulumiskindlus kui mittelegeer-kõlmööriistaterastel 	Raskkoormatud löike- ja vormimistööriistad tööks temperatuuridel üle 200 °C.	•	•	-	•
Kuumtööriistaterased	DIN EN ISO 4957	<ul style="list-style-type: none"> • lõiketöödeldav pehmelöömutatult • kuumtöödeldav • läbikarastuv 	Vormimistööriistad tööks temperatuuridel üle 200 °C.	•	•	-	•
Kiirlõiketerased	DIN EN ISO 4957	<ul style="list-style-type: none"> • lõiketöödeldav pehmelöömutatult • kuumtöödeldav • läbikarastuv 	Lõiketööriistad tööks temperatuuridel kuni 600 °C, raskkoormatud vormimistööriistad.	•	•	-	•
Korrosioonikindlad terased				lk 141, lk 142			
Ferriit- terased	DIN EN 10088-2, DIN EN 10088-3	<ul style="list-style-type: none"> • lõiketöödeldav • hästi kõlmöödeldav • keevitav • termotöötlemine ei suurenda tugevust 	Kergkoormatud roostevabad detailid; vastupidavad kloori keskkonnas ja pingekorrosiooni tingimustes	•	•	•	•
Austeniit- terased	DIN EN 10088-2, DIN EN 10088-3	<ul style="list-style-type: none"> • lõiketöödeldav • väga hästi kõlmöödeldav • keevitav • termotöötlemine ei suurenda tugevust 	Kõrge korrosioonikindlusega detailid, enimkasutatavad roostevabaterased	•	•	•	•
Martensiit- terased	DIN EN 10088-2, DIN EN 10088-3	<ul style="list-style-type: none"> • lõiketöödeldav • kõlmöödeldav pehmelöömutatult • madala süsinikusisalduse korral keevitav • parendatav (K+KõN) 	Raskkoormatud roostevabad detailid, on ka parendatavad (K+KõN)	•	•	•	•

1) Terastooted:

S leht, riba;
W traat;B vardad, nt ristkülik-, ruut- ja ümarvarras;
P profiilid, nt L-profiil, U-profiil, T-profiil.

Konstruksiooniterased

Alltoodud skeem selgitab konstruksiooniterase valikut.



Legeerivate elementide mõju

Legeerivate elementide mõju omadustele	Legeerivad elemendid										
	Cr	Ni	Al	W	V	Co	Mo	Si	Mn	S	P
Tõmbetugevus	●	●	-	●	●	●	●	●	●	-	●
Voolepiir	●	●	-	●	●	●	●	●	●	-	●
Löögisitkus	○	●	○	-	●	○	●	○	-	○	○
Kulumiskindlus	●	○	-	●	●	●	●	○	○	-	-
Kuumtöödeldavus	○	●	○	○	●	○	●	○	●	○	-
Külmöödeldavus	-	-	-	○	-	○	○	○	○	○	○
Lõiketöödeldavus	○	○	-	○	-	-	○	○	○	●	●
Kõrgtemperatuurne tugevus	●	●	-	●	●	●	●	●	-	-	-
Korrosioonikindlus	●	●	-	-	●	-	-	-	-	○	-
Karastustemperatuur	●	-	-	●	●	-	●	●	○	-	-
Karastuvus, noolutus	●	○	-	●	●	●	●	●	●	-	-
Nitriiditavus	●	-	●	●	●	-	●	○	●	-	-
Keevitavus	○	○	●	-	●	-	○	-	○	○	○

● suurendab ○ vähendab - oluline mõju puudub

Näide: Hammasrattad, kõva, kulumiskindel pind, südamiku suur tugevus ja sitkus

Sepistatud toorikud

Valitud terase grupp: tsementiidatav teras → mittelegeerkonstruksiooniteras C ≤ 0.2%, nt C15E, parandatud kuumtöödeldavus elementidega Ni, V, Mo, Mn sobivad terased: 16MnCr5, 20MnCr5, 16NiCr4 (lk 137).

Mitteleegerkonstruktsiooniterased

Kuumvaltsitud konstruktsiooniterased										DIN EN 10025-2 (2005-04)				
Terase mark		DO ¹⁾	Purustustöö		Tõmbetugevus $R_{m}^{2)}$ N/mm ²	Voolepiir R_e N/mm ² Toote paksus, mm				Katkevenivus $A^{3)}$ %	Omadused, kasutus			
Margitähis	Tunnusnumber		t °C	KV J		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80					
Ehitus- ja masinaterased														
S185	1.0035	–	–	–	290 ... 510	185	175	175	175	18	Mittekeevitatavad, lihtsad teraskonstruktsioonid			
S235JR	1.0038	FN	20		360 ... 510	235	225	215	215	26	Lihtsad masinaosad, ehitiste ja masinate lihtsad keeviskonstruktsioonid, hoovad, poldid, teljed, võllid			
S235J0	1.0114	FN	0	27										
S235J2	1.0117	FF	–20											
S275JR	1.0044	FN	20		410 ... 560	275	265	255	245	23	Lihtsad masinaosad, ehitiste ja masinate lihtsad keeviskonstruktsioonid, hoovad, poldid, teljed, võllid			
S275J0	1.0143	FN	0	27										
S275J2	1.0145	FF	–20											
S355JR	1.0045	FN	20		470 ... 630	355	345	335	325	22	Raskkoormatud teraskeevised, kraana- ja sillakonstruktsioonid			
S355J0	1.0553	FN	0	27										
S355J2	1.0577	FF	–20											
S355K2	1.0596	FF	–20	40	470 ... 630	355	345	335	325	22	Raskkoormatud teraskeevised, kraana- ja sillakonstruktsioonid			
S450J0	1.0590	FF	0	27	550 ... 720	450	430	410	390	17				
Masinaterased														
E295	1.0050	FN	–	–	470 ... 610	295	285	275	265	20	Teljed, võllid, poldid			
E335	1.0060	FN	–	–	570 ... 710	335	325	315	305	16	Kuluvad osad; hammasrattad, teod, käigukruvid			
E360	1.0070	FN	–	–	670 ... 830	360	355	345	335	11				
¹⁾ DO Deoksüdatsoon: tootja variandid: FN rahulik valuteras; FF rahulik valuteras. ²⁾ Väärtused paksustele 3 mm kuni 100 mm. ³⁾ Väärtused paksustele 3 mm kuni 40 mm ja pikisuunas teimikutele, mille $L_0 = 5.65 \cdot \sqrt{S_0}$ (lk 201). Toodud terased on mitteleegerkvaliteetiterased vastavalt standardile DIN EN 10020 (lk 124).														
Tehnoloogilised omadused														
Keevitatavus						Kuumtööeldavus								
Terased JR-J0-J2-K2 on keevitatavad mistahes meetodite ja protsesidega. Toote suurendatud tugevus ja paksus suurendavad külmpargude tekke riski. Terased S185, E295, E335 ja E360 pole keevitatavad, kuna pole antud keemilist koostist.						Terased ei ole kuumtööeldavad. Ainult normaliseeritud või normaliseeritud valtsitud väljastusoleku korral peavad vastama ülaltoodud tabelis toodud omadustele. Töötustingimused tuleb määratleda toote tellimisel. Näide: S235J0+N või 1.0114+N.								
Külmööeldavus														
Külmootluseks (serva voltimine, valtsimine, külmõmbamine) sobiva terase margitähisele on lisatud tähis C või GC ja nendel terastel on oma tunnusnumber.														
Külmööeldavad terased														
Margitähis	Tunnusnumber	Sobivus ¹⁾			Margitähis	Tunnusnumber	Sobivus ¹⁾			Margitähis	Tunnusnumber	Sobivus ¹⁾		
		F	R	C			F	R	C			F	R	C
S235JRC	1.0122				S275JRC	1.0128				S355J0C	1.0554			
S235J0C	1.0115	•	•	•	S275J0C	1.0140	•	•	•	S355J2C	1.0579	•	•	•
S235J2C	1.0119				S275J2C	1.0142				S355K2C	1.0594			
E295GC	1.0533	–	–	•	E335GC	1.0543	–	–	•	E360GC	1.0633	–	–	•

¹⁾ Vormimisprotsess: F serva voltimine; R valtsprofileerimine; C külmõmbamine; • hästisobiv; – mittesobiv.

Peentera- ning parendatud (K+KõN) konstruktsiooniterased

Keevitatavad peenterakonstruktsiooniterased, kuumvaltsitud (valimik)

DIN EN 10025-3 ja DIN EN 10025-4 (2005-04)

Terase mark		VO ¹⁾	Purustustöö KV ²⁾ J t, °C			Tõmbe- tugevus R _m N/mm ²	Voolepiir R _e N/mm ² nimipaksus, mm			Katke- venivus A %	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus- number		+20	0	-20		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63		
Mitteleegerkvaliteeterased											
S275N S275M	1.0490 1.8818	N M	55	47	40	370 ... 510 370 ... 530	275	265	255	24	Kõrge sitkus, hrapa purunemise ja vananemiskindlad; keevised masinaehituses, kraana- ja sillakonstruktsioonid, autotööstus, konveierid
S355N S355M	1.0545 1.8823	N M	55	47	40	470 ... 630	355	345	335	22	
Legeervääristerased											
S420N S420M	1.8902 1.8825	N M	55	47	40	520 ... 680	420	400	390	19	Kõrge sitkus, hrapa purunemise ja vananemiskindlad; keevised masinaehituses, kraana- ja sillakonstruktsioonid, autotööstus, konveierid
S460N S460M	1.8901 1.8827	N M	55	47	40	550 ... 720 540 ... 720	460	440	430	17	

¹⁾ DC Väljastusolek: N normaliseeritud/normaliseerivvaltsitud; M termomehaaniliselt valtsitud.

²⁾ Väärtused pikisuunas teimikute korral.

Teraste määratlus: DIN EN 10025-3 → S275N, S355N, S420N, S460N
DIN EN 10025-4 → S275M, S355M, S420M, S460M.

Tehnoloogilised omadused

Keevitatavus	Kuumtööeldavus	Külm-tööeldavus
Terased on tavameetoditega keevitatavad. Toote suurendatud tugevus ja paksus suurendavad külmpugude tekke riski	Ainult terased S275N, S355N, S420N ja S480N on kuumtööeldavad.	Paksustel alla 12 mm on külm-töötlus (külm-paine, serva kantimine) tagatud, kui külm-tööeldavus on tellimuses näidatud

Parendatud (K+KõN) kõrge voolepiiriga konstruktsiooniterased, kuumvaltsitud (valimik)

DIN EN 10025-6 (2009-08)

Terase mark		Purustustöö KV ²⁾ J t, °C			Tõmbe- tugevus R _m N/mm ²	Voolepiir R _e N/mm ² nimipaksus, mm			Katke- venivus A %	Omadused, kasutus
Margitähis ¹⁾	Tunnus- number	0	-20	-40		> 3 ≤ 50	> 50 ≤ 100	> 100 ≤ 150		
S460Q S460QL	1.8908 1.8906	40 50	30 40	- 30	550 ... 720	460	440	400	17	Kõrge sitkus, hrapa purunemise ja vananemiskindlad; raskkoormatud keevised masinaehituses, kraana- ja sillakonstruktsioonid, autotööstus, konveierid
S500Q S500QL	1.8924 1.8909	40 50	30 40	- 30	590 ... 770	500	480	440	17	
S620Q S620QL	1.8914 1.8927	40 50	30 40	- 30	700 ... 890	620	580	560	15	
S890Q S890QL	1.8940 1.8983	40 50	30 40	- 30	940 ... 1100	890	830	-	11	
S960Q S960QL	1.8941 1.8933	40 50	30 40	- 30	980 ... 1150	960	-	-	10	

¹⁾ Q parendatud (K+KõN); QL parendatud (K+KõN), tagatud purustustöö vähimad väärtused temperatuuril -40°C.

Tehnoloogilised omadused

Keevitatavus	Kuumtööeldavus	Külm-tööeldavus
Terased ei ole keevitatavad piiranguteta. Vajalik on keevitusparameetrite professionaalne planeerimine. Toote suurendatud tugevus ja paksus suurendavad külmpugude tekke riski.	Kuumtöötlus ei ole soovitatav, kuna materjal kaotab järgneval termotöötusel tugevuse.	Külm-paine ja serva voldi-tavus on tagatud paksus-teni kuni 16 mm juhul, kui külm-tööeldavus on telli-muses näidatud.

Tsementiitavad mittelegeer- ja legeerterased

Tsementiitavad terased, kuumvaltsitud (valimik)							DIN EN 10084 (2008-06)		
Terase mark		Kõvadus HB väljastusolekus ²⁾		Südameku omadused peale pindkarastamist ³⁾			Karastusviis ⁴⁾		Omadused, kasutus
Margitähis ¹⁾	Tunnus-number	+A	+FP	Tõmbe-tugevus R_m N/mm ²	Voole-piir R_p N/mm ²	Katke venivus A %	OK	LK	
Tsementiitavad mittelegeerterased									
C10E C10R	1.1121 1.1207	131	90 ... 125	490 ... 640	295	16	•	•	Keskkoomatud väikesed detailid; hooavad, tihvtid, poldid, rullikud, spindlid, pressitud ja stantsitud detailid
C15E C15R	1.1141 1.1140	143	103 ... 140	590 ... 780	355	14	•	•	
Tsementiitavad legeerterased									
17Cr3 17CrS3	1.7016 1.7014	174	–	700 ... 900	450	11	•	•	Tsuikliliselt koomatud detailid, nt hammasmehhanismides; silinder- ja koonushammarrattad, hammasvööd veohammarrattad, masinavõllid, kardaanvõllid
16MnCr5 16MnCrS5 16MnCrB5	1.7131 1.7139 1.7160	207	140 ... 187	780 ... 1080 ≥ 900	590 –	10 –	○	•	
16NiCr4 16NiCrS4	1.5714 1.5715	217	156 ... 207	980 ... 1270	≥ 735	10	–	•	
18CrMo4 18CrMoS4	1.7243 1.7244	207	140 ... 187	930 ... 1300	≥ 685	9	○	•	
20MoCr3 20MoCrS3	1.7320 1.7319	217	145 ... 185	780 ... 1080	590	10	•	–	
20MoCr4 20MoCrS4	1.7321 1.7323	207	140 ... 187	780 ... 1080	590	10	•	–	
17CrNi6-6 22CrMoS3-3	1.5918 1.7333	229 217	156 ... 207 152 ... 201	≥ 1100 ≥ 1000	– –	9 –	– ○	• •	
15NiCr13 10NiCr5-4	1.5752 1.5805	229 192	166 ... 207 137 ... 187	920 ... 1230 ≥ 900	785 –	10 –	– –	• •	
20NiCrMo2-2 20NiCrMoS2-2	1.6523 1.6526	212	149 ... 194	≥ 800	≥ 500	10	•	•	
17NiCrMo6-4 17NiCrMoS6-4 20NiCrMoS6-4	1.6566 1.6569 1.6571	229	149 ... 201 149 ... 201 154 ... 207	≥ 1000 ≥ 1000 ≥ 1100	– – –	– – –	– – •	•	
20MnCr5 20MnCrS5	1.7147 1.7149	217	152 ... 201	980 ... 1270	≥ 685	8	○	•	
18NiCr5-4 14NiCrMo13-4 20NiCrMo13-4 18CrNiMo7-6	1.5810 1.6657 1.6660 1.6587	223 241 255 229	156 ... 207 166 ... 217 197 ... 241 159 ... 207	≥ 1100 1030 ... 1080 ≥ 1400 ≥ 1100	– – – –	– 10 – 8	– – – –	• • • •	
Suure mõõtmetega detailid, hammasvõllid, hammarrattad, hammasvööd									

¹⁾ Väävlisaldusega terased (nt 16MnCrS5) on parandatud lõiketöödeldavusega.

²⁾ Väljastusolek: +A pehmeloõmutatud; +FP ferritperliitstruktuurile ja kõvadusastmele töödeldud.

³⁾ Tugevusomadused nimiläbimõõdu 30 mm korral.

⁴⁾ Karastusviis: OK Otsekarastus: Vahetult süsinikrikastustemperatuurilt;

LK Lihtkarastus: Peale süsinikrikastust mahajahutus toatemperatuurini; karastamiseks uuesti kuumutus;

• hästisobiv; ○ tingimisi sobiv; – mittesobiv.

Paremdatavad (K+KõN) mittelegeer- ja legeerterased

Paremdatavad (K+KõN) terased (valimik)										DIN EN 10083-2 (2006-10) ja DIN EN 10083-3 (2007-01)	
Terase mark		H ¹⁾	TT ²⁾	Tugevusnäitajad valtsitud läbimõõdule d , mm						Omadused, kasutus	
Margitähis	Tunnusnumber			Tõmbetugevus R_{m} , N/mm ²		Voolepiir R_{e} , N/mm ²		Katkevenivus A , %			
				> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 100	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 100	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 100		
Paremdatavad (K+KõN) mittelegeerterased ³⁾										DIN EN 10083-2 (2006-10)	
C22E	1.1151	156	+N +QT	410 470 ... 620	410 –	210 290	210 –	25 22	25 –	Kergkoormatud ja väikeseläbimõõduliselt parendatud (K+KõN) detailid; kruvid, poldid, võllid, teljed, hammasrattad	
C35	1.0501	183	+N	520	520	270	270	19	19		
C35E	1.1181		+QT	600 ... 750	550 ... 700	380	320	19	20		
C45	1.0503	207	+N	580	580	305	305	16	16		
C45E	1.1191		+QT	650 ... 800	630 ... 780	430	370	16	17		
C55	1.0535	229	+N	640	640	330	330	12	12		
C55E	1.1203		+QT	750 ... 900	700 ... 850	490	420	14	15		
C60	1.0601	241	+N	670	670	340	340	11	11		
C60E	1.1221		+QT	800 ... 950	750 ... 900	520	450	13	14		
28Mn6	1.1170	223	+N +QT	600 700 ... 850	600 650 ... 800	310 490	310 440	18 15	18 16		
Paremdatavad (K+KõN) legeerterased										DIN EN 10083-3 (2007-01)	
38Cr2 46Cr2	1.7003 1.7006	207 223	+QT	700 ... 850 800 ... 950	600 ... 750 650 ... 800	450 550	350 400	15 14	17 15	Raskemalt koormatud ja suuremaläbimõõduliselt parendatud (K+KõN) detailid; veovõllid, teod, hammasrattad	
34Cr4 37Cr4	1.7033 1.7034	223 235	+QT	800 ... 950 850 ... 1000	700 ... 850 750 ... 900	590 630	460 510	14 13	15 14		
25CrMo4 25CrMoS4	1.7218 1.7213	212	+QT	800 ... 950	700 ... 850	600	450	14	15		
41Cr4 41CrS4	1.7035 1.7039	241	+QT	900 ... 1100	800 ... 950	660	560	12	14	Raskkoormatud ja suuremaläbimõõduliselt parendatud (K+KõN) detailid; võllid, hammasrattad, suuremad sepsed	
34CrMo4 34CrMoS4	1.7220 1.7226	223	+QT	900 ... 1100	800 ... 950	650	550	12	14		
42CrMo4 42CrMoS4	1.7225 1.7227	241	+QT	1000 ... 1200	900 ... 1100	750	650	11	12		
50CrMo4 51CrV4	1.7228 1.8159	248	+QT	1000 ... 1200	900 ... 1100	780 800	700	10	12		
30NiCrMo16-6 34CrNiMo6	1.6747 1.6582	270 248	+QT	1080 ... 1230 1100 ... 1300	1080 ... 1230 1000 ... 1200	880 900	880 800	10	10 11	Üliraskkoormatud ja suure läbimõõduga detailid	
36NiCrMo16 30CrNiMo8	1.6773 1.6580	269 248	+QT	1250 ... 1450	1100 ... 1300	1050	900	9	10		
20MnB5 30MnB5	1.5530 1.5531	–	+QT	750 ... 900 800 ... 950	– –	600 650	– –	15 13	– –	Booriga legeeritud; parandatud läbikarastuvusega kuumtöödeldud detailid	
27MnCrB5-2 39MnCrB6-2	1.7182 1.7189	–	+QT	900 ... 1150 1050 ... 1250	800 ... 1000 1000 ... 1200	750 850	700 800	14 12	15 12		

¹⁾ H Brinelli kõvadus HBW väljastusolekus (pehmelöömutatud (+A)).

²⁾ TT termotöötlus: +N normaliseeritud; +QT parendatud (K+KõN).

Termotöötlus +N ja +QT ka parendatavatele (K+KõN) mittelegeerterastele- ja -vääristerastele, nt C45 ja C45E.

³⁾ Parendatud (K+KõN) mittelegeerterased C35, C45, C55 ja C60 kvaliteetierased; teraseid C22E, C35E, C45E, C55E ja C60E toodetakse vääristerastena.

Parendatavate (K+KõN) teraste termotöötlus: lk 165.

Nitriiditavad terased, leek- ja induktsoonkarastatavad terased, hea lõiketöödeldavusega terased

Nitriiditavad terased, kuumvaltsitud (valimik)						DIN EN 10085 (2001-07)
Terase mark		Kõvadus, pehme-löömutatud HB	Tõmbe-tugevus ¹⁾ R_m N/mm ²	Voolepiir ¹⁾ R_b N/mm ²	Katke-venivus ¹⁾ A %	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus-number					
31CrMo12	1.8515	248	980... 1180	785	11	Kuluvad osad paksusega kuni 250 mm
31CrMoV9	1.8519	248	1000... 1200	800	10	Kuluvad osad paksusega kuni 100 mm
34CrAlMo5-10	1.8507	248	800... 1000	600	14	Kuluvad osad paksusega kuni 80 mm, kõrgtemperatuurid kuni 500°C
41CrAlMo7-10	1.8509	248	900... 1100	720	13	
34CrAlNi7-10	1.8550	248	850... 1050	650	12	Suured detailid; kepsud, spindlis

¹⁾ Materjalide tugevusnäitajad: tõmbetugevuse R_m , voolepiiri R_b ja katkevenivuse A väärtused on materjali paksustele 40 mm ... 100 mm parendatud (K+KõN) olekus.

Nitriiditavate teraste termotöötlus: lk 166.

Leek- ja induktsoonkarastatavad terased, kuumvaltsitud (valimik)								DIN EN 10083 ¹⁾	
Terase mark		Kõvadus, pehme-löömutatud HB	TT ²⁾	Tõmbe-tugevus ²⁾ R_m N/mm ²	Voolepiir R_b , N/mm ² nimipaksus, mm			Katke-venivus A %	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus-number				≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 100		
C45E ¹⁾	1.1191	207	+QT	650 ... 800	490	430	370	16	Kõrgtugevad ja hea sitkusega kuluvad osad; väntvõllid, veovõllid, nukkvõllid, tiguvõllid, hammasrattad
C60E ¹⁾	1.1221	241		800 ... 950	580	520	450	13	
37Cr4	1.7034	235	+QT	850 ... 1000	750	630	510	13	
46Cr2	1.7006	223		800 ... 950	650	550	400	14	
41Cr4	1.7035	241	+QT	900 ... 1100	800	660	560	12	
42CrMo4	1.7225			1000 ... 1200	900	750	650	11	

¹⁾ Varasem standard DIN 17212 on tagasi võetud ilma asendusega. Leek- ja induktsoonkarastatavate teraste jaoks vt parendatud (K+KõN) teraste standard DIN EN 10083-3 (lk 138). Mitteleegervääristerastele DIN EN 10083-2 järgi on kõvadusväärtused tagatud vaid juhul, kui teras on tellitud austeniidi terasuurusega ≤ 5.

²⁾ TT termotöötlus: +QT parendatud (K+KõN).

Leek- ja induktsoonkarastatavate teraste termotöötlus: lk 165.

Hea lõiketöödeldavusega terased, kuumvaltsitud (valimik)							DIN EN 10087 (1999-01)
Terase mark		TT ²⁾	Toote paksustele (16...40) mm				Omadused, kasutus
Margitähis ¹⁾	Tunnus-number		Kõvadus HB	Tõmbe-tugevus R_m N/mm ²	Voolepiir R_b N/mm ²	Katke-venivus A %	
11SMn30	1.0715	+U	112 ... 169	380 ... 570	-	-	• termotöötlemiseks mittesobivad terased.
11SMnPb30	1.0718						
11SMn37	1.0736	+U	112 ... 169	380 ... 570	-	-	Madalkoormatud väiksed detailid; hoovad, tihtivid
11SMnPb37	1.0737						
10S20	1.0721	+U	107 ... 156	360 ... 530	-	-	• tsementitud terased. Väiksed kuluvad osad; võllid, poldid, vardad
10SPb20	1.0722						
15SMn13	1.0725	+U	128 ... 178	430 ... 600	-	-	• karastatud ja noolutatud terased. Keskkooormatud suuremad detailid; spindlid, võllid, hammasrattad
35S20	1.0726	+U	154 ... 201	520 ... 680	-	-	
35SPb20	1.0756							+QT	-	600 ... 750	380	16
44SMn28	1.0762	+U	187 ... 238	630 ... 820	-	-	
44SMnPb28	1.0763							+QT	-	700 ... 850	420	16
46S20	1.0727	+U	175 ... 225	590 ... 760	-	-	
46SPb20	1.0757						+QT	-	650 ... 800	430	13

¹⁾ Plüüsisaldusega terased, nt 11SMnPb30, on parema lõiketöödeldavusega.

²⁾ TT termotöötlus: +U mittetöödeldud; +QT parendatud (K+KõN).

Kõik hea lõiketöödeldavusega terased on mitteleegervõlterased. Ei ole võimalik tagada ühtlast tsementiitumise ning parendamise (K+KõN) tulemust. Hea lõiketöödeldavusega teraste termotöötlus: lk 166.

Tööriistaterased

Tööriistaterased, kuumvaltsitud (valimik)						DIN EN ISO 4957 (2001-02), asendus DIN 17350-Ie	
Terase mark	Margitähis	Tunnus-number	Kõvadu- sus HB ¹⁾ max.	Karastus- temperatuur °C	KK ²⁾	Noolutus- temperatuur °C	Omadused, kasutus
Mittelegeerkülm tööriistaterased							
C45U		1.1730	205	800 ... 830	W	180 ... 300	Mittekarastatud tööriistakoostud; kruvikeerajad, meislid, noad
C70U		1.1520	180	790 ... 820	W	180 ... 300	Tsentreerivad sõrmed, väikevormid, kruustangipakid, pinnpressid
C80U		1.1525	190	780 ... 810	W	180 ... 300	Vormid tasapindsete süvistega, meislid, külmeekstrusioonivormid, noad
C105U		1.1545	210	770 ... 800	W	180 ... 300	Lihtsad lõikeriistad, müntimisvormid, kraasid, mulgustustornid, spiraalpuurid
Legeerkülm tööriistaterased							
21MnCr5		1.2162	225	810 ... 840	O	150 ... 220	Keerukad plasti pressvormide tsementiidi- tud osad, kergpoleeritavad
60WCrV8		1.2550	215	880 ... 920	O	150 ... 300	Lõikurid teraslehele paksusega (6 ... 15) mm, külmaugustusvormid, meislid, templid
90MnCrV8		1.2842	225	780 ... 810	O	150 ... 250	Vormisektsioonid, templid, plastivormid, hõõritsad, mõõteriistad
102Cr6		1.2067	220	830 ... 860	O	100 ... 180	Puurid, freesilõiketerad, hõõritsad, väiksed lõikestansid, treipingi pöördtsentrid
X38CrMo16		1.2316	230	1000 ... 1040	O	150 ... 300	Tööriistad keemiliselt aktiivsete termoplastide töötlemiseks
40CrMnNiMo8-6-4		1.2738	235	840 ... 870	O	180 ... 220	Kõikvõimalikud plastivormid
45NiCrMo16		1.2767	285	840 ... 870	O, A	160 ... 250	Painutus- ja reljeef tööriistad, lõikurid paksu materjali tükeldamiseks
X153CrMoV12		1.2379	255	1000 ... 1030	O, A	180 ... 250	Purunemisele kalduvad lõikeriistad, freesi lõiketerad, kammlõikurid, lõikelabad
X210CrW12		1.2436	255	960 ... 980	O, A	180 ... 250	Kõrgpüsivad lõikeriistad, kammlõikurid, stantsid
Legeerkuum tööriistaterased							
55NiCrMoV7		1.2714	248	840 ... 870	O	400 ... 500	Plastivormid, väiksed ja keskmised pressvormid, kuumtükelduslabad
X37CrMoV5-1		1.2343	225	1010 ... 1040	O, A	550 ... 650	Kergsulamite valuvormid, ekstrusioonitööriistad
32CrMoV12-28		1.2365	225	1020 ... 1050	O, A	520 ... 620	Raua- ja vasesulamite valuvormid, metalli ekstrusioonitööriistad
X38CrMoV5-3		1.2367	225	1030 ... 1070	O, A	570 ... 670	Kõrgvaliteetvormid, raskkoormatud tööriistad keermete valmistamiseks
Kiirlõiketerased							
HS6-5-2C		1.3343	265	1190 ... 1220	O, A	540 ... 560	Spiraalpuurid, hõõritsad, freesilõiketerad, keermelõikurid, ketassaelehed
HS6-5-2-5 ³⁾		1.3243	265	1180 ... 1220	O, A	550 ... 570	Raskkoormatud spiraalpuurid, freesilõike- terad, suure sitkusega koortööriistad
HS10-4-3-10		1.3207	300	1200 ... 1240	O, A	550 ... 570	Automaatpinkide suure lõiketoolusega treiterad
HS2-9-2		1.3348	265	1180 ... 1210	O, A	540 ... 580	Treilõiketerad, spiraalpuurid, keermelõikurid, suur kõvadus ja kõrgetemperatuurne tugevus, sitkus

¹⁾ Väljastusolek: lõõmutatud. ²⁾ KK karastuskeskkond: W vesi; O õli; A õhk. ³⁾ Kõrgem C-sisaldus, kui HS6-5-2.
Tööriistateraste tähistus: lk 129, lk 130; tööriistateraste termotöötlus: lk 164.



Roostevabaterased

Korrosioonikindlad terased (valimik)								DIN EN 10088-2 ja 10088-3 (2014-12)	
Terase mark Margitähis	Tunnus- number	SO ¹⁾		VO ²⁾	Paksus s mm	Tõmbe- tugevus R _m N/mm ²	Voolepiir R _{p0.2} N/mm ²	Katke- venivus A %	Omadused, kasutus
		S	B						
Austeniiterased (sitked, ei saa karastada ega parendada (K+KõN), magneeditavad)									
X10CrNi18-8	1.4310	•		C	≤ 8	600 ... 950	250	40	Vedrud tööks temperatuuril kuni 300°C; autotööstus
			•	–	≤ 40	500 ... 750	195	40	
X2CrNi18-9	1.4307	•		C	≤ 8	520 ... 700	220	45	Majapidamismahutid, keemia- ja toiduainetetööstus
			•	P	≤ 75	500 ... 650	200	45	
X2CrNi19-11	1.4306	•		C	≤ 8	520 ... 700	220	45	Orgaanilistele ja puuviljahapetega kokkupuutuavad seadmed ja detailid
			•	P	≤ 75	500 ... 700	200	45	
X2CrNiN18-10	1.4311	•		C	≤ 8	550 ... 750	290	40	Piima- ja õlletööstusseadmed; survemahutid
			•	P	≤ 75	540 ... 750	270	40	
X5CrNi18-10	1.4301	•		C	≤ 8	540 ... 750	230	45	Sügavtõmmatud detailid toiduainetetööstuses; hea poleeritavus
			•	P	≤ 75	500 ... 700	210	45	
X8CrNiS18-9	1.4305	•		–	≤ 75	500 ... 700	190	35	CNC-treitud detailid, autotööstus, kõõgiseadmete treitud detailid
			•	–	≤ 160	500 ... 750	190	35	
X6CrNiTi18-10	1.4541	•		C	≤ 8	520 ... 720	220	40	Majapidamistarbekaubad, fotoseadmete detailid
			•	P	≤ 75	500 ... 700	200	40	
X4CrNi18-12	1.4303	•		C	≤ 8	500 ... 650	220	45	Keemiatööstus; poldid, mutrid
			•	–	≤ 160	500 ... 700	190	45	
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	•		C	≤ 8	530 ... 680	240	40	Värvi-, õli- ja tekstiilitööstuse detailid
			•	P	≤ 75	520 ... 670	220	45	
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	•		C	≤ 8	540 ... 690	240	40	Tekstiili-, vaigu- ja kummitööstuse detailid
			•	P	≤ 75	520 ... 670	220	40	
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	•		C	≤ 8	550 ... 700	240	40	Parandatuskeemilise püsivusega telluloositööstuse detailid
			•	P	≤ 75	520 ... 670	220	45	
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	•		C	≤ 8	530 ... 680	240	40	Vastupidavus mitte-oksüdeerivatele hapetele ja halogeensetele keskkondadele
			•	P	≤ 75	520 ... 670	220	45	
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	•		–	≤ 160	500 ... 700	200	40	Vastupidavus kloorile ja kõrgele temperatuurile; keemiatööstus
			•	C	≤ 8	580 ... 780	290	35	
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	•		C	≤ 8	530 ... 730	240	35	Vastupidavus fosfor-, väävel- ja soolhapetele; keemiatööstus
			•	P	≤ 75	520 ... 720	220	40	
			•	–	≤ 160	700 ... 800	280	35	

¹⁾ SO Sortiment, standardite järgi: S leht, riba → DIN EN 10088-2; B varras, profiilvarras → DIN EN 10088-3.

²⁾ VO Väljastusolek: C külmaaltsriba; P kuumaltsleht.

Roostevabaterased

Korrosioonikindlad terased (järg)										DIN EN 10088-2 ja 10088-3 (2014-12)		
Terase mark Margitähis	Tunnus- number	SO ¹⁾		VO ²⁾	Paksus s mm	Tõmbetegevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke- venivus A %	Omadused, kasutus			
		S	B									
Ferriiterased (sitked, ei saa karastada ega parendada (K+KõN), magneeditavad)												
X2CrNi12	1.4003	•		C	≤ 8	450 ... 650	280 250	20 18	Auto- ja konteineritööstus, konveierid			
		•		P	≤ 25							
X6Cr13	1.4000	•		C	≤ 8	400 ... 600	240 220	19	Vastupidavus veele ja aurule; majapidamiseseadmed, toruliidesed			
		•		P	≤ 25							
X6Cr17	1.4016	•		C	≤ 8	450 ... 600	260 240	20	Hea külmtöödeldavus ja poleeritavus; söögiriistad, pörkerauad			
		•		P	≤ 25							
X2CrTi12	1.4512	•		C	≤ 8	450 ... 650	280	23	Katalüsaatorkonverterid			
		•		P	≤ 25							
X6CrMo17-1	1.4113	•		C	≤ 8	450 ... 630	260	18	Autotööstus; iluribid, rattakilbid			
		•		P	≤ 25							
X3CrTi17	1.4510	•		C	≤ 8	450 ... 600	260	20	Keevised toiduineteostuses			
		•		P	≤ 25							
X2CrMoTi18-2	1.4521	•		C	≤ 8	420 ... 640 420 ... 620	300 280	20	Poldid, mutrid, kuumutid			
		•		P	≤ 12							
Martensiiterased (saab parendada (K+KõN), magneeditavad)												
Terase mark Margitähis	Tunnus- number	SO ¹⁾		VO ²⁾	Paksus s mm	TT ³⁾	Tõmbetegevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke- venivus A %	Omadused, kasutus		
		S	B									
X12Cr13	1.4006	•		C	≤ 8	A QT650	≤ 600 650 ... 850	– 450	20 12	Vastupidav veele ja aurule, toiduineteostus		
		•		P	≤ 75							
X20Cr13	1.4021	•		C	≤ 8	A QT750	≤ 700 750 ... 950	– 550	15 10	Teljed, võllid, pumbaosad, tiivikud		
		•		P	≤ 75							
X30Cr13	1.4028	•		C	≤ 8	A QT800	≤ 740 800 ... 1000	– 600	15 10	Poldid, mutrid, vedrud, kepsud		
		•		P	≤ 75							
X46Cr13	1.4034	•		C	≤ 8	A QT800	≤ 780 850 ... 1000	245 650	12 10	Lauanoad, masinanoad		
		•		P	≤ 160							
X39CrMo17-1	1.4122	•		C	≤ 8	A QT900	≤ 900 900 ... 1100	280 800	12 11	Võllid, spindlid, armatuur tööks temperatuuridel kuni 600 °C		
		•		P	≤ 60							
X3CrNiMo13-4	1.4313	•		P	≤ 75	A QT900	900 ... 1100	800	11	Kõrge sitkus; pumbad, turbiinirattad, reaktori konstruktsioonid		
		•		P	≤ 160							

¹⁾ SO Sortiment, standardite järgi: S leht, riba → DIN EN 10088-2; B varras, profiilvarras → DIN EN 10088-3.

²⁾ VO Väljastusolek: C külmaaltsriba; P kuumaltsleht.

³⁾ TT Termotöötlus: A tardlahuslöömus; QT750 → parendatud (K+KõN) vähemalt tõmbetegevuseni $R_m = 750$ N/mm².

Roostevabaterased, vedruaterased

Korrosioonikindlad terased (järg)							DIN EN 10088-2 ja 10088-3 (2014-12)		
Terase mark		SO ¹⁾		VO ²⁾	Paksus s mm	Tõmbe- tugevus R _m N/mm ²	Voolepiir R _{p0.2} N/mm ²	Katke- venivus A %	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus- number	S	B						
Dupleksterased (austenii-ferriitsed, kõrgtugevad, happekindlad, magneeditavad)									
X2CrNiN23-4	1.4362	•		C	≤ 8	650 ... 850	450	20	Ehitus ja kemikaalitööstus, sarrused, hea keevitatavus ("lahja" dupleksteras)
		•		P	≤ 75		400	25	
			•		≤ 160	600 ... 830	400	25	
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	•		C	≤ 8	700 ... 950	500	20	Paberi ja tselluloositööstus, mereline tehnoloogia, pingekorrosioonpragunemise vaba ("standard" dupleksteras)
		•		P	≤ 75		460	25	
			•		≤ 160	650 ... 880	450	25	
X2CrNiMoN25-6-3	1.4410	•		C	≤ 8	750 ... 1000	550	20	Kemikaalitööstus, mereline tehnoloogia, täppkorrosioonikindlus ("super" dupleksteras)
		•		P	≤ 75		530	20	
			•		≤ 160	730 ... 930	530	25	
X2CrNiMoCuN24-4-3-2	1.4507	•		C	≤ 8	750 ... 1000	550	20	Nafta- ja naftakeemiatööstus, pilukorrosioonikindlus ("üli" dupleksteras)
		•		P	≤ 75		530	25	
			•		≤ 160	700 ... 900	500	25	

¹⁾ SO Sortiment, standardide järgi: S leht, riba → DIN EN 10088-2; B varras, profiilvarras → DIN EN 10088-3.

²⁾ VO Väljastusolek: C külmavaltsriba; P kuumvaltsleht.

Vedruateras, patent-tõmatus										DIN EN 10270-1 (2012-01)	
Traadi tüüp	Vähim tõmbetugevus R _m , N/mm ² nimiläbimõõt d, mm									Sobiv tõmbe-, surve- ja väändvedruks (traadi tüüp DH ka kujuvedruks) järgnevat pingelekketes:	
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0			
SL	–	1720	1600	1520	1410	1320	1260	1060	1060	Staatileine kerge	
SM	2200	1980	1850	1760	1630	1530	1460	1240	1240	Keskmine kerge või (harv) tsükliiline	
SH	2480	2330	2090	1980	1840	1740	1660	1410	1410	Kõrge staatileine või madal tsükliiline	
DM	2200	1980	1850	1760	1630	1530	1460	1240	1240	Mõõdukas tsükliiline	
DH	2480	2330	2090	1980	1840	1740	1660	1410	1410	Kõrge staatileine või mõõdukas tsükliiline	

Traadi läbimõõt d, mm (valimik)		Väljastusolek: rõngas, rullis või vardad kimbus									
Kõik	0.3 – 0.4 – 0.5 – 0.53 – 0.56 – 0.6 – 0.63 – 0.65 – 0.7 – 0.75 – 0.8 – 0.9 – 1.0 – 1.1 – 1.2 – 1.25 – 1.3 – 1.4 ... 2.0 –										
tüübid	2.1 – 2.25 – 2.4 – 2.5 – 2.6 – 2.8 – 3.0 – 3.2...4.0 – 4.25 – 4.75 – 5.0 – 5.3 – 5.6 – 6.0 – 6.5 ... 10.0										

Traadi pind					
Tähis	Traadi pind	Tähis	Traadi pind	Tähis	Traadi pind
b	hele, kalibreeritud	cu	vasetatud	Z	tsinkpindega
wh	valge, vetthülgav	ph	fosfaaditud	ZA	tsinkalumiiniumpindega
⇒	Vedruateras EN 10270-1 DM 3.2 ph: Traadi tüüp DM, d = 3.2 mm, fosfaaditud pinnaga (ph).				

Vedruteras, kuumvaltsitud, saab parendada (K+KõN) (valimik)							DIN EN 10089 (2003-04), asendus DIN 17221-le	
Terase mark		Kuum- valtsitud	Pehme- loomutatud +A	Parendatud (K+KõN) (+QT)			Omadused, kasutus	
Margi- tähis	Tunnus- number	Kõvadus HB	Kõvadus HB	Tõmbe- tugevus R _m N/mm ²	Voolepiir R _{p0.2} N/mm ²	Katke- venivus A %		
38Si7	1.5023	240	217	1300 ... 1600	1150	8	Elastsed keermelukud	
55Cr3	1.7176	> 310	248	1400 ... 1700	1250	3	Suuremad tõmbe- ja survevedrud	
61SiCr7	1.7108	310	248	1550 ... 1850	1400	5.5	Lehtvedrud, taldrivedrud	
51CrV4	1.8159	> 310	248	1400 ... 1700	1200	6	Raskkoormatud vedrud	

Traadi läbimõõt d, mm (valimik)		Väljastusolek: vardad, traat rõngas									
		5.0 – 5.5 – 6.0 – 6.5 ... 10.0 – 10.5 ... 19.0 – 19.5 – 20.0 – 21.0 – 22.0 – 23.0 ... 27.0 – 28.0 – 29.0 – 30.0									
⇒	Ümarvarras EN 10089-20 x 8000 – 51CrV4 +A: Varda läbimõõt d = 20 mm, varda pikkus l = 8000 mm, terase mark 51CrV4, väljastusolek pehmeloomutatud (+A).										

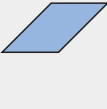
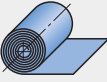
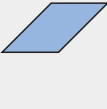
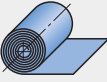
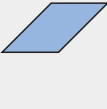
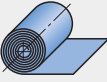
Terased kalibreeritud terastoodeteks

Kalibreeritud mittelegeerterased (valimik)							DIN EN 10277-2 (2008-06)	
Terase mark		Paksuse vahemik mm	Mehaanilised omadused väljastusolekus					Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnusnumber		Valtsitud ja kooritud (+SH)		Külmtoommatud (+C)			
			Kõvadus HB	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Katkevenivus A, %	
S235JRC	1.0122	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	102... 140	360... 510	260 235	390... 730 380... 670	10 11	Mittekarastatavad kvaliteetterased üldkasutuseks, nt kergkoormatud hoovald, poldid, teljed ja võllid
S355J2C	1.0579	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	146... 187	470... 630	350 335	530... 850 500... 770	8 9	
E295GC	1.0533	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	140... 181	470... 610	320 300	550... 850 520... 770	8 9	
E335GC	1.0543	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	169... 211	570... 710	390 340	640... 930 620... 870	7 8	
C15	1.0401	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	98... 178	330... 600	240 215	380... 670 340... 600	11 12		Kvaliteetterased, mis ei kuulu termotöötlusele (nt karastamine), moodukalt koormatud detailid
C35	1.0501	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	154... 207	520... 700	320 300	580... 880 520... 800	9 9	
C45	1.0503	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	172... 242	580... 820	410 360	650... 1000 580... 850	8 8	
C60	1.0601	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	198... 278	670... 940	480 -	730... 1100 -	6 -	
Saadav sortiment, pinnaviimistlus, märkused		Ümarvardad: valtsitud ja kooritud (+SH), külmtoommatud (+C), lihvitud (+SL). Nelikantvardad: valtsitud ja külmtoommatud (+C). Mõõtmed, tolerantsid: lk 152.						
Kalibreeritud hea lõiketööeldavusega terased (valimik)							DIN EN 10277-3 (2008-06)	
Terase mark		Paksuse vahemik mm	Mehaanilised omadused väljastusolekus					Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnusnumber		Valtsitud ja kooritud (+SH)		Külmtoommatud (+C)			
			Kõvadus HB	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Katkevenivus A, %	
11SMn30 11SMnPb30	1.0715 1.0718	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	112... 169	380... 570 370... 570	375 305	460... 710 400... 650	8 9	Pole ette nähtud termotöötluseks (nt tsementiitimine)
11SMn37 11SMnPb37	1.0736 1.0737	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	112... 169	380... 570 370... 570	375 305	460... 710 400... 650	8 9	
10S20 10SPb20	1.0721 1.0722	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	107... 156	360... 530	360 295	460... 720 410... 660	9 10	Tsementiitmiseks sobivad terased
15SMn13	1.0725	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	128... 178 128... 172	430... 600 430... 580	390 350	470... 770 460... 680	8 9	
35S20 35SPb20	1.0726 1.0756	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	154... 201 154... 198	520... 680 520... 670	360 340	560... 800 530... 760	8 9	Parendamiseks (K+KõN) sobivad terased; saadaval külmtoommatult ning parendatult (+C+QT) või parendatult ning külmtoommatult (+QT+C)
36SMn14 36SMnPb14	1.0764 1.0765	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	166... 222 166... 219	560... 750 560... 740	390 360	600... 900 580... 840	7 8	
44SMn28 44SMnPb28	1.0762 1.0763	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	187... 242 184... 235	630... 820 620... 790	460 430	660... 900 650... 870	6 7	
46S20 46SMnPb20	1.0727 1.0757	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	175... 225 172... 216	590... 760 580... 730	400 380	640... 880 610... 850	7 8	
Saadav sortiment, pinnaviimistlus, märkused		Ümarvardad: valtsitud ja kooritud (+SH), külmtoommatud (+C), lihvitud (+SL). Nelikantvardad: valtsitud ja külmtoommatud (+C). Mõõtmed, tolerantsid: lk 152; termotöötlus: lk 166.						

Terased kalibreeritud terastoodeteks

Parentatavad (K+KõN) kalibreeritud terased (valimik)							DIN EN 10277-5 (2008-06)	
Terase mark		Paksuse vahemik mm	Mehaanilised omadused väljastusolekus				Omadused, kasutus	
Margitähis	Tunnusnumber		Valtsitud ja kooritud (+SH)		Parentatud (K+KõN) ning külmtoomatud (+QT+C)			
			Kõvadus HB	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Katkevenivus A, %	
C35E	1.1181	> 16 ≤ 40	154...207	520...700	455	650... 850	10	
C35R	1.1180	> 40 ≤ 63			570... 770	400	570... 770	11
C45E	1.1191	> 16 ≤ 40	172...242	580...820	525	750... 950	9	
C45R	1.1201	> 40 ≤ 63			650... 850	455	650... 850	10
C60E	1.1221	> 16 ≤ 40	198...278	670...940	580	830...1030	7	
C60R	1.1223	> 40 ≤ 63			780... 980	545	780... 980	8
34CrS4	1.7037	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	223	–	580 510	800...1000 700... 900	9 10	
41CrS4	1.7039	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	241	–	670 570	900...1100 800...1000	9 10	
25CrMoS4	1.7213	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	212	–	600 520	800...1000 700... 900	10 11	
42CrMoS4	1.7227	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	241	–	720 650	1000...1200 900...1100	10 10	
34CrNiMo6	1.6582	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	248	–	720 650	1000...1200 1000...1200	9 10	
Saadav sortiment, pinnaviimistlus, märkused		Ümarvardad: nt valtsitud ja kooritud (+SH), külmtoomatud (+C), külmtoomatud ning parentatud (K+KõN) (+C+QT). Nelikantvardad: nt külmtoomatud (+C), parentatud (K+KõN) ning külmtoomatud (+QT+C). Mootmed, tolerantsid: lk 152; termotöötlus: lk 165.						
Tsementiitavad kalibreeritud terased (valimik)							DIN EN 10277-4 (2008-06)	
Terase mark		Paksuse vahemik mm	Mehaanilised omadused väljastusolekus				Omadused, kasutus	
Margitähis	Tunnusnumber		Valtsitud ja kooritud (+SH)		Külmtoomatud (+C)			
			Kõvadus HB	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Katkevenivus A, %	
C10R	1.1207	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	92...163	310...550	250 200	400...700 350...640	12	
C15R	1.1140	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	98...178	330...600	280 240	430...730 380...670	9 11	
C16R	1.1208	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	105...184	350...620	300 260	450...750 360...620	11 12	
Legeerterased			Kõvadus HB väljastusolekus				Omadused, kasutus	
			+A+SH	+A+C	+FP+SH	+FP+C		
16MnCrS5	1.7139	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	207	245 240	140...187	140...240 140...235	Legeeritud tsementiitunud terased keskkooritud väikeste detailide jaoks, nt poldid, sõrmed, piid	
20MnCrS5	1.7149	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	217	255 250	152...201	152...250 152...245		
16NiCrS4	1.5715	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	217	255 255	156...207	156...245 156...240		
15NiCr13	1.5752	> 16 ≤ 40 > 40 ≤ 63	255	–	166...217	–		
Saadav sortiment, pinnaviimistlus, märkused		Ümarvardad: +A+SH lõõmutatud ja kooritud, +A+C lõõmutatud ja külmtoomatud, +FP+SH ferriit-perliitstruktuurile töödeldud ja kooritud, +FP+C ferriit-perliitstruktuurile töödeldud ja külmtoomatud. Nelikantvardad: +A+C lõõmutatud ja külmtoomatud, +FP+C ferriit-perliitstruktuurile töödeldud ja külmtoomatud. Mootmed, tolerantsid: lk 152; termotöötlus: lk 164.						

Riba- ja lehtteras

Liigitus sõltuvalt																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Toote kujust</th> </tr> <tr> <th>Tüüp</th> <th>Sortiment, märkus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  </td> <td> Tavaliselt ristkülikukujulised lehed väike: $b \times l = (1000 \times 2000)$ mm, keskmine: $b \times l = (1250 \times 2500)$ mm, suur: $b \times l = (1500 \times 3000)$ mm. Lehe paksus: $s = (0.14...250)$ mm </td> </tr> <tr> <td>  </td> <td> Riba paksus: $s = (0.14...10)$ mm. Riba laius: b kuni 2000 mm Rulli läbimõõt: kuni 2400 mm Rulli mass: kuni 40 t <ul style="list-style-type: none"> Automaatse etteandega süsteemidele või lehttoorikud järgneva töötlemiseks </td> </tr> </tbody> </table>	Toote kujust		Tüüp	Sortiment, märkus		Tavaliselt ristkülikukujulised lehed väike: $b \times l = (1000 \times 2000)$ mm, keskmine: $b \times l = (1250 \times 2500)$ mm, suur: $b \times l = (1500 \times 3000)$ mm. Lehe paksus: $s = (0.14...250)$ mm		Riba paksus: $s = (0.14...10)$ mm. Riba laius: b kuni 2000 mm Rulli läbimõõt: kuni 2400 mm Rulli mass: kuni 40 t <ul style="list-style-type: none"> Automaatse etteandega süsteemidele või lehttoorikud järgneva töötlemiseks 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tootmismeetodist</th> </tr> <tr> <th>Meetod</th> <th>Märkus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kuumvaltsitud</td> <td>Lehe paksus kuni umbes 250 mm, pinnad valtsilt ja tagiga, pinnatühikutega, pragudega, liivajälgedega, kõrvaldatavad keevitusega või lihvimisega.</td> </tr> <tr> <td>Külmvaltsitud</td> <td>Lehe paksus kuni umbes 10 mm, saadaval erinevad pinnaklassid, nt kõrgvaliteetseks lakkimiseks ja pinnatöötamiseks, nt fosfaatimine.</td> </tr> <tr> <td>Külmvaltsitud, pinnaviimistlusega</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> kõrgem korrosioonikindlus, nt tsinkimine või orgaanilise materjaliga pindamine dekoratiivsetel eesmärkidel, nt plast- või lakkipidega parem töödeldavus, nt pinnatekstuuri tõttu </td> </tr> </tbody> </table>	Tootmismeetodist		Meetod	Märkus	Kuumvaltsitud	Lehe paksus kuni umbes 250 mm, pinnad valtsilt ja tagiga, pinnatühikutega, pragudega, liivajälgedega, kõrvaldatavad keevitusega või lihvimisega.	Külmvaltsitud	Lehe paksus kuni umbes 10 mm, saadaval erinevad pinnaklassid, nt kõrgvaliteetseks lakkimiseks ja pinnatöötamiseks, nt fosfaatimine.	Külmvaltsitud, pinnaviimistlusega	<ul style="list-style-type: none"> kõrgem korrosioonikindlus, nt tsinkimine või orgaanilise materjaliga pindamine dekoratiivsetel eesmärkidel, nt plast- või lakkipidega parem töödeldavus, nt pinnatekstuuri tõttu
Toote kujust																			
Tüüp	Sortiment, märkus																		
	Tavaliselt ristkülikukujulised lehed väike: $b \times l = (1000 \times 2000)$ mm, keskmine: $b \times l = (1250 \times 2500)$ mm, suur: $b \times l = (1500 \times 3000)$ mm. Lehe paksus: $s = (0.14...250)$ mm																		
	Riba paksus: $s = (0.14...10)$ mm. Riba laius: b kuni 2000 mm Rulli läbimõõt: kuni 2400 mm Rulli mass: kuni 40 t <ul style="list-style-type: none"> Automaatse etteandega süsteemidele või lehttoorikud järgneva töötlemiseks 																		
Tootmismeetodist																			
Meetod	Märkus																		
Kuumvaltsitud	Lehe paksus kuni umbes 250 mm, pinnad valtsilt ja tagiga, pinnatühikutega, pragudega, liivajälgedega, kõrvaldatavad keevitusega või lihvimisega.																		
Külmvaltsitud	Lehe paksus kuni umbes 10 mm, saadaval erinevad pinnaklassid, nt kõrgvaliteetseks lakkimiseks ja pinnatöötamiseks, nt fosfaatimine.																		
Külmvaltsitud, pinnaviimistlusega	<ul style="list-style-type: none"> kõrgem korrosioonikindlus, nt tsinkimine või orgaanilise materjaliga pindamine dekoratiivsetel eesmärkidel, nt plast- või lakkipidega parem töödeldavus, nt pinnatekstuuri tõttu 																		

Lehtmetalli grupid, ülevaade (valimik)

Peamised näitajad	Otstarve, terase grupp	Standard	Sortiment ¹⁾		
			L	R	Paksusvahemik
Külmvaltsleht ja -riba					
<ul style="list-style-type: none"> külmsurvetöödeldav (sülgavtõmbamine) keevitav värvitav 	Pehmeterasest tasapindsed valtsitud	DIN EN 10130	•	•	(0.35...3) mm
	Pehmeterasest külmvaltsriba	DIN EN 10207	–	•	≤ 10 mm
	Kõrge voolepiiriga tasapindtooted	DIN EN 10268	•	•	≤ 3 mm
	Tasapindsed tooted emailimiseks	DIN EN 10209	•	•	≤ 3 mm
Pinnaviimistlusega külmvaltsleht ja -riba					
<ul style="list-style-type: none"> kõrge korrosioonikindlus võimalik parim vormitavus 	Kuumsukelduspinnatud leht- ja ribateras	DIN EN 10346	•	•	≤ 3 mm
	Elektrilüütsingitud tasapindsed terastooted külmtöötlemiseks	DIN EN 10152	•	•	(0.35... 3) mm
	Orgaanilise materjaliga pinnatud tasapindsed terastooted	DIN EN 10169	•	•	≤ 3 mm
Külmvaltsleht ja -riba pakendamiseks					
<ul style="list-style-type: none"> korrosioonikindel külm-töödeldav keevitav 	Must lehtmetsall tinatatud pleki tootmiseks	DIN EN 10205	•	•	(0.14... 0.49) mm
	Elektrilüütselt tinatatud või kroomitud lehtmetsall pakendamiseks	DIN EN 10202	•	•	(0.14... 0.49) mm
Kuumvaltsleht ja -riba					
Samad omadused vastavate terasegruppidega (lk 132, lk 133)	Mittelegeer- ja legeerterasleht ja -riba, nt konstruktsiooniteras DIN EN 10025-2 järgi, peent-terakonstruktsiooniteras DIN EN 10025-3 järgi, tsemientiitavad teras DIN EN 10084 järgi, parendatavad (K+KõN) teras DIN EN 10083 järgi, roostevabateras DIN EN 10088 järgi	DIN EN 10051	•	•	Leht paksusega kuni 25 mm, riba paksusega kuni 10 mm
• kõrge voolepiir	Kõrge voolepiiriga konstruktsiooniterasest lehtmetsall, parendatud (K+KõN) olekus	DIN EN 10025-6	•	–	(3... 150) mm
• külm-töödeldav	Kõrge voolepiiriga tasapindsed terastooted	DIN EN 10149-1	•	•	Leht paksusega kuni 20 mm

¹⁾ Metalltooted: L leht; R riba.

Külmvaltsriba- ja lehtteras külmtootluseks

Pehmeterasest külmvaltsriba ja -leht							DIN EN 10130 (2007-02)
Terase mark		Pinna tüüp	Tõmbe- tugevus R_m N/mm ²	Voole- piir R_p N/mm ²	Katke- venivus A %	Vooleribade puudumine ¹⁾	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus- number						
DC01	1.0330	A B	270...410	140 280	28	- 3 kuud	Külmurvetöödeldav, nt sügavtõmbamine, keevitav, värvitav; töödeldud tasapindsed tooted autotööstuses, üldmasinaehituses, ehituskonstruksioonide tööstuses
DC03	1.0347	A B	270...370	140 240	34	6 kuud	
DC04	1.0338	A B	270...350	140 210	38	6 kuud	
DC05	1.0312	A B	270...330	140 180	40	6 kuud	
DC06	1.0873	A B	270...350	120 170	41	piiramata aeg	
Sortiment (standard- (väärtused)	Lehe paksus: (0.25 – 0.35 – 0.4 – 0.5 – 0.6 – 0.7 – 0.8 – 0.9 – 1.0 – 1.2 – 1.5 – 2.0 – 2.5 – 3.0) mm. Lehe mõõtmed: (1000 x 2000) mm, (1250 x 2500) mm, (1500 x 3000) mm, (2000 x 6000) mm. Riba (rullis) laiusega kuni umbes 2000 mm.						
Selgitus	¹⁾ Järgnevas mittelõiketöötlemise protsessis, nt sügavtõmbamisel, voolavusribad (nihkejooned) ei ilmne näidatud ajavahemiku kestel. Ajavahemik algab kokkulepitud väljastusajal.						
Pinna tüüp				Pinnaviimistlus			
Tähistus	Pinna kirjeldus			Tähistus	Viimistlus	Kesk. pinnakaredus R_a	
A	Defektid, nt poorid, rebendid, võib puududa mõju töödeldavusele ja pinnete adhesioonile			b g	väga sile sile	$R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$ $R_a \leq 0.9 \mu\text{m}$	
B	Lehe üks pind peab olema defektivaba, et selle pinnaviimistlus ei mõjuku värvimise kvaliteedile			m r	matt kare	$0.6 \mu\text{m} < R_a \leq 1.9 \mu\text{m}$ $R_a > 1.6 \mu\text{m}$	
⇒	Lehtteras EN 10130 – DC06 – B – g: Terasest DC06 leht, pinna tüüp B, sile pind (g).						
Kõrge voolepiiriga külmvaltsriba ja -leht (valimik)							DIN EN 10268 (2013-12)
Terase mark		Tõmbe- tugevus R_m N/mm ²	Voole- piir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke- venivus A %	Terase grupp, omadused, kasutus		
Margi- tähis	Tunnus- number						
HC180Y	1.0922	330...400	180...230	35	Kõrgtugev IF teras (Y)		
HC220Y	1.0925	340...420	220...270	33	Väga hea külmurvetöödeldavus suurel mehaanilisel tugevusel; keerulised sügavtõmmatud tooted		
HC260Y	1.0928	380...440	260...320	31			
HC180B	1.0395	290...360	180...230	34	Deformatsioonvanandav teras (B)		
HC220B	1.0396	320...400	220...270	32	Hea külmurvetöödeldavus, voolepiiri tõus termotööt- lusega peale vormimisprotsessi; sõidukite keredetailid		
HC300B	1.0444	390...480	300...360	26			
HC220I	1.0346	300...380	220...270	34	Isotroopne teras (I)		
HC260I	1.0349	320...400	260...310	32	Ideaalne venitusvormimiseks;		
HC300I	1.0447	340...440	300...350	30	mootorsõidukite mootorikatted ja ukсед		
HC260LA	1.0480	350...430	260...330	26	Madallegeer/mikrolegeerteras (LA)		
HC340LA	1.0548	410...510	340...420	21	Parandatud keevitavus ja piiratud külmurvetöödel- davus, hea löögisitkus ja väsimustugevus;		
HC420LA	1.0556	470...600	420...520	17	sõidukite kerde tugevdavad osad		
HC500LA	1.0573	550...710	500...620	12			
Pinnad	Valtsimislaius ≥ 600 mm: pinna tüüp ja viimistlus DIN EN 10130 järgi (tabel ülal) LA tüüpi terastele ainult pinna tüüp A. Valtsimislaius < 600 mm: pinna tüüp ja viimistlus DIN EN 10139 järgi.						
⇒	Lehtteras EN 10268 – HC340LA – A – m: Terasest HC340LA leht, pinna tüüp A, matt (m).						

Külmvalts- ja kuumvaltsriba- ning lehtteras

Pehmeterasest kuumsukelduspinnatud
riba ja leht külmurvetöötlemiseks (valimik)

DIN EN 10346 (2015-10)

Terasa mark		Tugevus- näitajate garantii ¹⁾	Tõmbetu- gevus R_m N/mm ²	Voolepiir R_e N/mm ²	Katte- venivus A %	Vooleribade moo- dustumine	Külmurvetöötuse liik
Margitähis	Tunnus- number						
DX51D+Z DX51D+ZF	1.0917	1 kuu	270...500	–	22	Vooleribad võivad tek- kida	masinvaltsimine
DX52D+Z DX52D+ZF	1.0918	1 kuu	270...420	140...300	26		tõmbamine
DX53D+Z DX53D+ZF	1.0951	1 kuu	270...380	140...260	30		tõmbamine
DX54D+Z DX54D+ZF	1.0952	6 kuud	260...350	120...220	36 34	6 kuud vooler- ribade- vaba ²⁾	eritõmbamine
DX56D+Z DX56D+ZF	1.0963	6 kuud	260...350	120...180	39 37		eritõmbamine
Sortiment (standard- väärtused)	Lehe paksus: (0.25 – 0.35 – 0.4 – 0.5 – 0.6 – 0.7 – 0.8 – 0.9 – 1.0 – 1.2 – 1.5 – 2.0 – 2.5 – 3.0) mm. Lehe mõõtmed: (1000 x 2000) mm, (1250 x 2500) mm, (1500 x 3000) mm, (2000 x 6000) mm. Riba (rullis) laiusuga kuni umbes 2000 mm.						

Sortiment (standard- väärtused)	Lehe paksus: (0.25 – 0.35 – 0.4 – 0.5 – 0.6 – 0.7 – 0.8 – 0.9 – 1.0 – 1.2 – 1.5 – 2.0 – 2.5 – 3.0) mm. Lehe mõõtmed: (1000 x 2000) mm, (1250 x 2500) mm, (1500 x 3000) mm, (2000 x 6000) mm. Riba (rullis) laiusuga kuni umbes 2000 mm.						
Selgitused	¹⁾ Tõmbetugevuse R_m , voolepiiri R_e ja kattevenivuse A väärtused on garanteeritud ainult nimetatud aja kestel. Ajavahemik algab kokkulepitud väljastusajal. ²⁾ Järgnevas töötlemisprotsessis, nt sügavtõmbamine, vooleribasid 6 kuu jooksul ei esine. Ajavahemik algab kokkulepitud väljastusajal.						

Pinnete omadused ja koostis (valimik)

Tähistus	Koostis, omadused	Tähistus	Koostis, omadused
+Z	Tsinkpinne, pinnal on lilltekstuur, atmosfääri korrosioonikaitse	+ZF	Tsinkraudpinne, abrasiivkulumiskindel, ühtlane hall matt, korrosioonikindlus sama, kui +Z pindel

Pinnakvaliteet ja -viimistlus

Tähistus	Selgitus	Pinnatöötlus
A	Pinnadefektid nagu kulumisjäljed, kriimustused, poorid ja vöödid ei ole lubatud.	Pinnatöötlus näidatakse tähttähesega: C → keemiliselt passiveeritud, O → õlitatud, P → fosfaaditud, S → kiletatud, u → mittetöödeldud.
B	Tüübiga A võrreldes parandatud pind.	
C	Parim pind, kõrgkvaliteetne värvkatte peab olema tagatud lehe ühel poolel.	
⇒	Lehtteras EN 10143-0.5 x 1200 x 2500 – teras DIN EN 10346 – DX53D+ZF100-B-O: Leht piirmõõtmetega EN 10143 järgi, paksus $s = 0.5$ mm, laius $b = 1200$ mm, pikkus $l = 2500$ mm, teras DX53D, tsinkraudpinne 100 g/m ² (ZF100), parandatud (B) ja õlitatud (O) pind.	

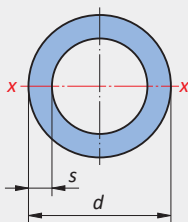
Kuumvaltsitud leht ja riba

DIN EN 10051 (2011-02)

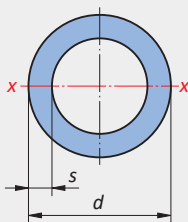
Materjalid	Terasa grupp, tähistus	Standard	Lk	Omadused
Materjalid	Kuumvaltsleht ja -riba EN 10051 järgi, toodetud erinevatest terase gruppidest, nt:			
	Konstruksiooniterased	DIN EN 10025-2	135	Terasa markide oma- dused ja kasutus: → lk 135 ... lk 138.
	Tsementiitidavad mittelegeer- ja legeerterased	DIN EN 10084	137	
	Parendatavad (K+KõN) mittlegeer- ja legeerterased	DIN EN 10083-2...3	138	
Keevitatavad peenteraterased	DIN EN 10025-3...4	136		
	Parendatavad (K+KõN) konstruksiooniterased, kõrge voolepiiriga	DIN EN 10137	136	
Sortiment (võimalused)	Lehe paksus: (0.5 – 1.0 – 1.5 – 2.0 – 2.5 – 3.0 – 3.5 – 4.0 – 4.5 – 5.0 – 6.0 – 8.0 – 10.0 – 12.0 – 15.0 – 18.0 – 20.0 – 25.0) mm. Saadaval laia ribana laiusuga (600...2200) mm või laiaist ribast lõigatud ribapaneelidena või ribadena laiusuga < 600 mm, mis on saadud laia riba pikilõikamise teel.			
⇒	Lehtteras EN 10051 – 2.0 x 1200 x 2500 – teras EN 10083-1 – 34Cr4: Lehe paksus 2.0 mm, paneeli mõõtmed (1200 x 2500) mm, parendatav (K+KõN) legeerteras 34Cr4.			

Masinaehitustorud, terastäppistorud

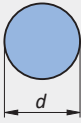
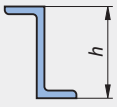

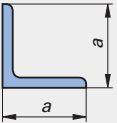
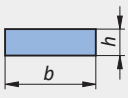
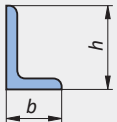
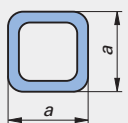

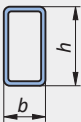

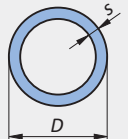
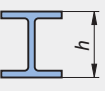
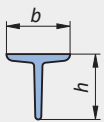
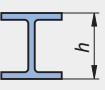
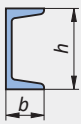
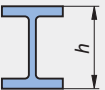
Õmbluseta ümartoru masinaehituseks (valimik)						DIN EN 10297-1 (2003-06)				
d välisläbimõõt	$d \times s$	S cm ²	m^* kg/m	W_x cm ³	I_x cm ⁴	$d \times s$	S cm ²	m^* kg/m	W_x cm ³	I_x cm ⁴
s seinapaksus										
S ristlõikepindala										
m^* joonmass	26.9 x 2.3	1.78	1.40	1.01	1.36	54 x 5.0	7.70	6.04	8.64	23.34
W_x telg-	26.9 x 2.6	1.98	1.55	1.10	1.48	54 x 8.0	11.56	9.07	11.67	31.50
tugevusmoment	26.9 x 3.2	2.38	1.87	1.27	1.70	54 x 10.0	13.82	10.85	13.03	35.18
I_x telginertsimoment	35 x 2.6	2.65	2.08	2.00	3.50	60.3 x 8	13.14	10.31	15.25	45.99
	35 x 4.0	3.90	3.06	2.72	4.76	60.3 x 10	15.80	12.40	17.23	51.95
	35 x 6.3	5.68	4.46	3.50	6.13	60.3 x 12.5	18.77	14.73	19.00	57.28
	40 x 4	4.52	3.55	3.71	7.42	70 x 8	15.58	12.23	21.75	76.12
	40 x 5	5.50	4.32	4.30	8.59	70 x 12.5	22.58	17.73	27.92	97.73
	40 x 8	8.04	6.31	5.47	10.94	70 x 16	27.14	21.30	30.75	107.6
	44.5 x 4	5.09	4.00	4.74	10.54	82.5 x 8	18.72	14.70	31.85	131.4
	44.5 x 5	6.20	4.87	5.53	12.29	82.5 x 12.5	27.49	21.58	42.12	173.7
	44.5 x 8	9.17	7.20	7.20	16.01	82.5 x 20	39.27	30.83	51.24	211.4
	51 x 5	7.23	5.68	7.58	19.34	88.9 x 10	24.79	19.46	44.09	196.0
	51 x 8	10.81	8.49	10.13	25.84	88.9 x 16	36.64	28.76	57.40	255.2
	51 x 10	12.88	10.11	11.25	28.68	88.9 x 20	43.29	33.98	62.66	278.6
Materjal, termotöötlus	Terase grupp				Terase mark, näited				Termotöötlus	
	Masina-terased:		mittelegeeritud legeeritud		E235, E275, E315 E355K2, E420J2				+AR või +N +N	
	Parendatavad (K+KõN) terased:		mittelegeeritud legeeritud		C22E, C45E, C60E 41Cr4, 42CrMo4				+N või +QT +QT	
	Tsementiitidatavad mittelgeer- ja legeerterased				C10E, C15E, 16MnCr5				+A või +N	
	Teraste omadused ja kasutus: lk 132, lk 133.									



Külmtoommatud õmbluseta terastäppistorud (valimik)						DIN EN 10305-1 (2016-08)				
d välisläbimõõt	$d \times s$	S cm ²	m^* kg/m	W_x cm ³	I_x cm ⁴	$d \times s$	S cm ²	m^* kg/m	W_x cm ³	I_x cm ⁴
s seinapaksus										
S ristlõikepindala										
m^* joonmass	10 x 1	0.28	0.22	0.06	0.03	35 x 3	3.02	2.37	2.23	3.89
W_x telg-	10 x 1.5	0.40	0.31	0.07	0.04	35 x 5	4.71	3.70	3.11	5.45
tugevusmoment	10 x 2	0.50	0.39	0.09	0.04	35 x 8	5.53	4.34	2.53	3.79
I_x telginertsimoment	12 x 1	0.35	0.27	0.09	0.05	40 x 4	4.52	3.55	3.71	7.42
	12 x 1.5	0.49	0.38	0.12	0.07	40 x 5	5.50	4.32	4.30	8.59
	12 x 2	0.63	0.49	0.14	0.08	40 x 8	8.04	6.31	5.47	10.94
	15 x 2	0.82	0.64	0.24	0.18	50 x 5	7.07	5.55	7.25	18.11
	15 x 2.5	0.98	0.77	0.27	0.20	50 x 8	10.56	8.29	9.65	24.12
	15 x 3	1.13	0.89	0.29	0.22	50 x 10	12.57	9.87	10.68	26.70
	20 x 2.5	1.37	1.08	0.54	0.54	60 x 5	8.64	6.78	10.98	32.94
	20 x 4	2.01	1.58	0.68	0.68	60 x 8	13.07	10.26	15.07	45.22
	20 x 5	2.36	1.85	0.74	0.74	60 x 10	15.71	12.33	17.02	51.05
	25 x 2.5	1.77	1.39	0.91	1.13	70 x 5	10.21	8.01	15.50	54.24
	25 x 5	3.14	2.46	1.34	1.67	70 x 10	18.85	14.80	24.91	87.18
	25 x 6	3.58	2.81	1.42	1.78	70 x 12	21.87	17.17	27.39	95.88
	30 x 3	2.54	1.99	1.56	2.35	80 x 8	18.10	14.21	29.68	118.7
	30 x 5	3.93	3.08	2.13	3.19	80 x 10	21.99	17.26	34.36	137.4
	30 x 6	4.52	3.55	2.31	3.46	80 x 16	32.17	25.25	43.75	175.0
Materjalid	Masinaterased: E215, E235, E255, E355, E410. Parendatavad (K+KõN) terased: 26Mn5, C35E, C45E, 26Mo2, 25CrMo4, 42CrMo4. Hea löiketöödeldavusega terased: 10S10, 15S10, 18S10, 37S10.									
Väljastusolek	+C puhastõmmatud, kõva				+LC puhastõmmatud, pehme				+A lõõmutatud	
	+SR puhastõmmatud, pingetuslõõmutatud								+N normaliseeritud	
Pind	Sile sise- ja välispind, pinnakareduse R_a piirid: $R_a \leq 4 \mu\text{m}$ välispinnale viimistlustega +SR, +A, +N; $R_a \leq 4 \mu\text{m}$ välis- ja sisepinnale viimistlustega +C, +LC.									

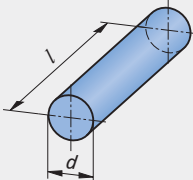


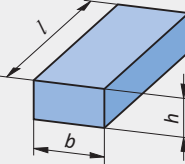
Kuumvaltsprofiilid

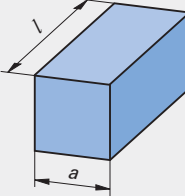
Ristlõige	Nimetus, mõõtmed	Standard, lk	Ristlõige	Nimetus, mõõtmed	Standard, lk
	Ümarvarras $d = (8 \dots 200) \text{ mm}$	DIN EN 10060 lk 151		Z-profiilvarras $h = (30 \dots 200) \text{ mm}$	DIN 1027
	Ruutvarras $a = (8 \dots 120) \text{ mm}$	DIN EN 10059 lk 151		Võrdkülgne nurkprofiilvarras $a = (20 \dots 250) \text{ mm}$	DIN EN 10056-1 lk 155
	Ristkülikvarras $b \times h = (10 \times 5) \text{ mm} \dots$ (150 x 60) mm	DIN EN 10058 lk 151		Erikülgne nurkprofiilvarras $a \times b = (30 \times 20) \text{ mm} \dots$ (200 x 150) mm	DIN EN 10056-1 lk 154
	Ruuttoru $a = (40 \dots 400) \text{ mm}$	DIN EN 10210-2 lk 158		Kitsas I-profiilvarras I sari $h = (80 \dots 160) \text{ mm}$	DIN 1025-1
	Ristküliktoru $h \times b = (50 \times 25) \text{ mm} \dots$ (500 x 300) mm	DIN EN 10210-2 lk 158		Kesklaie I-profiilvarras IPE sari $h = (80 \dots 600) \text{ mm}$	DIN 1025-5 lk 156
	Ümartoru $D \times s = (21.3 \times 2.3) \text{ mm} \dots$ (1219 x 25) mm	DIN EN 10210-1		Lai I-profiilvarras IPB sari ¹⁾ $h = (100 \dots 1000) \text{ mm}$	DIN 1025-2 lk 157
	T-profiilvarras $b = h = (30 \dots 140) \text{ mm}$	DIN EN 10055 lk 153		Lai I-profiilvarras kergeprofiil IPB/ sari ¹⁾ $h = (100 \dots 1000) \text{ mm}$	DIN 1025-3 lk 156
	U-profiilvarras $h = (30 \dots 400) \text{ mm}$	DIN 1026-1 lk 153		Lai I-profiilvarras tugevdatud profiil IPBv sari ¹⁾ $h = (100 \dots 1000) \text{ mm}$	DIN 1025-4 lk 157

¹⁾ EURONORM 53-62 kohaselt: IPB = HE ... B, IPB/ = HE ... A, IPBv = HE ... M.

Kuumvaltsitud latt-teras

Kuumvaltsitud ümarvardad		DIN EN 10060 (2004-02)							
	Terase grupp (valimik)	Standard	Lk	Pind					
	Mitteleg. konstr. terased	DIN EN 10025-2	135	Pinnal võib esineda nt. tagi, tagiilisandeid, tühikuid, pragusid ja liivvälgi jne, mis on kõrvaldatavad lihvimisega.					
	Hea lõiketööd. terased	DIN EN 10087	139						
	Tsementiitidavad terased	DIN EN 10084	137						
	Parendatavad (K+KõN) terased	DIN EN 10083	138						
	Tööriistaterased	DIN EN ISO 4957	140						
	Roostevabaterased	DIN EN 10088	141 142						
	Nimisuurused	Nimiläbimõõt d , mm							
10		18	26	36	50	70	95	130	160
12		19	27	38	52	73	100	135	165
13		20	28	40	55	75	105	140	170
	14	22	30	42	60	80	110	145	175
	15	24	32	45	63	85	115	150	180
	16	25	35	48	65	90	120	155	200
Pikkused l	Toodetud pikkused (M): $l = 3000 \text{ mm} \dots l = 13000 \text{ mm}$. Nimipikkused (F): $l = (3000 \text{ mm} \dots 13000 \text{ mm}) \pm 100 \text{ mm}$. Täppspikkused (E): $l < 6000 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$.								
⇒	Ümarvarras EN 10060 – 40 x 5000 E – teras EN 10025-2 – S235JR: kuumvaltsümarteras, $d = 40 \text{ mm}$, täppspikkus (E) $l = 5000 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$; mittelegeerkonstruktsiooniteras S235JR.								

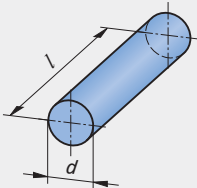
Kuumvaltsitud ristkülikvardad		DIN EN 10058 (2004-02)										
	Terase grupp, pind	Vaata kuumvaltsitud ümarvardad (tabel ülal).										
	Pikkused l	Toodetud pikkused (M): $l = 3000 \text{ mm} \dots l = 13000 \text{ mm}$. Nimipikkused (F): $l = (3000 \text{ mm} \dots 13000 \text{ mm}) \pm 100 \text{ mm}$. Täppspikkused (E): $l < 6000 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$.										
	Nimisuurused: laius b ja kõrgus h , mm											
	b	h	b	h	b	h	b	h	b	h		
	10	5	16	5...10	30	5...20	45	5...30	70	5...40	100	5...60
	12	5, 6	20	5...15	35	5...20	50	5...30	80	5...60	120	6...60
15	5...10	25	5...15	40	5...30	60	5...40	90	5...60	150	6...90	
Nimikõrgused h : (5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 80) mm												
⇒	Ristkülikvarras EN 10058 – 40 x 15 x 3000 M – teras EN 10084 – 20MnCr5: kuumvaltsristkülikteras $b = 40 \text{ mm}$, $h = 15 \text{ mm}$, toodetud pikkus (M) $l = 3000 \text{ mm}$, tsementiitav teras 20MnCr5.											

Kuumvaltsitud ruutvardad		DIN EN 10059 (2004-02)										
	Terase grupp, pind	Vaata kuumvaltsitud ümarvardad (tabel ülal).										
	Pikkused l	Toodetud pikkused (M): $l = 3000 \text{ mm} \dots l = 13000 \text{ mm}$. Nimipikkused (F): $l = (3000 \text{ mm} \dots 13000 \text{ mm}) \pm 100 \text{ mm}$. Täppspikkused (E): $l < 6000 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$.										
	Küljepikkus a , mm											
	Nimisuurused	8	13	16	22	26	32	45	60	75	100	130
		10	14	18	24	28	35	50	65	80	110	140
		12	15	20	25	30	40	55	70	90	120	150
⇒	Ruutvarras EN 10059 – 60 x 5000 F – teras EN 10087 – 35S20: kuumvaltsruutteras $a = 60 \text{ mm}$, nimipikkus (F) $l = 5000 \text{ mm} \pm 100 \text{ mm}$, hea lõiketöödeldavusega teras 35S20.											

Kalibreeritud varb-teras

Kalibreeritud ümarvardad

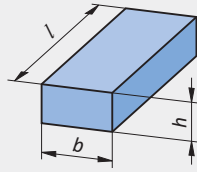
DIN EN 10278 (1999-12)



Terase grupp (valimik)	Standard	Lk	Väljastusolek, pinna kvaliteet							
Üldkasutatavad terased	DIN EN 10277-2	144	Tõmmatud (+C): sile, tagivaba pind, kooritud (+SH): parem pinnakvaliteet, kui (+C), pinna süsinikuarastus praktiliselt puudub või valtsimisvead mahalihtvut (+SL): parim pind, parim mõõtmete täpsus							
Hea lõiketööd. terased	DIN EN 10277-3	144								
Tsementiitidavad terased	DIN EN 10277-4	145								
Parend. (K+KõN) terased	DIN EN 10277-5	145								
Piirhälbed läbimõõdule d	Tõmmatud (+C) h_{10}		Kooritud (+SH) h_{10}				Lihvitud (+SL) h_9			
Nimiläbimõõt d , mm	2,5	6	9,5	16	23	30	42	60	90	150
	3	6,5	10	17	24	32	46	63	100	160
	3,5	7	11	18	25	34	48	65	110	180
	4	7,5	12	19	26	35	50	70	120	200
	4,5	8	13	20	27	36	52	75	125	
5	8,5	14	21	28	38	55	80	130		
5,5	9	15	22	29	40	58	85	140		
Pikkused l	Toodetud pikkused: $l = 3000 \text{ mm} \dots l = 9000 \text{ mm}$. Valtspikkused: $l = 3000 \text{ mm}$ või $l = 6000 \text{ mm}$.									
⇒	Ümarvarras EN 10278 – 25 x valtspikkus 3000 – EN 10277-5 – C45+SH: kalibreeritud ümarteras $d = 25 \text{ mm}$, läbimõõdu tolerantsiklass h_{10} , valtspikkus $l = 3000 \text{ mm}$, parendatav (K+KõN) teras C45, kooritud (+SH).									

Kalibreeritud ristkülikvardad

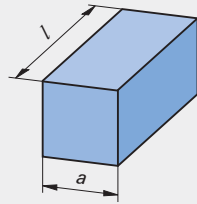
DIN EN 10278 (1999-12)



Terase grupp, väljastusolek	Vaata kalibreeritud ümarvardad (tabel ülal), tõmmatud (+C), sile, tagivaba pind.										
Piirhälbed	Laius b	$\leq 100 \text{ mm} \Rightarrow h_{11}$					$100 \text{ mm} < b \leq 150 \text{ mm} \Rightarrow \pm 0,5 \text{ mm}$				
	Kõrgus h	$\leq 80 \text{ mm} \Rightarrow h_{11}$					$80 \text{ mm} < h \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow h_{12}$				
Pikkused l	Toodetud pikkused: $l = 3000 \text{ mm} \dots l = 9000 \text{ mm}$. Valtspikkused: $l = 3000 \text{ mm}$ või $l = 6000 \text{ mm}$.										
Nimisuurus: laius b ja kõrgus h , mm											
b	h	b	h	b	h	b	h	b	h	b	h
5	2...3	12	2...10	18	2...12	28	2...20	45	2...32	70	4...40
6	2...4	14	2...10	20	2...16	32	2...25	50	2...32	80	5...25
8	2...6	16	2...12	22	2...12	36	2...20	56	3...32	90	5...25
10	2...8	18	2...12	25	2...20	40	2...32	63	3...40	100	5...25
Nimikõrgused h : (2, 2,5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 20, 25, 30, 32, 35, 40) mm											
⇒	Ristkülikvarras EN 10278 – 40 x 16 x 5000 – EN 10277-4 – C16R+C: kalibreeritud ristkülikteras $b = 40 \text{ mm}$, $h = 16 \text{ mm}$, laiuse ja kõrguse tolerantsiklass h_{11} , pikkus $l = 5000 \text{ mm}$, tsementiitav teras C16R, tõmmatud (+C).										

Kalibreeritud ruutvardad

DIN EN 10278 (1999-12)

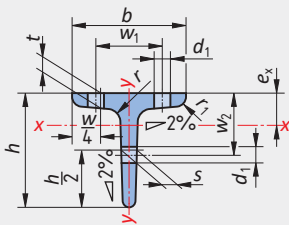


Terase grupp, väljastusolek	Vaata kalibreeritud ümarvardad (tabel ülal), tõmmatud (+C), sile, tagivaba pind.									
Piirhälbed	$a \leq 80 \text{ mm} \Rightarrow h_{11}$; $a > 80 \text{ mm} \Rightarrow h_{12}$									
Pikkused l	Vaata kalibreeritud ristkülikvardad (tabel ülal).									
Küljepikkused a , mm	4	6	9	12	16	22	36	60	80	
	4,5	7	10	13	18	25	40	63	100	
	5	8	11	14	20	28	45	70		
⇒	Ruutvarras EN 10278 – 45 x valtspikkus 6000 – EN 10277-3 – 35SP-b20+C: kalibreeritud ruutteras $a = 45 \text{ mm}$, küljepikkuse tolerantsiklass h_{11} , valtspikkus $l = 6000 \text{ mm}$, hea lõiketöödeldavusega teras 35SPb20, tõmmatud (+C).									

T-profiilteras, U-profiilteras

T-profiilvarras, kuumvaltsitud

DIN EN 10055 (1995-12)



S ristlõikepindala W ristlõike telgtugevusmoment
 I ristlõike telginertsimoment m' joonmass

Material: Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235JR.

Väljastusolek: Tellitavad pikkused on tavaliselt piirhälvetega
 ± 100 mm või vähendatud piirhälvetega ± 50 mm,
 ± 25 mm, ± 10 mm.

$$r = s$$

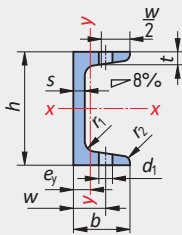
$$r_1 = \frac{s}{2}$$

Tähis	Mõõtmed mm				S cm ²	m' kg/m	Pinnakeskme asukoht e_x cm	Momendid keskpeatelgedes suhtes				Märkemõõtmed DIN 997 järgi		
	$b = h$	$s = t$						$x - x$		$y - y$		w_1 mm	w_2 mm	d_1 mm
T								I_x cm ⁴	W_x cm ³	I_y cm ⁴	W_y cm ³			
30	30	4		2.26	1.77	0.85	1.72	0.80	0.87	0.58	17	17	4.3	
35	35	4.5		2.97	2.33	0.99	3.10	1.23	1.04	0.90	19	19	4.3	
40	40	5		3.77	2.96	1.12	5.28	1.84	2.58	1.29	21	22	6.4	
50	50	6		5.66	4.44	1.39	12.1	3.36	6.06	2.42	30	30	6.4	
60	60	7		7.94	6.23	1.66	23.8	5.48	12.2	4.07	34	35	8.4	
70	70	8		10.6	8.23	1.94	44.4	8.79	22.1	6.32	38	40	11	
80	80	9		13.6	10.7	2.22	73.7	12.8	37.0	9.25	45	45	11	
100	100	11		20.9	16.4	2.74	179	24.6	88.3	17.7	60	60	13	
120	120	13		29.6	23.2	3.28	366	42.0	179	29.7	70	70	17	
140	140	15		39.9	31.3	3.80	660	64.7	330	47.2	80	75	21	

→ **T-profiilvarras EN 10055 – T50 – S235JR:** T-profiilteras, $h = 50$ mm, teras S235JR.

U-profiilvarras (karp), kuumvaltsitud

DIN 1026-1 (2009-04)



S ristlõikepindala W ristlõike telgtugevusmoment
 I ristlõike telginertsimoment m' joonmass

Material: Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235J0.

Väljastusolek: Toodetavad pikkused 3 m ... 15 m; nimipikkused kuni 15 m
 ± 50 mm; kalle kui $h \leq 300$ mm: 8%; kui $h > 300$ mm: 5%.

$$r_1 = t$$

$$r_2 \approx \frac{t}{2}$$

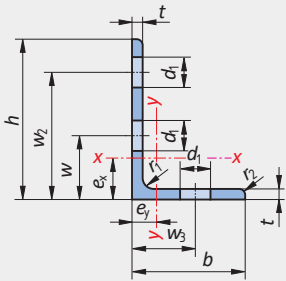
Tähis	Mõõtmed mm				S cm ²	m' kg/m	Pinnakeskme asukoht e_y cm	Momendid keskpeatelgedes suhtes				Märkemõõtmed DIN 997 järgi	
	h	b	s	t				$x - x$		$y - y$		w_1 mm	d_1 mm
U							I_x cm ⁴	W_x cm ³	I_y cm ⁴	W_y cm ³			
30 x 15	30	15	4	4.5	2.21	1.74	0.52	2.53	1.69	0.38	0.39	10	4.3
30	30	33	5	7	5.44	4.27	1.31	6.39	4.26	5.33	2.68	20	8.4
40 x 20	40	20	5	5.5	3.66	2.87	0.67	7.58	3.79	1.14	0.86	11	6.4
40	40	35	5	7	6.21	4.87	1.33	14.1	7.05	6.68	3.08	20	8.4
50 x 25	50	25	5	6	4.92	3.86	0.81	16.8	6.73	2.49	1.48	16	8.4
50	50	38	5	7	7.12	5.59	1.37	26.4	10.6	9.12	3.75	20	11
60	60	30	6	6	6.46	5.07	0.91	31.6	10.5	4.51	2.16	18	8.4
80	80	45	6	8	11.0	8.64	1.45	106	26.5	19.4	6.36	25	13
100	100	50	6	8.5	13.5	10.6	1.55	206	41.2	29.3	8.49	30	13
120	120	55	7	9	17.0	13.4	1.60	364	60.7	43.2	11.1	30	17
160	160	65	7.5	10.5	24.0	18.8	1.84	925	116	85.3	18.3	35	21
200	200	75	8.5	11.5	32.2	25.3	2.01	1910	191	148	27.0	40	23
260	260	90	10	14	48.3	37.9	2.36	4820	371	317	47.7	50	25
300	300	100	10	16	58.8	46.1	2.70	8030	535	495	67.8	55	28
350	350	100	14	16	77.3	60.6	2.40	12840	734	570	75.0	58	28
400	400	110	14	18	91.5	71.8	2.65	20350	1020	846	102	60	28

→ **U-profiilvarras DIN 1026 – U100 – S235J0:** U-profiilteras (karp), $h = 100$ mm, teras S235J0.

Nurkprofiilteras

Erikülgne nurkprofiilvarras, kuumvaltsitud (valimik)

DIN EN 10056-1 (1998-10)



S ristlõikepindala
 I ristlõike telginertsimoment

W ristlõike telgtugevusmoment
 m' joonmass

Materjal: Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235J0.

Väljastusolek: 30x20 x 3 ... 200 x 150 x 15, toodetavad pikkused
 ≥ 6 m < 12 m, nimipikkused ≥ 6 m < 12 m ± 100 mm.

$$r_1 \approx t$$

$$r_2 \approx \frac{t}{2}$$

Tähis L	Mõõtmed mm			S cm ²	m' kg/m	Pinnakesme asuukoht		Momendid telgede suhtes				Märkemõõtmed DIN 997 järgi			
	h	b	t			e_x cm	e_y cm	$x-x$ I_x cm ⁴	W_x cm ³	$y-y$ I_y cm ⁴	W_y cm ³	w_1 mm	w_2 mm	w_3 mm	d_1 mm
30 x 20 x 3	30	20	3	1.43	1.12	0.99	0.50	1.25	0.62	0.44	0.29	17	-	12	8.4
30 x 20 x 4	30	20	4	1.86	1.46	1.03	0.54	1.59	0.81	0.55	0.38	17	-	12	8.4
40 x 20 x 4	40	20	4	2.26	1.77	1.47	0.48	3.59	1.42	0.60	0.39	22	-	12	11
40 x 25 x 4	40	25	4	2.46	1.93	1.36	0.62	3.89	1.47	1.16	0.69	22	-	15	11
45 x 30 x 4	45	30	4	2.87	2.25	1.48	0.74	5.78	1.91	2.05	0.91	25	-	17	13
50 x 30 x 5	50	30	5	3.78	2.96	1.73	0.74	9.36	2.86	2.51	1.11	30	-	17	13
60 x 30 x 5	60	30	5	4.28	3.36	2.17	0.68	15.6	4.07	2.63	1.14	35	-	17	17
60 x 40 x 5	60	40	5	4.79	3.76	1.96	0.97	17.2	4.25	6.11	2.02	35	-	22	17
60 x 40 x 6	60	40	6	5.68	4.46	2.00	1.01	20.1	5.03	7.12	2.38	35	-	22	17
65 x 50 x 5	65	50	5	5.54	4.35	1.99	1.25	23.2	5.14	11.9	3.19	35	-	30	21
70 x 50 x 6	70	50	6	6.89	5.41	2.23	1.25	33.4	7.01	14.2	3.78	40	-	30	21
75 x 50 x 6	75	50	6	7.19	5.65	2.44	1.21	40.5	8.01	14.4	3.81	40	-	30	21
75 x 50 x 8	75	50	8	9.41	7.39	2.52	1.29	52.0	10.4	18.4	4.95	40	-	30	23
80 x 40 x 6	80	40	6	6.89	5.41	2.85	0.88	44.9	8.73	7.59	2.44	45	-	22	23
80 x 40 x 8	80	40	8	9.01	7.07	2.94	0.96	57.6	11.4	9.61	3.16	45	-	22	23
80 x 60 x 7	80	60	7	9.38	7.36	2.51	1.52	59.0	10.7	28.4	6.34	45	-	35	23
100 x 50 x 6	100	50	6	8.71	6.84	3.51	1.05	89.9	13.8	15.4	3.89	55	-	30	25
100 x 50 x 8	100	50	8	11.4	8.97	3.60	1.13	116	18.2	19.7	5.08	55	-	30	25
100 x 65 x 7	100	65	7	11.2	8.77	3.23	1.51	113	16.6	37.6	7.53	55	-	35	25
100 x 65 x 8	100	65	8	12.7	9.94	3.27	1.55	127	18.9	42.2	8.54	55	-	35	25
100 x 65 x 10	100	65	10	15.6	12.3	3.36	1.63	154	23.2	51.0	10.5	55	-	35	25
100 x 75 x 8	100	75	8	13.5	10.6	3.10	1.87	133	19.3	64.1	11.4	55	-	40	25
100 x 75 x 10	100	75	10	16.6	13.0	3.19	1.95	162	23.8	77.6	14.0	55	-	40	25
100 x 75 x 12	100	75	12	19.7	15.4	3.27	2.03	189	28.0	90.2	16.5	55	-	40	25
120 x 80 x 8	120	80	8	15.5	12.2	3.83	1.87	226	27.6	80.8	13.2	50	80	45	25
120 x 80 x 10	120	80	10	19.1	15.0	3.92	1.95	276	34.1	98.1	16.2	50	80	45	25
120 x 80 x 12	120	80	12	22.7	17.8	4.00	2.03	323	40.4	114	19.1	50	80	45	25
125 x 75 x 8	125	75	8	15.5	12.2	4.14	1.68	247	29.6	67.6	11.6	50	-	40	25
125 x 75 x 10	125	75	10	19.1	15.0	4.23	1.76	302	36.5	82.1	14.3	50	-	40	25
125 x 75 x 12	125	75	12	22.7	17.8	4.31	1.84	354	43.2	95.5	16.9	50	-	40	25
135 x 65 x 8	135	65	8	15.5	12.2	4.78	1.34	291	33.4	45.2	8.75	50	-	35	25
135 x 65 x 10	135	65	10	19.1	15.0	4.88	1.42	356	41.3	54.7	10.8	50	-	35	25
150 x 75 x 9	150	75	9	19.6	15.4	5.26	1.57	455	46.7	77.9	13.1	60	105	40	28
150 x 75 x 10	150	75	10	21.7	17.0	5.30	1.61	501	51.6	85.6	14.5	60	105	40	28
150 x 75 x 12	150	75	12	25.7	20.2	5.40	1.69	588	61.3	99.6	17.1	60	105	40	28
150 x 75 x 15	150	75	15	31.7	24.8	5.52	1.81	713	75.2	119	21.0	60	105	40	28
150 x 90 x 12	150	90	12	27.5	21.6	5.08	2.12	627	63.3	171	24.8	60	105	50	28
150 x 90 x 15	150	90	15	33.9	26.6	5.21	2.23	761	77.7	205	30.4	60	105	50	28
150 x 100 x 10	150	100	10	24.2	19.0	4.81	2.34	553	54.2	199	25.9	60	105	55	28
150 x 100 x 12	150	100	12	28.7	22.5	4.89	2.42	651	64.4	233	30.7	60	105	55	28
200 x 100 x 10	200	100	10	29.2	23.0	6.93	2.01	1220	93.2	210	26.3	65	150	55	28
200 x 100 x 15	200	100	15	43.0	33.8	7.16	2.22	1758	137	299	38.5	65	150	55	28

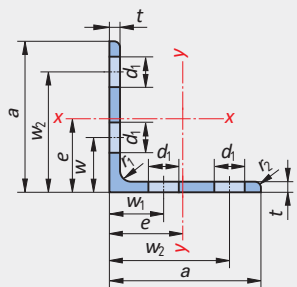


L-profiilvarras EN 10056-1 – 65 x 50 x 5 – S235J0: Erikülgne nurkprofiiliteras, $h = 65$ mm, $b = 50$ mm, $t = 5$ mm, teras S235J0.

Nurkprofiilteras

Võrdkülgne nurkprofiilvarras, kuumvaltsitud (valimik)

DIN EN 10056-1 (1998-10)



S ristlõikepindala
 I ristlõike telginertsimoment

W ristlõike telgtugevusmoment
 m' joonmass

Materjal: Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235J0.

Väljastusolek: 20 x 20 x 3 ... 200 x 250 x 35, toodetavad pikkused ≥ 6 m < 12 m, nimipikkused ≥ 6 m < 12 m \pm 100 mm.

$$r_1 \approx t$$

$$r_2 \approx \frac{t}{2}$$

Tähis L	Mõõtmed mm		S cm ²	m' kg/m	Pinnakeskme asukoht e cm	Momendid telgede $x-x'$ ja $y-y'$ suhtes		Märkemõõtmed DIN 997 järgi		
	a	t				$I_x = I_y$ cm ⁴	$W_x = W_y$ cm ³	w_1 mm	w_2 mm	d_1 mm
20 x 20 x 3	20	3	1.12	0.882	0.598	0.39	0.28	12	-	4.3
25 x 25 x 3	25	3	1.42	1.12	0.723	0.80	0.45	15	-	6.4
25 x 25 x 4	25	4	1.85	1.45	0.762	1.02	0.59	15	-	6.5
30 x 30 x 3	30	3	1.74	1.36	0.835	1.40	0.65	17	-	8.4
30 x 30 x 4	30	4	2.27	1.78	0.878	1.80	0.85	17	-	8.4
35 x 35 x 4	35	4	2.67	2.09	1.00	2.95	1.18	18	-	11
40 x 40 x 4	40	4	3.08	2.42	1.12	4.47	1.55	22	-	11
40 x 40 x 5	40	5	3.79	2.97	1.16	5.43	1.91	22	-	11
45 x 45 x 4.5	45	4.5	3.90	3.06	1.25	7.14	2.20	25	-	13
50 x 50 x 4	50	4	3.89	3.06	1.36	8.97	2.46	30	-	13
50 x 50 x 5	50	5	4.80	3.77	1.40	11.0	3.05	30	-	13
50 x 50 x 6	50	6	5.69	4.47	1.45	12.8	3.61	30	-	13
60 x 60 x 5	60	5	5.82	4.57	1.64	19.4	4.45	35	-	17
60 x 60 x 6	60	6	6.91	5.42	1.69	22.8	5.29	35	-	17
60 x 60 x 8	60	8	9.03	7.09	1.77	29.2	6.89	35	-	17
65 x 65 x 7	65	7	8.70	6.83	1.85	33.4	7.18	35	-	21
70 x 70 x 6	70	6	8.13	6.38	1.93	36.9	7.27	40	-	21
70 x 70 x 7	70	7	9.40	7.38	1.97	42.3	8.41	40	-	21
75 x 75 x 6	75	6	8.73	6.85	2.05	45.8	8.41	40	-	23
75 x 75 x 8	75	8	11.4	8.99	2.14	59.1	11.0	40	-	23
80 x 80 x 8	80	8	12.3	9.63	2.26	72.2	12.6	45	-	23
80 x 80 x 10	80	10	15.1	11.9	2.34	87.5	15.4	45	-	23
90 x 90 x 7	90	7	12.2	9.61	2.45	92.6	14.1	50	-	25
90 x 90 x 8	90	8	13.9	10.9	2.50	104	16.1	50	-	25
90 x 90 x 9	90	9	15.5	12.2	2.54	116	17.9	50	-	25
90 x 90 x 10	90	10	17.1	13.4	2.58	127	19.8	50	-	25
100 x 100 x 8	100	8	15.5	12.2	2.74	145	19.9	55	-	25
100 x 100 x 10	100	10	19.2	15.0	2.82	177	24.6	55	-	25
100 x 100 x 12	100	12	22.7	17.8	2.90	207	29.1	55	-	25
120 x 120 x 10	120	10	23.2	18.2	3.31	313	36.0	50	80	25
120 x 120 x 12	120	12	27.5	21.6	3.40	368	42.7	50	80	25
130 x 130 x 12	130	12	30.0	23.6	3.64	472	50.4	50	90	25
150 x 150 x 10	150	10	29.3	23.0	4.03	624	56.9	60	105	28
150 x 150 x 12	150	12	34.8	27.3	4.12	737	67.7	60	105	28
150 x 150 x 15	150	15	43.0	33.8	4.25	898	83.5	60	105	28
160 x 160 x 15	160	15	46.1	36.2	4.49	1100	95.6	60	115	28
180 x 180 x 18	180	18	61.9	48.6	5.10	1870	145	65	135	28
200 x 200 x 16	200	16	61.8	48.5	5.52	2340	162	65	150	28
200 x 200 x 20	200	20	76.3	59.9	5.68	2850	199	65	150	28
200 x 200 x 24	200	24	90.6	71.1	5.84	3330	235	70	150	28
250 x 250 x 28	250	28	133	104	7.24	7700	433	75	150	28

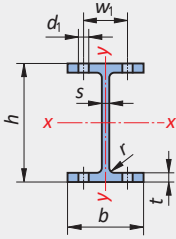


L-profiilvarras EN 10056-1 – 70 x 70 x 7 – S235J0: Võrdkülgne nurkprofiilfilteras, $a = 70$ mm, $t = 7$ mm, teras S235J0.

Keskklai ja lai I-profiilteras

Keskklai I-profiilvarras (IPE), kuumvaltsitud (valimik)

DIN 1025-5 (1994-03)



S ristlõikepindala W ristlõike telgtugevusemoment
 I ristlõike telginertsimoment m' joonmass

Materjal: Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235JR.

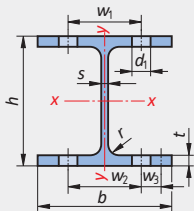
Väljastusolek: Standardpikkused, 8 m ... 16 m ± 50 mm kõrgustega $h < 300$ mm,
 8 m ... 18 m ± 50 mm kõrgustega $h \geq 300$ mm.

Tähis	Mõõtmed, mm						S cm ²	m' kg/m	Momendid keskpistelvede suhtes				Märkemõõtmed DIN 997 järgi		
	h	b	s	t	r	I_x cm ⁴			W_x cm ³	I_y cm ⁴	W_y cm ³	w_1 mm	d_1 mm		
IPE															
100	100	55	4.1	5.7	7	10.3	8.1	171	34.2	15.9	5.8	30	8.4		
120	120	64	4.4	6.3	7	13.2	10.4	318	53.0	27.7	8.7	36	8.4		
140	140	73	4.7	6.9	7	16.4	12.9	541	77.3	44.9	12.3	40	11		
160	160	82	5.0	7.4	9	20.1	15.8	869	109	68.3	16.7	44	13		
180	180	91	5.3	8.0	9	23.9	18.8	1320	146	101	22.2	50	13		
200	200	100	5.6	8.5	12	28.5	22.4	1940	194	142	28.5	56	13		
240	240	120	6.2	9.8	15	39.1	30.7	3890	324	284	47.3	68	17		
270	270	135	6.6	10.2	15	45.9	36.1	5790	429	420	62.2	72	21		
300	300	150	7.1	10.7	15	53.8	42.2	8360	557	604	80.5	80	23		
360	360	170	8.0	12.7	18	72.7	57.1	16270	904	1040	123	90	25		
400	400	180	8.6	13.5	21	84.5	66.3	23130	1160	1320	146	96	28		
500	500	200	10.2	16.0	21	116	90.7	48200	1930	2140	214	110	28		
600	600	220	12.0	19.0	24	156	122	92080	3070	3390	308	120	28		

⇒ I-profiilvarras DIN 1025 – S235JR – IPE 300: Keskklai I-profiilteras tasaparalleelsete taldadega, $h = 300$ mm, teras S235JR.

Lai I-profiilvarras, kergprofiil (IPB/), kuumvaltsitud (valimik)

DIN 1025-3 (1994-03)



S ristlõikepindala W ristlõike telgtugevusemoment
 I ristlõike telginertsimoment m' joonmass

Materjal: Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235JR.

Väljastusolek: Standardpikkused, 8 m ... 16 m ± 50 mm kõrgustega $h < 300$ mm.

$$r_1 \approx 3 \cdot s$$

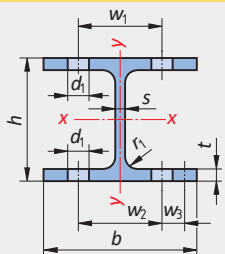
Tähis	Mõõtmed, mm						S cm ²	m' kg/m	Momendid keskpistelvede suhtes				Märkemõõtmed DIN 997 järgi			
	h	b	s	t	r	I_x cm ⁴			W_x cm ³	I_y cm ⁴	W_y cm ³	w_1	w_2	w_3	d_1	
IPB/																
100	96	100	5	8	21.2	16.7	349	72.8	134	26.8	56	–	–	–	13	
120	114	120	5	8	25.3	19.9	606	106	231	38.5	66	–	–	–	17	
140	133	140	5.5	8.5	31.4	24.7	1030	155	389	55.6	76	–	–	–	21	
160	152	160	6	9	38.8	30.4	1670	220	616	76.9	86	–	–	–	23	
180	171	180	6	9.5	45.3	35.5	2510	294	925	103	100	–	–	–	25	
200	190	200	6.5	10	53.8	42.3	3690	389	1340	134	110	–	–	–	25	
240	230	240	7.5	12	76.8	60.3	7760	675	2770	231	–	94	35	25		
280	270	280	8	13	97.3	76.4	13670	1010	4760	340	–	110	45	25		
320	310	300	9	15.5	124.0	97.6	22930	1480	6990	466	–	120	45	28		
400	390	300	11	19	159.0	125.0	45070	2310	8560	571	–	120	45	28		
500	490	300	12	23	198.0	155.0	86970	3550	10370	691	–	120	45	28		
600	590	300	13	25	226.0	178.0	141200	4790	11270	751	–	120	45	28		
800	790	300	15	28	286.0	224.0	303400	7680	12640	843	–	130	40	28		

⇒ I-profiilvarras DIN 1025 – S235JR – IPE/ 320: Lai I-profiilteras, kergprofiil, teras S235JR. Tähistus EURONORM 53-62 järgi: HE 320 A.

Lai I-profiilteras

Lai I-profiilvarras (IPB), kuumvaltsitud (valimik)

DIN 1025-2 (1995-11)



S ristlõikepindala

W ristlõike telgtugevusmoment

I ristlõike telginertsimoment

m' joonmass

Materjal: Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235JR.**Väljastusolek:** Standardpikkused, 8 m ... 16 m ± 50 mm kõrgustega $h < 300$ mm,
8 m ... 18 m ± 50 mm kõrgustega $h \geq 300$ mm.

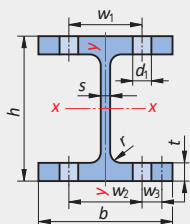
$$r_1 \approx 2 \cdot s$$

Tähis	Mõõtmed, mm				S cm ²	m' kg/m	Momendid keskpistelgedes suhtes				Märkemõõtmed DIN 997 järgi			
	h	b	s	t			I_x cm ⁴	W_x cm ³	I_y cm ⁴	W_y cm ³	w ₁ mm	w ₂ mm	w ₃ mm	d ₁ mm
IPB 100	100	100	6	10	26.0	20.4	450	89.9	167	33.5	56	-	-	13
120	120	120	6.5	11	34.0	26.7	864	144	318	52.9	66	-	-	17
140	140	140	7	12	43.0	33.7	1510	216	550	78.5	76	-	-	21
160	160	160	8	13	54.3	42.6	2490	311	889	111	86	-	-	23
180	180	180	8.5	14	65.3	51.2	3830	426	1360	151	100	-	-	25
200	200	200	9	15	78.1	61.3	5700	570	2000	200	110	-	-	25
240	240	240	10	17	106	83.2	11260	938	3920	327	-	96	35	25
280	280	280	10.5	18	131	103	19270	1380	6590	471	-	110	45	25
320	320	300	11.5	20.5	161	127	30820	1930	9240	616	-	120	45	28
400	400	300	13.5	24	198	155	57680	2880	10820	721	-	120	45	28
500	500	300	14.5	28	239	187	107200	4290	12620	84.5	-	120	45	28
600	600	300	15.5	30	270	212	171000	5700	13530	902	-	120	45	28
800	800	300	17.5	33	334	262	359100	8980	14900	994	-	130	40	28

⇒ I-profiilvarras DIN 1025 – S235JR – IPB 240: Lai I-profiiliteras tasaparalleelse tealdadega, $h = 240$ mm, teras S235JR. Tähistus EURONORM 53-62 järgi: HE 240 B.

Lai I-profiilvarras, tugevdatud profiil (IPBv), kuumvaltsitud (valimik)

DIN 1025-4 (1994-03)



S ristlõikepindala

W ristlõike telgtugevusmoment

I ristlõike telginertsimoment

m' joonmass

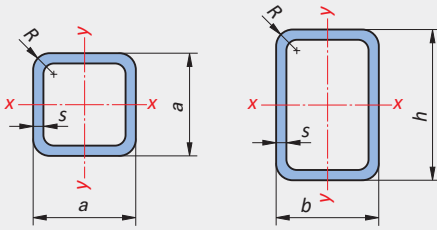
Materjal: Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235JR.**Väljastusolek:** Standardpikkused, 8 m ... 16 m ± 50 mm kõrgustega $h < 300$ mm,
8 m ... 16 m ± 50 mm kõrgustega $h \geq 300$ mm.

$$r \approx s$$

Tähis	Mõõtmed, mm				S cm ²	m' kg/m	Momendid keskpistelgedes suhtes				Märkemõõtmed DIN 997 järgi mm			
	h	b	s	t			I_x cm ⁴	W_x cm ³	I_y cm ⁴	W_y cm ³	w ₁ mm	w ₂ mm	w ₃ mm	d ₁ mm
IPBv 100	120	106	12	20	53.2	41.8	1140	190	399	75.3	60	-	-	13
120	140	126	12.5	21	66.4	52.1	2020	283	703	112	68	-	-	17
140	160	146	13	22	80.5	63.2	3290	411	1140	157	76	-	-	21
160	180	166	14	23	97.1	76.2	5100	568	1760	212	86	-	-	23
180	200	186	14.5	24	113	88.9	7480	748	2580	277	100	-	-	25
200	220	206	15	25	131	103	10640	967	3650	354	110	-	-	25
240	270	248	18	32	200	157	24290	1800	8150	657	-	100	35	25
280	310	288	18.5	33	240	189	39550	2550	13160	914	-	116	45	25
320	359	309	21	40	312	245	68130	3800	19710	1280	-	126	47	28
400	432	307	21	40	319	250	104100	4820	19340	1260	-	126	47	28
500	524	306	21	40	344	270	161900	6180	19150	1250	-	130	45	28
600	620	305	21	40	364	285	237400	7660	18280	1240	-	130	45	28
800	814	303	21	40	404	317	442600	10870	18630	1230	-	132	42	28

⇒ I-profiilvarras DIN 1025 – S235JR – IPBv 400: Lai I-profiiliteras, tugevdatud profiil, teras S235JR. Tähistus EURONORM 53-62 järgi: HE 400 M.

Õonesprofiilteras



Materjal: Mitteleegerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025.

Väljastuselek: DIN EN 10210-2

Valmistatud pikkused 4 m ... 16 m,
profiili suurused $a \times a = 20 \times 20 \dots 400 \times 400$

DIN EN 10219-2

Valmistatud pikkused 4 m ... 16 m,
profiili suurused $a \times a = 20 \times 20 \dots 400 \times 400$

DIN EN 10210 ja DIN EN 10219 käsitlevad peale ruut- ja ristküliktorude ka teisi õonesprofiile.

Ruut- ja ristkülikkuumvaltstorud

DIN EN 10210-2 (2006-07)

Nimi- mõõtmed $a \times a$ $h \times b$ mm	Seina- paksus s mm	Joonmass m' kg/m	Ristloike- pindala S cm ²	Ristloike inertsimomendid ja tugevusmomendid paindele keskepeatelgede suhtes				väände	
				$x-x$		$y-y$		I_p cm ⁴	W_p cm ³
				I_x cm ⁴	W_x cm ³	I_y cm ⁴	W_y cm ³		
40 x 40	2.6 4.0	3.00 4.39	3.82 5.59	8.8 11.8	4.4 5.91	8.8 11.8	4.4 5.91	14 19.5	6.41 8.54
50 x 50	3.2 4.0	4.62 5.64	5.88 7.19	21.2 25	8.49 9.99	21.2 25	8.49 9.99	33.8 40.4	12.4 14.5
60 x 60	2.6 4.0 5.0	4.63 6.9 8.42	5.9 8.79 10.7	32.2 45.4 53.3	10.7 15.1 17.8	32.2 45.4 53.3	10.7 15.1 17.8	50.2 72.5 86.4	15.7 22.0 25.7
50 x 30	2.6 4.0	3.00 4.39	3.82 5.59	12.2 16.5	4.87 6.60	5.38 7.08	3.58 4.72	12.1 16.6	5.9 7.77
60 x 40	3.2 4.0	4.62 5.64	5.88 7.19	27.8 32.8	9.27 10.9	14.6 17	7.29 8.52	30.8 36.7	11.7 13.7
80 x 40	4.0 5.0 6.3	6.9 8.42 10.3	8.79 10.7 13.1	68.2 80.3 93.3	17.1 20.1 23.3	22.2 25.7 29.2	11.1 12.9 14.6	55.2 65.1 75.6	18.9 21.9 24.8
100 x 50	4.0 5.0	8.78 10.8	11.2 13.7	140 167	27.9 33.3	46.2 54.3	18.5 21.7	113 135	31.4 36.9



Nelikantoru DIN EN 10210 – 60 x 60 x 5 – S355J0: Ruuttoru, $a = 60$ mm, $s = 5$ mm, teras S355J0.

Ruut- ja ristkülikkõlmvaltskeevistorud

DIN EN 10219-2 (2006-07)

Nimi- mõõtmed $a \times a$ $h \times b$ mm	Seina- paksus s mm	Joonmass m' kg/m	Ristloike- pindala S cm ²	Ristloike inertsimomendid ja tugevusmomendid paindele keskepeatelgede suhtes				väände	
				$x-x$		$y-y$		I_p cm ⁴	W_p cm ³
				I_x cm ⁴	W_x cm ³	I_y cm ⁴	W_y cm ³		
30 x 30	2.0 2.5 3.0	1.68 2.03 2.36	2.14 2.59 3.01	2.72 3.16 3.50	1.81 2.10 2.34	2.72 3.16 3.50	1.81 2.10 2.34	4.54 5.40 6.15	2.75 3.20 3.58
40 x 40	2.0 2.5 3.0 4.0	2.31 2.82 3.30 4.20	2.94 3.59 4.21 5.35	6.94 8.22 9.32 11.1	3.47 4.11 4.66 5.54	6.94 8.22 9.32 11.1	3.47 4.11 4.66 5.54	11.3 13.6 15.8 19.4	5.23 6.21 7.07 8.48
80 x 80	3.0 4.0 5.0	7.07 9.22 11.3	9.01 11.7 14.4	87.8 111 131	22.0 27.8 32.9	87.8 111 131	22.0 27.8 32.9	140 180 218	33.0 41.8 49.7
40 x 20	2.0 2.5 3.0	1.68 2.03 2.36	2.14 2.59 3.01	4.05 4.69 5.21	2.02 2.35 2.60	1.34 1.54 1.68	1.34 1.54 1.68	3.45 4.06 4.57	2.36 2.72 3.00
60 x 40	3.0 4.0 5.0	4.25 5.45 6.56	5.41 6.95 8.36	25.4 31.0 35.3	8.46 10.3 11.8	13.4 16.3 18.4	6.72 8.14 9.21	29.3 36.7 42.8	11.2 13.7 15.6
80 x 40	3.0 4.0 5.0	5.19 6.71 8.13	6.61 8.55 10.4	52.3 64.8 75.1	13.1 16.2 18.8	17.6 21.5 24.6	8.78 10.7 12.3	43.9 55.2 65.0	15.3 18.8 21.7
100 x 40	4.0 5.0	6.13 7.97 9.70	7.81 10.1 12.4	92.3 116 136	18.5 23.1 27.1	21.7 26.7 30.8	10.8 13.3 15.4	59.0 74.5 87.9	19.4 24.0 27.9



Nelikantoru DIN EN 10219 – 60 x 40 x 4 – S355J0: Ristkülikkeevistoru, $h = 60$ mm, $b = 40$ mm, $s = 4$ mm, teras S355J0.



Joonmass ja pindmass

Joonmass¹⁾ (Väärtused terasele tihedusga $\rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$)

d läbimõõt m' joonmass a küljepikkus k külgede vahekaugus

Terastraat						Ümarterasvarras					
d mm	m' kg/1000 m	d mm	m' kg/1000 m	d mm	m' kg/1000 m	d mm	m' kg/m	d mm	m' kg/m	d mm	m' kg/m
0.10	0.062	0.55	1.87	1.1	7.46	3	0.055	18	2.00	60	22.2
0.16	0.158	0.60	2.22	1.2	8.88	4	0.099	20	2.47	70	30.2
0.20	0.247	0.65	2.60	1.3	10.4	5	0.154	25	3.85	80	39.5
0.25	0.385	0.70	3.02	1.4	12.1	6	0.222	30	5.55	100	61.7
0.30	0.555	0.75	3.47	1.5	13.9	8	0.395	35	7.55	120	88.8
0.35	0.755	0.80	3.95	1.6	15.8	10	0.617	40	9.86	140	121
0.40	0.986	0.85	4.45	1.7	17.8	12	0.888	45	12.5	150	139
0.45	1.25	0.90	4.99	1.8	20.0	15	1.39	50	15.4	160	158
0.50	1.54	1.0	6.17	2.0	24.7	16	1.58	55	18.7	200	247

Ruutterasvarras						Kuuskantterasvarras					
a mm	m' kg/m	a mm	m' kg/m	a mm	m' kg/m	k mm	m' kg/m	k mm	m' kg/m	k mm	m' kg/m
6	0.283	20	3.14	40	12.6	6	0.245	20	2.72	40	10.9
8	0.502	22	3.80	50	19.6	8	0.435	22	3.29	50	17.0
10	0.785	25	4.91	60	28.3	10	0.680	25	4.25	60	24.5
12	1.13	28	6.15	70	38.5	12	0.979	28	5.33	70	33.3
14	1.54	30	7.07	80	50.2	14	1.33	30	6.12	80	43.5
16	2.01	32	8.04	90	63.6	16	1.74	32	6.96	90	55.1
18	2.54	35	9.62	100	78.5	18	2.20	35	8.33	100	68.0

Eriprofiilide joonmass

Profiil	Lk	Profiil	Lk
T-profiil	EN 10055	Torud	EN 10210-2
L-profiil, võrdkülgne	EN 10056-1	Torud	EN 10219-2
L-profiil, erikülgne	EN 10056-1	Alumiiniumümarvarras	DIN 1798
U-profiil	DIN1026-1	Alumiiniumruutvarras	DIN 1796
I-profiil IPE	DIN 1025-5	Alumiiniumristkülikvarras	DIN 1769
I-profiil IPB	DIN 1025-2	Alumiiniumümartoru	DIN 1795
I-profiil IPBv	DIN 1025-4	Alumiinium U-profiilvarras	DIN 9713

Pindmass¹⁾ (Väärtused terasele tihedusga $\rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$)

Leht

s lehe paksus m'' pindmass

s mm	m'' kg/m ²	s mm	m'' kg/m ²	s mm	m'' kg/m ²	s mm	m'' kg/m ²	s mm	m'' kg/m ²	s mm	m'' kg/m ²
0.35	2.75	0.70	5.50	1.2	9.42	3.0	23.6	4.75	37.3	10.0	78.5
0.40	3.14	0.80	6.28	1.5	11.8	3.5	27.5	5.0	39.3	12.0	94.2
0.50	3.93	0.90	7.07	2.0	15.7	4.0	31.4	6.0	47.1	14.0	110
0.60	4.71	1.0	7.85	2.5	19.6	4.5	35.3	8.0	62.8	15.0	118

¹⁾ Tabeli andmeid saab kasutada ka muude materjalide jaoks, arvestades materjali ja terase tiheduse (7,85 kg/dm³) suhet.

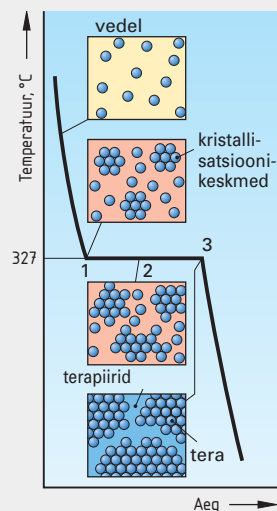
Näide: Leht paksusega $s = 4.0 \text{ mm}$ sulamist AlMg3Mn (tihedus 2.66 kg/dm^3). Tabelist: terasele $m'' = 31.4 \text{ kg/m}^2$
AlMg₃Mn: $m'' = 31.4 \text{ kg/m}^2 \cdot 2.66 \text{ kg/dm}^3 / 7.85 \text{ kg/dm}^3 = 10.64 \text{ kg/m}^2$.

Kristallivõred, kristallisatsioon

Jahtumiskõver, puhaste metallide kristallisatsioon

Näide:

plii jahtumiskõver



Tahkistel on kas amorfne (korrapärane kristalne ehitus puudub) või kristallstruktuur. Erinevalt sulameist, on puhastel metallidel kindel sulamistemperatuur. Nad tahkuvad kristalsel kujul.

• Punkt 1: Kristallisatsiooni algus

Tardumispunkti saadud paljud aatomid pörkuvad üksteisega ning vabaneb sulamissoojus (kristallisatsioonisoojus), temperatuur jääb seetõttu konstantseks (nn murdepunkt), metallisidemed muutuvad aktiivseks, → tekivad **kristallisatsioonikeskmed**, st suurema massi ja väiksema kineetilise energiaga grupid.

• Punkt 2: Jätkev kristallisatsioon

Metalli aatomid kristalluvad järelejäänud sulametallist, jätkuvalt vabaneb sulamissoojus ning moodustub terade kristallivõre; see on poolvedel olek.

• Punkt 3: Täielik kristallisatsioon

Sulam metall on täielikult kristallunud. Metallil on mikrostruktuur.

• Tera: Grupp metalli aatomeid.

• Mikrostruktuur: Terade, terapiiride ja defektide kogum.

• **Terapiir:** naaberterad pörkuvad paisumisel, moodustuvad poolid. Väliste aatomite, oma aatomite ja mittemetallsete lisandite sisestumisel tekib defekte metalliside. Nõrgimad punktid metallis on terapiiridel.

• **Suuremast jahutuskiirusest** tulenev allajahutusaste tingib suurema kristallisatsioonikeskmete tekket. Mikrostruktuur muutub peeneteraliseks, tugevus ja sitkus suurenevad, survetööeldavus väheneb.

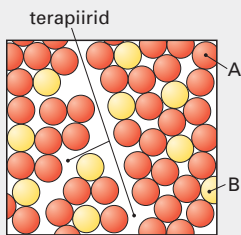
Kristallivõre struktuur

Metalli aatomid paigutuvad peale sulametalli jahtumist kristallivõres igale metallile omaselt (vt pilte). Metallide omadused (nt survetööeldavus) sõltuvad eelkõige kristallivõre struktuurist.

Kristallivõre (näited)	Ruumkesendatud kuupvõre (K8)	Tahkesendatud kuupvõre (K12)	Heksagonaalvõre (H)
Aatomi struktuur			
Näited	α-raud (ferriit), vanaadium, molübdeen, volfram, kroom, β-titaan	γ-raud (austeniit), alumiinium, vask, kuld, hõbe, plaatina	magneesium, tsink, α-titaan
Survetööeldavus	hea	väga hea	halb

Sulamid

Tardumine tardlahusena



A, B sulami aatomid

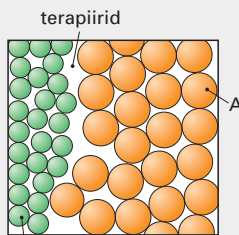
• **Asendustardlahus:** Aatomaraadused ja kristallivõred on identsed, → tardolekus piiramatult lahustuvus.

• **Näide:** Cu-Ni, Cu-Zn

• **Sisendustardlahus:** Aatomaraadused ja kristallivõred on erinevad → piiratud lahustuvus.

• **Näide:** Fe-C, Ti-C

Tardumine mehaanilise seguna



A, B sulami aatomid

• Sulamite komponendid ei lahustu tardolekus.

• Erinevad terad erineva kristallivõrega.

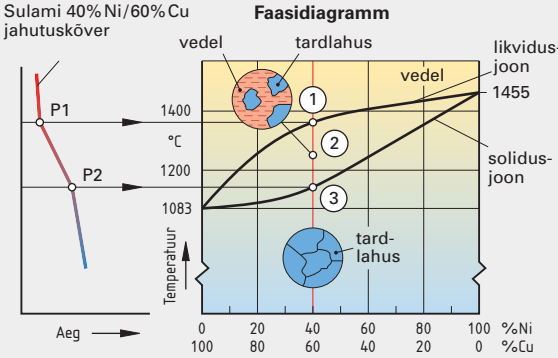
• **Näited:**

Cd-Bi; Pb-Sn; Pb-Sb

Faasidiagrammid, raud-süsinikfaasidiagramm

Faasidiagrammid lubavad teha järeldusi metallisüsteemidest (tardlahus või mehaaniline segu), aine olekust (vedel → likvidusjoon¹⁾ ja tahke → solidusjoon²⁾) ja mikrostruktuurist erinevatel temperatuuridel. Need saadakse erinevate sulamite jahtumiskõverate põhjal.

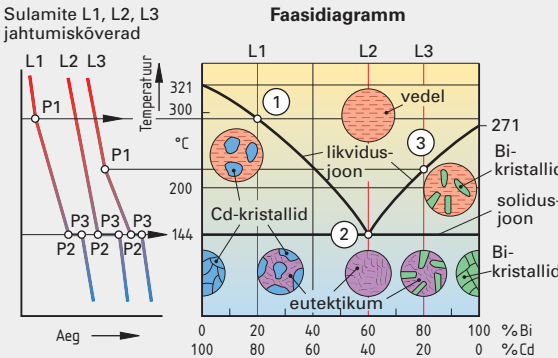
Tardlahuste süsteem (näide: vase-nikli sulamid)



Näitena on toodud sulami: 40% niklit (Ni) ja 60% vaske (Cu), jahtumine ja tardumine.

- **Jahtumiskõver** punktide P1 ja P2 vahel muutub lamedamaks. Põhjus: kristallisatsiooni käigus eraldub kristallisatsioonisoosus.
- **Punkt 1: Algab kristallumine**
Nikli kristallisatsioonikeskmete teke.
- **Punkt 2: Kristallid ja sulametall** (pool-vedel)
Kristallide ja sulametalli keemiline koostis muutub pidevalt.
- **Punkt 3: Tardlahus** (tardolek)
- **Kasutus:** Deformeeritavad sulamid.
- **Omadused:** ei sobi lõiketötluseks ega valamiseks, sobib survetötluseks.

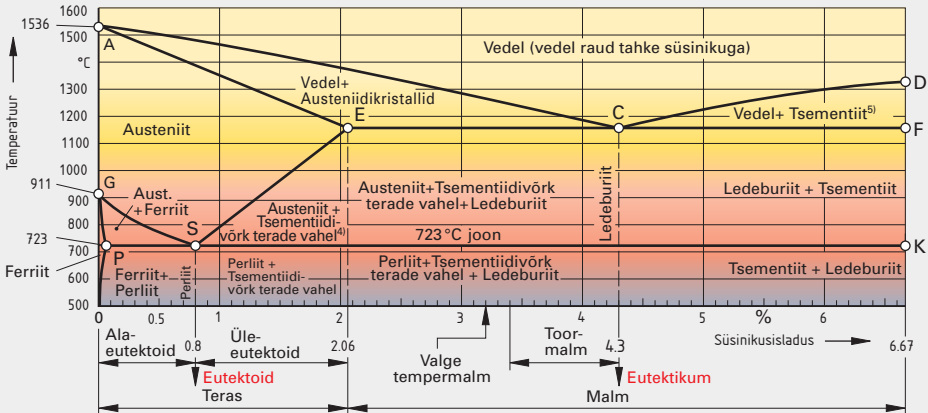
Mehaaniliste segude süsteem (näide: kaadmiumi-vismuti sulamid)



- **Jahtumiskõverad:**
P1 → likvidusjoone punktid.
P2 – P3 → solidusjoone punktid.
P2 – P3 → eutektmuutus³⁾.
- **Kristallisatsioonisoosusest** tingitud lähte- ja murdepunktid
- **Punkt 1: Algab Cd kristallumine (L1)**
Cd kristallid + vedel faas.
- **Punkt 2: Eutektisulam (L2)**
Cd ja Bi kristalluvad samaaegselt, vahemikus P2 – P3 on sulamil L2 madalaim sulamistemperatuur ja eriti peen mikrostruktuur → suur tugevus.
- **Punkt 3: Algab Bi kristallumine (L3)**
Bi kristallid + vedel faas.
- **Kasutus:** Valumaterjalid ja joodised.
- **Omadused:** pole eriti sitke, hea lõiketööeldavus ja väga hea valatavus.

MÕ

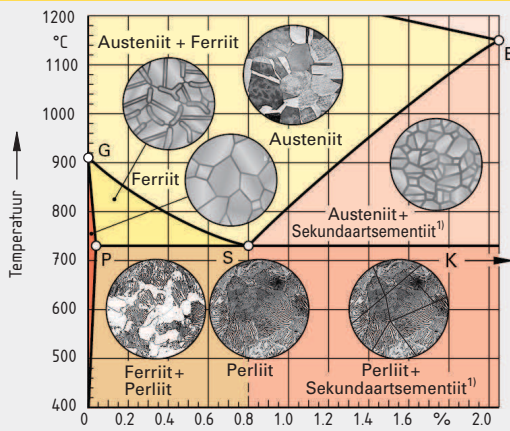
Raud-süsinikfaasidiagramm: tardlahuste ja mehaaniliste segude süsteemide kombinatsioon



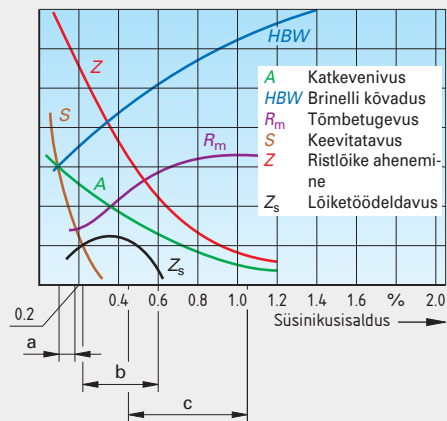
¹⁾ Lad. k. *liquidus* = vedelik. ²⁾ Lad. k. *solidus* = tahkis. ³⁾ Kreeka. k. *eutektos* = sulanduv.
⁴⁾ Tuntud sekundaartsementiidina; ⁵⁾ Tuntud primaartsementiidina.

Temperatuurivahemikud ja mikrostruktuurid termotöötusel

"Terase osa" (lihtsustatud raud-süsinik-faasidiagramm)



¹⁾Tuntud ka tsementiidivõrguna terade vahel

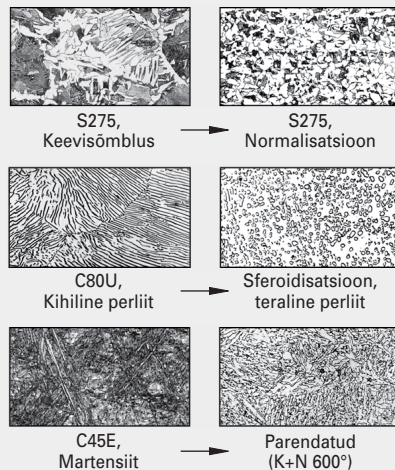


a = tsementiiditavad terased, b = karastatud ja noolutatud terased, c = tööriistaterased
Süsiniku mõju mittelegeerkonstruktsiooniteraste omadustele

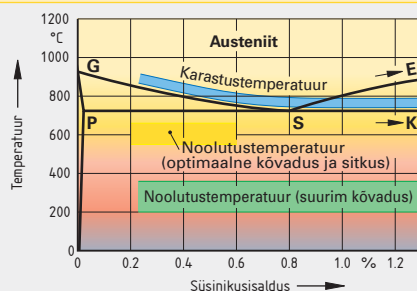
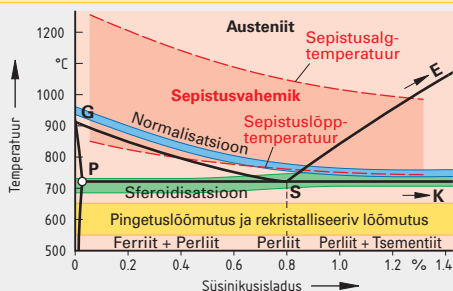
Terase mikrostruktuurid

Ferriit (α-raud)	Ruumkesendatud kuupvõre, hästi survetööeldav, pehme, raskesti lõiketööeldav (kleepub), magneeditav
Austeniit (γ-raud)	Tahkesendatud kuupvõre, pehme, sitke, hästi kuumtööeldav (nt sepiustus), mittemagneeditav
Tsementiit, raudkarbiid, Fe₃C	Habras, väga kova, hea kulumiskindlus, raskesti survetööeldav, magneeditav
Perliit	Ferriidi ja tsementiidi mehaaniline segu, kihilise ehitusega, raskesti survetööeldav ja väga raskesti lõiketööeldav, suur tugevus
Martensiit	Tekib austeniidi kiire jahutamise (karastamise) tulemusel; moonutatud struktuur, suur kõvadus ja kulumiskindlus

Süsinikeraste struktuur



Temperatuurivahemikud kuumtöötlemisel ja karastamisel²⁾³⁾ (vaata viise lk 163)



²⁾ Täpsed temperatuurid: lk 164 ... lk 166.

³⁾ www.europa-lehrmittel.de/tm47 "Heat treatment of steel".



Terase termotöötlus¹⁾

Skeem	Lühikirjeldus	Kasutus, viited
Normaliseerimine		
	<ul style="list-style-type: none"> Kuumutamine ja seisutamine lõõmutustemperatuuril → faasimuutus (austeniit) Kontrollitud jahutamine toatemperatuurini → normaalne peenterastruktuur 	Jämeterastruktuuri peenendamiseks valstsoodetes, valandites, keevistes ja sepiistes.
Sferoidiseerimine		
	<ul style="list-style-type: none"> Kuumutamine lõõmutustemperatuurini, seisutamine või korduv lõõmutamine → tsementiidi sferoidiseerumine Mahajahutamine toatemperatuurini 	Külmtoodeldavuse, lõiketoodeldavuse ja karastuvuse parandamiseks; kasutatakse kõikide teraste korral
Pingetülõõmutamine		
	<ul style="list-style-type: none"> Kuumutamine ja seisutamine lõõmutustemperatuuril (allpool faasimuutusetemperatuurini) → pingetustumine plastse deformatsiooni teel Mahajahutamine toatemperatuurini 	Sisepingete vähendamiseks keevistes, valandites ja sepiistes; kasutatakse kõikide teraste korral.
Karastamine		
	<ul style="list-style-type: none"> Kuumutamine ja seisutamine karastustemperatuuril → struktuurimuutus (austeniit) Jahutamine õlis, vees, õhus → kõva, habras peenstruktuur (martensiit) Noolutamine temperatuuril (100 ... 300) °C → martensiidi transformeerumine, suurem sitkus ja kõvadus 	Kuluvad ja raskkoormatud detailid, nt tööriistad, vedrud, juhtpinnad, pressvormid. Sobilik teraste korral C-sisaldusega > 0,3%, nt C70U, 102Cr6, C45E, HS6-5-2C, X38CrMoV5-3.
Karastamine ja noolutamine		
	<ul style="list-style-type: none"> Kuumutamine ja seisutamine karastustemperatuuril → struktuurimuutus (austeniit) Jahutamine õlis, vees, õhus → kõva, habras peenstruktuur (martensiit), suurte detailide korral südamiku peenstruktuur (beiniit) Noolutamine temperatuuril (400 ... 650) °C → martensiidi transformeerumine, hea tugevuse ja sitkusega peenstruktuur 	Tavaliselt kasutatakse tsükliliselt koormatud detailide korral, kui on vajalik hea tugevus ja sitkus; nt võllid, hammasrattad, kruvivõllid. Karastatud ja noolutatud terased: lk 138. Nitriiditavad terased: lk 139. Leek- ja induktsioonkarastatavad terased: lk 139. Termotöödeldavad vedruterased: lk 143.
Tsementiitimine		
	<ul style="list-style-type: none"> Masinaosade pinnakihi süsinikrikastamine Karastamine (vt karastusprotsess) → Otsekarastus: jahutus süsinikrikastustemperatuurilt (jätke struktuur) → Ühekordne karastus: süsinikrikastus, jahutus, pinnakarastus (jätke tera ja peen pinnstruktuur) → Topeltkarastus: süsinikrikastus, südamiku karastus ja pinnakarastus (peen struktuur) 	Kulumiskindla pinnaga detailid, hea väsimustugevus ja hea südamiku tugevus; nt hammasrattad, võllid, poldid. Pinna karastamine : hea kulumiskindlus, madal südamiku tugevus. Südamiku karastamine : suur südamiku tugevus, kõva ja habras pind. Tsementiiditavad terased: lk 137. Hea lõiketöödeldavusega terased: lk 139.
Nitriitimine		
	<ul style="list-style-type: none"> Tavaliselt lõpptöödeldud ja karastatud detailide kuumutamine lämmastikku sisaldavas keskkonnas → kõvade, kulumis- ja kuumuskindlate nitriidide teke Jahutamine õhus või lämmastikuojaos 	Kulumiskindla pinnaga detailid, kõrge väsimustugevus ja hea kuumuskindlus; nt klapid, kolvisõrmed, spindlid. Nitriiditavad terased: lk 139.

¹⁾ Lõõmutus- ja noolustemperatuurid, jahutuskeskkonnad, saadavad kõvadused: lk 164 ... lk 166. www.europa-lehrmittel.de/tm47 "Heat treatment of steel".

Tööriistaterased, tsementiitavad terased

Mittlegeerkülmtooriistateraste termotöötus

DIN EN ISO 4957 (2001-02)

Terase mark		Kuumtöötus-temperatuur °C	Pehmelöömutus		Karastus				Pinnakõvadus HRC ≈			
Margitähis	Tunnus-number		Temperatuur °C	Kõvadus HB max.	Temperatuur °C	Keskond	Karastus-sügavus ¹⁾ mm	Läbi-karastuvus ¹⁾ Ø mm	peale karastust	peale noolustus ²⁾ 100 °C	200 °C	300 °C
C45U C70U	1.1730 1.1520	1000 ... 800	680 ... 710	207 183	800 ... 820 790 ... 810	vesi	3.5 3.0	15 10	58 64	58 63	54 60	48 53
C80U C90U C105U	1.1525 1.1535 1.1545	1050 ... 800 1050 ... 800 1000 ... 800	680 ... 710	192 207 212	780 ... 800 770 ... 790 770 ... 790	vesi	3.0	10	64 64 65	64 64 64	60 61 62	54 54 56

¹⁾ Lähimöödu 30 mm korral.²⁾ Noolustemperatuur sõltub kasutusest ja soovitavast töökõvadusest. Terased on tavaliselt pehmelöömutatud väljastusolekus.

Legeerkülmtooriistateraste, -kuumtooriistateraste ja kiirlõiketeraste termotöötus

DIN EN ISO 4957 (2001-02)

Terase mark		Kuumtöötus-temperatuur °C	Pehmelöömutus		Karastus		Pinnakõvadus HRC ≈					
Margitähis	Tunnus-number		Temperatuur °C	Kõvadus HB max.	Temperatuur ¹⁾ °C	Keskond	peale karastust	200 °C	peale noolustus ²⁾ 300 °C	400 °C	500 °C	550 °C
105V X153CrMoV12	1.2834 1.2379	1050 ... 850	710 ... 750 800 ... 850	212 255	780 ... 800 1010 ... 1030	vesi õhk	68 63	64 61	56 59	48 58	40 58	36 56
X210CrW12 90MnCrV8 102Cr6	1.2436 1.2842 1.2067	1050 ... 850	800 ... 840 680 ... 720 710 ... 750	255 229 223	960 ... 980 780 ... 800 830 ... 850	õli	64 65 65	62 62 62	60 56 57	58 50 43	56 42 40	52 40 40
60WCrV8 X37CrMoV5-1	1.2550 1.2343	1050 ... 850 1100 ... 900	710 ... 750 750 ... 800	229 229	900 ... 920 1010 ... 1030	õli	62 53	60 52	58 52	53 53	48 54	46 52
HS6-5-2C HS10-4-3-10 HS2-9-1-8	1.3343 1.3207 1.3247	1100 ... 900	770 ... 840	269 302 277	1200 ... 1220 1220 ... 1240 1180 ... 1200	kuumutatud õli õhk	64 66 66	62 61 62	62 61 62	62 62 61	65 66 68	65 67 69

¹⁾ Austenitisatsiooni kestvus on seisutusaeg karastustemperatuuril, mis on umbes 25 min külmtooriistaterastele ja umbes 3 min kiirlõiketerastele. Kuumutus astmeti.²⁾ Kiirlõiketeraseid noolutatakse vähemalt kaks korda temperatuuril 540°C ... 570°C. Seisutusaeg sellel temperatuuril vähemalt 60 min.

Tsementiitavate teraste termotöötus

DIN EN 10084 (2008-06)

Terase mark ¹⁾		Süsinikrikas-tuse temp. °C	Karastus			Karastus-keskkond	Otskarastusteim			
Margitähis	Tunnus-number		Südamikarastustemp. °C	Pinna karastustemp. °C	Noolutus-temp. °C		Temp. °C	Kõvadus HRC, kaugusel otsast max. ²⁾	3 mm	5 mm	7 mm
C10E C15E	1.1121 1.1141	880 ... 980	880 ... 920	780 ... 820	150 ... 200	vesi	-	-	-	-
17Cr3 16MnCr5	1.7016 1.7131		860 ... 900			880	47	44	40	33
20MnCr5 20MoCr4	1.7147 1.7321		870			47	46	44	41	
17CrNi6-6 15NiCr13	1.5918 1.5752		870			49	49	48	46	45
			880			47	47	46	45	
20NiCrMo2-2 18CrNiMo7-6	1.6523 1.6587		880 ... 900 830 ... 870			920	49	48	45	42
			860	48	48	48	48			

¹⁾ Samad väärtused etteantud väälvisaldusega terastele, nt C10R, 20MnCrS5.²⁾ Normaalse läbikarastuvusega terastele (+H) 1.5 mm kaugusel otsast.

Paremdatavad (K+KõN) terased

Paremdatavate (K+KõN) mittelegeerteraste termotöötlus							DIN EN 10083-2 (2006-10) ¹⁾			
Terase mark ²⁾	Margitähis	Tunnus-number	Normaliseerimistemperatuur, °C	Karastustemperatuur, °C	Otskarastusteim Kõvadus HRC sügavusel mm ³⁾			Karastustemperatuur, °C ⁴⁾	Parendamine	
					1	3	5		Karastuskeskkond	Noolustustemperatuur, °C ⁵⁾
C22E		1.1151	880 ... 940	–	–	–	–	860 ... 900	vesi	550 ... 660
C35E ¹⁾		1.1181	860 ... 920	870	48 ... 58	33 ... 55	22 ... 49	840 ... 880	vesi või õli	550 ... 660
C40E		1.1186	850 ... 910	870	51 ... 60	35 ... 59	25 ... 53	830 ... 870		
C45E ¹⁾		1.1191	840 ... 900	850	55 ... 62	37 ... 61	28 ... 57	820 ... 860		
C50E ¹⁾		1.1206	830 ... 890	850	56 ... 63	44 ... 61	31 ... 58	810 ... 850	õli või vesi	550 ... 660
C55E ¹⁾		1.1203	825 ... 885	830	58 ... 65	47 ... 63	33 ... 60	810 ... 850		
C60E		1.1221	820 ... 880	830	60 ... 67	50 ... 65	35 ... 62	810 ... 850		
28Mn6		1.1170	850 ... 890	850	45 ... 54	42 ... 53	37 ... 51	840 ... 880	vesi või õli	540 ... 680
Paremdatavate (K+KõN) legeerteraste termotöötlus (valimik)							DIN EN 10083-3 (2007-01) ¹⁾			
Terase mark	Margitähis	Tunnus-number	Pinnakõvadus ⁶⁾ HRC	Karastustemperatuur, °C	Otskarastusteim Kõvadus HRC sügavusel mm ³⁾			Karastustemperatuur, °C ⁴⁾	Parendamine	
					1.5	5	15		Karastuskeskkond	Noolustustemperatuur, °C ⁵⁾
38Cr2		1.7003	–	850	51 ... 59	37 ... 54	35	830 ... 870	õli või vesi	540 ... 680
46Cr2 ¹⁾		1.7006	54	850	54 ... 63	40 ... 59	22 ... 39	820 ... 860		
34Cr4		1.7033	–	850	49 ... 57	45 ... 56	27 ... 44	830 ... 870	vesi või õli	540 ... 680
37Cr4 ¹⁾		1.7034	51		51 ... 59	48 ... 58	31 ... 48	825 ... 865		
41Cr4 ¹⁾		1.7035	53		53 ... 61	50 ... 60	32 ... 52	820 ... 860		
25CrMo4		1.7218	–	850	44 ... 52	40 ... 51	27 ... 41	840 ... 900	vesi või õli	540 ... 680
34CrMo4		1.7220	–		49 ... 57	48 ... 57	34 ... 52	830 ... 890		
42CrMo4 ¹⁾		1.7225	53		53 ... 61	52 ... 61	37 ... 58	820 ... 880		
50CrMo4 ¹⁾		1.7228	58	850	58 ... 65	57 ... 64	48 ... 62	820 ... 870	õli	540 ... 680
51CrV4		1.8159	–		57 ... 65	56 ... 64	48 ... 62	820 ... 870		
39NiCrMo3		1.6510	–		52 ... 60	50 ... 59	43 ... 56	820 ... 850		
34CrNiMo6		1.6582	–	850	50 ... 58	50 ... 58	48 ... 57	830 ... 860	õli või vesi	540 ... 660
30CrNiMo8		1.6580	–		48 ... 56	48 ... 56	46 ... 55	830 ... 860		
36NiCrMo16		1.6773	–		50 ... 57	48 ... 56	47 ... 55	865 ... 885		
38MnB5		1.5532	–	850	52 ... 60	50 ... 59	31 ... 47	840 ... 880	vesi/õli	400 ... 600
33MnCrB5-2		1.7185	–	880	48 ... 57	47 ... 57	41 ... 54	860 ... 900	õli	400 ... 600

1) Varasem standard DIN 17212 "Leek- ja induktioonkarastatavad terased" on tagasivõetud asendusega. Leek- ja induktioonkarastatavate teraste jaoks vt paremdatavate (K+KõN) teraste infot lk 138.

2) Samad väärtused ka vääristerastele C35 kuni C60 ja terastele kontrollitud väävlisalisusega, nt C35R.

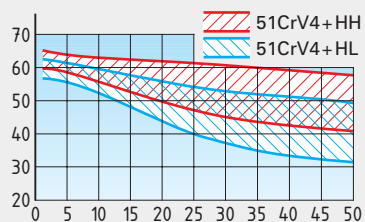
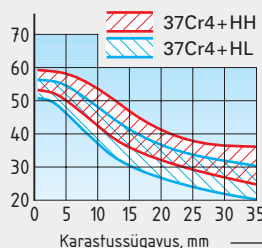
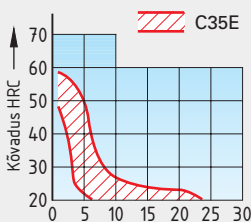
3) Karastuvuse nõuded: +H normaalne karastuvus.

4) Madalamad temperatuurid karastamisel vette, kõrgemad karastamisel õlises.

5) Noolutsusaeg vähemalt 60 min.

6) Vähim pinnakõvadus peale leek- või induktioonkarastamist.

Paremdatavate (K+KõN) teraste karastuvus ja karastussügavus (karastusvöödid)



Nitriiditavad terased, hea lõiketöödeldavusega terased. Alumiiniumisulamid

Nitriiditavate teraste termotöötlus							DIN EN 10085 (2001-07)		
Terase mark		Termotöötlus enne nitriitimist				Nitriitimine ¹⁾			
Margitähis	Tunnusnumber	Sferoidiseerimine	Parendamine (K+KÖN)		Noolustus	Gaasnitriitimine	Nitrosüsinikrikastus	Kõvadus ⁵⁾	
			Karastus	Keskcond					Temperatuur ²⁾ °C	Temperat.^{3)4)} °C	Temperatuur °C	Temperatuur °C	HV1
24CrMo13-6	1.8516	650 ... 700	870 ... 970	õli või vesi	580 ... 700	500 ... 600	570 ... 650	–	
31CrMo12	1.8515	650 ... 700	870 ... 930					800	
32CrAlMo7-10	1.8505	650 ... 750	870 ... 930					–	
31CrMoV9	1.8519	680 ... 720	870 ... 930					800	
33CrMoV12-9	1.8522	680 ... 720	870 ... 970					–	
34CrAlNi7-10	1.8550	650 ... 700	870 ... 930					950	
41CrAlMo7-10	1.8509	650 ... 750	870 ... 930					950	
40CrMoV13-9	1.8523	680 ... 720	870 ... 970					–	
34CrAlMo5-10	1.8507	650 ... 750	870 ... 930					950	

¹⁾ Nitriitimisaeg sõltub pinnakihi soovitatavast paksusest.

²⁾ Austenitiseerimisaeg vähemalt 0,5 tundi.

³⁾ Noolustusaja vähemalt 1 tund.

⁴⁾ Noolustus temperatuur peab olema vähemalt 50 °C võrra üle nitriitimistemperatuuri.

⁵⁾ Nitriiditud kihi kõvadus.

Hea lõiketöödeldavusega teraste termotöötlus

DIN EN 10087 (1999-01)

Tsementiitidavad hea lõiketöödeldavusega terased						
Terase mark		Süsinikrikastuse temperatuur °C	Südamiku karastustemp. °C	Pinna karastustemperatuur °C	Karastus keskkond ¹⁾	Noolustus-temperatuur ²⁾ °C
Margitähis	Tunnusnumber					
10S20	1.0721	880 ... 980	880 ... 920	780 ... 820	vesi, õli, emulsioon	150 ... 200
10SPb20	1.0722					
15SMn13	1.0725					

Parendatavad (K+KÖN) hea lõiketöödeldavusega terased

Terase mark		Karastus-temperatuur °C	Karastus-keskkond ¹⁾	Noolustus-temperatuur °C	Parendatud (K+KÖN) ³⁾		
Margitähis	Tunnusnumber				R_b N/mm ²	R_m N/mm ²	A %
35S20	1.0726	860 ... 890	vesi või õli	540 ... 680	430	630 ... 780	15
35SPb20	1.0756						
36SMn14	1.0764	850 ... 880	õli või vesi		460	700 ... 850	14
36SMnPb14	1.0765						
38SMn28	1.0760	840 ... 870	õli või vesi		460	700 ... 850	15
38SMnPb28	1.0761						
44SMn28	1.0762	840 ... 870		480	16		
44SMnPb28	1.0763						
46S20	1.0757			490		12	

¹⁾ Karastuskeskkonna valik sõltub detaili kujust.

²⁾ Noolustusaja vähemalt 1 tund.

³⁾ Väärtused kehtivad läbimõõtudele ($10 < d \leq 16$) mm.

Alumiiniumisulamide termotöötlus

EN AW-sulam		Termotööt-luse tähis ²⁾	Tardlahus-lõõmutus-temperatuur °C	Kunstlik vanandamine		Loomulik vanandamine Päev	Omadused	
Margitähis	Tunnusnumber			Temperatuur °C	Seisutusaeg h		R_m N/mm ²	A %
Al Cu4MgSi	2017	T4	500	100 ... 300	8 ... 24	5 ... 8	390	12
Al Cu4SiMg	2014	T6				–	420	8
Al MgSi	6060	T4	5 ... 8			130	15	
Al MgSi1MgMn	6082	T6	–			280	6	
Al Zn4.5Mg1	7020	T6	470			–	210	12
Al Zn5.5MgCu	7075	T6	–			545	8	
Al Si7Mg ¹⁾	42000 ¹⁾	T6	525	4	250	1		

¹⁾ Alumiiniumvalusulam EN AC-Al Si7Mg või EN AC 42000.

²⁾ T4 tardlahuslõõmutatud ja loomulikvanandatud; T6 tardlahuslõõmutatud ja kunstlikvanandatud.

Malmide tähistus

Margitähised ja tunnusnumbrid

DIN EN 1560 (2011-05)

Malme tähistatakse kas margitähise või tunnusnumbriga.

Näide:

Margitähis	Tunnusnumber
EN-GJL-300	5.1302

Liblegrafiitmalm, tõmbetugevus $R_m = 300 \text{ N/mm}^2$

Margitähised

Margitähis koosneb kuni kuuest järjestikusest tähisest (tühikuteta), alguses on EN (Euroopa standard) ja GJ (G - valu, J - malm).

Margitähise näited:

EN	-	GJ	L	-	350	Liblegrafiitmalm (hallmalm)
EN	-	GJ	L	-	HB155	Liblegrafiitmalm (hallmalm)
EN	-	GJ	S	-	350-22C	Keragrafiitmalm (sitke malm)
EN	-	GJ	M	B	450-6	Must tempermalm
EN	-	GJ	M	W	360-12	Valge tempermalm
EN	-	GJ	M	-	HV600(XCr14)	Kulumiskindel malm
EN	-	GJ	L	A	XNiCuCr15-6-2	Austeniitmalm

Grafiidi kuju (täht)	Mikro- või makro- struktuur (täht)	Mehaanilised omadused või keemiline koostis (numbrid/tähed)	Lisanõuded
L liblegrafiit	A austeniit	Mehaanilised omadused	D valatud olekus
S keragrafiit	F ferriit	350 vähim tõmbetugevus R_m , N/mm ²	H temotöeldud valand
M lõõmutussüsinik	P perliit	350-22 lisatud katkevenivus A, %	W keevitav
V vermikulaar- grafiit	M martensiit	C Teimik , valandist välja lõigatud	Z muud nõuded
N grafiit puudub	L ledeburiit	HB155 suurim kõvadus	
Y erikujugrafiit	Q karastatud	Keemiline koostis	
	T parendatud (K+KõN)	XNiCuCr15-6-2 (kõrglegeeritud) koostis 15% Ni, 6% Cu, 2% Cr	
	B mittesüsinik- ärastatud	Põhineb teraste tähistusel: lk 129.	
	W süsinik- ärastatud		

Tunnusnumbrid

Tunnusnumber koosneb kuuest järjestikusest tähisest (viis numbrit ja punkt, tühikuteta). See põhineb standardil DIN EN 10027-2 (lk 126).

Tunnusnumbrite näited:

5.	1	3	04	Liblegrafiitmalm, tähistatud kõvadusega; EN-GJL-HB19
5.	3	1	08	Keragrafiitmalm, tähistatud tõmbetugevusega R_m ja katkevenivusega A; EN-GJS-450-18C
5.	4	2	00	Valge tempermalm, tähistatud tõmbetugevusega R_m ja katkevenivusega A; EN-GJMW-350-4

Materjali grupp	Grafiidi kuju	Maatriks	Materjali number
5. malm	1 lamellne 2 vermikulaarne 3 sferoidaalne 4 lõõmutussüsinik (süsinikärastus- lõõmutatud) 5 grafiidivaba	1 ferriit 2 ferriit/perliit 3 perliit 4 ausferriit ¹⁾ 5 austeniit 6 ledeburiit	0–99 Iga le malmile on antud kahekohaline number. Suurem number näitab suuremat tugevust.

¹⁾ Mikrostruktuur, mis sisaldab ferriiti ja austeniiti.

Malmide liigid ja omadused

Grupp	Standard	Näited: margitähis ja tunnusnr	Tõmbe- tugevus R_m N/mm ²	Omadused	Kasutus
Malm					
Liblegrafiidiga (hallmalm)	DIN EN 1561	EN-GJL-150 (GG-15) ¹⁾ 5.1200	100 kuni 450	Väga hea valatavus, hea survetugevus, vibratsiooni- summutavus, hea korro- sioonikindlus	Erineva kujuga keerukad detailid, väga mitmekülgne kasutus; masinate raamid, hammasülekannete kered
Keragrafiidiga (sitke malm)	DIN EN 1563	EN-GJS-400 (GGG-40) ¹⁾ 5.3105	350 kuni 900	Väga hea valatavus, suur tugevus, hea vastupanuga tsüklilistele koormusele, pindkarastatav	Koormatud kuluavad osad, siduriotsad, toruarmatuur, mootoriplokid ja -kered
Kompaktvermi- kulaagrafiidiga	ISO 16112	ISO 16112/JV/300	300 kuni 500	Väga hea valatavus, suur tugevus ilma kallite legeeri- vate elementideta	Autoosad, mootorikered ja -plokid, hammasülekannete kered
Beiniitmalm	DIN EN 1564	EN-GJS-800-10 5.3400	800 kuni 1400	Suur tugevus ja sitkus kontrollitava termotöötuse tulemusena ja beiniit- austenitstruktuuri korral	Raskkoormatud detailid, nt rattarummud, ham- masvööd, sitked (ADI- valandid) ²⁾
Kulumiskindlad malmaalandid, (valgemalm)	DIN EN 12513	EN-GJN-HB340 5.5600	> 1000	Kulumiskindlad tänu martensiidile ja karbiididile, ka legeeritud Cr- ja Ni-ga	Kulumiskindel malm; silumisvaltsid, süvendusko- pad, pumpade tiivikud
Süsinikäras- tuslõõmutatud (valge temper- malm)	DIN EN 1562	EN-GJMW-350-4 (GTW-35) ¹⁾ 5.4200	270 kuni 570	Pinna süsinikärastus lõõmu- tamisega; suur tugevus, sitkus ja elastsus	Õhukeseseinised löökkoomatud kujutäpsed detailid, hoovad, pidu- ritrumlid
Mittesüsinikäras- tuslõõmutatud (must temper- malm)	DIN EN 1562	EN-GJMB-450-6 (GTS-45) ¹⁾ 5.4205	300 kuni 800	Pesagrafiit kogu ristlõikes tänu lõõmutamisele; suur tugevus ja sitkus suurte seinapakuste korral	Paksuseinised löökkooma- tud kujutäpsed detailid, hoovad, liigendsidurite hargid
Valuteras					
Üldotstarbelised	DIN EN 10293 ³⁾	GE240 1.0446	380 kuni 600	Mittelegeer- ja madallegeer- valuterased tavakasutuseks	Vähimad mehaanilised omadused temperatuuridel -10 °C ... 300 °C
Parandatud keevitatavusega	DIN EN 10293 ⁴⁾	G20Mn5 1.6220	430 kuni 650	Madalam süsinikusaldus koos mangaani ja mikro- legeerivate elementidega	Keeviskonstruktsioonid, peen- terakonstruktsiooniterased suurema seinapakuse jaoks
Parendatud (K+KõN)	DIN EN 10293 ⁵⁾	G30CrMoV6-4 1.7725	500 kuni 1250	Parendatud (K+KõN) peen- struktuur, suure sitkusega	Ketid, soomusplaadid
Survemahutitele	DIN EN 10213	GP280GH 1.0625	420 kuni 960	Suur tugevus ja sitkus madalatel ja kõrgetel tem- peratuuridel	Survemahutid kuuma ja külma aine jaoks, kuumus- kindel ja külmahapruskindel; roostekindel
Roostevabad	DIN EN 10283	GX6CrNi26-7 1.4347	450 kuni 1100	Vastupidav kemikaalidele ja keemilisele korrosioonile	Happepumba tiivikud, dupleksterased
Kuumuskindlad	DIN EN 10295	GX25CrNiSi18-9 1.4825	400 kuni 550	Vastupidav tagimoodus- tavatele gaasidele	Turbiiniosad, ahjurestid

1) Vana tähistus.

2) ADI → Isotermkarastatud (beiniitkarastatud) sitke malm (*Austempered Ductile Iron*).

3) Asendab standardi DIN 1681.

4) Asendab standardi DIN 17182.

5) Asendab standardi DIN 17205.

Liblegrafiitmalm, keragrafiitmalm

Liblegrafiitmalm (hallmalm)

DIN EN 1561 (2012-01)

Tõmbetugevuse R_m järgi tähistatud				Kõvaduse HB järgi tähistatud			
Malmi mark			Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Malmi mark			Brinelli kõvadus HB30
Margitähis	Tunnus-number	Seinapaksus mm		Margitähis	Tunnus-number	Seinapaksus mm	
EN-GJL-100	5.1100	5 ... 40	100	EN-GJL-HB155	5.1101	2.5 ... 50	max. 155
EN-GJL-150	5.1200	2.5 ... 200	110 ... 150	EN-GJL-HB175	5.1201	2.5 ... 100	115 ... 175
EN-GJL-200	5.1300	2.5 ... 200	160 ... 200	EN-GJL-HB195	5.1304	5 ... 100	125 ... 195
EN-GJL-250	5.1301	5 ... 200	200 ... 250	EN-GJL-HB215	5.1305	5 ... 100	145 ... 215
EN-GJL-300	5.1302	10 ... 200	240 ... 300	EN-GJL-HB235	5.1306	10 ... 100	160 ... 235
EN-GJL-350	5.1303	10 ... 200	280 ... 350	EN-GJL-HB255	5.1307	20 ... 100	180 ... 255

⇒ **EN-GJL-100:** Liblegrafiitmalm (hallmalm), vähim tõmbetugevus $R_m = 100$ N/mm².

⇒ **EN-GJL-HB215:** Liblegrafiitmalm (hallmalm), suurim kõvadus = 215 HB.

Omadused

Hea valatavus ja lõiketöödeldavus, vibratsioonisummutavus, korrosioonikindlus, suur survetugevus (umbes 3 korda kõrgem, kui tõmbetugevus), head hõõrdeomadused.

Kasutusnäited

Masinakered, laagrikorpused, liugepinnad, survedetailid, turbiinikorpused. Kõvadus on informatiivne lõiketötluse seisukohalt.

Keragrafiitmalm

DIN EN 1563 (2012-03)

Feriit-, ferriit-perliit- ja perliitmalmid³⁾

Malmi mark		Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katkevenivus A %	Brinelli kõvadus HB	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus-number					
EN-GJS-350-22-LT ¹⁾	5.3100	350	220	22	–	Hea lõiketöödeldavus, madal kulumiskindlus; kered, korpused
EN-GJS-350-22-RT ²⁾	5.3101	350	220	22	–	
EN-GJS-350-22	5.3102	350	220	22	< 160	
EN-GJS-400-18-LT ¹⁾	5.3103	400	240	18	–	Hea lõiketöödeldavus, keskmine kulumiskindlus; toruarmatuur, pressiraamid
EN-GJS-400-18-RT ²⁾	5.3104	400	250	18	–	
EN-GJS-400-18	5.3105	400	250	18	130 ... 175	
EN-GJS-400-15	5.3106	400	250	15	–	
EN-GJS-450-10	5.3107	450	310	10	160 ... 210	
EN-GJS-500-7	5.3200	500	320	7	170 ... 230	Hea pinnakõvadus; hammasrattad, rooliseadmete ja sidurite osad, ketid
EN-GJS-600-3	5.3201	600	370	3	190 ... 270	
EN-GJS-700-2	5.3300	700	420	2	225 ... 305	
EN-GJS-800-2	5.3301	800	480	2	245 ... 335	
EN-GJS-900-2	5.3302	900	600	2	270 ... 360	

Tardlahusferriitmalmid⁴⁾

Malmi mark		Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katkevenivus A %	Brinelli kõvadus HB	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus-number					
EN-GJS-450-18	5.3108	450	350	18	170 ... 200	Sobivad töötlemiseks, suurem katkevenivus; tuulegeneraatorid
EN-GJS-500-14	5.3109	500	400	14	185 ... 215	
EN-GJS-600-10	5.3110	600	470	10	200 ... 230	

⇒ **EN-GJS-400-18:** Keragrafiitmalm, vähim tõmbetugevus $R_m = 400$ N/mm², katkevenivus A = 18%.

¹⁾ LT tööks madalatel temperatuuridel.

²⁾ RT tööks toatemperatuuril.

³⁾ Ferriitmalmidel on kõrgem loõgisitkus. Perliitmalmid on sobivamad kasutuseks kulumise tingimustes. Omaduste väärtused on antud seinapaksustel < 30 mm.

⁴⁾ Tardlahusferriitmalmidel on suurem katkevenivus sama tõmbetugevuse juures. Kõvaduse kõikumised on samuti väiksemad. Omaduste väärtused on antud seinapaksustel < 30 mm.

Tempermalm. Valuteras

Tempermalm¹⁾

DIN EN 1562 (2012-05)

Malmi mark		Tõmbe- tugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke- venivus A %	Brinelli kõvadus HB	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus- number					
Valge tempermalm (süsinikärastusloõmutatud tempermalm)						
EN-GJMW-350-4	5.4200	350	–	4	230	Hea valatavuse ja lõiketöödeldavusega; väikese seinapaksusega detailid, nt hoovad, ketilülid
EN-GJMW-400-5	5.4202	400	220	5	220	
EN-GJMW-450-7	5.4203	450	260	7	220	
EN-GJMW-550-4	5.4204	550	340	4	250	
EN-GJMW-360-12	5.4201	360	190	12	200	Sobib spetsiaalselt keevitamiseks

⇒ **EN-GJMW-350-4:** Valge tempermalm, süsinikärastusloõmutatud, $R_m = 350$ N/mm², $A = 4$ %.

Must tempermalm (mittesüsinikärastusloõmutatud tempermalm)

EN-GJMB-300-6	5.4100	300	–	6	... 150	Hea valatavuse ja lõiketöödeldavusega; suurema seinapaksusega valandid, nt korpused, liigendsidurite hargid, kolvid
EN-GJMB-350-10	5.4101	350	200	10	... 150	
EN-GJMB-450-6	5.4205	450	270	6	150 ... 200	
EN-GJMB-500-5	5.4206	500	300	5	165 ... 215	
EN-GJMB-550-4	5.4207	550	340	4	180 ... 230	
EN-GJMB-600-3	5.4208	600	390	3	195 ... 245	
EN-GJMB-650-2	5.4300	650	430	2	210 ... 260	
EN-GJMB-700-2	5.4301	700	530	2	240 ... 290	
EN-GJMB-800-1	5.4302	800	600	1	270 ... 320	

⇒ **EN-GJMB-350-10:** Must tempermalm, mittesüsinikärastusloõmutatud, $R_m = 350$ N/mm², $A = 10$ %.

¹⁾ Varasem tähistus: lk 168.

Üldotstarbeline valuteras (valimik)

DIN EN 10293 (2015-04)¹⁾

Terase mark		Tõmbe- tugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke- venivus A %	Purustus- töö KV J	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus- number					
GE200 ²⁾	1.0420	380 ... 530	200	25	27	Tsükliliselt keskkoomatud detailid; rattarummud, hoovad
GE240 ²⁾	1.0446	450 ... 600	240	22	27	
GE300 ²⁾	1.0558	600 ... 750	300	15	27	
G17Mn5 ³⁾	1.1131	450 ... 600	240	24	70	Parandatud keevitavus; keeviskoostud
G20Mn5 ²⁾	1.6220	480 ... 620	300	20	50	
GX4CrNiMo16-5-1 ³⁾	1.4405	760 ... 960	540	15	60	
G28Mn6 ²⁾	1.1165	520 ... 670	260	18	27	Tsükliliselt raskkoormatud detailid; võllid
G10MnMoV6-3 ³⁾	1.5410	600 ... 750	500	18	60	
G34CrMo4 ³⁾	1.7230	700 ... 850	540	12	35	
G32NiCrMo8-5-4 ³⁾	1.6570	850 ... 1000	700	16	50	Tsükliliselt raskkoormatud korrosioonikindlad detailid.
GX23CrMoV12-1 ³⁾	1.4931	740 ... 880	540	15	27	

¹⁾ DIN 17182 "Parandatud keevitavuse ja sitkusega valuteras" on tagasivõetud ilm asendusetä.

²⁾ Normaliseeritud. ³⁾ Karastatud ja noolutatud.

Survemahutite valuteras (valimik)

DIN EN 10213 (2016-10)

Terase mark		Tõmbe- tugevus ¹⁾ R_m N/mm ²	Voolepiir ¹⁾ $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke- venivus A %	Purustus- töö KV J	Omadused, kasutus
Margitähis	Tunnus- number					
GP240GH	1.0619	420 ... 600	> 240	22	27	Töös kõrgetel ja madalatel temperatuuridel;
G17CrMo5-5	1.7357	490 ... 690	> 315	20	27	
GX8CrNi12	1.4107	540 ... 690	> 355	18	45	auruturbiinid, ülekuumutatud auru armatuur, samuti korrosioonikindl
GX4CrNiMo16-5-1	1.4405	760 ... 960	> 540	15	60	

¹⁾ Omaduste väärtused on antud seinapaksustel kuni 40 mm.

Mudelid, mudelikomplektid ja kärnkastid

DIN EN 12890 (2000-06)

Materjalid ja klassid			
Tunnus	Materjal		
	Puit	Plast	Metall
Materjali grupp	Vineer, saepuruplaat või liimpuit, leht- ja okaspuit	Epoksüvaik või täidisega polüüretaan	Cu-, Sn-, Zn-sulamid Al-sulamid Malm ja teras
Kasutus	Korduv üksik- ja väikesari-tootmine, madalad täpsusnõuded; tavaliselt käsivormimine	Üksik- ja kesksari-tootmine, keskmised täpsusnõuded; käsi- ja masinivormimine	Suursari- ja masstootmine, kõrged täpsusnõuded; masinivormimine
Valandite tootmisarv	umbes 750	umbes 10 000	umbes 150 000
Kvaliteediklass ¹⁾	H1 ²⁾ , H2, H3	K1 ²⁾ , K2	M1 ²⁾ , M2
Pinnakvaliteet	Lihvpaber teralisusega 60 ... 80	Ra = 12.5 µm	Ra = (3.2 ... 6.3) µm

¹⁾ Mudelite, mudelikomplektide ja kärnkastide valmistamise ja kasutamise liigid nende kasutusala, kvaliteedist ja tööest lähtuvalt: H puit; K plast; M metall.

²⁾ Parim kvaliteediklass.

Valukalded liivvormivalu

Valandi kõrgus <i>h</i> mm	Valukalle <i>T</i> , mm					
	Kitsad kaldpinnad			Laiad kaldpinnad		
	Käsivormimine		Masinivormimine	Käsivormimine		Masinivormimine
Liivsavi vormisegu	Isekövenev vormisegu	Liivsavi vormisegu		Isekövenev vormisegu		
... 30	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
> 30 ... 80	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0
> 80 ... 180	3.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0
> 180 ... 250	3.5	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
> 250 ... 1000	+ 1.0 mm iga 250 mm kohta					
> 1000 ... 4000	+ 2.0 mm iga 1000 mm kohta					

Mudelite värv ja värvikoodid

Pind või pinnaosa	Valuteras	Libe-grafiit-malm	Kera-grafiit-malm	Temper-malm	Kesk-sulamid (Cu-valu)	Kerg-sulam-valu
Põhivärv valandi lõiketöötlemata jäävatele pindadele	sinine	purpur-punane	punane	hall	kollane	roheline
Valandi lõiketöötlemiseks ettenähtud pinnad	kollased triibud	kollased triibud	kollased triibud	kollased triibud	punased triibud	kollased triibud
Valandilt eraldamiseks ette nähtud osad (valukanalite süsteem jne.)	mustas raamis					
Vormijahutite asukohad	punane	punane	sinine	punane	sinine	sinine
Kärnmärgid	must					
Valupead (kompensaatorid)	kollased triibud					

Kahanemisvaru, mõõtmete hälbed, vormimis- ja valumeetodid

Kahanemisvaru

DIN EN 12890 (2000-06)

Malm	Kahanemisvaru %	Teised valusulamid	Kahanemisvaru %
Liblegrafiitmalm (hallmalm)	1.0	Valuteras	2.0
Keragrafiitmalm, lõõmutatud	0.5	Austenitised mangaanvaluterased	2.3
Keragrafiitmalm, mittelõõmutatud	1.2	Al-, Mg-, Cu-Zn-sulamid	1.2
Austenitmalm, valgemalm	2.5	Cu-Sn-Zn-, Zn-sulamid	1.3
Tempermalm, süsinikarastuslõõmutatud	1.6	Cu-Sn-sulamid	1.5
Tempermalm, mittesüsinikarastuslõõmutatud	0.5	Vask	1.9

Mõõtmete hälbed ja töötlemisvaru, RMA

DIN EN ISO 8062 (2008-01)

Hälvete joonisel märkimise näited:

- Üldtolerantsid
ISO 8062-3 – DCTG 12 – RMA 6 (RMAG H)
tolerantsiklass 12, lõiketöötlemisvaru 6 mm (klass H).
- Üksikhälbed ja töötlemisvaru näidatakse mõõtme järel.

R valandi nimimõõde
F detaili nimimõõde (pärast töötlemist)
DCTG valandi mõõtmete tolerantsiklass
T valandi kogutolerants
RMA lõiketöötlemisvaru

$$R = F + 2 \cdot RMA + T/2$$

Valandi tolerantsid

Valandi nimimõõde mm	Valandi pikkusmõõtme kogutolerants <i>T</i> , mm															
	Valandi mõõtmete tolerantsiklass <i>DCTG</i>															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
...10	0.09	0.13	0.18	0.26	0.36	0.52	0.74	1.0	1.5	2.0	2.8	4.2	-	-	-	-
> 10 ... 16	0.10	0.14	0.20	0.28	0.38	0.54	0.78	1.1	1.6	2.2	3.0	4.4	-	-	-	-
> 16 ... 25	0.11	0.15	0.22	0.30	0.42	0.58	0.82	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	6	8	10	12
> 25 ... 40	0.12	0.17	0.24	0.32	0.46	0.64	0.9	1.3	1.8	2.6	3.6	5	7	9	11	14
> 40 ... 63	0.13	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	10	12	16
> 63 ... 100	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6	9	11	14	18
> 100 ... 160	0.15	0.22	0.30	0.44	0.62	0.88	1.2	1.8	2.5	3.6	5	7	10	12	16	20
> 160 ... 250	-	0.24	0.34	0.50	0.70	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	11	14	18	22
> 250 ... 400	-	-	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6.2	9	12	16	20	25
> 400 ... 630	-	-	-	0.64	0.90	1.2	1.8	2.6	3.6	5	7	10	14	18	22	28
> 630 ... 1000	-	-	-	-	1.0	1.4	2.0	2.8	4	6	8	11	16	20	25	32

Vormimis- ja valumeetodid

Vormimis-meetod	Kasutus	Elised ja puudused	Valandi materjal	Suhteline mõõtmete täpsus ¹⁾ mm/mm	Saavutatav pinnakaredus <i>Ra</i> µm
Käsvormimine	Suured valandid, väikesaritootmine	Kõik suurused; madal mõõtmete täpsus	GS, GJL, GJS, GJM, Al- ja Cu-sulamid	0.00 ... 0.10	40 ... 320
Masinvormimine	Väiksed ja keskmised valandid, saritootmine	Täpsed mõõtmed, hea pinnakvaliteet	GS, GJL, GJS, GJM, Al-sulamid	0.00 ... 0.06	20 ... 160
Vaakumvormimine	Keskmised ja suured valandid, saritootmine	Täpsed mõõtmed, hea pinnakvaliteet; seadmete kõrge maksumus	GS, GJL, GJS, GJM, Al- ja Cu-sulamid	0.00 ... 0.08	40 ... 160
Koorikvalu	Väiksed valandid, masstootmine	Täpsed mõõtmed; vormi kõrge maksumus	GS, GJL, Al- ja Cu-sulamid	0.00 ... 0.06	20 ... 160
Täppisvalu	Väiksed valandid, masstootmine	Keerukad detailid; vormi kõrge maksumus	Al-sulamid	0.00 ... 0.04	10 ... 180
Kokillvalu	Väiksed ja keskmised valandid, masstootmine	Täpsed mõõtmed ka õhukestel seinadel, peeterstruktuur; seadmete kõrge maksumus	kuumkamber: Zn-, Pb-, Sn-, Mg-sulamid külmkamber: Cu-, Al-sulamid	0.00 ... 0.04	10 ... 40

¹⁾ Suhteline mõõtmete täpsus on suurima hälbe ja nimimõõtme suhe.



Alumiiniumisulamid, liigid ja omadused

Sulami-grupp	Tunnus-number	Omadused	Kasutus	Sortiment ¹⁾		
				S	B	T
Puhas alumiinium				lk 175		
Al (Al-sisaldus > 99.00%)	AW-1000 kuni AW-1990 (seeria 1000)	<ul style="list-style-type: none"> väga hea külmtöödeldavus keevitav ja joodetav halb lõiketöödeldavus korrosioonikindel anodeeritud dekoratiiv-eesmärkidel 	Konteinerid, toidu- ja keemiatööstuse torustik ja seadmed, elektrijuhmed, reflektorid, iludetailid, autonumbrimärgid	•	•	•
Deformeeritavad alumiiniumisulamid, mittetermotöödeldavad (valimik)				lk 175		
AlMn	AW-3000 kuni AW-3990 (seeria 3000)	<ul style="list-style-type: none"> külmtöödeldav keevitav ja joodetav hea lõiketöödeldavus kaldestatult Võrreldes seeriaga 1000: <ul style="list-style-type: none"> suurem tugevus parandatud leelisekindlus 	Katused, fassaadid ja ehituskonstruktsioonid, radiaatorite ja õhukonditsioneeride osad autotööstuses, joogi- ja toidupurgid pakenditööstuses	•	•	•
AlMg	AW-5000 kuni AW-5990 (seeria 5000)	<ul style="list-style-type: none"> hea külmtöödeldavus koos kõrge kaldestusastmega piiratud keevitavus hea lõiketöödeldavus kaldestatult ja kõrgleegeritult ilmastiku- ja soolaveekindlus 	Kaubikute, puistaine- ja tsisternveokite pealisehituse kergkonstruktsioonid, metallsildid, liiklusemärgid, rullkardinad ja -uksed, aknad, sulused ehituses, masinaraamid, rakiste osad ja fiksaatorid valuvormide tegemisel	•	•	•
AlMgMn		<ul style="list-style-type: none"> hea külmtöödeldavus koos kõrge kaldestusastmega hea keevitavus hea lõiketöödeldavus soolaveekindlus 		•	•	•
Deformeeritavad alumiiniumisulamid, termotöödeldavad (valimik)				lk 176		
AlMgSi	AW-6000 kuni AW-6990 (seeria 6000)	<ul style="list-style-type: none"> hea kül- ja kuumtöödeldavus korrosioonikindel hea keevitavus hea lõiketöödeldavus termotöödeldult 	Kandekonstruktsioonid ehitustööstuses, aknad, uksed, masinakorpused, hüdro- ja pneumoosad; Pb, Sn või Bi sisaldusel väga hea lõiketöödeldavusega sulamid	• ²⁾	• ²⁾	• ²⁾
AlCuMg	AW-2000 kuni AW-2990 (seeria 2000)	<ul style="list-style-type: none"> suur tugevus hea kuumustugevus piiratud korrosioonikindel piiratud keevitavus hea lõiketöödeldavus termotöödeldult 	Kergmaterjal auto- ja lennukikonstruktsioonides; Pb, Sn või Bi sisaldusel väga hea lõiketöödeldavusega sulamid	• ²⁾	• ²⁾	• ²⁾
AlZnMgCu	AW-7000 kuni AW-7990 (seeria 7000)	<ul style="list-style-type: none"> suurima tugevusega Al-sulamid parim korrosioonikindel kunstlikvanandatult piiratud keevitavus hea lõiketöödeldavus termotöödeldult 	Kõrgtugev kergmaterjal lennukitööstuses, masinakonstruktsioonid, plastivormimise tööriistad ja vormid, kruvid, ekstrudeeritud detailid	•	•	•

¹⁾ Sortiment: S leht; B varras; T toru.

²⁾ Hea lõiketöödeldavusega sulamid ainult varda või toruna.

Deformeeritavad alumiiniumisulamid, tähistus

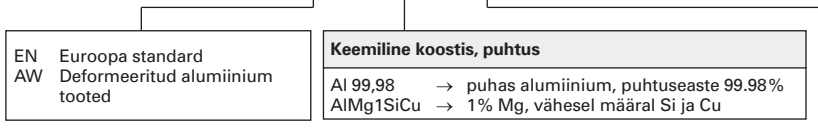
Alumiiniumi ja deformeeritavate alumiiniumisulamite tähistus

DIN EN 573-2 (1994-12)

Margitähised hõlmavad deformeeritavaid tooteid, nt lehed, vardad, torud, traat ja deformeeritud detailid.

Tähistuse näited:

EN AW - Al 99,98
EN AW - Al Mg1SiCu - H111



Materjali olek (valimik)

DIN EN 515 (1993-12)

Olek	Tähis	Tähise tähendus	Materjali oleku tähendus
Valmistus-olek	F	Pooltooted on valmistatud ilma mehaanilisi omadusi, nt, tõmbetugevust, voolepiiri ja katkevenivust näitamata.	Deformeeritud tooted täiendava töötluseta
Pehmelõõmutatud	O O1 O2	Sferoidiseerimine võib olla asendatud kuumtöötusega. Tardlahuslõõmutatud, jahutatud aeglaselt toatemperatuurile, termomehaaniliselt töödeldud; parim deformeeritavus	Töödeldavuse taastamine peale kalesumist
Kalestatud	H12 to H18	Kalestatud järgmiste kõvadusastmeteni: H12 H14 H16 H18 1/4-kõva 1/2-kõva 3/4-kõva 4/4-kõva	Etteantud tugevusomaduste (tõmbetugevus, voolepiir) tagamiseks
	H111 H112	Lõõmutatud täiendava kerge kalesamisega Kergelt kalestatud	
Termotöödeldud	T1 T2 T3	Tardlahuslõõmutatud, pingetustatud ja loomulikvanandatud, sirgestamata Nagu T1, kiirjahutatud, kalestatud ja loomulikvanandatud Tardlahustöödeldud, kalestatud ja loomulikvanandatud	Tõmbetugevuse, voolepiiri ja kõvaduse suurendamiseks; külmtöödeldavus halveneb
	T3510 T3511	Tardlahuslõõmutatud, pingetustatud ja loomulikvanandatud Nagu T3510, sirgestatud piirhälvete tagamiseks	
	T4 T4510	Tardlahuslõõmutatud, loomulikvanandatud Tardlahuslõõmutatud, pingetustatud ja loomulikvanandatud, sirgestamata	
	T6 T6510	Tardlahuslõõmutatud, kunstlikvanandatud Tardlahuslõõmutatud, pingetustatud ja kunstlikvanandatud, sirgestamata	
	T8 T9	Tardlahuslõõmutatud, kalestatud, kunstlikvanandatud Tardlahuslõõmutatud, kunstlikvanandatud, kalestatud	

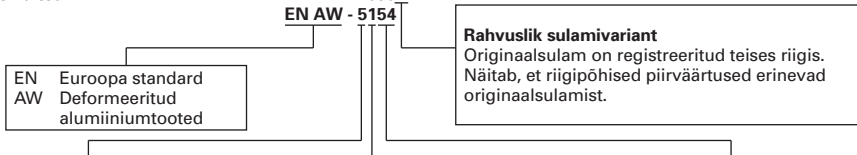
Alumiiniumi ja deformeeritavate alumiiniumisulamite tunnusnumbrid

DIN EN 573-1 (2005-02)

Tunnusnumbrid hõlmavad pooltooteid, nt lehed, vardad, torud, traat ja deformeeritud detailid.

Tähistuse näited:

EN AW - 1050A
EN AW - 5154



Sulami grupp				Sulami modifikatsioon		Tüübi number	
Number	Grupp	Number	Grupp	Number	Sulam		
1	Puhas Al	5	AlMg	0	Originaalsulam	Sulamigrupi sees, nt AlCu, AlMgSi, AlMn või AlMg, on igal sulamil oma number.	
2	AlCu	6	AlMgSi	1 ... 9	Sulamid, mis erinevad originaalsulameist		
3	AlMn	7	AlZn				
4	AlSi	8	teised				



Deformeeritavad alumiiniumisulamid

Alumiinium ja deformeeritavad alumiiniumisulamid, mittetermotöödeldavad (valimik)

DIN EN 485-2 (2016-10),
DIN EN 754-2 (2013-12), 755-2 (2016-10)

Margitähis (tunnus-number) ¹⁾	Sortiment ²⁾		VO ³⁾	Materjali olek ⁴⁾	Paksus/läbimõõt mm	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katkenivus A %	Kasutus, näited
	R	S							
Al 99.5 (1050A)	•	-	p	F, H112	kõik	≥ 60	≥ 20	25	Aparaaditööstus; survemahutid, märgid ja sildid, pakendid, iludetailid
			z	O, H111	≤ 80	60 ... 95	-	25	
			z	H14	≤ 40	100 ... 135	≥ 70	6	
	-	•	w	O, H111	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0 >3.0 ... 6.0	65 ... 95 65 ... 95 65 ... 95	≥ 20 ≥ 20 ≥ 20	22 26 29	
Al Mn1 (3103)	•	-	p	F, H112	kõik	≥ 95	≥ 35	25	Aparaaditööstus; ekstrudeeritud detailid, sõidukite pealisehituse detailid, soojusvahetid
			z	O, H111	≤ 80	95 ... 130	≥ 35	25	
			z	H14	≤ 40	130 ... 165	≥ 110	6	
	-	•	w	O, H111	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0 >3.0 ... 6.0	90 ... 130 90 ... 130 90 ... 130	≥ 35 ≥ 35 ≥ 35	19 21 24	
Al Mn1Cu (3003)	•	-	p	F, H112	kõik	≥ 95	≥ 35	25	Katusekatted, fassaadikatted, madalkoormatud kandekonstruktsioonid metallitööstuses
			z	O, H111	≤ 80	95 ... 130	≥ 35	25	
			z	H14	≤ 40	130 ... 165	≥ 110	6	
	-	•	w	O, H111	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0 >3.0 ... 6.0	95 ... 135 95 ... 135 95 ... 135	≥ 35 ≥ 35 ≥ 35	17 20 23	
Al Mg1 (B) (5005)	•	-	p	F, H112	≤ 100	≥ 100	≥ 40	18	Katusekatted, fassaadikatted, aknad, ukсед, majapidamistarbed
			z	O, H111	≤ 80	100 ... 145	≥ 40	18	
			z	H14	≤ 40	≥ 140	≥ 110	6	
	-	•	w	O, H111	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0 >3.0 ... 6.0	100 ... 145 100 ... 145 100 ... 145	≥ 35 ≥ 35 ≥ 35	19 20 22	
Al Mg2Mn0.3 (5251)	•	-	p	F, H112	kõik	≥ 160	≥ 60	16	Toidutööstuse masinad ja seadmed
			z	O, H111	≤ 80	150 - 200	≥ 60	17	
			z	H14	≤ 30	200 ... 240	≥ 160	5	
	-	•	w	O, H111	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0 >3.0 ... 6.0	160 ... 200 160 ... 200 160 ... 200	≥ 60 ≥ 60 ≥ 60	14 16 18	
Al Mg3 (5754)	•	-	p	F, H112	≤ 150	≥ 180	≥ 80	14	Aparaaditööstus, lennukitööstus, autode kereosad, valuvormid
			z	O, H111	≤ 80	180 ... 250	≥ 80	16	
			z	H14	≤ 25	240 ... 290	≥ 180	4	
	-	•	w	O, H111	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0 >3.0 ... 6.0	190 ... 240 190 ... 240 190 ... 240	≥ 80 ≥ 80 ≥ 80	14 16 18	
Al Mg5 (5019)	•	-	p	F, H112	≤ 200	≥ 250	≥ 110	14	Optikaseadmed, pakendid
			z	O, H111	≤ 80	250 ... 320	≥ 110	16	
			z	H14	≤ 40	270 ... 350	≥ 180	8	
	-	•	w	O, H111	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0 >3.0 ... 6.0	215 ... 275 215 ... 275 215 ... 275	≥ 85 ≥ 85 ≥ 85	13 15 17	
Al Mg3Mn (5454)	-	•	w	O, H111	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0 >3.0 ... 6.0	215 ... 275 215 ... 275 215 ... 275	≥ 85 ≥ 85 ≥ 85	13 15 17	Konteinerite konstruktsioonid, survemahutid, torustikud, tsisternveokid, puistainevokid
	-	•	w	H12	>0.5 ... 1.5 >1.5 ... 3.0	250 ... 305 250 ... 305	≥ 190 ≥ 190	4 5	
Al Mg4.5Mn0.7 (5083)	•	-	p	F, H111	≤ 200	≥ 270	≥ 110	12	Valuvormid, rakiste detailid, masinaraamid
			z	O, H111	≤ 80	270 ... 350	≥ 110	16	
			z	H12	≤ 30	≥ 280	≥ 200	6	

¹⁾ Lihtsustamiseks on kõik margitähised ja tunnusnumbrid esitatud ilma eesliiteta EN AW.

²⁾ Sortiment: R ümarvarras; S leht ja riba.

³⁾ VO Väljastusolek: p ekstrudeeritud; z tõmmatud; w valtsitud.

⁴⁾ Materjali olek: eelmine lk.

Deformeeritavad alumiiniumisulamid

Deformeeritavad alumiiniumisulamid, termotöödeldavad (valimik)								DIN EN 485-2 (2016-10), DIN EN 754-2 (2013-12), 755-2 (2016-10)	
Margitähis (tunnusnumber) ¹⁾	Sortiment ²⁾		VO ³⁾	Materjali olek ⁴⁾	Paksus/läbimõõt mm	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katkevenivus A %	Kasutus, näited
	R	S							
Al Cu4PbMgMn (2007)	•	–	p z z	T4, T4510	≤ 80	≥ 370	≥ 250	8	Hea lõiketöödeldavusega sulamid, ka kiirloometöötluse korral, nt treitud detailid, freesitud detailid
				T3	≤ 30	≥ 370	≥ 240	7	
				T3	30 ... 80	≥ 340	≥ 220	6	
Al Cu4PbMg (2030)	•	–	p z z	T4, T4510	≤ 80	≥ 370	≥ 250	8	
				T3	≤ 30	≥ 370	≥ 240	7	
				T3	30 ... 80	≥ 340	≥ 220	6	
Al MgSiPb (6012)	•	–	p z z	T5, T6510	≤ 150	≥ 310	≥ 260	8	
				T3	≤ 80	≥ 200	≥ 100	10	
				T6	≤ 80	≥ 310	≥ 260	8	
Al Cu4SiMg (2014)	•	–	p z z	O, H111	≤ 200	≥ 250	≥ 135	12	Hüdro-pneumosüsteemide osad, auto- ja lennukitööstus, kandekonstruktsioonid metallitööstuses
				T3	≤ 80	≥ 380	≥ 290	8	
	T4	≤ 80	≥ 380	≥ 220	12				
–	•	w	O	≥ 0.5 ... 1.5	≥ 220	≥ 140	12		
				> 1.5 ... 3.0	≥ 220	≥ 140	13		
				> 3.0 ... 6.0	≥ 220	≥ 140	16		
Al Cu4Mg1 (2024)	•	–	p z z	O, H111	≤ 200	≥ 250	≥ 150	12	Auto- ja lennukitööstuse detailid, kandekonstruktsioonid metallitööstuses
				T3	10 ... 80	≥ 425	≥ 290	9	
	T6	≤ 80	≥ 425	≥ 315	5				
–	•	w	O	≥ 0.5 ... 1.5	≥ 220	≥ 140	12		
				> 1.5 ... 3.0	≥ 220	≥ 140	13		
				> 3.0 ... 6.0	≥ 220	≥ 140	13		
Al MgSi (6060)	•	–	p z z	T4	≤ 150	≥ 120	≥ 60	16	Aknad, ukсед, sõidukite pealisehitused, optikaseadmed
				T4	≤ 80	≥ 130	≥ 65	15	
				T6	≤ 80	≥ 215	≥ 160	12	
Al Si1MgMn (6082)	•	–	p z z	O, H111	≤ 200	≥ 160	≥ 110	14	Tarvikud, valuvormide osad ning rakised ja kinnitid, masinakered, toidutööstuse seadmed
				T4	≤ 80	≥ 205	≥ 110	14	
	T6	≤ 80	≥ 310	≥ 255	10				
–	•	w	O	≥ 0.5 ... 1.5	≥ 150	≥ 85	14		
				> 1.5 ... 3.0	≥ 150	≥ 85	16		
				> 3.0 ... 6.0	≥ 150	≥ 85	18		
Al Zn4.5Mg1 (7020)	•	–	p z	T6	≤ 50	≥ 350	≥ 290	10	Auto- ja lennukitööstus, masinakered, raudteeveeremi pealisehitused
				T6	≤ 80	≥ 350	≥ 280	10	
	–	•	w	O	≥ 0.5 ... 1.5	≥ 220	≥ 140	12	
> 1.5 ... 3.0					≥ 220	≥ 140	13		
> 3.0 ... 6.0					≥ 220	≥ 140	15		
Al Zn5Mg3Cu (7022)	•	–	p z	T6, T6510	≤ 80	≥ 490	≥ 420	7		Hüdro- ja pneumosüsteemide osad, lennukitööstuse detailid, kruvid
				T6	≤ 80	≥ 460	≥ 380	8	
	–	•	w	T6	≥ 3.0 ... 12.5	≥ 450	≥ 370	8	
> 12.5 ... 25.0					≥ 450	≥ 370	8		
> 25.0 ... 50.0					≥ 450	≥ 370	7		
Al Zn5.5MgCu (7075)	•	–	p z z	O, H111	≤ 200	≥ 275	≥ 165	10	Auto- ja lennukitööstus, valuvormide osad ning rakised ja kinnitid, kruvid
				T6	≤ 80	≥ 540	≥ 485	7	
	T73	≤ 80	≥ 455	≥ 385	10				
–	•	w	O	≥ 0.4 ... 0.8	≥ 275	≥ 145	10		
				> 0.8 ... 1.5	≥ 275	≥ 145	10		
				> 1.5 ... 3.0	≥ 275	≥ 145	10		

¹⁾ Lihtsustamiseks on kõik margitähised ja tunnusnumbrid esitatud ilma eesliiteta "EN AW-".

²⁾ Sortiment: R ümarvarras; S leht ja riba.

³⁾ VO Väljastusolek: p ekstrudeeritud; z tõmmatud; w valtsitud.

⁴⁾ Materjali olek: lk 174.

Alumiiniumi valusulamid, tähistus

Alumiiniumi valusulamite margitähised

DIN EN 1780-1-3 (2003-01), DIN EN 1706 (2013-12)

Alumiiniumivalendeid määratletakse margitähise või tunnusnumbriga.

Tähistuse näide:

Margitähis
EN AC - Al Mg5KFTunnusnumber
EN AC - 51300KF

Keemiline koostis	
Näide	Legeeriv element
AlMg5	5% Mg
AlSi6Cu	6% Si, Cu lisand
AlCu4MgTi	4% Cu, Mg ja Ti lisandid

Sulamigrupp			
Nr	Grupp	Nr	Grupp
21	AlCu	46	AlSi9Cu
41	AlSiMgTi	47	AlSi(Cu)
42	AlSi7Mg	51	AlMg
44	AlSi	71	AlZnMg

Tüübinumber
Sulamigrupi sees omab iga sulam oma numbrit

Valuviis		Materjali olek	
Tähis	Valuviis	Tähis	Materjali olek
S	Liivvormi valu	F	Valatud olekus, ilma lisatööluseta
K	Püsvormi valu	O	Sferoidiseeritud
D	Survevalu	T1	Kontrollitud jahutus peale valamist, loomulikvanandatud
L	Väljasulatavate mudelitega valu	T4	Tardlahuslöömutatud ja loomulikvanandatud
		T5	Kontrollitud jahutus peale valamist, kunstlikvanandatud
		T6	Tardlahuslöömutatud ja kunstlikvanandatud

Alumiiniumi valusulamid (valimik)

DIN EN 1706 (2013-12)

Margitähis (tunnusnumber) ¹⁾	VV ²⁾	MO ³⁾	Tugevusomadused valatult (F)				Omadused ⁴⁾			
			Kõvadus HB	Tõmbe-tugevus R_m N/mm ²	Voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katkenivus A %	C	P	M	Kasutus
AC- AlMg3 (AC-51100)	S	F	50	140	70	3	-	-	•	Korrosioonikindel, poleeritav, anodeeritud dekoratiivsetel eesmärkidel;
	K	F	50	150	70	5	-	-	•	
AC- AlMg5 (AC-51300)	S	F	55	160	90	3	-	-	•	torullidesed, kodumasinad, laevaehtus, keemiatööstus
	K	F	60	180	100	4	-	-	•	
AC- AlMg5(Si) (AC-51400)	S	F	60	160	100	3	-	-	•	Atmosfäärikindel, keerukate, õhukesedetailide ja survetihedate detailide valmistamiseks;
	K	F	65	180	110	3	-	-	•	
AC- AlSi12(B) (AC-44100)	S	F	50	150	70	4	•	•	○	pumba- ja mootorikered, plokikaaned, lennukitööstuse detailid
	K	F	55	170	80	5	•	•	○	
	L	F	50	150	80	4	•	•	○	
AC- AlSi7Mg (AC-42000)	S	T6	75	220	180	1	○	•	○	Suurima tugevusega, vibratsiooni- ja kuumuskindlad; lihtsad valandid
	K	T6	90	260	220	1	○	•	○	
	L	T6	75	240	190	1	○	•	○	
AC- AlSi12(Cu) (AC-47000)	S	F	50	150	80	1	•	•	-	
	K	F	55	170	90	2	•	•	-	
AC- AlCu4Ti (AC-21100)	S	T6	95	300	200	3	-	-	•	
	K	T6	95	330	220	7	-	-	•	

¹⁾ Lihtsustamiseks on kõik margitähised ja tunnusnumbrid esitatud ilma eesliiteta "EN", nt AC-**AlMg3** tähise EN AC-**AlMg3** asemel või AC-51000 tähise EN AC-51000 asemel.

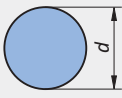


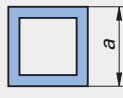
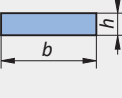
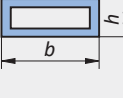
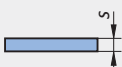
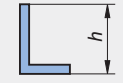
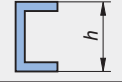

²⁾ VV - valuviis (tabel ülal).

³⁾ MO - materjali olek (tabel ülal).

⁴⁾ C - valatavus, P - survetihedus, M - lõiketööeldavus; • - väga hea, hea, ○ - tingimisi hea.

Alumiiniumiprofiilid. Alumiiniumist ümar- ja ruutvardad

Alumiiniumiprofiilid, ülevaade

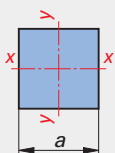
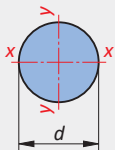
Ristlõige	Valmistamisviis, mõõtmed	Standard	Ristlõige	Valmistamisviis, mõõtmed	Standard
Ümarvarras			Ümartoru		
	Ekstrudeeritud $d = (3 \dots 100)$ mm	DIN EN 755-3		Ekstrudeeritud õmbluseta $d = (20 \dots 250)$ mm	DIN EN 755-7
	Tõmmatud $d = (8 \dots 320)$ mm	DIN EN 754-3		Külm tõmmatud õmbluseta $d = (3 \dots 270)$ mm	DIN EN 754-7
Ruutvarras			Ruurtoru		
	Ekstrudeeritud $a = (10 \dots 220)$ mm	DIN EN 755-4		Ekstrudeeritud $a = (15 \dots 100)$ mm	
	Tõmmatud $a = (3 \dots 100)$ mm	DIN EN 754-4		DIN EN 754-4	
Ristkülikvarras			Ristküliktoru		
	Ekstrudeeritud $b = (10 \dots 600)$ mm $h = (2 \dots 240)$ mm	DIN EN 755-4		Ekstrudeeritud õmbluseta $b = (15 \dots 250)$ mm $h = (10 \dots 100)$ mm	DIN EN 755-7
	Tõmmatud $b = (5 \dots 200)$ mm $h = (2 \dots 60)$ mm	DIN EN 754-4		Külm tõmmatud õmbluseta $b = (15 \dots 250)$ mm $h = (10 \dots 100)$ mm	DIN EN 754-7
Leht ja riba			L-profiilvarras		
	Valtsitud $s = (0.4 \dots 15)$ mm	DIN EN 485		Teravate või ümarate nurkadega $h = (10 \dots 200)$ mm	DIN 1771 ¹⁾
U-profiilvarras			T-profiilvarras		
	Teravate või ümarate nurkadega $h = (10 \dots 160)$ mm	DIN 9713 ¹⁾		Teravate või ümarate nurkadega $h = (15 \dots 100)$ mm	DIN 9714 ¹⁾









¹⁾ Standard on tunnistatud kehtetuks ilma asenduseta.

Ümarprofiil, ruutprofiil, külm tõmmatud

DIN EN 754-3, 754-4 (2008-06), DIN 1798¹⁾, DIN 1796¹⁾



S ristlõikepindala
 m' joonmass
 W telg-
tugevusmoment
 I telginertsimoment



d, a mm	S cm ²		m' kg/m		$W_x = W_y$ cm ³		$I_x = I_y$ cm ⁴	
								
10	0.79	1.00	0.21	0.27	0.10	0.17	0.05	0.08
12	1.13	1.44	0.31	0.39	0.17	0.29	0.10	0.17
16	2.01	2.56	0.54	0.69	0.40	0.68	0.32	0.55
20	3.14	4.00	0.85	1.08	0.79	1.33	0.79	1.33
25	4.91	6.25	1.33	1.69	1.53	2.60	1.77	3.26
30	7.07	9.00	1.91	2.43	2.65	4.50	3.98	6.75
35	9.62	12.25	2.60	3.31	4.21	7.15	7.37	12.51
40	12.57	16.00	3.40	4.32	6.28	10.68	12.57	21.33
45	15.90	20.25	4.30	5.47	8.95	15.19	20.13	34.17
50	19.64	25.00	5.30	6.75	12.28	20.83	30.69	52.08
55	23.76	30.25	6.42	8.17	16.33	27.73	44.98	76.26
60	28.27	36.00	7.63	9.72	21.21	36.00	63.62	108.00

Materjalid Deformeeritavad alumiiniumisulamid: Ik 175 ja 176.

¹⁾ DIN 1796 ja DIN 1798 on asendatud standarditega DIN EN 754-3 või DIN EN 754-4. Toodud DIN EN standardid ei sisalda mõõtmeid. Edasimüüjad pakuvad jätkuvalt DIN 1798-le ja DIN 1796-le vastavaid ümar- ja ruutvardaid.

 ümarvarras;  ruutvarras

Alumiiniumist ristkülikvardad

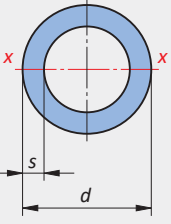
Ristkülikprofiil, tõmmatud (valimik)		DIN EN 754-5 (2008-06), asendus DIN 1769 ¹⁾ -le								
S	ristlõikepindala	$b \times h$	S	m'	e_x	e_y	W_x	I_x	W_y	I_y
m'	joonmass	mm	cm ²	kg/m	cm	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ⁴
e	pinnakeskme asukoht									
W	telg- tugevusmoment	10 × 3	0.30	0.08	0.15	0.5	0.015	0.002	0.05	0.025
I	telginertsimoment	10 × 6	0.60	0.16	0.3	0.5	0.060	0.018	0.100	0.050
		10 × 8	0.80	0.22	0.4	0.5	0.106	0.042	0.133	0.066
		15 × 3	0.45	0.12	0.15	0.75	0.022	0.003	0.112	0.084
		15 × 5	0.75	0.24	0.25	0.75	0.063	0.016	0.188	0.141
		15 × 8	1.20	0.32	0.4	0.75	0.160	0.064	0.300	0.225
		20 × 5	1.00	0.27	0.25	1.0	0.083	0.020	0.333	0.333
		20 × 8	1.60	0.43	0.4	1.0	0.213	0.085	0.533	0.533
		20 × 10	2.00	0.54	0.5	1.0	0.333	0.166	0.666	0.666
		20 × 15	3.00	0.81	0.75	1.0	0.750	0.562	1.000	1.000
		25 × 5	1.25	0.34	0.25	1.25	0.104	0.026	0.520	0.651
		25 × 8	2.00	0.54	0.4	1.25	0.266	0.106	0.833	1.041
		25 × 10	2.50	0.67	0.5	1.25	0.416	0.208	1.041	1.302
		25 × 15	3.75	1.01	0.75	1.25	0.937	0.703	1.562	1.953
		25 × 20	5.00	1.35	1.0	1.25	1.666	1.666	2.083	2.604
		30 × 10	3.00	0.81	0.5	1.5	0.500	0.250	1.500	2.250
		30 × 15	4.50	1.22	0.75	1.5	1.125	0.843	2.250	3.375
		30 × 20	6.00	1.62	1.0	1.5	2.000	2.000	3.000	4.500
		40 × 10	4.00	1.08	0.5	2.0	0.666	0.333	2.666	5.333
		40 × 15	6.00	1.62	0.75	2.0	1.500	1.125	4.000	8.000
		40 × 20	8.00	2.16	1.0	2.0	2.666	2.666	5.333	10.666
		40 × 25	10.00	2.70	1.25	2.0	4.166	5.208	6.666	13.333
		40 × 30	12.00	3.24	1.5	2.0	6.000	9.000	8.000	16.000
		40 × 35	14.00	3.78	1.75	2.0	8.166	14.291	9.333	18.666
		50 × 10	5.00	1.35	0.5	2.5	0.833	0.416	4.166	10.416
		50 × 15	7.50	2.03	0.75	2.5	1.875	1.406	6.250	15.625
		50 × 20	10.00	2.70	1.0	2.5	3.333	3.333	8.333	20.833
		50 × 25	12.50	3.37	1.25	2.5	5.208	6.510	10.416	26.041
		50 × 30	15.00	4.05	1.5	2.5	7.500	11.250	12.500	31.250
		50 × 35	17.50	4.73	1.75	2.5	10.208	17.864	14.583	36.458
		50 × 40	20.00	5.40	2.0	2.5	13.333	26.666	16.666	41.668
		60 × 10	6.00	1.62	0.5	3.0	1.000	0.500	6.000	18.000
		60 × 15	9.00	2.43	0.75	3.0	2.250	1.687	9.000	27.000
		60 × 20	12.00	3.24	1.0	3.0	4.000	4.000	12.000	36.000
		60 × 25	15.00	4.05	1.25	3.0	6.250	7.812	15.000	45.000
		60 × 30	18.00	4.86	1.5	3.0	9.000	13.500	18.000	54.000
		60 × 35	21.00	5.67	1.75	3.0	12.250	21.437	21.000	63.000
		60 × 40	24.00	6.48	2.0	3.0	16.000	32.000	24.000	72.000
		80 × 10	8.00	2.16	0.5	4.0	1.333	0.666	10.666	42.666
		80 × 15	12.00	3.24	0.75	4.0	3.000	2.250	16.000	64.000
		80 × 20	16.00	4.52	1.0	4.0	5.333	5.333	21.333	85.333
		80 × 25	20.00	5.40	1.25	4.0	8.333	10.416	26.666	106.66
		80 × 30	24.00	6.48	1.5	4.0	12.000	18.000	32.000	128.00
		80 × 35	28.00	7.56	1.75	4.0	16.333	28.583	37.333	149.33
		80 × 40	32.00	8.64	2.0	4.0	21.333	42.666	42.666	170.66
		100 × 20	20.00	5.40	1.0	5.0	6.666	6.667	33.333	166.66
		100 × 30	30.00	8.10	1.5	5.0	15.000	22.500	50.000	250.00
		100 × 40	40.00	10.8	2.0	5.0	26.666	53.333	66.666	333.33
Ümarusraadius r										
h	r_{\max}									
mm	mm									
≤ 10	0.6									
> 10 ... 30	1.0									
> 30 ... 60	2.0									
Material		Deformeeritavad alumiiniumisulamid: lk 175 ja lk 176.								
		¹⁾ DIN EN 754-5 ei sisalda mõõtmeid. Edasimüüjad pakuvad jätkuvalt DIN 1769-le vastavaid ristkülikvardaid.								

Alumiiniumist ümartorud ja U-profiilvardad

Õmbluseta ümartorud, külmtõmmatud (valimik)

DIN EN 754-7 (2016-10), asendus DIN 1795¹⁾-le

d s S m' W I	välisläbimõõt seinapaksus ristlõikepindala joonmass telg- tugevusmoment telginertsimoment	$d \times s$ mm	S cm ²	m' kg/m	W_x cm ³	I_x cm ⁴	$d \times s$ mm	S cm ²	m' kg/m	W_x cm ³	I_x cm ⁴
		10 × 1	0.281	0.076	0.058	0.029	35 × 3	3.016	0.814	2.225	3.894
		10 × 1.5	0.401	0.108	0.075	0.037	35 × 5	4.712	1.272	3.114	5.449
		10 × 2	0.503	0.136	0.085	0.043	35 × 10	7.854	2.121	4.067	7.118
		12 × 1	0.346	0.093	0.088	0.053	40 × 3	3.487	0.942	3.003	6.007
		12 × 1.5	0.495	0.134	0.116	0.070	40 × 5	5.498	1.484	4.295	8.590
		12 × 2	0.628	0.170	0.136	0.082	40 × 10	9.425	2.545	5.890	11.781
		16 × 1	0.471	0.127	0.133	0.133	50 × 3	4.430	1.196	4.912	12.281
		16 × 2	0.880	0.238	0.220	0.220	50 × 5	7.069	1.909	7.245	18.113
		16 × 3	1.225	0.331	0.273	0.273	50 × 10	12.566	3.393	10.681	26.704
		20 × 1.5	0.872	0.235	0.375	0.375	55 × 3	4.901	1.323	6.044	16.201
		20 × 3	1.602	0.433	0.597	0.597	55 × 5	7.854	2.110	9.014	24.789
		20 × 5	2.356	0.636	0.736	0.736	55 × 10	14.137	3.817	13.655	37.552
		25 × 2	1.445	0.390	0.770	0.963	60 × 5	8.639	2.333	10.979	32.938
		25 × 3	2.073	0.560	1.022	1.278	60 × 10	15.708	4.241	17.017	51.051
		25 × 5	3.142	0.848	1.335	1.669	60 × 16	22.117	4.890	20.200	60.600
		30 × 2	1.759	0.475	1.155	1.733	70 × 5	10.210	2.757	15.498	54.242
		30 × 4	3.267	0.882	1.884	2.826	70 × 10	18.850	5.089	24.908	87.179
		30 × 6	4.524	1.220	2.307	3.461	70 × 16	27.143	7.331	30.750	107.62
		Materjal	Nt alumiiniumsulamid, mittetermotöödeldavad: lk 175 alumiiniumsulamid, termotöödeldavad: lk 176								

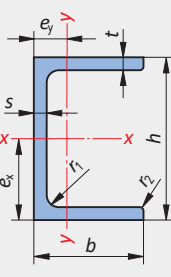


¹⁾ DIN EN 754-7 ei sisalda mõõtmeid. Edasimüüjad pakuvad jätkuvalt DIN 1795-le vastavaid ümartorusid.

U-profiilvardad, ekstrudeeritud (valimik)

DIN 9713 (1981-09)¹⁾

b h e S m' W I	laius kõrgus pinnakeskme asu koht ristlõikepindala joonmass telg- tugevusmoment telginertsimoment	$h \times b \times s \times t$ mm	S cm ²	m' kg/m	e_x cm	e_y cm	W_x cm ³	I_x cm ⁴	W_y cm ³	I_y cm ⁴	
		20 × 20 × 3 × 3	1.62	0.437	1.00	0.780	0.945	0.945	0.805	0.628	
		30 × 30 × 3 × 3	2.52	0.687	1.50	1.10	2.43	3.64	2.06	2.29	
		35 × 35 × 3 × 3	2.97	0.802	1.75	1.28	3.44	6.02	2.91	3.73	
		40 × 15 × 3 × 3	1.92	0.518	2.0	0.431	2.04	4.07	0.810	0.349	
		40 × 20 × 3 × 3	2.25	0.608	2.0	0.610	2.59	5.17	1.30	0.795	
		40 × 30 × 3 × 3	2.85	0.770	2.0	3.62	7.24	2.49	2.49	2.52	
		40 × 30 × 4 × 4	3.71	1.00	2.0	1.05	4.49	8.97	3.03	3.17	
		40 × 40 × 4 × 4	4.51	1.22	2.0	1.49	5.80	11.6	4.80	7.12	
		40 × 40 × 5 × 5	5.57	1.50	2.0	1.52	6.80	13.6	5.64	8.59	
		50 × 30 × 3 × 3	3.15	0.851	2.5	0.929	4.88	12.2	2.91	2.70	
		50 × 30 × 4 × 4	4.91	1.33	2.5	1.38	7.83	19.6	5.65	7.80	
		50 × 40 × 5 × 5	6.07	1.64	2.5	1.42	9.32	23.3	6.54	9.26	
		60 × 30 × 4 × 4	4.51	1.22	3.0	0.896	7.90	23.7	4.12	3.69	
		60 × 40 × 4 × 4	5.31	1.43	3.0	1.29	10.1	30.3	6.35	8.20	
		60 × 40 × 5 × 5	6.57	1.77	3.0	1.33	12.0	36.0	7.47	9.94	
		80 × 40 × 6 × 6	8.95	2.42	4.0	1.22	20.6	82.4	10.6	20.6	
		80 × 45 × 6 × 8	11.2	3.02	4.0	1.57	27.1	108	13.9	21.8	
		100 × 40 × 6 × 6	10.1	2.74	5.0	1.11	28.3	142	12.5	13.8	
		100 × 50 × 6 × 9	14.1	3.80	5.0	1.72	43.4	217	19.9	34.3	
		120 × 55 × 7 × 9	17.2	4.64	6.0	1.74	61.9	295	28.2	49.1	
		140 × 60 × 4 × 6	12.35	3.35	7.0	1.83	56.4	350	24.7	45.2	
		Materjal	AlMgSi0.5; AlMgSi1; AlZn4.5Mg1								



¹⁾ DIN 9713 on tagasi võetud ilma asenduseta. Edasimüüjad pakuvad jätkuvalt sellele standardile vastavaid U-profiilvardaid.

Magneesiumisulamid, titaan ja titaanisulamid

Deformeeritavad magneesiumisulamid (valimik)

DIN 9715 (1982-08)

Margitähis	Tunnus-number	Sortiment ¹⁾			MO ²⁾	Varda läbimõõt mm	Tõmbe-tugevus R_m N/mm ²	Voole-piir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke-venivus A %	Omadused, kasutus
		B	T	D						
MgMn2 MgAl3Zn	3.3520 3.5312	•	•	•	F20 F24	≤ 80 ≤ 80	200 240	145 155	15 10	Korrosioonikindlad, keevitavad, külmtöödeldavad; plakeeringud, konteinerid
MgAl6Zn	3.5612	•	•	•	F27	≤ 80	270	195	10	Suurem tugevus, piiratud keevitatus;
MgAl8Zn	3.5812	•	•	•	F29 F31	≤ 80 ≤ 80	290 310	205 215	10 6	kergsulam auto-, lennuki- ja masinatööstuses

¹⁾ Sortiment: B varras, nt ümarvarras; T toru; D stantsis.

²⁾ MO Materjali olek F20 → $R_m = 10 \cdot 20 = 200$ N/mm².

Magneesiumi valusulamid (valimik)

DIN EN 1753 (1997-08)

Margitähis ¹⁾	Tunnus-number ¹⁾	VV ²⁾	MO ³⁾	Kõvadus HB	Tõmbe-tugevus R_m N/mm ²	Voole-piir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke-venivus A %	Omadused, kasutus
MCMgAl8Zn1	MC21110			50...65	160	90	2	Väga hea valatavus, dünaamilisi koormusi taluv, keevitav; hammasrattad ja mootorite kered
				50...65	240	90	8	
				50...65	160	90	2	
				60...85	200...250	140...160	≤ 7	
MCMgAl9Zn1	MC21120			55...70	160	90	6	Kõrgtugev, head liughõrdeomadused, keevitav; auto- ja lennukitööstus, armatuur
				60...90	240	150	2	
				55...70	160	110	2	
				60...90	240	150	2	
MCMgAl6Mn	MC21230	D	F	55...70	190...250	120...150	4...14	Väsimumskindel, tsükliliselt koormatav, kõrgtemperatuurikindel; hammasülekanete ja mootorite kered
MCMgAl7Mn	MC21240	D	F	60...75	200...260	130...160	3...10	
MCMgAl4Si	MC21320	D	F	55...80	200...250	120...150	3...12	

¹⁾ Lihtsustamiseks on kõik margitähised ja tunnusnumbrid esitatud ilma eesliiteta "EN-", nt MCMgAlBZn1 tähise EN-MCMgAl8Zn1 asemel.

²⁾ VV Valuviis: S liivsavivormivalu; K püsivormivalu; D survevalu.

³⁾ MO Materjali olek, vt alumiiniumsulamite tähistust: lk 177.

Titaan ja titaanisulamid (valimik)

DIN 17860 (2010-01)

Margitähis	Tunnus-number	Sortiment ¹⁾			Lehe paksus s mm	Kõva-dus HB	Tõmbe-tugevus R_m N/mm ²	Voole-piir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Katke-venivus A %	Omadused, kasutus
		S	B	T						
Ti1 Ti2 Ti3	3.7025 3.7035 3.7055					120 150 170	290 ... 410 390 ... 540 460 ... 590	180 250 320	30 22 18	Keevitav, joodetav, liimitav, lõiketöödeldav, kül- ja kuumtöödeldav, väsimumskindel, korrosioonikindel;
Ti1Pd Ti2Pd	3.7225 3.7235	•	•	•	0.4 ... 35	120 150	290 ... 410 390 ... 540	180 250	30 22	
TiAl6V6Sn2	3.7175	•	•	•	< 6 6 ... 50	320 320	≥ 1070 ≥ 1000	1000 950	10 8	kaalusäästvad konstruktsioonid masinaehituses, elektrotehnikas, peenmehaanikas, optikas, meditsiinitehnikas, keemia-, toidu- ja lennukitööstuses
TiAl6V4	3.7165	•	•	•	< 6 6 ... 100	310 310	≥ 920 ≥ 900	870 830	8 8	
TiAl4Mo4Sn2	3.7185	•	•	•	6 ... 65	350	≥ 1050	1050	9	

¹⁾ Sortiment: S leht ja riba; B varras, nt ümarvarras; T toru.

Kesk- ja raskmetallide liigid ja omadused

Keskmetallid peale raua on mitteraudmetallid tihedusega $5 \text{ kg/dm}^3 < \rho \leq 10 \text{ kg/dm}^3$, raskmetallide tihedus on $\rho > 10 \text{ kg/dm}^3$.

- Masinaehituses ja tootmistehnikas kasutatavad: vask, tina, tsink, nikkel, plii ja nende sulamid;
- Sulamite koostises kasutatavad: kroom, vanaadium, koobalt (legeerivate elementide mõju: lk 134);
- Väärismetallid: kuld, hõbe, plaatina.

Puhtad metallid: homogeenne struktuur; madal tugevus, olulisel konstruktsioonimaterjalina väike; kasutatakse tavaliselt eriomaduste tõttu, nt hea elektrijuhtivus.

Kesk- ja rasksulamid: põhimetalliga võrreldes paremad omadused, nt suurem tugevus, suurem kõvadus, parem löiketöödeldavus ja korrosioonikindlus, erineva kasutusega konstruktsioonimaterjalid. Liigitatakse nendest toodete valmistusviisi järgi deformeeritavateks ja valatavateks sulameiks.

Üldkasutatavad kesk- ja raskmetallid ning nende sulamid

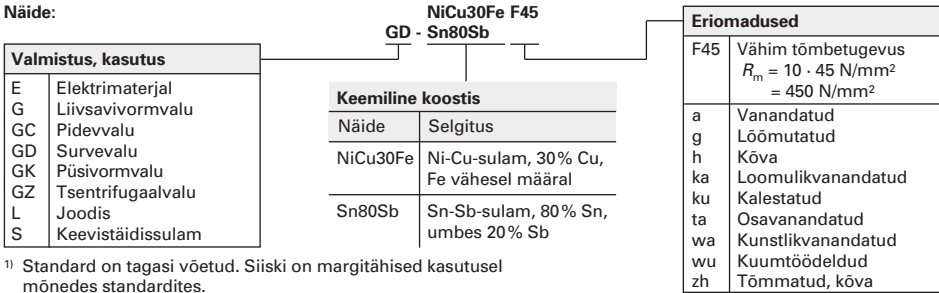
Metall, sulamigrupp	Omadused	Kasutus
Vask (Cu)	Hea elektrijuhtivus ja soojusjuhtivus, korrosioonikindel, baktereid, viiruseid ja hallitust hävitav; hea väljanägemine, kergesti taaskasutatav	Kütte- ja veetorustik, jahutus- ja kuumustorustik, elektrijuhtmestik, elektriosad, elektrimootorite mähised, küpsetus- ja keedunõud, ehitusfassaadid
CuZn (messing)	Kulumiskindel, korrosioonikindel, hea külmi- ja kuumtöödeldavus, hea löiketöödeldavus, hea poleeritavus, kuldsest läikiv, kesktugev	<ul style="list-style-type: none"> • Deformeeritavad sulamid: sügavtõmmatud detailid, kruvid, vedrud, tööriista osad. • Valusulamid: ankurpesad, liugelaagrid, peenmehhanismide detailid
CuZnPb	Väga hea löiketöödeldavus, piiratud külmtöödeldavus, väga hea kuumtöödeldavus	Automaatpinkidel valmistatud detailid, peenmehhanismide detailid, toruarmatuur, kuumpressitud detailid
CuZn-multi-sulamid	Hea kuumtöödeldavus; kõrgtugev, kulumiskindel, ilmastikukindel	Toruarmatuuri kered, liugelaagrid, äärikud, ventiilide osad, veesüsteemide seadmed
CuSn (pronks)	Väga korrosioonikindel, head liugeomadused, hea kulumiskindlus; kalemise tulemusena tugevusomadused suuresti varieeruvad	<ul style="list-style-type: none"> • Deformeeritavad sulamid: aparaatuur, kruvid, vedrud, metall-lõdvikud • Valusulamid: kruviülekanne mutrid, tigurattad, massivsed liugelaagrid
CuAl	Hea tugevus ja sitkus, väga korrosioonikindel, soolalahuses korrosioonikindel, kuumuskindel, hea kavitatsioonikindlusega	<ul style="list-style-type: none"> • Deformeeritavad sulamid: raskkoormatud lukustusmutrid, pörkrattad • Valusulamid: keemiaseadmete armatuur, pumpade kered, sõukruvid
CuNi(Zn)	Äärmiselt korrosioonikindel, hõbedase väljanägemisega, hea löiketöödeldavus, hea poleeritavus, külmtöödeldav	Mündid, elektritakistid, soojusvahetid, pumbad, soolase veega jahutussüsteemide klapid, laevaehtus
Tsink (Zn)	Atmosfäärikorrosioonikindel	Terastoodete korrosioonikaitse
ZnTi	Hea töödeldavus, liidetav jootmise teel	Katusekate, räästarennid, vihmaveetorud
ZnAlCu	Väga hea valatavus	Õhukeseseinalised kujuvalandid
Tina (Sn)	Hea keemiline vastupanu, mittetoksiline	Teraspleki pindamine
SnPb	Madal viskoossus	Pehmejoodised
SnSb	Head kuivhõrdeomadused	Väikesed täppisvalandid, keskkooormatud liugelaagrid
Nikkel (Ni)	Korrosioonikindel, kuumuspüsiv	Terastoodete korrosioonikaitsepinne
NiCu	Eriti korrosioonikindel ja kuumuspüsiv	Seadmed, kondensaatorid, soojusvahetid
NiCr	Eriti korrosioonikindel ja kuumuspüsiv, mittetagi-moodustav, osaliselt vanandav	Keemiaseadmed, kütetorud, soojuselektrijaama katlatorustik, gaasiturbiinid
Plii (Pb)	Kaitse röntgen- ja gammakiirguse eest, korrosioonikindel, toksiline	Varjestus, kaabliümbris, keemiaseadmete torustik
PbSn	Madal viskoossus, pehme, head kuivhõrdeomadused	Pehmejoodised, antifriktsioonpind, liugeplaadid
PbSbSn	Madal viskoossus, korrosioonikindel, head liugeomadused (madal hõõre)	Liugelaagrid, väikesed täppisvalandid, pendlid, mõõtevahendite detailid, mõõturid

Kesk- ja raskuslamite tähistus

Tähistamise süsteem (väljavõte)

DIN 1700 (1954-07)¹⁾

Näide:



¹⁾ Standard on tagasi võetud. Siiski on margitähised kasutusel mõnedes standardites.

Vasesulamite tähistus

DIN EN 1982 (2008-08) ja 1173 (2008-08)

Näited:

CuZn31Si - R620

CuZn38Pb2

CuSn11Pb2 - C - GS

Keemiline koostis	
Näide	Selgitus
CuZn31Si	Cu-sulam, 31% Zn, kuni 1% Si
CuZn38Pb2	Cu-sulam, 38% Zn, 2% Pb
CuSn11Pb2	Cu-sulam, 11% Sn, 2% Pb

Valuviis	
GS	Liiuvormvalu
GM	Püsvormvalu
GZ	Tsentrifugaalvalu
GC	Pidevvalu
GP	Survevalu

Toote kuju	
C	Materjal valandi kujul
B	Materjal valuplokina
	Deformeeritav sulam (tähttähisteta)

Materjali olek (valimik)

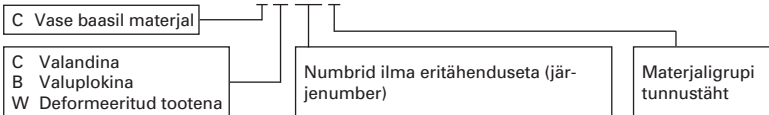
Näide	Selgitus	Näide	Selgitus
A007	Katkeahenemine $A = 7\%$	Y450	Voolepiir $R_{p0.2} = 450 \text{ N/mm}^2$
D	Tõmmatud, mehaanilisi omadusi määratlemata	M	Valmistamisolekus, mehaanilisi omadusi määratlemata
H160	Vickersi kõvadus $HV_{min} = 160$	R620	Vähim tõmbetugevus $R_m = 620 \text{ N/mm}^2$

Vase ja vasesulamite tunnusnumbrid

DIN EN 1412 (2017-01)

Näide:

C W 024 A



Materjaligrupi numbrivahemik ja tähttähis

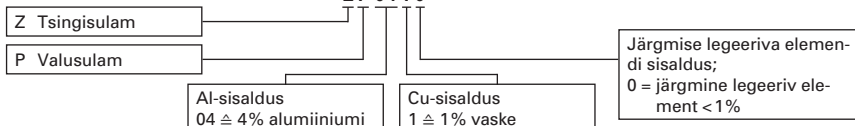
Materjaligrupp	Vahemik	Tähttähis	Materjaligrupp	Vahemik	Tähttähis
Vask	000 ... 99	A või B	Vaseniklisulamid	350 ... 399	H
Vasesulamid, legeerivaid elemente < 5%	100 ... 199	C või D	Vaseniklitsingisulamid Vasetinasulamid	400 ... 449 450 ... 499	J C
Vasesulamid, legeerivaid elemente ≥ 5%	200 ... 299	E või F	Vasetsingibinaarsulamid Vasetsingipliisulamid	500 ... 599 600 ... 699	L või M N või P
Vasealumiiniumisulamid	300 ... 349	G	Vasetsingimultisulamid	700 ... 799	R või S

Tsingivalusulamite tunnusnumbrid

DIN EN 12844 (1999-01)

Näide:

Z P 04 1 0



Vasesulamid

Deformeeritavad vasesulamid (valimik)							
Margitähis (tunnusnumber ¹⁾)	MO ²⁾	Varda ristlõike D ³⁾	Kõvadus HB	Tõmbetugevus R _m N/mm ²	Voolepiir R _{p0.2} N/mm ²	Katkenvenivus A %	Omadused, kasutus
Vasetsingisulamid							DIN EN 12163 (2016-11)
CuZn30 (CW505L)	R280	4 ... 80	–	280	≥ 250	45	Väga hea külmtoodeldavus, kuumtoodeldav, lõiketöödeldav, väga kergesti joodetav, väga kergesti poleeritav; sügavtõmmatud detailid, aparaadidetailid, puksid
	R460	4 ... 10 ⁴⁾	–	460	310	9	
CuZn37 (CW508L)	H070	4 ... 80	70 ... 115	–	–	–	Väga hea külmtoodeldavus, hea kuumtoodeldavus, lõiketöödeldav, kergesti poleeritav; sügavtõmmatud detailid, kruvid, vedrud, surverullid
	H135	4 ... 10 ⁴⁾	≥ 135	–	–	–	
CuZn37 (CW508L)	R290	4 ... 80	–	290	≥ 230	45	Väga hea külmtoodeldavus, hea kuumtoodeldavus, lõiketöödeldav, kergesti poleeritav; sügavtõmmatud detailid, kruvid, vedrud, surverullid
	R460	4 ... 8 ⁴⁾	–	460	330	8	
CuZn40 (CW509L)	H070	4 ... 80	70 ... 110	–	–	–	Väga hea külmtoodeldavus, lõiketöödeldav; needid, kruvid ja poldid, toruliitmikud
	H140	4 ... 8 ⁴⁾	≥ 140	–	–	–	
CuZn40 (CW509L)	R360	6 ... 80 ⁴⁾	–	360	≥ 300	20	Väga hea külmtoodeldavus, lõiketöödeldav; needid, kruvid ja poldid, toruliitmikud
	H070	6 ... 80 ⁴⁾	70 ... 100	–	–	–	
Vasetsingisulamid (multisulamid)							DIN EN 12163 (2016-11), DIN EN 12164 (2016-11)
CuZn21Si3P (CW724R)	R500	6 ... 80	–	500	≥ 450	15	Väga hea lõiketöödeldavus, pliivaba, kõrgtugev, väga korrosioonikindel; treitud ja sepistatud detailid, joogiveesüsteemide komponendid
	R670	2 ... 20	–	670	400	10	
CuZn31Si1 (CW708R)	H130	6 ... 80	130 ... 180	–	–	–	Hea külmtoodeldavus, kuumtoodeldav, lõiketöödeldav, head liigeomadused; liugepinnad, laagripuksid, juhikud
	H170	2 ... 20	≥ 170	–	–	–	
CuZn31Si1 (CW708R)	R460	5 ... 40	–	460	240	22	Hea külmtoodeldavus, kuumtoodeldav, lõiketöödeldav, head liigeomadused; liugepinnad, laagripuksid, juhikud
	R530	5 ... 14	–	530	350	12	
CuZn40Mn1Pb1 (CW720R)	H120	5 ... 40	120 ... 160	–	–	–	Hea kuumtoodeldavus, hea lõiketöödeldavus, keskugev; masinaosad, ventiliid, veerelaagrite separaatorid
	H140	5 ... 14	≥ 140	–	–	–	
CuZn40Mn1Pb1 (CW720R)	R440	40 ... 80 ⁴⁾	–	440	180	20	Hea kuumtoodeldavus, hea lõiketöödeldavus, keskugev; masinaosad, ventiliid, veerelaagrite separaatorid
	R500	5 ... 40	–	500	270	12	
CuZn40Mn1Pb1 (CW720R)	H100	40 ... 80 ⁴⁾	100 ... 140	–	–	–	Hea kuumtoodeldavus, hea lõiketöödeldavus, keskugev; masinaosad, ventiliid, veerelaagrite separaatorid
	H130	5 ... 40	≥ 130	–	–	–	
Vasetsingipliisulamid							DIN EN 12164 (2016-11)
CuZn36Pb3 (CW603N)	R340	10 ... 80	–	340	≥ 280	20	Suurepärase lõiketöödeldavus, piiratud külmtoodeldavus; automaatreitavad detailid
	R480	2 ... 14 ⁴⁾	–	480	350	8	
CuZn38Pb2 (CW608N)	R360	6 ... 80 ⁴⁾	–	360	≥ 300	20	Suurepärase töödeldavus, hea külma kuumtoodeldavus; masinaosad
	R500	2 ... 14 ⁴⁾	–	500	350	8	
CuZn40Pb2 (CW617N)	R360	6 ... 80 ⁴⁾	–	360	≥ 350	20	Suurepärase lõiketöödeldavus, hea kuumtoodeldavus; hammasrattad, lehtstantsid
	R500	2 ... 14 ⁴⁾	–	500	350	5	
Vasetinasulamid							DIN EN 12163 (2016-11), DIN EN 12164 (2016-11)
CuSn5Pb1 (CW458K)	R450	2 ... 12 ⁴⁾	–	450	350	10	Kõrge tugevus ja kõvadus; hea külmtoodeldavus, korrosioonikindel; sissepritsesüsteemide osad, kruvid ja poldid, hammasrattad, spindlid
	R720	2 ... 4 ⁴⁾	–	720	620	–	
CuSn5Pb1 (CW458K)	H115	2 ... 12 ⁴⁾	115 ... 150	–	–	–	Kõrge tugevus, külmtoodeldavus, kõrge korrosioonikindlus, kergesti joodetav; vedrud, metalllõdvikud, süfoonid, pumbaosad
	H180	2 ... 4 ⁴⁾	180 ... 210	–	–	–	
CuSn6 (CW452K)	R340	2 ... 60	–	340	≥ 270	45	Kõrge tugevus, külmtoodeldavus, kõrge korrosioonikindlus, kergesti joodetav; vedrud, metalllõdvikud, süfoonid, pumbaosad
	R420	2 ... 40	–	420	220	30	
CuSn6 (CW452K)	H080	2 ... 60	80 ... 110	–	–	–	Kõrge tugevus, külmtoodeldavus, kõrge korrosioonikindlus, kergesti joodetav; vedrud, metalllõdvikud, süfoonid, pumbaosad
	H120	2 ... 40	120 ... 155	–	–	–	
CuSn8P (CW459K)	R390	2 ... 60	–	390	≥ 280	45	Kõrge korrosioonikindlus, väga head liigeomadused, kõrge tugevus, kulumiskindel, väsimuskindel; raskkoormatud liugelaagrid
	R550	2 ... 12	–	550	400	15	
CuSn8P (CW459K)	H085	2 ... 60	85 ... 125	–	–	–	Kõrge korrosioonikindlus, väga head liigeomadused, kõrge tugevus, kulumiskindel, väsimuskindel; raskkoormatud liugelaagrid
	H160	2 ... 12	160 ... 190	–	–	–	

¹⁾ Tunnusnumbrid vastavalt DIN EN 1412: lk 183.

²⁾ MO Materjali olek vastavalt DIN EN 1173: lk 183. Valmistusolekus M on kõik sulamid tarnitavad kuni läbimõõduni D = 80 mm.

³⁾ D Ümarvarda läbimõõt; ruut-, kuuskant- ja kaheksakantvardale külgede vahekaugus.

⁴⁾ D Ainult läbimõõt; külgede vahekauguste standardne vahemik erineb läbimõõtude vahemikust.



Vasesulamid. Erilised tsingisulamid

Margitähis (tunnus-number ¹⁾)	MO ²⁾	Varda ristlõike D ³⁾	Kõvadus HB	Tõmbetugevus R _m N/mm ²	Voolepiir R _{p0.2} N/mm ²	Katkevenivus A %	Omadused, kasutus
Vasealumiiniumsulamid							DIN EN 12163 (2016-11)
CuAl10Ni5Fe4 (CW307G)	R680 R740	10 ... 120 10 ... 80	– –	680 740	320 400	10 8	Korrosioonikindel, kulumiskindel, mittetagistav, väsimuskindel, kõrgtemperatuurikindel; kondensaatorite kered, hüdrostestemide juhtimiselemendid
	H170 H200	10 ... 120 10 ... 80	170 ... 210 ≥ 200	– –	– –	– –	
CuAl11Fe6Ni6 (CW308G)	R740 R830	10 ... 120 10 ... 80	– –	740 830	420 550	5 –	Korrosioonikindel, kulumiskindel, kõrgtugev, väsimuskindel, kuumuskindel, head liugeomadused; kruvid ja poldid, tigarattad, liugurid
	H220 H240	10 ... 120 10 ... 80	220 ... 260 ≥ 240	– –	– –	– –	
Vaseniklitsingisulamid							DIN EN 12163 (2016-11)
CuNi12Zn24 (CW403J)	R380 R640	2 ... 50 2 ... 4	– –	380 640	≥ 290 500	38 –	Väga hea töödeldavus, lõiketöödeldav, kergesti poleeritav; sügavtõmmatud detailid, söögiriistad, rakendus kunst, vedrukontaktid
	H085 H190	2 ... 50 2 ... 4	85 ... 125 ≥ 190	– –	– –	– –	
CuNi18Zn20 (CW409J)	R400 R660	2 ... 50 2 ... 4	– –	400 660	290 550	35 –	Hea külm töödeldavus, lõiketöödeldav, mittetuhmuv, kergesti poleeritav; membraanid, vedrukontaktid, pistikliidesed, varjestusplaadid
	H095 H200	2 ... 50 2 ... 4	95 ... 135 ≥ 200	– –	– –	– –	

¹⁾ Tunnusnumbrid vastavalt DIN EN 1412: lk 183. ²⁾ MO materjali olek vastavalt DIN EN 1173: lk 183.

Valmistusolekus M on kõik sulamid tarnitavad kuni läbimõõdu $D = 80$ mm.

³⁾ D Ümarvarda läbimõõt; ruut-, kuuskant- ja kaheksakantvardale külgede vahekaugus.

Vase valusulamid

DIN EN 1982 (2008-08)

Margitähis (tunnus-number ¹⁾)	Tõmbetugevus R _m N/mm ²	Voolepiir R _{p0.2} N/mm ²	Katkevenivus A %	Kõvadus HB	Omadused, kasutus
CuZn15As-C (CC760S)	160	70	20	45	Suurepärase pehme- ja kõvajoodetavus,
CuZn33Pb2-C (CC750S)	180	70	12	45	Hea lõiketöödeldavus, korrosioonikindlad tööstusvetes kuni 90°C; armatuur
CuZn25Al5Mn4Fe-C (CC762S)	750	450	8	180	Väga kõrge tugevus ja kõvadus, hea lõiketöödeldavus; liugelaagrid
CuSn12-C (CC483K)	260	140	7	80	Kõrge kulumiskindlus; kruviülekanne mutrid,
CuSn11Pb2-C (CC482K)	240	130	5	80	Kulumiskindel, head kuivhõõrdeomadused; liugelaagrid
CuSn5Zn5Pb5-C (CC491K)	200	90	13	60	Vastupidav merevees, pehme- ja kõvajoodetav, toruarmatuur, korpused
CuAl10Fe2-C (CC331G)	500	180	18	100	Mehaaniliselt koormatud detailid; hoo- vad, korpused, koonushammarrattad
CuAl10Fe5Ni5-C (CC333G)	600	250	13	140	Tugevad ja pingekorrosioonikindlad detailid, pumbad

¹⁾ Tunnusnumbrid vastavalt DIN EN 1412: lk 183. Rohkem liugelaagrite Cu-sulameid: lk 264.

Tugevusomaduste väärtused saadud eraldi liivvormvalatud teimikutega.

Erilised tsingi valusulamid

DIN EN 12844 (1999-01)

ZP3 (ZP0400)	280	200	10	83	Väga hea valatavus; eelistatud sulamid survevalu tarvis
ZP5 (ZP0410)	330	250	5	92	
ZP2 (ZP0430)	335	270	5	102	Hea valatavus; väga hea lõiketöödeldavus, universaalkasutus;
ZP8 (ZP0810)	370	220	8	100	
ZP12 (ZP1110)	400	300	5	100	Survevalu-, puhumis-, ja sügavtõmbvormid plastidele, lehtmaterjali töötlemisriistad
ZP27 (ZP2720)	425	300	2.5	120	

Komposiitmaterjalid, keraamikamaterjalid

Komposiitmaterjalid								
Komposiitmaterjal	Maatriksimaterjal ¹⁾	Armeerkiusisaldus %	Tihedus ρ g/cm ³	Tõmbe- tugevus σ_B N/mm ²	Katke- venivus ϵ_R %	Elastsus- moodul E N/mm ²	Töö- tempera- tuur kuni °C	Kasutus
FRP (Klaaskiud- armeeritud plast)	EP	60	–	365	3.5	–	–	Võllid, liited, ühendusribid, laevakered, tiivikulabad
	UP	35	1.5	130	3.5	10 800	50	Konteinerid, mahutid, torud, val- gustikorpused, korpusedetailid
	PA 66	35	1.4	160 ²⁾	5 ³⁾	5 000	190	Suuregabriidilised, suure jäikusega korpusedetailid, elektripistikud
	PC	30	1.42	90 ²⁾	3.5 ³⁾	6 000	145	Printerite, arvutite ja televiisorite korpused
	PPS	30	1.56	140	3.5	11 200	260	Lambipesad ja pooli südamikud elektriseadmetes
	PAI	30	1.56	205	7	11 700	280	Liugelaagrid, klapi rõngastihendid, kolvirõngad
	PEEK	30	1.44	155	2.2	10 300	315	Kergmaterjalid lennukiehituses (metallide asendamiseks)
CFRP (Süsinikkiud- armeeritud plast)	PPS	30	1.45	190	2.5	17 150	260	Sarnaselt FRP-PPS
	PAI	30	1.42	205	6	11 700	180	Sarnaselt GFK-PAI
	PEEK	30	1.44	210	1.3	13 000	315	Sarnaselt GFK-PEEK

¹⁾ EP Epoksüvaik; UP Küllastamata polüestervaiak; PA 66 Polüamiid 66, poolkristalne; PC Polükarbonaat;
PPS Polüfenüleenisulfiid; PAI Polüamiidimiid; PEEK Polüeteereeterketoon.

²⁾ σ_y Voolepiir. ³⁾ ϵ_{35} Pikenemine voolepiiril.

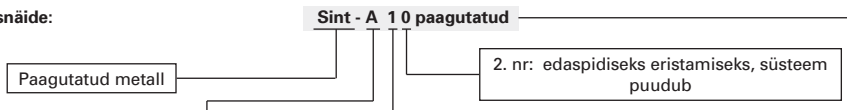
Keraamikamaterjalid						
Materjal		Tihedus	Painde- tugevus	Elastsus- moodul	Joon- paisumis- tegur	Omadused, kasutus
Nimetus	Tähis	ρ g/cm ³	σ_b N/mm ²	E N/mm ²	α 1/K	
Alusliioks (alumiinium- silikaat)	AlSiO ₂	2.5	160	100 000	0.000 005	Kõva, kulumis- ja keemikalikindel, kuumuspüsvus, suur elektriisolatsioonivõime; isolaatorid, katalüütilised konverterid, tiigid
Aluoks (alumiinium- oksiid)	Al ₂ O ₃	3.7	300	300 000	0.000 007	Kõva, kulumis- ja keemikalikindel ning kuumuspüsviv; keraamilised lõikeinstrumendid, traaditõmbesilmad, biomeditsiin
Tsiroks (tsirkoon- oksiid)	ZrO ₂	5.5	800	210 000	0.000 010	Inertne, suure tugevusega, kuumuspüsviv, keemikaali- kindel, kulumiskindel; tõmbe- ja ekstrusioonilmad
Silika (ränikarbiid)	SiC	3.1	600	440 000	0.000 005	Kõva, kulumiskindel ja termokindel ning eriti korro- sioonikindel ka kõrgetel temperatuuridel; abrasiivid, klapid, liugelaagrid, põlemiskambrid
Siliniit (räninitriid)	Si ₃ N ₄	3.2	900	330 000	0.000 004	Inertne, kõrgtugev ja termokindel; lõikeinstrumendid, gaasitubiinide labad
Aluniit (alumiinium- nitriid)	AlN	3.0	200	300 000	0.000 005	Hea soojusjuhtivus ja suur elektriisolatsioonivõime; pooljuhid, korpused, soojusvahetid, isolaatorid

Pulbermetallid

Pulbermetallide tähistussüsteem

DIN 30910-1 (1990-10)

Tähistusnäide:



Materjaliklassi tähttähis			1. nr: Keemiline koostis	
Tähttähis	Poorsus R_v , %	Kasutus	Number-tähis	Keemiline koostis, massi %
AF	< 73	Filtrid	0	Pulberraud, pulberteras , Cu < 1%, C-ga või ilma
A	75 ± 2.5	Liugelaagrid	1	Pulberteras , 1% ... 5% Cu, C-ga või ilma
B	80 ± 2.5	Liugelaagrid, Liugeomadustega pressitud detailid	2	Pulberteras , Cu > 5%, C-ga või ilma
C	85 ± 2.5	Liugelaagrid, pressitud det.	3	Pulberteras , Cu- või C-ga või ilma, teised legeerivad elemendid < 6%, nt Ni
D	90 ± 2.5	Pressitud detailid	4	Pulberteras , Cu- või C-ga või ilma, teised legeerivad elemendid < 6%, nt Ni
E	94 ± 1.5	Pressitud detailid	5	Pulbersulamid , Cu > 60%, nt paagutatud CuSn
F	> 95.5	Paagutatud ja sepistatud pressitud detailid	6	Pulbermitteraudmetallid , v.a. nr 5
			7	Pulbersulamid , nt paagutatud alumiinium
			8,9	Reservnumbrid


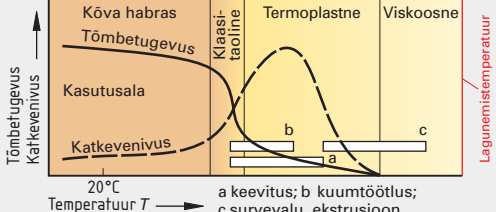
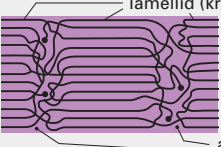
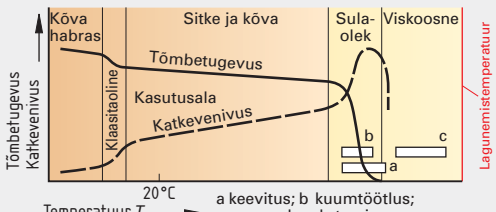
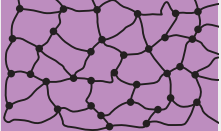
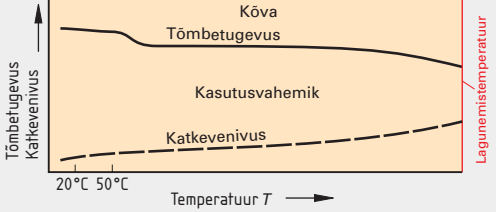

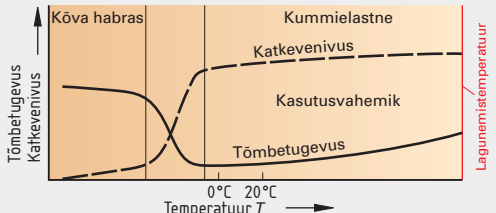
Töötustingimused			
Materjali töötustingimused		Pinna töötustingimused	
<ul style="list-style-type: none"> • paagutatud • kalibreeritud • termotöödeldud 	<ul style="list-style-type: none"> • aurtöödeldud • paagutatud ja sepistatud • isostaatpressitud 	<ul style="list-style-type: none"> • silepaagutatud • silekalibreeritud • silekalibreeritud ja vermitud 	<ul style="list-style-type: none"> • lõiketöödeldud • pindtöödeldud

Pulbermetallid (valimik)

DIN 30910-2, -6 (1990-10), DIN 30910-3 (2004-11),
DIN 30910-4 (2010-03)

Tähis	Kõvadus HB_{min}	Tõmbetugevus R_m , N/mm ²	Keemiline koostis	Omadused, kasutus
Sint-AF 40	–	80 ... 200	Pulberteras, Cr 16% ... 19%, Ni 10% ... 14%	Gaasi ja vedeliku filtrid
Sint-AF 50	–	40 ... 160	Pulberpronks, Sn 9% ... 11%, ülejäänud Cu	
Sint-A 00	> 25	> 60	Pulberraud, C < 0.3%, Cu < 1%	Erakordselt suure poorsuse ja parima kuivhõõrdevoime-kusega laagrimaterjal; liugepinnad, laagripüksid
Sint-A 20	> 30	> 80	Pulberteras, C < 0.3%, Cu > 15% ... 25%	
Sint-A 50	> 25	> 70	Pulberpronks, C < 0.2%, Sn 9% ... 11%, ülej. Cu	
Sint-A 51	> 20	> 60	Pulberpronks, C 0.2 ... 2%, Sn 9% ... 11%, ülej. Cu	
Sint-B 00	> 30	> 80	Pulberraud, C < 0.3%, Cu < 1%	Väga heade kuivhõõrdeomadustega liugelaagrid, kergkoormatud PM detailid
Sint-B 10	> 40	> 150	Pulberteras, C < 0.3%, Cu 1% ... 5%	
Sint-B 50	> 30	> 90	Pulberpronks, C < 0.2%, Sn 9% ... 11%, ülej. Cu	
Sint-C 00	> 40	> 120	Pulberraud, C < 0.3%, Cu < 1%	Liugelaagrid, keskkooormatud heade hõõrdeomadustega PM detailid; autoosad, hoovad, siduridetailid
Sint-C 10	> 55	> 200	Pulberteras, C < 0.3%, Cu > 1% ... 1.5%	
Sint-C 40	> 100	> 300	Pulberteras, Cr 16% ... 19%, Ni 10% ... 14%, Mo 2%	
Sint-C 50	> 35	> 140	Pulberpronks, C < 0.2%, Sn 9% ... 11%, ülej. Cu	
Sint-D 00	> 50	> 170	Pulberraud, C < 0.3%, Cu < 1%	Raskkoormatud PM detailid; pumpade kuloosad, hammasrattad, mõned ka korrosioonikindlad
Sint-D 10	> 60	> 250	Pulberteras, C < 0.3%, Cu 1% ... 5%	
Sint-D 30	> 80	> 460	Pulberteras, C < 0.3%, Cu 1% ... 5%, Ni 1% ... 5%	
Sint-D 40	> 130	> 400	Pulberteras, Cr 16% ... 19%, Ni 10% ... 14%, Mo 2%	
Sint-E 00	> 60	> 240	Pulberraud, C < 0.3%, Cu < 1%	Täppistehnika PM detailid; kodumasinais, elektrotehnikas
Sint-E 10	> 100	> 340	Pulberteras, C < 0.3%, Cu 1% ... 5%	
Sint-E 73	> 55	> 200	Pulberalumiinium Cu 4% ... 6%	
Sint-F 00	> 140	> 600	Paagutatud ja sepistatud teras, sisaldab C ja Mn	Tihendusrõngad, summutite äärikud
Sint-F 31	> 180	> 770	Paagutatud ja sepistatud teras, sisaldab C, Ni, Mn, Mo	

Plastide liigid ja omadused

Üldised omadused	Eelised:			Puudused:		
	<ul style="list-style-type: none"> väike tihedus elektrit isoleeriv neelab soojust ja heli dekoratiivse pinnaga hõlpsasti ja odavalt vormitav hea atmosfääri- ja kemikaalikindlus 			<ul style="list-style-type: none"> madalam tugevus ja kuumuspüsivus võrreldes metallidega kergesti süttivad ja põlevad (mõned) pole lahustikindlad (mõned) piiratud materjalide taaskasutus 		
Protsess	Termoplastid	Reaktoplastid	Kummid			
Töötlemine	Kuumvormitav Keevitatav Üldjuhul liimitav Lõiketöödeldav	Mittekuumvormitav Mittekeevitatav Liimitav Lõiketöödeldav	Mittevormitav Mittekeevitatav Liimitav Lõiketöödeldav madalatel temperatuuridel			
Valmistamine	Survevalamine Injektsioon-puhumisvormimine Ekstrudeerimine	Survepressimine Reaktsioon-survevormimine, survevalamine Lamineerimine	Survepressimine Survevalamine Ekstrudeerimine			
Taaskasutus	Kergesti ümbertöödeldav	Mitteümbertöödeldav, võimalik kasutus täitematerjalina	Mitteümbertöödeldav			
Struktuur		Termomehaaniline käitumine				
Amorfsed termoplastid  Makromolekulid ilma ristsidemeteta		 a keevitus; b kuumtöötlus; c survevalu, ekstrusioon				
Poolkristallinsed termoplastid  lamellid (kristallinsed) amorfssed vahekihid Kristallinsed alad on suurema koheosiooniga		 a keevitus; b kuumtöötlus; c survevalu, ekstrusioon				
Reaktoplastid  Makromolekulid paljude ristsidemetega		 Temperatuur T				
Kummid (elastomeerid)  Makromolekulid juhuolekus harvade ristsidemetega		 Temperatuur T				

Plastide tähistus

Maatrikspolümeeride lühendid (valimik)				DIN EN ISO 1043-1 (2016-09)				
Lühend	Nimetus	Tüüp ¹⁾	Lühend	Nimetus	Tüüp ¹⁾	Lühend	Nimetus	Tüüp ¹⁾
ABS	Akrüülnitriilbutadieen-stüreen	T	PAK	Polüakrülaat	T	PTFE	Polütetrafluoretüleen	T
AMMA	Akrüülnitriilmetüülmetakrülaat	T	PAN	Polüakrülnitriil	T	PUR	Polüuretaan	D ²⁾
			PB	Polübuteen	T	PVAC	Polüvinüülatsetaat	T
			PBT	Polübütüleen-terafalaat	T	PVB	Polüvinüülbutüraal	T
ASA	Akrüülnitriilstüreenakrülaat	T	PC	Polükarbonaat	T	PVC	Polüvinüülkloriid	T
CA	Tselluloosatsetaat	T	PE	Polüetüleen	T	PVDC	Polüvinüülideenkloriid	T
CAB	Tselluloosatsetaatbutüraat	T	PEEK	Polüeteereeterketoon	T	PVF	Polüvinüülfluoriid	T
CF	Kresoolformaldehüüd	D	PET	Polüetüleen-terafalaat	T	PVFM	Polüvinüülformaldehüüd	T
CMC	Karboksümetüültselluloos	MNM	PF	Fenooformaldehüüd	D	PVK	Polü-N-vinüülkarbasool	T
CN	Tselluloosnitraat	MNM	PI	Polüimiid	T	SAN	Stüreenakrüülnitriil	T
CP	Tselluloospropionaat	T	PMMA	Polümetüülmetakrülaat	T	SB	Stüreenbutadieen	T
EC	Etüültselluloos	MNM	POM	Polüoksümetüleen;	T	SI	Sillikoon	D
EP	Epoksiid	D		Polüformaldehüüd		SMS	Stüreen- α -metüülstüreen	T
EVAC	Etüleenvinüülatsetaat	E	PP	Polüpropüleen	T	UF	Ureaformaldehüüd	D
MF	Melamiinformaldehüüd	D	PPS	Polüfenüülsulfiid	T	UP	Küllastamata polüester	D
PA	Polüamiid	T	PS	Polüstüreen	T	VCE	Vinüülkloriidetüleen	T

¹⁾ MNM modifitseeritud loodusmaterjal; E kummi; D reaktplast; T termoplast. ²⁾ ka T, E.

Eriomaduste tähised								DIN EN ISO 1043-1 (2016-09)		
Tähis	Eriomadus	Tähis	Eriomadus	Tähis	Eriomadus	Tähis	Eriomadus	Tähis	Eriomadus	
B	plokk, bromeeritud	F	painduv, vedel	N	normaalne, novolak	T	temperatuur			
C	kloreeritud, kristalliinne	H	kõrg	O	orienteeritud	U	ultra, plastifitseerimata			
D	tihedus	I	löögisitke	P	plastifitseeritud	V	väga			
E	vahukujuline; epoksitud	L	lineaarne, madal	R	juhulik, resol, kõva	W	kaal			
		M	keskmine, molekulaarne	S	küllastatud, sulfoneeritud	X	ristisillatud, ristsillatav			
⇒	PVC-P: polüvinüülkloriid, plastifitseeritud;			PE-LLD: lineaarne madatihe polüetüleen.						

MÕ

Täidiste ja armatuurimaterjalide tähised								DIN EN ISO 1043-2 (2012-03)	
Materjalitähis ¹⁾									
Tähis	Materjal	Tähis	Materjal	Tähis	Materjal	Tähis	Materjal	Tähis	Materjal
A	Aramiid	G	Klaas	N	Orgaanilised loodusained	T	Talk		
B	Boor	K	Kaltsiumkarbonaat	P	Vilgukivi	W	Puit		
C	Süsinik	L	Tselluloos	Q	Ränidioksiid	X	määratlemata		
D	Alumiiniumtrihüdraat	M	Mineraal	S	Sünteesmaterjal	Z	muu		
E	Savi	ME	Metal ²⁾						
Kuju- ja struktuuritähised									
Tähis	Kuju, struktuur	Tähis	Kuju, struktuur	Tähis	Kuju, struktuur	Tähis	Kuju, struktuur	Tähis	Kuju, struktuur
B	Pärliid, sfäärilid, tilgad	H	Niitkristallid	NF	Nanokiud	W	Kangas, rii		
C	Laastud, lõikmed	K	Kudum	P	Paber	X	määratlemata		
		L	Laminaat	R	Heie	Y	Kedrus, lõng		
D	Pulber	LF	Pikk-kiud	S	Helbed	Z	muu		
F	Kiud	M	Matt, paks	T	Punatud nõör				
G	Jahvatis	N	Lausriie (õhuke)	V	Vineer				
⇒	GF: klaaskiud; CH: süsinikniitkristall; MD: mineraalpulber								

¹⁾ Materjalitähis võib jätkuda, näiteks keemilise elemendi tähisega või mõne muu vajaliku tähisega, mis lähtub rahvusvahelisest standardist.

²⁾ Metallide puhul (ME) lisatakse metalli keemilise elemendi tähis.

Plastide identifitseerimine

Plastide identifitseerimismeetodid

Ujuvustest		Lahustuvus lahustites	Visuaalvaatus		Käitumine kuumutamisel
Lahuse tihedus g/cm ³	Ujuvad plastid		Näidis on	hägune	
0.9 ... 1.0	PB, PE, PIB, PP	Reaktoplastid ja PTFE on mittela-hustuvad. Teised termoplastid lahustuvad kindlates lahustites; nt. PS lahustub benseenis või atsetoonis.	CA, CAB, CP, EP, PC, PS, PMMA, PVC, SAN	ABS, ASA, PA, PE, POM, PP, PTFE	<ul style="list-style-type: none"> • termoplastid pehmenevad ja sulavad • reaktoplastid ja kummid lagunevad pehmenemata
1.0 ... 1.2	ABS, ASA, CAB, CP, PA, PC, PMMA, PS, SAN, SB				
1.2 ... 1.5	CA, PBT, PET, POM, PSU, PUR		Puutetest		Põlemistestil jälgitav
1.5 ... 1.8	Orgaanilise täitega valumaterjal		Katsumisel tundub vahane: PE, PTFE, POM, PP		
1.8 ... 2.2	PTFE				

Plastide tunnusomadused

Tähis ¹⁾	Tihedus g/cm ³	Põlemiskäitumine	Teised tunnused
ABS	≈ 1.05	Kollane leek, tahmab tugevalt, kivisöegaasi meenutav lõhn	Sitke, elastne, ei lahustu süsiniktetrakloriidis (CCl ₄), kume kõla
CA	1.31	Kollane sisisev leek, tilgub, äädika ja põlenud paberi lõhnale sarnane lõhn	Katsumisel meeldiv, kume kõla
CAB	1.19	Kollane sisisev leek, tilgub, rääsunud võid meenutav lõhn	Kume kõla
MF	1.50	Leegikindel, söestumisel valged servad, ammoniaagilõhn	Väga habras, koputamisel klõbisev (võrdle UF-ga)
PA	≈ 1.10	Kollaste äärtega sinine leek, tilgub kiududena, põlenud sarve lõhna meenutav lõhn	Sitke, elastne, pole habras, kume kõla
PC	1.20	Kollane leek, kaob leegi kõrvaldamisel, tahmab, lõhnab kui fenool	Sitke, kõva, pole habras, klõbisev heli
PE	0.92	Sinise südamikuga hele leek, tilgub põledes, parafiini lõhn, suits vaevumärgatav (võrdle PP-ga)	Vahataoline pind, küüs kriimustab, pole habras, töötlemistemperatuur > 230 °C
PF	1.40	Leegikindel, kollane leek, söestub, fenooli ja põlenud puidu lõhn	Väga habras, klõbisev heli
PMMA	1.18	Helendav leek, puuviljataoline lõhn, praksub, tilgub	Ilma värvaineta läbipaiste, kume kõla
POM	1.42	Sinakas leek, tilgub, formaldehüüdi lõhn	Pole habras, klõbisev heli
PP	0.91	Sinise südamikuga hele leek, tilgub põledes, parafiini lõhn, suits vaevumärgatav (võrdle PE- ga)	Küüs ei kriimusta, pole habras
PS	1.05	Kollane leek, tahmab tugevalt, magus ja kivisöegaasi sarnane lõhn, tilgub põledes	Habras, plekine kõla, lahustub teiste seas ka süsiniktetrakloriidis (CCl ₄)
PTFE	2.20	Mittesüttiv, tulikuumana tugev lõhn	Vahane pind
PUR	1.26	Kollane leek, väga tugev lõhn	Polüuretaan, kummielastne
	≈ 0.05		Polüuretaanvaht
PVC-U	1.38	Leegikindel, kustub leegi kõrvaldamisel, vesinikkloriidhappe lõhn, söestub	Klõbisev heli (U = kõva)
PVC-P	1.20 ... 1.35	Võib olla kergsüttavam kui PVC-U, sõltuvalt plastifikaatorist, vesinikkloriidhappe lõhn, söestub	Kummiselt painduv, helitu (P = pehme)
SAN	1.08	Kollane leek, tahmab tugevalt, kivisöegaasi lõhn, tilgub põledes	Sitke, elastne, ei lahustu süsiniktetrakloriidis (CCl ₄)
SB	1.05	Kollane leek, tahmab tugevasti, kivisöegaasi ja kummi lõhn, tilgub põledes	Pole nii habras kui PS, lahustub teiste seas ka süsiniktetrakloriidis (CCl ₄)
UF	1.50	Leegikindel, söestumisel valged servad, ammoniaagi lõhn	Väga habras, klõbisev heli (võrdle MF-ga)
UP	2.00	Helendav leek, söestub, tahmab, stüreeni lõhn, klaaskiu jääk	Väga habras, klõbisev heli

¹⁾ Lk 189.



Reaktoplastid

Lühend, keemiline ühend	Kaubanduslik nimetus (valimik)	Välimus, tihedus ²⁾ g/cm ³	Voolepiir ¹⁾ N/mm ²	Löögisitkus kJ/mm ²	Töötemperatuur ¹⁾ °C
PF Fenooformaldehüüd	Bakelite, Kerit, Supraplast, Vyncolit, Ridurid	Kollakas-pruun 1.25	40 ... 90	4.5 ... 5.0	140 ... 150
MF Melamiinimaldehüüd	Bakelite, Resopal, Hornit	Värvitu 1.45	30	6.5 ... 7.0	100 ... 130
UF Ureaformaldehüüd	Bakelite UF, Resamin, Urecoll	Värvitu 1.5	35 ... 55	4.5 ... 7.5	80
UP Küllastamata polüester	Palatal, Rütapal, Polylyte, Bakelite, Ampal, Resipol	Kollakas, klaasselge 1.12 ... 1.27	50 ... 80	5.0 ... 10.0	50
EP Epoksiid	Epoxy, Rütapox, Araldit, Grilonit, Supraplast, Bakelite	Kollane, tume 1.15 ... 1.25	55 ... 80	10.0 ... 22.0	80 ... 100
Lühend, keemiline ühend	Mehaanilised omadused		Elektrilised omadused		Kokkupuude toiduainetega, veeimavus ¹⁾
PF Fenooformaldehüüd	Kõva, habras, tugevus sõltub täiteainest		Rahuldavad isoleerivad omadused		Pole lubatud, (50 ... 300) mg
MF Melamiinimaldehüüd	Kõva, habras, vähem pingekontsentratsioonitundlik kui UF, kriimustuskindel, suur kahanemine		Rahuldavad isoleerivad omadused, mitteroomav		Osaliselt lubatud, (180 ... 250) mg
UF Ureaformaldehüüd	Kõva, habras, pingekontsentratsioonitundlik		Rahuldavad isoleerivad omadused		Pole lubatud, 300 mg
UP Küllastamata polüester	Haprast sitkeni, suur tugevus ja jäikus, atmosfäärikindlus		Keskmised isoleerivad omadused, suurepärase roomekindlus		Osaliselt lubatud, (30 ... 200) mg
EP Epoksiid	Haprast sitkeni, suur tugevus ja jäikus, atmosfäärikindlus		Suurepärase isoleerivad omadused, mitteroomav		Tunnustatud kui valdavalt ohutu, (10 ... 30) mg
Lühend, keemiline ühend	Vastupidav	Mittevastupidav	Sobivus ³⁾		Kasutus
PF Fenooformaldehüüd	Õli, määre, alkohol, benseen, bensiin, vesi	Tugevad happed ja leelised	++	+	Korpused, laagrid, käepidemed, pumbad, süütesüsteemi osad, hammasrattad, poti- ja pannikäpidemed
MF Melamiinimaldehüüd	Õli, määre, alkohol, nõrgad happed või leelised	Tugevad happed ja leelised	+	+	Erkvärvilised elektrivahendid: lülitid, pistikud, klemmlistud, tööriistad
UF Ureaformaldehüüd	Lahustid, õli, määre	Tugevad happed ja leelised, keev vesi	+	+	Erkvärvilised keermesliited; hügieenitooted; elektrimaterjalid
UP Küllastamata polüester	Bensiin, UV-valgus, atmosfäär, mineraalõlid	Mineraalhapped, atsetoon, orgaan. happed, tugevad leelised	+	++	Mahutid, kütteõli- ja joagitsisternid, alusraamid, spoilerid, paadid, reeled, tennisereketid
EP Epoksiid	Nõrgad happed ja leelised, alkohol, bensiin, õli, määre	Tugevad happed ja leelised; atsetoon	++	+	Valuvaik: mõõdikud, kujud; laminaadid: autotööstus; Valukompaund: metall-lisandustega täppisdetailid

¹⁾ Sõltuvalt armatuurikiududest ja töötlemisest (pressimine või survevalu).

²⁾ Mitteameritud.

³⁾ a liimimine, m löiketöötlus, + hästi, ++ väga hästi.

Termoplastid

Lühend, keemiline ühend	Kaubanduslik nimetus (valimik)	Tihedus g/cm ³ , struktuur	Vastupidav	Mittevastupidav	Töötemperatuur °C
Läbipaistvad plastid¹⁾					
PC Polükarbonaat	Makrolon, Lexan, Tecanat, Calibre	1.20 ... 1.24 amorfne	Bensiin, rasv, õli, vesi (< 60 °C)	Leelised, atsetoon, benseen, vesi (> 60 °C)	-100 ... +115
PET Polüetüleen-tereftalaat	Arnite, Rynite, Valox, Hostadur	1.33 ... 1.38 pool-kristalliinne	Õli, rasv, kütused	Kuum vesi, atsetoon, kontsentreeritud happed ja leelised	-20 ... +115
PMMA Polümetüül-metakrülaat	Acrylite, Plexiglas, Plexidur, Perspex	1.19 amorfne	Hapete ja leeliste vesilahused, rasv, valgus	Bensiinisaldav benseen, piiritus, nitrotsellulooslakid, kontsentreeritud happed	-40 ... +80
PS Polüstüreen	Vestron, Luran, Empera, Styron	1.05 amorfne	Leelised, alkohol, vesi, mittevanaanev	Bensiin, atsetoon, UV-valgus	-20 ... +70
SAN Stüreenakrüülnitriil	Luran, Lustran, Kibisan, Tyril	1.08 amorfne	Bensiin, õli, nõrgad happed ja alused	Atsetoon, UV-valgus	+90
Tehnoplastid¹⁾					
ABS Akrüülnitriil-butadienüstüreen	Lustran, Magnum, Terluran, Tarodur	1.02 ... 1.07 amorfne	Bensiin, mineraal-õli, rasv, vesi	Kontsentreeritud mineraalhapped, benseen	-30 ... +80
CA Tselluloosatsetaat	Tenite, Acetate, Vuscacelle, Cellolux, Dixel	1.26 ... 1.29 amorfne	Rasv, õli, bensiin, vesi, benseen	Tugevad happed, leelised, alkohol	0 ... +70
PA 6 Polüamiid 6	Durethan B, Ultramid, Vdydne, Ertalon, Taromid	1.12 ... 1.15 pool-kristalliinne	Bensiin, õli, rasv, nõrgad leelised	Tugevad leelised, fenoolid, mineraalhapped	-40 ... +85
PA 66 Polüamiid 66	Acromid, Durethan A, Acromit A, Ultramid A	1.12 ... 1.14 pool-kristalliinne	Bensiin, õli, rasv, nõrgad leelised	Tugevad leelised, fenoolid, mineraalhapped	-30 ... +95
PE HD Kõrgtihe polüetüleen	Hostalen, Lupolen, Vestolen	0.94 ... 0.96 pool-kristalliinne	Vesi, alkohol, õli, bensiin	Tugevad oksüdeerijad	-50 ... +80
POM Polüoksümetüleen, polüformaldehüüd	Tenac, Delrin, Hostaform, Ultraform	1.41 ... 1.43 pool-kristalliinne	Bensiin, mineraal-õli, seebivesi, alkohol	Tugevad happed, UV-kiirgus, vesi (> 65 °C)	-50 ... +110
PP Polüpropüleen	Hostalen, Vestolen, Inspire	0.90 ... 0.92 pool-kristalliinne	Seebivesi, nõrgad leelised, alkohol	Bensiin, benseen	0 ... +110
PVC-P Polüvinüülkloriid, pehme	Vestolit, Coroplast	1.20 ... 1.35 amorfne	Alkohol, õli, bensiin	Benseen, orgaanilised lahustid	-20 ... +60
PVC-U Polüvinüülkloriid, kõva	Hostalit, Vestolit, Vinidur	1.37 ... 1.44 amorfne	Bensiin, õli, happed, leelised, alkohol	Benseen, lämmastikhape	-5 ... +60
Kõrgsuutlikud plastid¹⁾					
PEEK Polüeteereeterketoon	Hostalec, Ketron, Victrex	1.27 amorfne 1.32 poolkrist.	Enamik kemikaale	UV-kiirgus, kontsentreeritud lämmastikhape	-80 ... +250
PI Polüimiid	Kinel, Meldin, Vespel	1.43 amorfne	Alkohol, petrooleum, lahendatud happed	Kuum vesi, atmosfäär, happed, leelised	-250 ... +240
PPS Polüfenüülsulfiid	Techtron, Ryton, Tedur	1.43 pool-kristalliinne	Kontsentreeritud sool- ja väävelhape	Kontsentreeritud lämmastikhape, UV-kiirgus	-50 ... +220
PSU Polüsulfoon	Mindel, Tecason, Ultrason, Udel	1.24 amorfne	Rasv, õli, bensiin, alkohol	Benseen, UV-kiirgus, kuum vesi	-50 ... +150
PTFE Polütetrafluoretüleen	Teflon, Hostalon, Polyflon	2.14 ... 2.20 pool-kristalliinne	Pea kõik agressiivsed ained, UV-kiirgus	Leelismetallid	-200 ... +260

¹⁾ Tavapärase liigitus turustamisel.



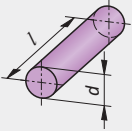
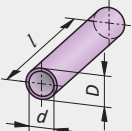
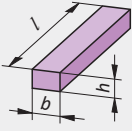
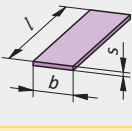
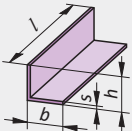
Termoplastid

Lühend	Voolepiir N/mm ²	Katkevenivus %	Sobivus ³⁾			Üldomadused	Kasutus
			a	w	m		
Läbipaistvad plastid							
PC	65	80	+	+	++	Kõva, abrasioonikindel, löögikindel, osaliselt lubatud toidule	Läätsed, prilliklaasid, mõõduklaasid, lauanõud, korpused, kaitseklasaad, autotuled, CD-d, kiivrid
PET	90	15	+	+	+	Väga kõva, kõrgvastupidav kulumisele ja survele	Pakkematerjal, ketasnukid, hammasrattad, liugelaagrid, korpused, veetorstik, magnetlint
PMMA	60 ... 80	5.5	+	+	++	Head optilised omadused, kõva, habras, kriipekindel	Prilliklaasid, luubid, autotuled, vannid, korpused, juhtnupud
PS	50	3	++	+	++	Kõva, habras, pingekontsentratsioonitundlik	Lambid, kammid, hambaharjad, poolisüdamikud, reeled, läbipaistev pakend
SAN	60 ... 70	2... 3	++	+	+	Jäik, löögikindel, kriipekindel, kõva pind	Läbipaistvad korpused ja pakend, suurendusklasaad, lauanõud, ohukolmnurgad
Tehnoplastid							
ABS	37	4	+	+	++	Väga löögikindel (ka temperatuuril –40 °C), kõva, kriipekindel	Audio- ja videotehnika korpused ja juhtnupud, radiaatorikatted, spoilerid, mänguasjad
CA	37	–	+	+	+	Kõrgtugev, sitke, löögikindel, kriipekindel	Käepidemed, pastapliiatsid, kammid, mänguasjad, lülitinupud
PA 6	45	> 200	+	+	++	Kõrgtugev, abrasioonikindel, suurepärase liugeomadused	Hammasrattad, liugelaagrid, sidurite detailid, ketasnukid, mootorrattakiivrid
PA 66	55	> 100	+	+	++	Kõvem kui PA 6, suurem kandevoime, väiksem veemavus	Veerelaagrite separaatorid, laagripuksid, kruvid, õlifiltrid, sisselasketorud, mootorrattakiivrid
PE HD	20 ... 30	9	–	+	–	Purunemiskindel, ka külmas keskkonnas, mittekiipekindel, hea elektrisolaator	Käepidemed, tihendid, kütusepaagid, liugeelemendid, veetorud
POM	65 ... 70	35	–	++	++	Suurepärase tugevus ja kujukindlus, sitke, abrasioonikindel	Õhukeseseinised täppisdetailid, hammasrattad, liugeelemendid, pumbaosad, korpused
PP	30	8	–	+	+	Nagu PE HD, aga pole külmakindel	Tiivikulabad, pumbakorpused, spoilerid, veokite poritiivad, trafokorpused, kohvrid, mänguasjad
PVC-P (pehme)	17 ... 29	240 ... 350	+	+	–	Pehme, painduv, abrasioonikindel, väike temperatuurivahemik	Voolikud, torud, tihendid, kaabliisolatsioon, mänguasjad, kohvrid
PVC-U (kõva)	50 ... 60	10 ... 50	++	++	+	Suur tugevus ja kõvadus, pingekontsentratsioonitundlik	Toru-liitmikud, torud, mahutid, õli- ja joogipudelid, vihmavesüsteemid, kaablikarbid
Kõrgsuutlikud plastid							
PEEK	110	20 ... 25	+	+	+	Suur tõmbe- ja paindetugevus, löögikindel, pingekontsentratsioonitundlik	Trükiplaatide alusmaterjal, metallide asendaja, proteesid, ventiilid
PI	74	8 ²⁾	+	+	+	Suur kõvadus ja tugevus, väike sitkus, kulumiskindel	Hammasrattad, reaktiivmootorite osad, turbiinilabad, kolvirõngad, liugelaagrid
PPS	78 ¹⁾	5 ²⁾	+	+	++	Kõrge kuumustugevus, väike sitkus	Sageli armeeritud kiududega, klapid, pumpade ja karburaatorite osad, kütusepaagid, andurid
PSU	80 ¹⁾	10 ²⁾	+	+	+	Suur tugevus, hea sitkus ja kuumakindlus	Raskkoormatud ja/või kõrgtemperatuursete detailid, võimsad prožektorid
PTFE	20 ... 40 ¹⁾	250 ... 400	–	–	+	Kõrge keemiline püsivus, hea elektrisolaator	Hooldevabad laagrid, kolvirõngad, tihendid, isolaatorid, ventiilid, pumbad

¹⁾ Tõmbetugevus. ²⁾ Katkevenivus rebenemisel.

³⁾ a liimimine, w keevitus, m lõiketöötlus, ++ väga hästi, + hästi, – üldse mitte või eritingimustel.

Termoplastidest tooted

Ümarvardad		DIN EN 15860 (2012-01)			
	Materjal	PMMA	PA 6	PP	PA 66 GF 30
	Värvus	Kristallselge	Loomulik ¹⁾ , must	Loomulik, hall	Must
	d, mm	15 ... 100	3 ... 300	3 ... 500	10 ... 200
	l, mm	1000	1000; 3000	2000	1000; 3000
	Materjal	PVC	PET	PC	PE-HD
	Värvus	Must, valge, punane, hall	Helehall, loomulik, must	Loomulik, värvitu	Loomulik, must
d, mm	3 ... 300	3 ... 200	3 ... 200	3 ... 500	
l, mm	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000	1000; 3000	2000; 1000	
Torud ja õõnesvardad ²⁾		DIN EN 15860 (2012-01)			
	Materjal	PMMA	PA 6 ²⁾	PA 66 ²⁾	PVC
	Värvus	Läbipaistev	Loomulik, must	Loomulik, valge	Hall
	(D x d), mm	(5 x 3) ... (400 x 390)	(20 x 10) ... (280 x 200)	(20 x 10) ... (350 x 310)	(6 x 4) ... (200 x 196)
	l, mm	2000	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000	5000
	Materjal	PC	PET ²⁾	POM ²⁾	POM GF 25 ²⁾
	Värvus	Loomulik, värvitu	Loomulik, helehall	Loomulik, must	Loomulik, must
	(D x d), mm	(10 x 1) ... (250 x 5)	(20 x 12) ... (200 x 150)	(50 x 30) ... (200 x 150)	(50 x 30) ... (200 x 150)
	l, mm	2000	1000; 2000; 3000	1000; 2000	1000; 2000
Ristkülikvardad		DIN EN 15860 (2012-01)			
	Materjal	PA 6	PA 6 GF 30	PA 66 PE	PA 12
	Värvus	Loomulik, must	Loomulik, must	Loomulik, valge	Loomulik, must
	l, mm	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000
	b, mm	300; 500	300; 500	300; 500	300; 500
	h, mm	5 ... 100	10 ... 50	5 ... 100	5 ... 100
	Materjal	PET	POM	POM GF 23	POM PTFE
	Värvus	Loomulik, must	Loomulik, must	Loomulik, must	Loomulik, must
	l, mm	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000
b, mm	300; 500	300; 500	300; 500	300; 500	
h, mm	5 ... 100	5 ... 100	10 ... 50	10 ... 50	
Plaadid, paneelid		DIN EN 15860 (2012-01)			
	Materjal	PMMA	PA 6	PET	POM
	Värvus	Läbipaistev	Loomulik, must	Loomulik, must	Loomulik, must
	l, mm	2000; 3050	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000	1000; 2000; 3000
	b, mm	1220; 2030	620; 1000	620; 1000	620; 1000
	s, mm	0.5 ... 100	3 ... 100	3 ... 100	0.5 ... 100
Erinevad PVC profiilid					
	Profiil	U-profiil	T-profiil	Nurkprofiil	Õõnesruutprofiil
	Värvus	Hall	Hall	Hall	Hall
	l, mm	3000	3000	3000	3000
	b, mm	13 ... 90	30 ... 50	15 ... 90	20 ... 120
	h, mm	15 ... 20	30 ... 50	15 ... 90	20 ... 120
	s, mm	1.5 ... 2.5	4; 5	2 ... 7	1.5 ... 2.5
⇒	Ristkülikvarras DIN EN 15860 – PC – 20 x 500 x 3000 – loomulik: Materjal PC, h = 20 mm, b = 500 mm, l = 3000 mm, loomulik, värvitu.				

¹⁾ Loomulik tähendab, et materjali värvuse muutmiseks ei ole lisatud lisaaineid.

²⁾ Üldiselt on õõnesvarraste seinapaksus suurem kui torudel.



Kummid, vahtmaterjalid

Kummid						
Lühend ¹⁾	Nimetus	Tihedus g/cm ³	Tõmbe- tugevus ²⁾ N/mm ²	Katke- venivus %	Töö- temperatuur °C	Omadused, kasutus
BR	Butadieenkummi	0.94	2 (18)	450	-60 ... +90	Suur kulumiskindlus; rehvid, rihmad, kiilrihmad
CCO	Epikloorhüdrin- kummi	1.27 ... 1.36	5 (15)	250	-30 ... +120 -10 ... +120	Vibratsiooni summutav, õli- ja bensiinikin- del; tihendid, kuumuskindlad löögi- ja vibratsioonisummutid
CR	Kloropreenkummi	1.25	11 (25)	400	-30 ... +110	Õli- ja happekindel, väga kergsüttiv; tihendid, voolikud, kiilrihmad
CSM	Kloorsulfoon- polüetüleenkummi	1.25	18 (20)	300	-30 ... +120	Vananemis- ja atmosfäärikindel, õlikindel; isoleermaterjal, valandid, kiled
EPDM	Eteenpropüleen- kummi	0.86	4 (25)	500	-50 ... +120	Hea elektrisolaator, mitteõli- ja bensiinikin- del; tihendid, profiilid, puhvrid, külmaveevoolikud
FKM	Fluorokummi	1.85	2 (15)	450	-10 ... +190	Abrasioonikindel, parim soojuskindlus; lennuki- ja autotööstus; võllitihendid, rõngastihendid
IIR	Isobuteen- isopreenkummi	0.93	5 (21)	600	-30 ... +120	Atmosfääri- ja osoonikindel; kaabliisolatsioon, autode voolikud
IR	Isopreenkummi	0.93	1 (24)	500	-60 ... +60	Madal õlikindlus, suur tugevus; veokite rehvid, vedruelemendid
NBR	Akrüülniitriil- butadieenkummi	1.00	6 (25)	450	-20 ... +110	Abrasioonikindel, õli- ja bensiinikindel; elektrijuhid, rõngastihendid, hüdrovoolikud, võllitihendid, otstihendid
NR	Naturaalkummi Isopreenkummi	0.93	22 (27)	600	-60 ... +70	Madal õlikindlus, suur tugevus; veokite rehvid, vedruelemendid
PUR	Polüuretaan- kummi	1.25	20 (30)	450	-30 ... +100	Elastne, kulumiskindel; hammasrihmad, tihendid, sidurimuhvid
SIR	Stüreenisopreen- kummi	1.25	1 (8)	250	-80 ... +180	Hea elektrisolaator, vetthülgav; rõngastihendid, süüteküünlakatted, ploki- kaanetihendid, liideste tihendid
SBR	Stüreenbutadieen- kummi	0.94	5 (25)	500	-30 ... +80	Madal õli- ja bensiinikindlus; rehvid, voolikud, kaablikatted

¹⁾ DIN ISO 1629 (1992-03).

²⁾ Väärtus sulgudes = lisandiga või täiteainega armeeritud kummi.

Vahtmaterjalid

DIN 7726 (tagasivõetud)

Vahtmaterjalid võivad olla avatud või suletud pooridega või segunenult mõlematega.

Vahtmaterjalide tihedus on madalam kui nende lähteainel. Eristatakse kõva, keskmise kõvadusega, madala kõvadusega, elastset, pehmeelastset ja integraalvahtmaterjali.

Jäikus, kõvadus	Vahtmaterjali lähteaine	Pooristruktuur	Tihedus kg/m ³	Tööt temperatuur °C ¹⁾	Soojus- juhtivus W/(K · m)	Veeimavus 7 päeva jooksul mahu %
Kõva	Polüstüreen	Enamjaolt suletud poorid	15 ... 30	75 (100)	0.035	2 ... 3
	Polüvinüülkloriid		50 ... 130	60 (80)	0.038	< 1
	Polüeesulfon		45 ... 55	180 (210)	0.05	15
	Polüuretaan	Avatud poorid	20 ... 100	80 (150)	0.021	1 ... 4
	Fenoolvaik		40 ... 100	130 (250)	0.025	7 ... 10
	Ureaformaldehüüdvaik		5 ... 15	90 (100)	0.03	20
Kesk- kõva kuni pehme- elastne	Polüeteen	Enamjaolt suletud poorid	25 ... 40	≤ 100	0.036	1 ... 2
	Polüvinüülkloriid		50 ... 70	-60 ... +50	0.036	1 ... 4
	Melamiinvaik		10.5 ... 11.5	≤ 150	0.033	umbes 1
	Polüuretaan polüestri alusel	Avatud poorid	20 ... 45	-40 ... +100	0.045	-
	Polüuretaan polüestri alusel					

¹⁾ Pikaajaline tööt temperatuur; sulgudes lühiajaline.

Plastide töötlemine

Termoplastide survevalu ja ekstrusioon

Lühend	Plasti nimetus	Survevalu temperatuur °C		Surve bar	Ekstrusiooni temperatuur °C	Kahane-mine ¹⁾ %
		Materjal	Vorm			
ABS	Akrüülnitriilbutadieenüstüreen	200 ... 240	40 ... 85	800 ... 1800	180 ... 230	0.4 ... 0.8
ASA	Akrüülnitriilüstüreenakrülaad	220 ... 280	40 ... 80	650 ... 1550	230	0.4 ... 0.7
CA	Tselluloosatsetaad	180 ... 230	40 ... 70	800 ... 1200	155 ... 225	0.4 ... 0.7
CP	Tselluloospropionaad	180 ... 230	40 ... 70	800 ... 1200	155 ... 225	0.4 ... 0.7
PA 6	Polüamiid 6	230 ... 280	80 ... 120	700 ... 1200	230 ... 290	1 ... 2
PBT	Polübutüleentereftalaad	230 ... 270	30 ... 140	1000 ... 1700	250	1 ... 2
PC	Polükarbonaad	280 ... 320	85 ... 120	≥ 800	230 ... 260	0.7 ... 0.8
PE	Polüetüleen	160 ... 300	20 ... 80	400 ... 800	190 ... 250	1.5 ... 3.5
PEI	Polüeeterimiid	340 ... 425	65 ... 175	800 ... 2000	²⁾	0.5 ... 0.7
PEEK	Polüeetereeterketoon	350 ... 380	150 ... 180	600 ... 1800	350 ... 390	1
PET	Polüetüleentereftalaad	260 ... 290	30 ... 140	100 ... 1700	umbes 250	1 ... 2
PMP	Polümetüülpenteen	270 ... 300	20 ... 80	700 ... 1200	²⁾	1.1 ... 1.5
PMMA	Polümetüülmetakrülaad	200 ... 250	50 ... 70	400 ... 1200	180 ... 230	0.3 ... 0.8
POM	Polüoksümetüleen;	180 ... 220	50 ... 120	800 ... 1700	180 ... 220	1 ... 5
PP	Polüpropüleen	270 ... 300	20 ... 100	≤ 1200	235 ... 270	1 ... 2.5
PPA	Polüftaalamiid	320 ... 345	120 ... 150	500 ... 800	–	≤ 0.8
PPE	Polüfenüüleeter	280 ... 340	70 ... 90	1000 ... 1400	220 ... 280	0.5 ... 0.7
PPS	Polüfenüülsulfiid	300 ... 360	≥ 130	750 ... 1500	–	0.15 ... 0.3
PS	Polüstüreen	180 ... 250	30 ... 60	600 ... 1800	180 ... 220	0.4 ... 0.7
PS-I	Polüstüreen PS-I valukom-paund	180 ... 250	10 ... 70	600 ... 1500	180 ... 220	0.4 ... 0.7
PSU	Polüsulfoon	310 ... 390	95 ... 115	≤ 1500	umbes 320	0.7 ... 0.8
PVC-U	Polüvinüülkloriid, kõva	170 ... 210	30 ... 60	1000 ... 1800	170 ... 190	0.5
PVC-P	Polüvinüülkloriid, pehme	170 ... 200	20 ... 60	≥ 300	150 ... 200	1 ... 2.5
SAN	Stüreenakrüülnitriil kopolümeer	210 ... 260	40 ... 70	650 ... 1550	180 ... 230	0.4 ... 0.8
SB	Stüreenbutadieen	180 ... 250	10 ... 70	600 ... 1500	180 ... 220	0.4 ... 0.7

Reaktoplastide survevalu

Lühend	Plasti nimetus	Survevalu temperatuur °C		Surve bar	Kõvenemisaeg seinapaksuse järgi s/mm	Kahane-mine ¹⁾ %
		Materjal	Vorm			
EP	Epoksiid	70 ... 80	170 ... 200	≤ 1200	15 ... 25	0.5 ... 0.8
MF ³⁾	Melamiin-formaldehüüd	95 ... 110	160 ... 180	1500 ... 2500	10 ... 30	0.7 ... 1.3
PF ⁴⁾	Fenool-formaldehüüd	90 ... 110	170 ... 190	800 ... 2500	10 ... 20	0.5 ... 1.5
UF ⁴⁾	Urea-formaldehüüd	95 ... 110	150 ... 160	1500 ... 2500	10 ... 30	0.7 ... 1.3
UP	Küllastamata polüester	110	160 ... 190	300 ... 2000	10 ... 30	0.1 ... 1.3

¹⁾ Töötuskahane-mine, võib olla risti- ja pikisuunas erinev.

²⁾ Ekstrusioon on võimalik.

³⁾ Anorgaanilise täitematerjaliga.

⁴⁾ Orgaanilise täitematerjaliga.

Märkus: Standard "Plastvalu; Tolerantsid ja joonmõõtmete vastavustingimused" DIN 16901 on tagasivõetud. Uus standard "Plastvaludetailid - Tolerantsid ja vastavustingimused" DIN 16742 on väga mahukas ning väljub selle metallikäsiraamatu raamidest.

Polüsegud, armeerivad kiud, laminaadid

Polüsegud

Polüsegud (tuntu ka kui "segud") on erinevate termoplastide segud. Nende kopolümeeride erilised omadused kujunevad koostisse kuuluvate polümeeride omaduste kombinatsioonina.

Lühend	Nimetus	Komponendid	Eriomadused	Kasutus
S/B	Stüreen/butadien	90 % polüstüreen, 10 % butadieenkummi	Habrasköva, väike löögisitkus madalatel temperatuuridel	Virnakastid, ventilaatori-korpused, raadiokorpused
ABS	Akrüülnitriilbutadien-stüreen	90 % stüreenakrüülnitriil, 10 % nitriilkummi	Habrasköva, löögisitke ka madalatel temperatuuridel	Telefonid, armatuurlaud, autode ilukilbid
PPE + PS	Polüfenüüleeter+ polüstüreen	Erinevad koostised; saab lisada kuni 30% klaaskiudu	Suur kõvadus, suur löögisitkus temperatuuridel kuni -40 °C, füsioloogiliselt kahjutu	Radiaatorivõred, arvutite osad, meditsiiniseadmed, päikesepaneelide korpused, ilulistud
PC + ABS	Polükarbonaat + akrüülnitriilbutadien-stüreen	Erinevad koostised	Suur tugevus, kõvadus, sitkus, hea mõõtmete püsivus kuumenemisel, löögikindel	Möödikupaneelid, kontoriseadmete korpused, sõidukite tulde korpused ja poritiivad
PC + PET	Polükarbonaat + polüetüleentereftalaat	Erinevad koostised	Eriti kõrge löögisitkus ja löögikindlus	Mootorrattakiivrid, autoosad

Armeerivad kiud

Lühend	Tihedus kg/dm ³	Tõmbe-tugevus N/mm ²	Katke-venivus %	Eriomadused	Kasutus
Klaaskiud GF	2.52	3400	4.5	Isotroopne ¹⁾ , hea normaal- ja kõrgtemperatuurne tugevus, odav,	Korpusedetailid, lennukitõstus, väikelaevad
Aramiidkiud AF ³⁾	1.45	3400 ... 3800	2.0 ... 4.0	Kergeim armatuurimaterjal, sitke, tugevalt anisotroopne ¹⁾ , radarikiirgust läbilaskev	Raskkoormatud kergdetailid, kuulikindlad vestid, kiivrid
Süsinikkiud CF	1.6 ... 2.0	1750 ... 5000 ²⁾	0.35 ... 2.1 ²⁾	Ekstreemselt anisotroopne ¹⁾ , suur tugevus, kerge, korrosioonikindel, hea elektrijuht	Võidusõiduautode osad, jahtide mastid, lennukite ja kosmoseaparaatide osad

Termoreaktiive (nt UP ja EP vaik) ja kõrgemaid töötemperatuure taluvaid termoplaste (nt PSU, PPE, PPS, PEEK, PI) kasutatakse sideainetena (nn **maatriksina**).

¹⁾ Isotroopne = samad materjaliomadused kõikides suundades; anisotroopne = materjali omadused on erinevad kiudude suunas ja nendega risti.

²⁾ Oleneb suurel määral kiudude defektidest, mis tekivad tootmisprotsessis.

³⁾ Kaubamärk "Kevlar".

Laminaadid¹⁾

DIN EN 60893-3 (2013-03)

Vaigu tüüp		Armatuuri tüüp	
Lühend	Nimetus	Lühend	Nimetus
EP	Epoksiid (epoksüvaik)	CC	Puuvillane kangas
MF	Melamiinimaldehüüd (melamiinvaik)	CP	Tselluloospaber
PF	Fenoolformaldehüüd (fenoolvaik)	CR	Kombineeritud armatuur
UP	Küllastamata polüester (-vaik)	GC	Klaasriie
SI	Sillikoon (-vaik)	GM	Klaaskiudmatt
PI	Polüimiid (-vaik)	WV	Puitvineer
Nimipaksused t, mm	0.4; 0.5; 0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.5; 2; 2.5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60; 70; 80; 90; 100		
⇒	Plaat IEC 60893 – 3 – 4 – PF CP 201, 10 x 500 x 1000: Fenoolvaigust ja selluloospaberist (PF CP 201) plaat standardi IEC 60893-3-4 järgi ²⁾ mõõtmetega: t = 10 mm, b = 500 mm, l = 1000 mm.		

¹⁾ Kasutus: elektriseadmete isolaatorid, laagrikatted, masinate rullikud ja hammasrattad.

²⁾ IEC = *International Electrotechnical Commission* (Rahvusvaheline Elektrotehnika Komisjon, rahvusvaheline standard).

Plastide katsetamine

Plastide tõmbeteim DIN EN ISO 527-1 (2012-06)

Tüüpilised pinge-deformatsiooni diagrammid

Teimik

F_m suurim jõud
 F_y voolejõud
 ΔL_{Fm} pikkuse muut suurima jõuga
 ΔL_{Fy} pikkuse muut voolejõuga

L_0 baasi algpikkus
 S_0 algriistlõikepindala
 σ_m tõmbetugevus
 σ_y voolepiir
 ϵ_m katkevenivus
 ϵ_y pikenemine voolepiiril

Tõmbetugevus

$$\sigma_m = \frac{F_m}{S_0}$$

Voolepiir

$$\sigma_y = \frac{F_y}{S_0}$$

Katkevenivus

$$\epsilon_m = \frac{\Delta L_{Fm}}{L_0} \cdot 100\%$$

Pikenemine voolepiiril

$$\epsilon_y = \frac{\Delta L_{Fy}}{L_0} \cdot 100\%$$

Teimikud
 Iga määratava omaduse nt tõmbetugevuse, voolepiiri jne määramiseks tuleb katsetada minimaalselt viit teimikut.
 Kasutus:
 - survealatal ja ekstrusiooni teel vormitavad, termoplastid,
 - termoplastist lehed ja kiled,
 - reaktoplasttooted,
 - reaktoplastlehed,
 - kiudamereritud komposiitmaterjalid, termoplastid ja reaktoplastid.

Koormamiskiirus					Teimikud vastavalt standarditele								
					DIN EN ISO 527-2, survevalu teel valmistatud				DIN EN ISO 527-3, kiled				
Koormamiskiirus mm/min					Piirhälbed	Teimik	1A	1B	5A	5B	2	4	5
1	2	5	10	±20%	L_0 mm	75 ± 0.5	50 ± 0.5	20 ± 0.5	10 ± 0.2	50 ± 0.5	50 ± 0.5	25 ± 0.25	
20	50	100	200	±0%	h mm	4 ± 0.2	4 ± 0.2	≥ 2	≥ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	
					b mm	10 ± 0.2	10 ± 0.2	4 ± 0.1	2 ± 0.1	10 ... 25	25.4 ± 0.1	6 ± 0.4	

⇒ Tõmbeteim ISO 527-2/1A/50: Tõmbeteim ISO 527-2 järgi; teimik 1A; koormamiskiirus 50 mm/min.

Plastide kõvaduskatse DIN EN ISO 2039-1 (2003-06)

Kuulkõvaduskatse

F_0 eeljõud 9.8 N
 F_m kogujõud

h sissetungimissügavus
 a kaugus servast
 s katsekeha paksus
 H kuulkõvadus

Katsekehad
 Kaugus servast $a \geq 10$ mm, vähim katsekeha paksus $s \geq 4$ mm

Koormus F_m , N	Kuulkõvadus H , N/mm ² sissetungimissügavusel h , mm									
	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34
49	22	19	16	15	13	12	11	10	9	9
132	59	51	44	39	35	32	30	27	25	24
358	160	137	120	106	96	87	80	74	68	64
961	430	370	320	290	260	234	214	198	184	171

⇒ **Kuulkõvadus ISO 2039-1 H 132:** $H = 30$ N/mm² koormusel $F_m = 132$ N.

Plastide Shore'i kõvaduskatse DIN EN ISO 868 (2003-10)

Indentorid

F_A survejõud, N
 F katsejõud, N

h sissetungimissügavus
 a kaugus servast
 s katsekeha paksus

Katsekehad
 Kaugus servast $a \geq 9$ mm, vähim katsekeha paksus $s \geq 4$ mm

Katsetingimused Shore'i A ja Shore'i D meetodi korral

Katsemeetod	F_{max} N	F_A N	Kasutus
A	7.30	10	kui Shore'i kõvadus D meetodiga < 20
D	40.05	50	kui Shore'i kõvadus A meetodiga > 90

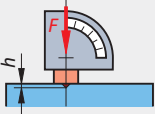
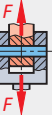
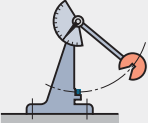
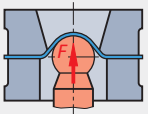
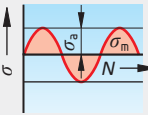
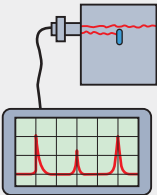

⇒ **85 Shore A:** Kõvadusarv 85; Shore'i A meetod.



Materjali katsemeetodid, ülevaade

Skeem	Meetodi kirjeldus	Kasutus, märkused
Tömbeteim lk 201		
	<p>Standardsed tömbeteimikud koormatakse purunemiseni.</p> <p>Jõu ja pikenemise alusel koostatakse tõmbe-graafik. Graafik viiakse üle pinge-suhtelise pikenemise skaalale (saadakse tõmbedia-gramm).</p>	<p>Materjali omaduste määramine, nt:</p> <ul style="list-style-type: none"> – koormustaluvuse arvutamiseks, – survetöödeldavuse hindamiseks, – lõiketöödeldavuse hindamiseks.
Brinelli kõvaduskatse lk 203		
	<ul style="list-style-type: none"> • Indentorkuul koormatakse standardist tuleneva jõuga F <ul style="list-style-type: none"> – jõud valitakse vastavalt kuuli läbimõõdule D ning katsetatavale materjalile → Koormukonstant: lk 203 • Mõõdetakse jälje läbimõõt d • Kõvadusarv määratakse jõu ning jälje pindala alusel 	<p>Sobilik teraste, malmide, mitteraudmetallide ja -sulamite kõvadusarvu määramiseks, kui</p> <ul style="list-style-type: none"> – materjal ei ole karastatud, – katsepind on sobivalt ettevalmistatud.
Rockwelli kõvaduskatse lk 204		
	<ul style="list-style-type: none"> • Indentor (teemantkoonus, kõvasulamkuul) koormatakse eeljõuga → mõõtealgseis • Indentor koormatakse põhijõuga → katsekeha jäävdeformeerimine • Eemaldatakse koormus • Kõvadusarv saadakse indentori sissetungi-mise sügavuse h järgi ja loetakse skaalalt 	<p>Kõvadusarvu määramine erinevates skaalades, nt terastel ning mitteraudmetallidel ja -sulamitel:</p> <ul style="list-style-type: none"> – pehmes ning karastatud olekus, – õhematel materjalidel. <p>Meetodid HRA, HRC: karastatud ja kõrgtugevad terased</p> <p>Meetodid HRBW, HRFW: pehme teras, mitteraudmetallid</p>
Vickersi kõvaduskatse lk 204		
	<ul style="list-style-type: none"> • Indentor-teemantpüramiid surutakse mater-jali pinda sobiliku jõuga <ul style="list-style-type: none"> – sobilik jõud valitakse vastavalt materjali-paksusele ning tera suurusel maatriksis • Mõõdetakse jälje diagonaalid • Kõvadusarv arvutatakse jõu ning jälje suuruse järgi 	<p>Universaalne katsemeetod</p> <ul style="list-style-type: none"> – pehmete ja kõvendatud materjalide katse-tamiseks, – õhukeste pinnete katsetamiseks, – mikrostruktuuri osade kõvaduse määra-miseks
Martensi kõvaduskatse (universaalkõvaduskatse) lk 205		
	<ul style="list-style-type: none"> • Indentor-teemantpüramiid surutakse mater-jali pinda sobiliku jõuga <ul style="list-style-type: none"> – sobilik jõud valitakse vastavalt materjali-paksusele ning tera suurusel maatriksis • Jõud rakendatakse pidevalt koos sissetungi-missügavuse fikseerimisega • Kõvadusarv määratakse koormamise käigus 	<p>Meetod sobib kõikide materjalide korral, nt</p> <ul style="list-style-type: none"> – pehmed ja kõvendatud metallid, – õhukesed pinded, ka karbiidpinded ja värvpinded, – mikrostruktuuri osade kõvaduse määramiseks, – keraamika, – kõvasulam, – kummi, – plast
Kuulkõvaduskatse lk 198		
	<ul style="list-style-type: none"> • Indentor-kuul surutakse materjali pinda eeljõuga → mõõtealgseis • Rakendatakse sobilik jõud <ul style="list-style-type: none"> – vajalik indentori sissetungimissügavus on (0.15 ... 0.35) mm • Sissetungimissügavus mõõdetakse peale 30 s koormamist • Määratakse kuulkõvadusarv 	<p>Plastide ja kõva kummi katsetamine. Kuulkõvadusarvu kasutatakse materjalide võrdlusnäitajana teadus- ja arendustöös ning kvaliteedikontrollis</p>

Materjali katsemeetodid, ülevaade

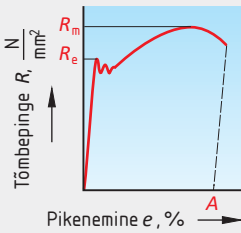
Skeem	Meetodi kirjeldus	Kasutus, märkused
Shore'i kõvaduskatse lk 198		
	<ul style="list-style-type: none"> Katseseade (duromeeter) surutakse vastu katsekeha pinda jõuga F. Indentor tungib vedru toimel katsekeha pinda. Jõu mõjumise aeg on 15 s. Shore'i kõvadusarvu loetakse vahetult katseadme skaalalt. 	<p>Plastid (kummid).</p> <p>Shore'i kõvadusarvu järgi ei saa otsustada materjali teiste mehaaniliste omaduste üle</p>
Nihketeim (DIN 50141 tagasivõetud ilma asenduseta)		
	<ul style="list-style-type: none"> Silindrilised katsekehad koormatakse standardseadmel kuni purunemiseni nihkel. Nihketugevus arvutatakse maksimaalse nihkejõu ning katsekeha ristlõikepindala järgi. 	<p>Kasutatakse materjali nihketugevuse τ_{SB} määramiseks, nt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nihkele töötavate detailide tugevusarvutes, nt tihvtid; Lõikejõude arvutamisel stantsimisel.
Löökpaindeteim lk 202		
	<ul style="list-style-type: none"> Pingekontsentraatoriga (sisselõikega) teimikud purustatakse paindekoormusel löögipendli abil. Löögisitkus = katsekeha deformeerimiseks ja purustamiseks kuluv töö (purustustöö). 	<ul style="list-style-type: none"> Metallsete materjalide katsetamiseks löökpainde olukorras Termotöötuse kvaliteedi hindamiseks, nt parendamisel (K+KÖN) Teraste külmahapruslääve määramiseks
Venitatuskatse (Erichseni katse)		
	<ul style="list-style-type: none"> Lehtmaterjal kinnitatakse servast ning deformeeritakse kuuliga kuni pragunemiseni. Deformatsiooni suurust kuni pragunemiseni kasutatakse materjalide vormitavuse määramiseks. 	<ul style="list-style-type: none"> Leht- ja ribamaterjali sügavtõmmatavuse määramiseks Külmsurvetöötuse mõju hindamiseks pinnaviimistlustele
Pöördpaine väsimusteim lk 202		
	<ul style="list-style-type: none"> Silindrilised poleeritud teimikud koormatakse tsükliliselt konstantse keskpinge $\sigma_m = 0$ ja amplituudpingega σ_s kuni purunemiseni. Katseeseria tulemused esitatakse graafiliselt väsimusgraafikuna (Wöhleri diagramm). 	<p>Kasutatakse materjali omaduste määramiseks tsüklilisel koormamisel, nt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Väsimustugevus, väsimuskestvus ja -tugevus erineval tsüklilisel koormamisel; Tinglik väsimuspiir.
Ultrahelikatse		
	<ul style="list-style-type: none"> Ultrahelisond suunab materjali sisse ultraheli signaali ning lained peegelduvad tagasi esi-, tagatahult ning etteantud suurusega hälvingutelt. Katseadme ekraanil kuvatakse peegeldunud ultraheli kaja. Ultraheli lainepikkus määrab avastatud hälvingute suuruse. On limiteeritud katsekeha terasuurusega. 	<ul style="list-style-type: none"> Detailide mittepurustav kontroll, nt pooride, pragude, suletiste, mikrostruktuuri seisust avastamiseks Hälvingute suuruse, asendi ning asukoha määramiseks Materjali või pinde paksuse mõõtmiseks
Metallograafia		
	<p>Söövitatud metallograafikatsekeha (mikrolihvi) pinna mikrostruktuuri uuring mikroskoobil</p> <p>Katsekeha ettevalmistamise etapid:</p> <p>Lõikamine → väldi struktuurimuutusi</p> <p>Fikseerimine → teravaservaliste mikrolihvide korral</p> <p>Lihvimine → tasapinna saavutamiseks</p> <p>Poleerimine → pinnakvaliteedi tagamiseks</p> <p>Söövitamine → mikrostruktuuri väljatoomiseks</p>	<ul style="list-style-type: none"> Kristalse struktuuri uuringuteks Termotöötuse, survetöötuse ja liidete kvaliteedi hindamiseks Tera suuruse ning jaotuse hindamiseks Hälvingute hindamiseks



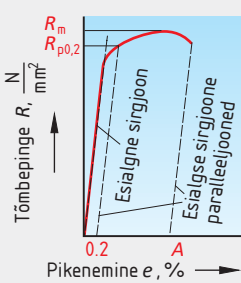
Tõmbeteim

DIN EN ISO 6892-1 (2009-12), asendab DIN EN 10002-1

Tõmbediagramm, materjalil esineb voolavus, nt pehme teras



Tõmbediagramm, materjalil voolavus puudub, nt parendatud (K+Kõn) teras



- F tõmbejõud
- F_m suurim jõud
- F_e jõud voolupiiril
- $F_{p,0.2}$ jõud tinglikul voolupiiril (baasi jääv pikenemine 0,2%)
- L_0 baasi algpikkus
- L_u baasi lõpp-pikkus purunemisel
- d_0 teimiku algläbimõõt
- S_0 teimiku alg-ristlõikepindala
- S_u teimiku vähim ristlõikepindala peale purunemist
- $e^{1)}$ pikenemine
- A katkevenivus
- Z katkeahenemine
- $R^{2)}$ tõmbepinge
- R_m tõmbetugevus
- R_e voolupiir
- $R_{p,0.2}$ tinglik voolupiir
- V_s voolupiiri suhe

Tõmbepinge

$$R = \frac{F}{S_0}$$

Tõmbetugevus

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

Voolupiir

$$R_e = \frac{F_e}{S_0}$$

Tinglik voolupiir

$$R_{p,0.2} = \frac{F_{p,0.2}}{S_0}$$

Suhteline pikenemine

$$e = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

Katkevenivus

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

Katkeahenemine

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100\%$$

Tõmbeteimikud

Tavapärastel on proportsionaalsete teimikute baasi pikkus $L_0 = 5 \cdot d_0$.

Lubatud on mittetöödeldud katsekehad:

- ühtlase ristlõikega, nt katsekehad lehtmestallist, profiilidest, traadist;
- valatud katsekehad, nt malmist.

Katkevenivus A

Kui katsetatava materjali ristlõige väheneb katse käigus, siis mõjutab teimiku baasi algpikkus L_0 selle lõpp-pikkust purunemisel L_u ja katkevenivust A.

Lühem baasi algpikkus $L_0 \rightarrow$ suurem L_u ja suurem katkevenivuse A.

Voolupiiri suhe: $V_s = R_e (R_{p,0.2})/R_m$

See suhe võimaldab hinnata terase termotötlust:

- normaliseeritud $V_s \approx 0.5 \dots 0.7$;
- parendatud (K+Kõn) $V_s \approx 0.7 \dots 0.95$.

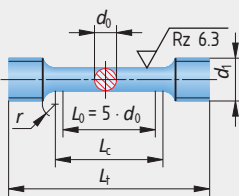
- 1) Varasem tähis ε .
- 2) Varasem tähis σ_y .

MÕ

Tõmbeteimikud

DIN 50125 (2016-12)

Kuju B



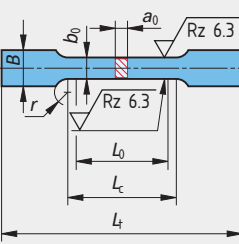
Ümartõmbeteimikud, kuju A ja B

	d_0	4	5	6	8	10	12	14	Kuju, kasutus
Kuju A	L_0	20	25	30	40	50	60	70	Kuju A: treitud teimikud iselukustuvate haaratsitega kinnitamiseks
	$L_c^{1)}$	24	30	36	48	60	72	84	
	$r^{1)}$	3	4	5	6	8	9	11	
Kuju A	d_1	5	6	8	10	12	15	17	Kuju B: treitud haaratsiosas keermestatud teimikud pikenemise täpsemaks mõõtmiseks
	$L_t^{1)}$	60	74	92	115	138	162	186	
Kuju B	d_1	M6	M8	M10	M12	M16	M18	M20	
	$L_t^{1)}$	41	51	60	77	97	116	134	

Teise kujuga tõmbeteimikud

	a_0	3	4	5	6	7	8	10	Kuju, kasutus
Kuju E	b_0	8	10	10	20	22	25	25	Lapikud teimikud iselukustuvate haaratsitega kinnitamiseks
	L_0	30	35	40	60	70	80	90	
	L_c	38	45	51	77	89	102	114	
	$r^{1)}$	12	12	12	15	20	20	20	
	$L_t^{1)}$	104	120	126	197	222	246	258	Ribad, lehtmestall, lapikvardad ja profiilvardad

Kuju E



Kuju C Treitud laia haaratsiosaga teimikud
Kuju F Mittetreitud ümarvarda osad

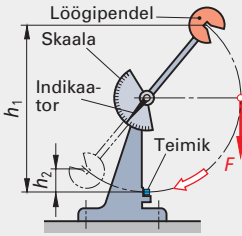
Selgitus 1) Vähimad mõõtmed.

→ **Tõmbeteimik DIN 50125 – A10x50:** Kuju A, $d_0 = 10$ mm, $L_0 = 50$ mm.

Eesti Rahvusraamatukogu digitaalarhiiv DIGAR(S)

Löökpaindeteim, pöördpaindeteim

Charpy löökpaindeteim pingekontsentratoriga teimikuga DIN EN ISO 148-1 (2011-01), asendus DIN EN 10045-1e



Pingekontsentratoriga teimiku löökpaindekatsel purustatakse see löögipendli ühe löögiga ja määratakse purustustöö.

KU₂ Purustustöö U-kontsentratoriga teimiku ja pendlivasara kiilu raadiuse

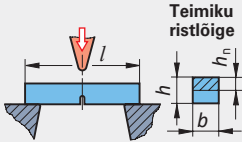
R = 2 mm korral

KV₈ Purustustöö V-kontsentratoriga teimiku ja pendlivasara kiilu raadiuse

R = 8 mm korral

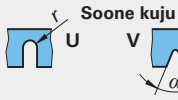
Teimik

Teimik peab olema pinnakaredusega R_a < 5 μm, v.a servadel. Teimiku valmistamisel tuleb vältida materjali muutusi, nt temperatuuri tõusu ja kaestumise mõju.



Teimikud – normaalkuju

Kontsentratori kuju	Teimiku joonmõõtmed (mm) ja nurgad (°)					
	l	h	b	h _n	r	α
U-soon	55 ± 0.11	10 ± 0.11	10 ± 0.11	5 ± 0.09	1 ± 0.07	–
V-soon	55 ± 0.6	10 ± 0.075	10 ± 0.11	8 ± 0.075	0.25 ± 0.025	45 ± 2



Tähistuse näide:

KU₈ = 174 J:

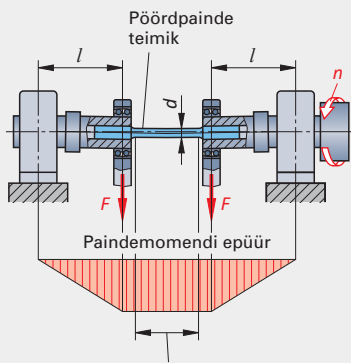
U-kontsentratoriga teimik, pendlivasara R = 8 mm, purustustöö 174 J, löögipendli energia 300 J korral.

KV₂150 = 71 J:

V-kontsentratoriga teimik, pendlivasara R = 2 mm, purustustöö 71 J, löögipendli energia 150 J korral.

Pöördpaine väsimusteim

DIN 50113 (1982-03)



n pöörlemissagedus, 1/min

N koormustsüklite arv

d teimiku läbimõõt, mm

l laagrite vahekaugus, mm

F paindejõud, N

M paindemoment, N · mm

W teimiku ristlõike tugevusmoment, mm³

σ_a amplituudpinge, N/mm²

σ_r väsimustugevus, N/mm²

σ_{ab} sümmeetrilise pingetsükli väsimuspiir pöördpaindel, N/mm² (σ_{ab} = σ_r)

Tugevusmoment

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

Painutav koormus

$$F = \frac{\sigma_a \cdot W}{l}$$

Teimikud

Lihvitud või poleeritud silindrilised teimikud on sümmeetrilise koormustsükliga koormatud (kaestumine peab olema vältitud). Teimiku läbimõõt d ≤ 16 mm.

Teim

Paindejõud F on rakendatud teimikule, mis pöörleb sagedusega n = 3000 min⁻¹ ... 12000 min⁻¹, nii, et teimiku ristlõigetes rakendub sümmeetriline paindepingsesüklil amplituudpingega σ_a. Terasteimiku purunevad tavalisel pingetsükli arvu N < 7 · 10⁶. Väsimusteimis rakendatud jõud ei kutsu staatilisel koormamisel esile teimiku purunemist.

Teimi tulemused

Väsimustugevus σ_r = sümmeetrilise pingetsükli väsimuspiir pöördpaindel σ_{ab}, tinglik väsimuspiir σ_N tsüklite arvu N.

Näide:

Teimiku läbimõõt d = 10 mm, laagrite vahekaugus l = 100 mm, valitud amplituudpinge σ_a = 150 N/mm²

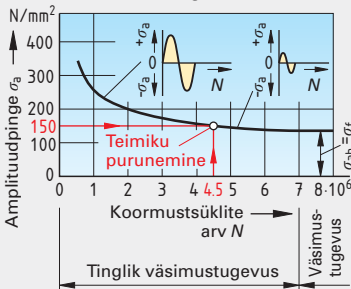
Eesmärk: Arvutada tugevusmoment W, teimi paindejõud F

Lahendus: $W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot (10 \text{ mm})^3}{32} = 98.17 \text{ mm}^3$

$$F = \frac{\sigma_a \cdot W}{l} = \frac{150 \text{ N/mm}^2 \cdot 98.17 \text{ mm}^3}{100 \text{ mm}} = 147.3 \text{ N}$$

Teimiku purunemine koormustsüklite arvu N = 4.5 · 10⁶ (vt väsimusgraafik).

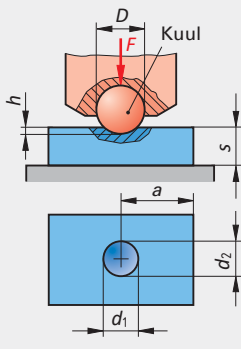
Terase väsimusgraafik (Wöhleri diagramm)



Kõvaduskatsed

Brinelli kõvaduskatse

DIN EN ISO 6506-1 (2015-02)



F jõud, N
 D kuuli läbimõõt, mm
 d jälje läbimõõt, mm
 d_1, d_2 mõõdetud jälje läbimõõdud, mm
 h jälje sügavus, mm
 s katsekeha vähim paksus, mm
 a jälje kaugus servast või teisest jäljest, mm

Katsetingimused

Jälje läbimõõt peab olema vahemikus $0.24 \cdot D \leq d \leq 0.6 \cdot D$.

Katsekeha vähim paksus $s \geq 8 \cdot h$

Jälje kaugus servast $a \geq 2.5 \cdot d$

Katsekeha pind: lihvitud

Jälje läbimõõt

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Brinelli kõvadusarv

$$\text{HBW} = \frac{0.204 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Tähistuse näide:

180 HBW 2.5 / 62.5
 600 HBW 1 / 30 / 25

Kõvadusarv	Indentor	Kuuli läbimõõt	Jõud	Jõu mõjumise aeg
180 600	W kõvasulamkuul	2.5 mm 1 mm	62.5 · 9.80665 N = 612.9 N 30 · 9.80665 N = 294.2 N	Märketa: (10 ... 15) s Märgitult: 25 s

Katsevahemik, koormuskonstant, kuuli läbimõõt, koormus

Materjal	Katsevahemik Brinelli kõvadus HBW	Koormus- konstant $0.102 \cdot F/D^2$	Koormus F , N kuuli läbimõõdul D^1 , mm			
			1	2.5	5	10
Teras, nikli- ja titaanisulamid	–	30	294.2	1839	7355	29420
Malm	< 140	10	98.07	612.9	2452	9807
	≥ 140	30	294.2	1839	7355	29420
Vask ja vasesulamid	< 35	5	49.03	306.5	1226	4903
	35 ... 200	10	98.07	612.9	2452	9807
Kergmetallid ja kergsulamid	> 200	30	294.2	1839	7355	29420
	< 35	2.5	24.52	153.2	612.9	2452
	35 ... 80	5	49.03	306.5	1226	4903
		10	98.07	612.9	2452	9807
		15	–	–	–	14710
> 80	10	98.07	612.9	2452	9807	
Plii, tina	–	1	9.807	61.29	245.2	980.7

¹⁾ Väikesed kuuli läbimõõdud peentramaterjalidele, õhukestele katsekehadele või pinnakihi kõvaduskatseteks. Kuuli läbimõõt malmi korral $D \geq 2.5$ mm. Kõvadusarvu väärtused on vaid siis võrreldavad, kui kõvaduskatsed viiakse läbi samadel koormustel.

Katsekeha minimaalne paksus s

Kuuli läbimõõt D , mm	Materjali vähim paksus s sõltuvalt jälje läbimõõdust d^1 , mm																		
	0.25	0.35	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	1.5	2.0	2.4	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	
1	0.13	0.25	0.54	0.8															
2.5				0.29	0.53	0.83	1.23	1.46	2.0										
5							0.58	0.69	0.92	1.67	2.45	4.0							
10											1.17	1.84	2.53	3.34	4.28	5.36	6.59	8.0	

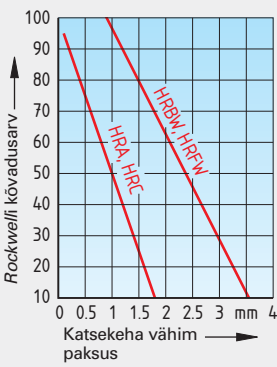
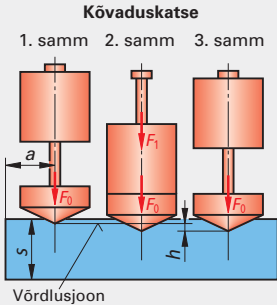
Näide: $D = 2.5$ mm, $d = 1.2$ mm
 → katsekeha vähim paksus
 $s = 1.23$ mm

¹⁾ Tabelis näitamata väärtused on väljaspool jälje suuruse lubatavaid piire $0.24 \cdot D \leq d \leq 0.6 \cdot D$.

Kõvaduskatsed

Rockwelli kõvaduskatse

DIN EN ISO 6508-1 (2016-12)



- F_0 eeljõud, N
- F_1 põhijõud, N
- h indentori sissetungimissügavus, mm
- s katsekeha paksus, mm
- a kaugus servast, mm

Katsetingimused
 Katsekeha pinnakaredus
 $Ra = (0.8 \dots 1.6) \mu\text{m}$. Pinnatöötlus ei tohi põhjustada mistahes mikrostruktuuri muutusi.
 Kaugus servast $a \geq 1$ mm

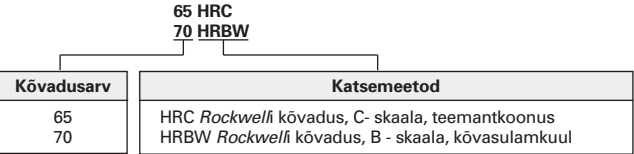
Rockwelli kõvadus HRA, HRC

$$\text{HRA, HRC} = 100 - \frac{h}{0.002 \text{ mm}}$$

Rockwelli kõvadus HRBW, HRFW

$$\text{HRBW, HRFW} = 130 - \frac{h}{0.002 \text{ mm}}$$

Tähistuse näited:

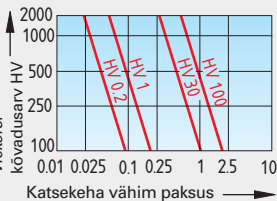
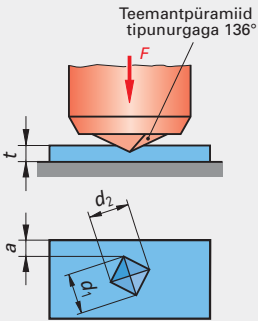


Katsemeetod, kasutusvaldkond (valimik)

Meetod	Indentor	F_0 N	F_1 N	Skaalavahemik	Kasutus
HRA	Teemantkoonus, tipunurk 120°	98	490.3	(20 ... 95) HRA	Karastatud teras, kõrgtugevad sulamid
HRC		98	1373	(20 ... 70) HRC	
HRBW	Kõvasulamkuul (W) Ø1.5875 mm	98	882.6	(10 ... 100) HRBW	Pehme teras, mit-terausulamid
HRFW		98	490.3	(60 ... 100) HRFW	

Vickersi kõvaduskatse

DIN EN ISO 6507-1 (2006-03)



- F jõud, N
- d jälje diagonaal, mm
- s katsekeha paksus, mm
- a kaugus servast, mm

Katsetingimused
 Katsekeha pinnakaredus
 $Ra = (0.4 \dots 0.8) \mu\text{m}$. Pinnaviimistlus ei tohi mõjutada pinna kõvadust.
 Kaugus servast $a \geq 2.5 \cdot d$

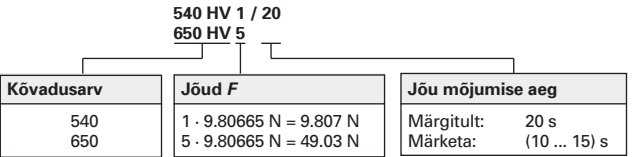
Jälje diagonaal

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Vickersi kõvadusarv

$$\text{HV} = 0.1891 \cdot \frac{F}{d^2}$$

Tähistuse näited:



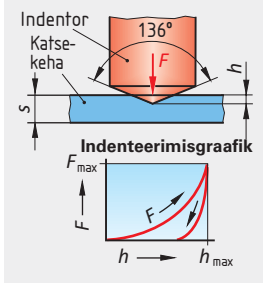
Katsetingimused ja jõud

Katsetingimus	HV100	HV50	HV30	HV20	HV10	HV5
Jõud, N	980.7	490.3	294.2	196.1	98.07	49.03
Katsetingimus	HV3	HV2	HV1	HV0.5	HV0.3	HV0.2
Jõud, N	29.42	19.61	9.807	4.903	2.942	1.961

Kõvaduskatsed. Kõvadusarvude teisendus

Martensi kõvadus (universaalkõvadus)

DIN EN ISO 14577 (2015-11)



F jõud, N
 h sissetungimissügavus, mm
 s katsekeha paksus, mm

Katsekeha pind			
Materjal	Keskmine pinnakaredus R_a jõule F		
	0.1 N	2 N	100 N
Alumiinium	0.13	0.55	4.00
Teras	0.08	0.30	2.20
Kõvasulam	0.03	0.10	0.80

Martensi kõvadusarv

$$HM = \frac{F}{26.43 \cdot h^2}$$

Tähistuse näide: $HM\ 0.5 / 20 / 20 = 5700\ N/mm^2$

Katsemeetod	Jõud F	Katse kestus	Jõu rakendamine	Martensi kõvadusarv
Martensi kõvadus	0.5 N	20 s	20 s jooksul	5700 N/mm ²

Katseskaala	Katsetingimused	Kasutus
Makroskaala	$2\ N \leq F \leq 30\ kN$	Universaalkõvaduskatse sobib kõikide metallide, plastide, kõvasulamite, keraamiliste materjalide korral; mikro- ja nanoskaala: õhukesed pinnad, mikrostruktuuri koostisosad
Mikroskaala	$F < 2\ N$ või $h > 0.2\ \mu m$	
Nanoskaala	$h \leq 0.2\ \mu m$	

Kõvadusarvude ning tõmbetugevuse teisendustabel (valimik)

DIN EN ISO 18265 (2014-02)

Tõmbetugevuse¹⁾ teisendus kõvaduseks¹⁾ või kõvaduse¹⁾ teisendus kõvaduseks¹⁾

R_m	HV	HB	HR	R_m	HV	HB	HR	R_m	HV	HB	HR	R_m	HV	HB	HR
Süsinik- ja madallegerterased; tsementiiditud, parendatud (K+KõN) terased või tööriistaterased väljastuoleks															
255	80	76.0	-	705	220	209	-	1420	440	418	44.5	-	700	-	60.1
285	90	85.5	-	740	230	219	-	1485	460	437	46.1	-	720	-	61.0
305	95	90.2	-	770	240	228	20.3	1555	480	456	47.7	-	740	-	61.8
320	100	95.0	-	800	250	238	22.2	1630	500	475	49.1	-	760	-	62.5
350	110	105	-	835	260	247	24.0	1700	520	494	50.5	-	780	-	63.3
385	120	114	-	865	270	257	25.6	1775	540	513	51.7	-	800	-	64.0
415	130	124	-	900	280	266	27.1	1845	560	532	53.0	-	820	-	64.7
450	140	133	-	930	290	276	28.5	1920	580	551	54.1	-	840	-	65.3
480	150	143	-	965	300	285	29.8	1995	600	570	55.2	-	860	-	65.9
510	160	152	-	1030	320	304	32.2	2070	620	589	56.3	-	880	-	66.4
545	170	162	-	1095	340	323	34.4	2145	640	606	57.3	-	900	-	67.0
575	180	171	-	1155	360	342	36.6	2180	650	618	57.8	-	920	-	67.5
610	190	181	-	1220	380	361	38.8	-	660	-	58.3	-	940	-	68.0
640	200	190	-	1290	400	380	40.8	-	670	-	58.8	-	-	-	-
675	210	199	-	1350	420	399	42.7	-	680	-	59.2	-	-	-	-
Parendatud (K+KõN) terased termotöödeldud olekus															
651	210	205	-	940	300	296	30.5	1220	390	385	40.6	-	490	482	48.6
683	220	215	-	972	310	306	31.8	1250	400	395	41.5	-	510	501	49.9
716	230	225	-	1003	320	316	33.1	1281	410	405	42.4	-	530	520	51.2
748	240	235	21.2	1035	330	326	34.3	1311	420	414	43.2	-	550	539	52.4
781	250	245	22.9	1070	340	336	35.4	1341	430	424	44.1	-	570	558	53.5
813	260	255	24.6	1097	350	345	36.5	1371	440	434	44.9	-	590	577	54.6
845	270	266	26.2	1128	360	355	37.6	1401	450	444	45.7	-	610	596	55.6
877	280	276	27.7	1159	370	365	38.6	1430	460	453	46.4	-	630	614	56.6
909	290	286	29.1	1189	380	375	39.6	1460	470	463	47.2	-	650	632	57.5

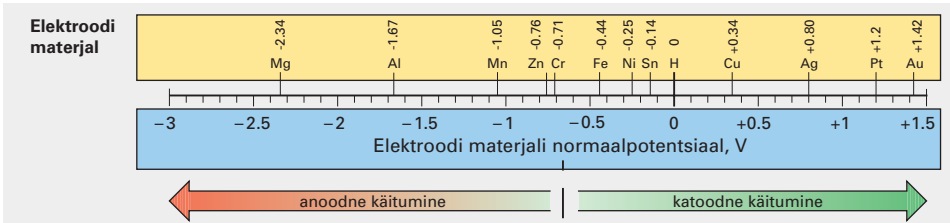
¹⁾ R_m tõmbetugevus, N/mm², HV Vickersi kõvadus HV10, HB Brinelli kõvadus HBW, HR Rockwelli kõvadus HRC.

Korrosioon, korrosioonikaitse

Metallide elektrokeemiline pingerida

Galvaankorrosioonil toimivad samad protsessid mis elektrotehnikas. Korrodeeruvad põhimetallid. Kahe erineva metalli vahel elektrolüüdi toimel tekib pinge on vastavuses nende metallide normaalpotentsiaalidega. Normaalpotsentsiaal on pinge, mis tekib elektrodimaterjali ja plaatinaelektroodi vahel vesinikus.

Passivatsioon (kaitsva kile moodustumine) muudab pinget elementide vahel.



Näide: Cu normaalpotentsiaal on +0.34 V ja Al = -1.67 V, tekkinud potentsiaalide vahe nende metallide korral $U = +0.34 \text{ V} - (-1.67 \text{ V}) = 2.01 \text{ V}$. Korrodeerub alumiinium (anood).

Metallide korrosioonikäitumine

Materjalid	Korrosioonikindlus	Korrosioonikindlus eri keskkondades				
		Kuiv õhk	Maaõhk	Tööstus- õhk	Mereõhk	Soolvesi
Mittelegeer- ja madallegeerteras	Korrosioonikindel vaid kuivas keskkonnas	●	◐	◑	○	○
Roostevabaterased	Korrosioonikindel, kuid mitte agressiivsetes kemikaalides	●	●	◑	◑	◑
Alumiinium ja Al-sulamid	Korrosioonikindlad, v.a. Cu sisaldavad Al-sulamid	●	◐	◑	◑	● ... ◑
Vask ja Cu-sulamid	Korrosioonikindlad, eriti Ni sisaldavad Cu-sulamid	●	●	◑	◑	● ... ◑

● korrosioonikindel ◐ keskmiselt korrosioonikindel ◑ mittekorrosioonikindel, ○ ei ole kasutatav

Korrosioonikaitse

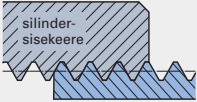
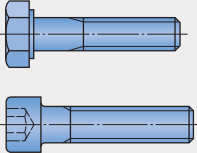
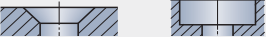

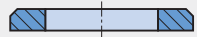
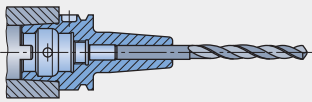
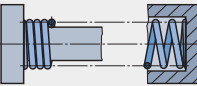
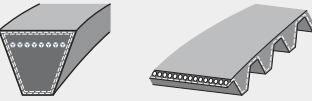
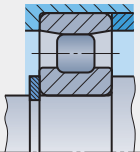
Metallpinna ettevalmistus pindamiseks

Etapp	Eesmärk	Meetod
Mehaaniline puhastamine ning nakke parandamine	Valtstagi, rooste ja mustuse eemaldamine	Lihvimine, harjamine, vesi- ja liivjugatöötlemine
Keemiline puhastamine ja optimaalse pinnaviimistluse saamine	Valtstagi, rooste ning rasvajääkide eemaldamine Pinna karestamine või silestamine	Söövitamine happe või leeliselega; rasvaeemaldus lahustitega; keemiline või elektrokeemiline poleerimine

Korrosioonivastased kaitsemeetmed

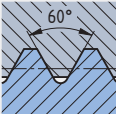
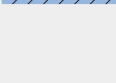
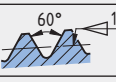

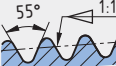


Meede	Näide
Valida sobiv materjal	Roostevabateras paberitööstuses
Järgida korrosioonikaitse põhimõtteid projekteerimisel	Kontaktis samade materjalide kasutus; erinevate metallide korral isoleerivate vahekihtide kasutus, "taskute" vältimine
Kaitsvad pind: • õli või määre, • pinna keemiline töötlus, • kaitsev värvpinne.	Möötevahendite liikuvosade määrimine Fosfaatimine, passiveerimine Lakkimine, tavapäraselt peale fosfaatimist
Metallpind	Kuumtsinkimine, galvaaniline metallpindamine, nt kroonimine
Katoodkaitse	Kaitstav detail, nt laeva sõukruvi ühendatakse metalliga, mis on kaitsvaks (korrodeeruvaks) anoodiks.
Alumiiniumi oksüdeerimine (anodeerimine)	Detaili pinnale tekitab tihedat korrosioonivastase oksiidkihti, nt veljed.

5 Masinaelemendid

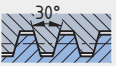
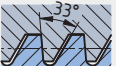
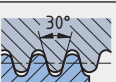
	5.1 Keermed Keermete liigid, ülevaade 208 ISO meeterkeermed ja peenmeeterkeermed ... 210 Muud keermed 211 ISO meeterkeermetolerantsid 213
	5.2 Kruvid/poldid Kruvide/poltide liigid, ülevaade 214 Kruvide/poltide tähistus. 215 Kruvide/poltide tugevus, täpsus ja paigaldus ... 216 Kuuskantpeakruvid/poldid. 217 Silinderpeakruvid/poldid 220 Peitpeakruvid/poldid 221 Muud kruvid/poldid 222 Keermesliite lihtsustatud arvutus 226 Keermesliite lukustamine, ülevaade 228
	5.3 Süvised Peitpeasüvised 230 Silinderpea- ja kuuskantpeasüvised 231
	5.4 Mutrid Mutrite liigid, ülevaade. 232 Mutrite tähistus. 233 Kuuskantmutrid 234 Muud mutrid 237
	5.5 Seibid Seibide liigid, ülevaade, tähistus. 239 Lameseibid 239 Muud seibid 241
	5.6 Tihvtid ja sõrmed 242 5.7 Võlli-rummu liited Võlli-rummu liidete liigid, ülevaade 245 Kiilliidet, hammasliidet. 246 Liistliidet. 247 Tööriistakoonused 248
	5.8 Muud masinaelemendid Silinderkeerdvedrud 249 Taldrikvedrud 251 Rakiste osad. 252
	5.9 Ajamielemendid Ajamirihmade liigid, ülevaade 257 Kiilrihmajam, arvutus 258 Hammasrihmajam 259 Silinderhammasrattad. 260 Koonushammasrattad, tiguülekanne 262 Ajami ülekandesuhe 263
	5.10 Laagerdused Liugelaagrite liigid, ülevaade, materjalid 264 Veerelaagrite liigid, ülevaade 266 Veerelaagrite tähistus. 267 Radiaalkuullaagri arvutus 268 Kuullaagrid 269 Rull-laagrid 270 Veerelaagrite paigalduselemendid 272 Tihendid. 274 Määrdeained 275

Keermete liigid, ülevaade

Ühekäigulised paremkeermed

Kinnituskeermed					
Keeme nimetus	Keeme profiil	Tähis	Standard, näide	Nimimõõtmed d Samm P	Omadused, kasutus
ISO meeterkeere		M	DIN 14-1 M 08	$d = (0.3 \dots 0.9)$ mm	nimiläbimõõt < 1 mm; kellad, peenmehhanismid
			DIN 13-1 M 30	$d = (1 \dots 68)$ mm $P = (0.25 \dots 6)$ mm	masinaehituse jämekeermed, tolerantsiklassid: peen, keskmine, jäme; kinnituselemendid (poldid, kruvid, mutrid)
ISO peenmeeterkeere			DIN 13-2 kuni DIN 13-10 M 24 x 1.5	$d = (1 \dots 1000)$ mm $P = (0.2 \dots 8)$ mm	väiksem keeme samm ja väiksem keeme sügavus, parem lödvenemiskindlus, suur tõmbejõud; suuremad nimiläbimõõdud, õhukeseseinised detailid, seadekruvid
Väline koonusmeeterkeere			DIN 158-1 M 30 x 2 keg	$d = (5 \dots 60)$ mm $P = (0.8 \dots 2)$ mm	sisekeere on silindriline; korgid, määrdeniplid
Mittetihe silindertoru-keere		G	ISO 228-1 G 1 1/2 A	$d = (1/16 \dots 6)$ tolli $P = (0.907 \dots 2.309)$ mm	väliskeermena: torud, torude liited, liitmikud; tolerantsiklassid A ja B
			ISO 228-1 G 1 1/2		sisekeermena: torud, toruliited, liitmikud
Tihe silindertoru-keere		Rp	DIN 2999-1 Rp 1/2	$d = (1/16 \dots 6)$ tolli	sisekeermena: torud, liitmikud
			DIN 3858 Rp 1/2		sisekeermena: torude keermesliited
Tihe koonustoru-keere		R	DIN 2999-1 R 1/2	$d = (1/16 \dots 6)$ tolli	väliskeermena: torud, liitmikud
			DIN 3858 R 1 1/2		väliskeermena: torude keermesliited
Keerretlõikav keere		ST	ISO 1478 ST 3.5	$d = (1.5 \dots 9.5)$ mm	keerretlõikav kruvi lõikab keeme lehtmaterjali töödeldud avasse, nt sõidukite keredetailid

Käigukeermed

ISO trapetsmeeterkeere		Tr	DIN 103 TR 40 x 7	$d = (8 \dots 300)$ mm $P = (1.5 \dots 44)$ mm	treipinkide käigukruvid, kruustangide spindlid
Tugimeeterkeere		S	DIN 513 kuni DIN 513-5 S 48 x 8	$d = (10 \dots 640)$ mm $P = (2 \dots 44)$ mm	suurem kandevõime; ühesuunalisel koormusel, presside käigukruvid, treipinkide padrunid
Silinderümarkeere		Rd	DIN 405-1 kuni DIN 405-2 Rd 40 x 1/6	$d = (8 \dots 200)$ mm $P = (1/10 \dots 1/4)$ tolli	väiksem pingekontsentratsioon, suur lõtk; jämerakendused (nt vagunite haakeseadiste spindlid)

Mitmekäigulised keermed ja vasakkeermed

DIN ISO 965-1 (1999-11)

Keeme liik	Selgitus	Tähistus (näited)
Vasakkeermed ¹⁾	Tähis LH (= <i>Left Hand</i>) lisatakse keermetähise lõppu	M 30 LH Tr 40 x 7 LH
Mitmekäigulised keermed ²⁾	Keeme käigu Ph ja sammu P väärtused antakse keeme nimiläbimõõdu järel (LH tähistab vasakkeeret)	M 16 x Ph 3 P 1.5; (2-käiguline) M 14 x Ph 6 P 2 LH; (3-käiguline)

¹⁾ Kui detailil on nii parem- kui ka vasakkeermed, siis tähis RH (= *Right Hand*) tuleb lisada paremkeermete tähistusele ning LH (= *Left Hand*) vasakkeermete tähistusele (lk 80).

²⁾ Mitmekäiguliste keermete korral kehtib seos: **käikude arv = keeme käik Ph : keeme samm P** .

Mõnede riikide keermestandardid (valimik)¹⁾

Keerme nimetus	Keerme profiil	Tähis	Keerme tähistus		Riik ²⁾
			Näide	Täendus	
Jäme tollkeere (<i>Unified National Coarse Thread</i>)		UNC	$\frac{1}{4}$ -20 UNC-2A	ISO-UNC keere, nimiläbimõõt $\frac{1}{4}$ tolli, 20 keerdu tollile, tolerantsiklass 2A	AR, AU, GB, IN, JP, NO, PK, SE jt
Peen tollkeere (<i>Unified National Fine Thread</i>)		UNF	$\frac{1}{4}$ -28 UNF-3A	ISO-UNF keere, nimiläbimõõt $\frac{1}{4}$ tolli, 28 keerdu tollile, tolerantsiklass 3A	AR, AU, GB, IN, JP, NO, PK, SE jt
Ülipeen tollkeere (<i>Unified National Extrafine Thread</i>)		UNEF	$\frac{1}{4}$ -32 UNEF-3A	ISO-UNEF keere, nimiläbimõõt $\frac{1}{4}$ tolli, 28 keerdu tollile, tolerantsiklass 3A	AU, GB, IN, NO, PK, SE jt
Eritollkeere, läbimõõdu ja käigu erikombinatsioonid (<i>Unified National Special Thread</i>)		UNS	$\frac{1}{4}$ -27 UNS	UNS keere, nimiläbimõõt $\frac{1}{4}$ tolli, 27 keerdu tollile	AU, GB, NZ, US
Mehaaniliste liidete silindertoru keere (<i>National Standard Pipe Straight Threads for Mechanical joints</i>)		NPSM	$\frac{1}{2}$ -14 NPSM	NPSM keere, nimiläbimõõt $\frac{1}{2}$ tolli, 14 keerdu tollile	US
Ameerika standard-mittetihe koonustoru keere (<i>American National Pipe Thread</i>)		NPT	$\frac{3}{8}$ -18 NPT	NPT keere, nimiläbimõõt $\frac{3}{8}$ tolli, 18 keerdu tollile	BR, FR, US
Ameerika standard-peenkoonustoru keere (<i>American National Pipe Thread, Fuel</i>)		NPTF	$\frac{1}{2}$ -14 NPTF (dryseal)	NPTF keere, nimiläbimõõt $\frac{1}{2}$ tolli, 14 keerdu tollile (lekkekindel)	BR, US
Ameerika trapetskeere $h = 0.5 \cdot P$ (<i>American trapezoidal thread</i>)		Acme	$\frac{13}{4}$ -4 Acme-2G	Acme keere, nimiläbimõõt $\frac{13}{4}$ tolli, 4 keerdu tollile, tolerantsiklass 2G	AU, GB, NZ, US
Ameerika madal trapetskeere $h = 0.3 \cdot P$ (<i>American truncated trapezoidal thread</i>)		Stub-Acme	$\frac{1}{2}$ -20 Stub-Acme	Stub-acme keere, nimiläbimõõt $\frac{1}{2}$ tolli, 20 keerdu tollile	US

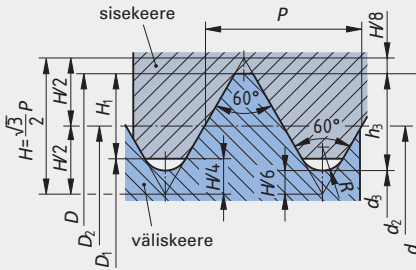
¹⁾ Vt ka Kaufmann, Manfred: "Wegweiser zu den Gewindenormen verschiedener Länder", DIN, Beuth-Verlag (2000-09).

²⁾ Riikide kahetähelised koodid vastavalt DIN EN ISO 3166-1 (2014-10).

ISO meeterkeermed ja peenmeeterkeermed

Üldotstarbe ISO meeterkeerme profiil

DIN 13-19 (1999-11)



Keerme nimiläbimõõt

$$d = D$$

Keerme samm

$$P$$

Väliskeerme sügavus

$$h_3 = 0.6134 \cdot P$$

Sisekeerme sügavus

$$H_1 = 0.5413 \cdot P$$

Põhja raadius

$$R = 0.1443 \cdot P$$

Keskjäbimõõt

$$d_2 = D_2 = d - 0.6495 \cdot P$$

Väliskeerme vähim läbimõõt

$$d_3 = d - 1.2269 \cdot P$$

Sisekeerme vähim läbimõõt

$$D_1 = d - 1.0825 \cdot P$$

Keermeava puuri läbimõõt

$$= d - P$$

Profiilnurk

$$60^\circ$$

Arvutuslik ristloikepindala

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

1. seeria¹⁾ jämekeermete nimimõõtmised (mõõtmised mm-s)

DIN 13-1 (1999-11)

Keerme tähis $d = D$	Samm P	Keskjäbimõõt $d_2 = D_2$	Vähim läbimõõt		Keerme sügavus		Põhja raadius R	Arvutuslik ristloikepindala S mm ²	Keermeava puuri läbimõõt ²⁾	Kuus-kantpea laius ³⁾
			Väliskeere d_3	Sisekeere D_1	Väliskeere h_3	Sisekeere H_1				
M 1	0.25	0.84	0.69	0.73	0.15	0.14	0.04	0.46	0.75	-
M 1.2	0.25	1.04	0.89	0.93	0.15	0.14	0.04	0.73	0.95	-
M 1.6	0.35	1.38	1.17	1.22	0.22	0.19	0.05	1.27	1.25	3.2
M 2	0.4	1.74	1.51	1.57	0.25	0.22	0.06	2.07	1.6	4
M 2.5	0.45	2.21	1.95	2.01	0.28	0.24	0.07	3.39	2.05	5
M 3	0.5	2.68	2.39	2.46	0.31	0.27	0.07	5.03	2.5	5.5
M 3.5 ⁴⁾	0.6	3.11	2.76	2.85	0.37	0.33	0.09	6.77	2.9	-
M 4	0.7	3.55	3.14	3.24	0.43	0.38	0.10	8.78	3.3	7
M 5	0.8	4.48	4.02	4.13	0.49	0.43	0.12	14.2	4.2	8
M 6	1	5.35	4.77	4.92	0.61	0.54	0.14	20.1	5.0	10
M 7 ⁴⁾	1	6.35	5.77	5.92	0.61	0.54	0.14	28.84	6.0	11
M 8	1.25	7.19	6.47	6.65	0.77	0.68	0.18	36.6	6.8	13
M 10	1.5	9.03	8.16	8.38	0.92	0.81	0.22	58.0	8.5	16
M 12	1.75	10.86	9.85	10.11	1.07	0.95	0.25	84.3	10.2	18
M 14 ⁴⁾	2	12.70	11.55	11.84	1.23	1.08	0.29	115.47	12	21
M 16	2	14.70	13.55	13.84	1.23	1.08	0.29	157	14	24
M 20	2.5	18.38	16.93	17.29	1.53	1.35	0.36	245	17.5	30
M 24	3	22.05	20.32	20.75	1.84	1.62	0.43	353	21	36
M 30	3.5	27.73	25.71	26.21	2.15	1.89	0.51	561	26.5	46
M 36	4	33.40	31.09	31.67	2.45	2.17	0.58	817	32	55
M 42	4.5	39.08	36.48	37.13	2.76	2.44	0.65	1121	37.5	65

Peenkeermete nimimõõtmised (mõõtmised mm-s)

DIN 13-2 ... DIN 13-10 (1999-11)

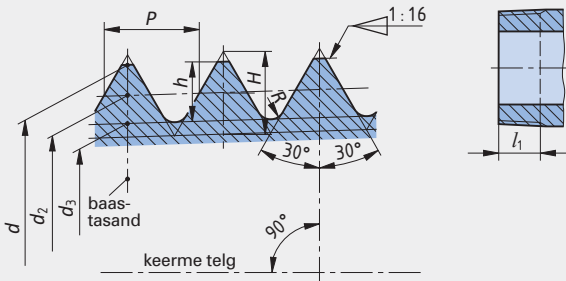
Keerme tähis $d \times P$	Keskjäbimõõt $d_2 = D_2$	Vähim läbimõõt		Keerme tähis $d \times P$	Keskjäbimõõt $d_2 = D_2$	Vähim läbimõõt		Keerme tähis $d \times P$	Keskjäbimõõt $d_2 = D_2$	Vähim läbimõõt	
		Väliskeere d_3	Sisekeere D_1			Väliskeere d_3	Sisekeere D_1			Väliskeere d_3	Sisekeere D_1
M 2 × 0.25	1.84	1.69	1.73	M 10 × 0.25	9.84	9.69	9.73	M 24 × 2	22.70	21.55	21.84
M 3 × 0.25	2.84	2.69	2.73	M 10 × 0.5	9.68	9.39	9.46	M 30 × 1.5	29.03	28.16	28.38
M 4 × 0.2	3.87	3.76	3.78	M 10 × 1	9.35	8.77	8.92	M 30 × 2	28.70	27.55	27.84
M 4 × 0.35	3.77	3.57	3.62	M 12 × 0.35	11.77	11.57	11.62	M 36 × 1.5	35.03	34.16	34.38
M 5 × 0.25	4.84	4.69	4.73	M 12 × 0.5	11.68	11.39	11.46	M 36 × 2	34.70	33.55	33.84
M 5 × 0.5	4.68	4.39	4.46	M 12 × 1	11.35	10.77	10.92	M 42 × 1.5	41.03	40.16	40.38
M 6 × 0.25	5.84	5.69	5.73	M 16 × 0.5	15.68	15.39	15.46	M 42 × 2	40.70	39.55	39.84
M 6 × 0.5	5.68	5.39	5.46	M 16 × 1	15.35	14.77	14.92	M 48 × 1.5	47.03	46.16	46.38
M 6 × 0.75	5.51	5.08	5.19	M 16 × 1.5	15.03	14.16	14.38	M 48 × 2	46.70	45.55	45.84
M 8 × 0.25	7.84	7.69	7.73	M 20 × 1	19.35	18.77	18.92	M 56 × 1.5	55.03	54.16	54.38
M 8 × 0.5	7.68	7.39	7.46	M 20 × 1.5	19.03	18.16	18.38	M 56 × 2	54.70	53.55	53.84
M 8 × 1	7.35	6.77	6.92	M 24 × 1.5	23.03	22.16	22.38	M 64 × 2	62.70	61.55	61.84

¹⁾ 2. ja 3. seeria sisaldavad ka vahepealseid keermeid (nt M9, M11, M27). ²⁾ DIN 336 (2003-07).³⁾ DIN ISO 272 (1979-10). ⁴⁾ 2. seeria keere, võimaluse korral tuleks vältida.

Muud keermed

Välised koonusmeeterkeermed ja vastavad silindersisekeermed¹⁾

DIN 158-1 (1997-06)



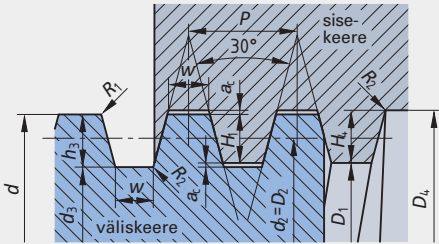
Välise koonuskeermee mõõtmed

Välisläbimõõt	d
Samm	P
Kõrgus	$H = 0.866 \cdot P$
Keermee sügavus	$h = 0.613 \cdot P$
Kesk-läbimõõt	$d_2 = d - 0.650 \cdot P$
Vähim läbimõõt	$d_3 = d - 1.23 \cdot P$
Põhja raadius	$R = 0.144 \cdot P$

Keermee tähis $d \times P$	Keermee pikkus l_1	Keermee sügavus h	Kesk-läbimõõt d_2	Keermee tähis $d \times P$	Keermee pikkus l_1	Keermee sügavus h	Kesk-läbimõõt d_2
M 5 x 0.8 keg	5	0.52	4.48	M 24 x 1.5 keg	8.5	0.98	23.03
M 6 x 1 keg	5.5	0.66	5.35	M 30 x 1.5 keg	10.5	1.01	29.03
M 8 x 1 keg			7.35	M 36 x 1.5 keg			35.03
M 10 x 1 keg			9.35	M 42 x 1.5 keg			41.03
M 12 x 1 keg			11.35	M 48 x 1.5 keg			47.03
M 16 x 1.5 keg	8.5	0.98	15.03	M 56 x 2 keg	13	1.34	54.70
M 20 x 1.5 keg			19.03	M 60 x 2 keg			58.70

¹⁾ Isetihenduvatele liidetele (nt torukorgid, määrdeniplid). Suuremate nimiläbimõõtude korral on soovitatav liite tihendamiseks kasutada vastavaid tihendussegusid.

ISO trapetsmeeterkeermed



Nimiläbimõõt	d
Samm	P
Mitmekäigulise keermee tõus	P_n
Käikude arv	$n = P_n : P$
Väliskeermee vähim läbimõõt	$d_3 = d - (P + 2 \cdot a_c)$
Sisekeermee suurim läbimõõt	$D_4 = d + 2 \cdot a_c$
Sisekeermee vähim läbimõõt	$D_1 = d - P$
Kesk-läbimõõt	$d_2 = D_2 = d - 0.5 \cdot P$
Keermee sügavus	$h_3 = H_4 = 0.5 \cdot P + a_c$
Keermee ülekatte	$H_1 = 0.5 \cdot P$
Harja lõtk	a_c
Raadius	R_1 and R_2
Harja laius	$w = 0.366 \cdot P - 0.54 \cdot a_c$
Profiilnurk	30°

ME

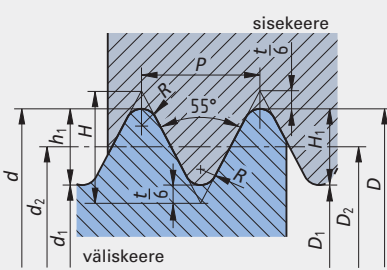
Mõõde	Samm P , mm			
	1.5	2 ... 5	6 ... 12	14 ... 44
a_c	0.15	0.25	0.5	1
R_1	0.075	0.125	0.25	0.5
R_2	0.15	0.25	0.5	1

Keermee tähis $d \times P$	Keermee mõõtmed, mm							Keermee tähis $d \times P$	Keermee mõõtmed, mm						
	Kesk-läbim. $d_2 = D_2$	Vähim välis-keermee d_3	Sise-keermee D_1	Suurim välis-keermee D_4	Sügavus $h_3 = H_4$	Laius w	Kesk-läbim. $d_2 = D_2$		Vähim välis-keermee d_3	Sise-keermee D_1	Suurim välis-keermee D_4	Sügavus $h_3 = H_4$	Laius w		
Tr 10 x 2	9	7.5	8	10.5	1.25	0.60	Tr 40 x 7	36.5	32	33	41	4	2.29		
Tr 12 x 3	10.5	8.5	9	12.5	1.75	0.96	Tr 44 x 7	40.5	36	37	45	4	2.29		
Tr 16 x 4	14	11.5	12	16.5	2.25	1.33	Tr 48 x 8	44	39	40	49	4.5	2.66		
Tr 20 x 4	18	15.5	16	20.5	2.25	1.33	Tr 52 x 8	48	43	44	53	4.5	2.66		
Tr 24 x 5	21.5	18.5	19	24.5	2.75	1.70	Tr 60 x 9	55.5	50	51	61	5	3.02		
Tr 28 x 5	25.5	22.5	23	28.5	2.75	1.70	Tr 70 x 10	65	59	60	71	5.5	3.39		
Tr 32 x 6	29	25	26	33	3.5	1.93	Tr 80 x 10	75	69	70	81	5.5	3.39		
Tr 36 x 6	33	29	30	37	3.5	1.93	Tr 100 x 12	94	87	88	101	6.5	4.12		

Muud keermed. Kuulkruviaarid

Whitworthi keermed (mootmed mm-s)

(ei ole standarditud)



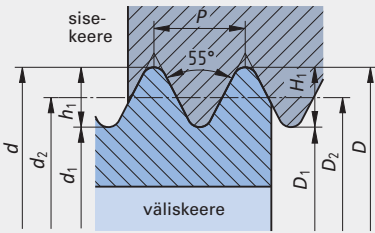
Keerme tähis	Suurim läbimõõt $d = D$	Vähim läbimõõt $d_1 = D_1$	Kesk-läbimõõt $d_2 = D_2$	Keerdude arv tollile	Keerme sügavus $h_1 = H_1$	Ristlõikepindala mm ²	Keerme-ava puuri läbimõõt
$\frac{1}{4}$ "	6.35	4.72	5.54	20	0.81	17.5	5.1
$\frac{3}{8}$ "	9.53	7.49	8.51	16	1.02	44.1	7.9
$\frac{1}{2}$ "	12.70	9.99	11.35	12	1.36	78.4	10.5
$\frac{3}{4}$ "	19.05	15.80	17.42	10	1.53	196	16.3
1 "	25.40	21.34	23.37	8	2.03	358	22.0
$1\frac{1}{4}$ "	31.75	27.10	29.43	7	2.32	577	28.0
$1\frac{1}{2}$ "	38.10	32.68	35.39	6	2.71	839	33.5
2 "	50.80	43.57	47.19	4.5	3.61	1491	44.5

Torukeermed (mootmed mm-s)

ISO 228-1 (2003-05), DIN EN 10226-1 (2004-10)

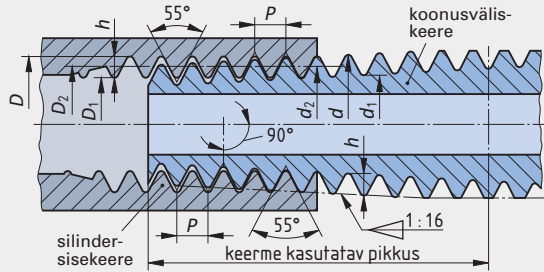
Torukeermed DIN ISO 228-1

liidetele, mida keere ei tihenda;
silindrilised sise- ja väliskeermed



Torukeermed DIN EN 10226-1

keere tihendab liite;
silindriline sisekeere, kooniline väliskeere

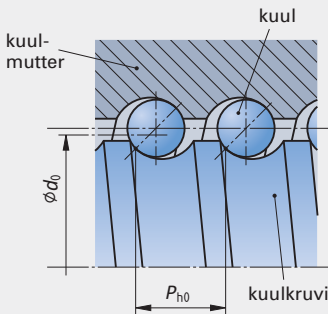


vt Ameerika standard-torukeere NPT: lk 209.

Keerme tähis			Suurim läbimõõt $d = D$	Kesk-läbimõõt $d_2 = D_2$	Vähim läbimõõt $d_1 = D_1$	Samm P	Keerdude arv tollile Z	Keerme sügavus $h = h_1 = H_1$	Väliskeerme kasutatav pikkus \geq
DIN ISO 228-1 Välis- ja sisekeere	DIN EN 10226-1 Välis-keere	Sise-keere							
$G\frac{1}{8}$	$R\frac{1}{8}$	$Rp\frac{1}{8}$	9.728	9.147	8.566	0.907	28	0.581	6.5
$G\frac{1}{4}$	$R\frac{1}{4}$	$Rp\frac{1}{4}$	13.157	12.301	11.445	1.337	19	0.856	9.7
$G\frac{3}{8}$	$R\frac{3}{8}$	$Rp\frac{3}{8}$	16.662	15.806	14.950	1.337	19	0.856	10.1
$G\frac{1}{2}$	$R\frac{1}{2}$	$Rp\frac{1}{2}$	20.955	19.793	18.631	1.814	14	1.162	13.2
$G\frac{3}{4}$	$R\frac{3}{4}$	$Rp\frac{3}{4}$	26.442	25.279	24.117	1.814	14	1.162	14.5
$G1$	$R1$	$Rp1$	33.249	31.770	30.291	2.309	11	1.479	16.8

Kuulkruviaarid (mootmed mm-s)

DIN ISO 3408-1 (2011-04), DIN 69051-2 (1989-05)



Täppis-kuulkruviaar

Tüüp P:

eelpingestatud, telglõtkuvaba, kasutatakse täppis-positsioneerimiseks.

Transpordi kuulkruviaar

Tüüp T:

ei ole eelpingestatud, telglõtkuga, suuremad tolerantsid.

→ Kuulkruviaar

ISO 3408 32x5x800 P 3 R 4:

$d_0 = 32$ mm, $P_{h0} = 5$ mm, keerme pikkus $l_1 = 800$ mm, täppis-kuulkruviaar, tolerantsiklass 3, paremkeere, töökeerdude arv = 4.

Nimisamm P_{h0}	Nimiläbimõõt d_0
2.5	6 ... 16
5	10 ... 63
10	12 ... 125
20	20 ... 200
40	20 ... 200

Standardised nimiläbimõõdud:
(6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200) mm

ISO meeterkeeme tolerantsid

ISO meeterkeemete tolerantsiklassid

DIN ISO 965-1 (1999-11)

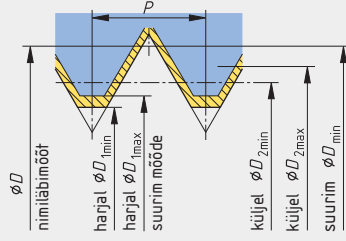
Keeme tolerantsid peavad tagama sise- ja väliskeemete kokkusobivuse ja komponentide vahetavuse, mis sõltuvad nii läbimõõdu tolerantsidest kui ka sammude ja profiilnurkade täpsusest.

Tolerantsiklass (peen, keskmine ja jäme) on ühtlasi sõltuv keeme **pinnaviimistlusest**. Paksud galvaanilised kaitsepinnd nõuavad suuremat lõtku (nt tolerantsiklass 6G) kui katmata või fosfaaditud pinnd (tolerantsiklass 5H).

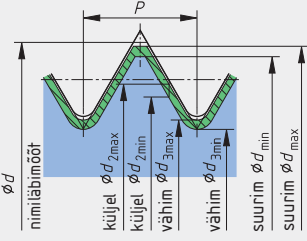
Keeme tolerants	Sisekeere	Väliskeere
Rakendub:	kesk- ja vähimale läbimõõdule	kesk- ja suurimale läbimõõdule
Tähistatakse:	suurte tähtedega	väikeste tähtedega
Tolerantsiklass (näide)	5H	6g
Tolerantsijärk (tolerantsi suurus)	5	6
Tolerantsivahemik (nulljoone asukoht)	H	g

Tähistuse näited	Selgitused
M12 x 1 – 5g 6g	Välise keeme, nimiläbimõõt 12 mm, samm 1 mm; 5g → tolerantsiklass kesk- ja suurimale läbimõõdule; 6g → tolerantsiklass suurimale läbimõõdule.
M12 – 6g	Välise jämekeeme, nimiläbim. 12 mm; 6g → tolerantsiklass kesk- ja suurimale läbimõõdule.
M24 – 6G/6e	Jämekeemete ist, nimiläbimõõt 24 mm, 6G → sisekeeme tolerantsiklass, 6e → väliskeeme tolerantsiklass.
M16	Keskmiist tolerantsiklassi 6H/6g keeme tähistuses ei näidata.

Tolerantsiklass 6H/6g on DIN ISO 965-1 järgi "keskmine" (üldotstarbe) tolerantsiklass tavapikkusega keermesliidetele (vt tabel allpool).



Sisekeere, tolerantsivahemik H



Väliskeere, tolerantsivahemik g


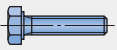
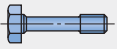


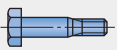
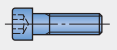
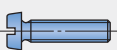
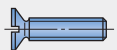
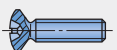
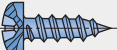
Välis- ja sisekeemete piirmõõdmed (valimik) (mõõdmed mm-s)

DIN ISO 965-2 (1999-11)



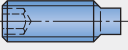
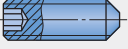
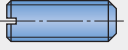



Keere	Suurim läbim. D min	Sisekeere – tolerantsiklass 6H				Väliskeere – tolerantsiklass 6g						
		Kesk- ja suurimale läbimõõdule D ₂		Vähim läbim. D ₁		Suurim läbim. d		Kesk- ja suurimale läbimõõdule d ₂		Vähim läbim. ¹⁾ d ₃		
		min	max	min	max	max	min	max	min	max	min	max
M3	3.0	2.675	2.775	2.459	2.599	2.980	2.874	2.655	2.580	2.367	2.273	
M4	4.0	3.545	3.663	3.242	3.422	3.978	3.838	3.523	3.433	3.119	3.002	
M5	5.0	4.480	4.605	4.134	4.334	4.976	4.826	4.456	4.361	3.995	3.869	
M6	6.0	5.350	5.500	4.917	5.135	5.974	5.794	5.324	5.212	4.747	4.596	
M8	8.0	7.188	7.348	6.647	6.912	7.972	7.760	7.160	7.042	6.438	6.272	
M8 x 1	8.0	7.350	7.500	6.917	7.153	7.974	7.794	7.324	7.212	6.747	6.596	
M10	10.0	9.026	9.206	8.376	8.676	9.968	9.732	8.994	8.862	8.128	7.938	
M10 x 1	10.0	9.350	9.500	8.917	9.153	9.974	9.794	9.324	9.212	8.747	8.596	
M12	12.0	10.863	11.063	10.106	10.441	11.966	11.701	10.829	10.679	9.819	9.602	
M12 x 1.5	12.0	11.026	11.216	10.376	10.676	11.968	11.732	10.994	10.854	10.128	9.930	
M16	16.0	14.701	14.913	13.835	14.210	15.962	15.682	14.663	14.503	13.508	13.271	
M16 x 1.5	16.0	15.026	15.216	14.376	14.676	15.968	15.732	14.994	14.854	14.128	13.930	
M20	20.0	18.376	18.600	17.294	17.744	19.958	19.623	18.334	18.164	16.891	16.625	
M20 x 1.5	20.0	19.026	19.216	18.376	18.676	19.968	19.732	18.994	18.854	18.128	17.930	
M24	24.0	22.051	22.316	20.752	21.252	23.952	23.577	22.003	21.803	20.271	19.955	
M24 x 2	24.0	22.701	22.925	21.835	22.210	23.962	23.682	22.663	22.493	21.508	21.261	
M30	30.0	27.727	28.007	26.211	26.771	29.947	29.522	27.674	27.462	25.653	25.306	
M30 x 2	30.0	28.701	28.925	27.835	28.210	29.962	29.682	28.663	28.493	27.508	27.261	
M36	36.0	33.402	33.702	31.670	32.270	35.940	35.465	33.342	33.118	31.033	30.655	
M36 x 3	36.0	34.051	34.316	32.752	33.252	35.952	35.577	34.003	33.803	32.271	31.955	

¹⁾ DIN 13-20 (2000-08) ja DIN 13-21 (2005-08).

Kruvide/poltide liigid, ülevaade

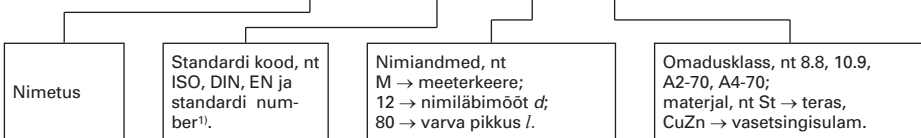
Kuju	Kujundus	Standardvahemik alates ... kuni	Standard	Kasutus, omadused
Kuuskantpeakruvid/poldid				Ik 217 ... Ik 219
	Jämekeermega, osaliselt keermestatud	M1.6 ... M64	DIN EN ISO 4014	Masina-, seadme- ja autotööstuses enamkasutatavad poldid/kruvid;
	Jämekeermega, täielikult keermestatud	M1.6 ... M64	DIN EN ISO 4017	Täielikult keermestatud tüüp: suurem väsimustugevus.
	Peenkeermega, osaliselt keermestatud	M8x1 ... M64x4	DIN EN ISO 8765	Võrreldes jämekeermetega: keeme väiksem sügavus, väiksem samm, suurem kandevõime, suurem liite tööpikkus l_e .
	Peenkeermega, täielikult keermestatud	M8x1 ... M64x4	DIN EN ISO 8676	
	Peene varvaga	M3 ... M20	DIN EN ISO 24015	Elastsed poldid: sobilikud dünaamilistel koormustel, lukustusvahend ei ole vajalik, kui polt on korrektselt paigaldatud.
	Täppispolt	M8 ... M48	DIN 609	Tagab komponentide liikumata, lõtkuta täppisvarb kannab pöikkoormusi.
Kuuskantpeapoldid terastarinditele				Ik 219
	Suurema võtmemõõduga	M12 ... M36	DIN EN 14399-4	Kõrgtugevate poltliidetele (HV) ehituses, mutrid vastavalt DIN EN 14399-4 (Ik 236).
	Suurema võtmemõõduga täppispolt	M12 ... M30	DIN EN 14399-8	Hõõrdumisele (FG) ning nihkele/muljumisele töötavatele liidetele.
Silinderpeakruvid/poldid				Ik 220, Ik 221
	Kuuskantpesaga, jämekeermed	M1.6 ... M36	DIN EN ISO 4762	Masina-, seadme- ja autotööstuses; väike ruumivajadus, pea on süvistatav; Madala peaga: väiksem kõrgus, väiksem tugevus. Hammaspesaga: suur pöördemoment, vajab vähe paigaldusruumi.
	Kuuskantpesa ja madala peaga	M6 ... M16	DIN 7984	
	Hammaspesapeaga, jäme- ja peenkeermed	M6 ... M16	DIN 34821	
	Pilupeaga, jämekeermed	M1.6 ... M10	DIN EN ISO 1207	Pilupeaga: väikesed kruvid, väike tugevus.
Peitpeakruvid				Ik 221, Ik 222
	Pilu-peitpeaga	M1.6 ... M10	DIN EN ISO 2009	Masina- seadme- ja autotööstuses erinevad rakendused; Kuuskantpesaga kruvid: suurem kandevõime.
	Kuuskantpesa-peitpeaga	M3 ... M20	DIN EN ISO 10642	
	Pilu-poolpeitpeaga	M1.6 ... M10	DIN EN ISO 2010	Ristpesaga kruvid: pilupeakruvidega võrreldes ohutum kinni- ja lahti keeramine.
	Ristpesa-poolpeitpeaga	M1.6 ... M10	DIN EN ISO 7047	
Keermestavad plekikruvid				Ik 222, Ik 223
	Poolümarpeaga	ST2.2 ... ST9.5	DIN EN ISO 7049	Sõidukierede ja plektarindite koostamine; Liidetavatel (plekist) osadel on ettepuuritud avad, milles keere moodustub kruvi keeme toimel. Lukustus on vajalik vaid õhukese pleki korral.
	Peitpeaga	ST2.2 ... ST9.5	DIN EN ISO 7050	
	Poolpeitpeaga	ST2.2 ... ST9.9	DIN EN ISO 7051	

Kruvide/poltide liigid, ülevaade. Kruvide/poltide tähistus

Kuju	Kujundus	Standardvahemik alates ... kuni	Standard	Kasutus, omadused
Isepuurivad keermestavad kruvid				
	Ristpesa-ümarpeaga	ST2.2 ... ST6.3	DIN EN ISO 15481	Sõidukikerede ja plekkтарindite koostamine; kruvid puurivad keeramisel ise ava ning moodustavad keermee.
	Ristpesa-poolpeitpeaga	ST2.2 ... ST6.3	DIN EN ISO 15483	
Tikkpoldid				lk 224
	$l_e \approx 2 \cdot d$ $l_e \approx 1.25 \cdot d$ $l_e \approx 1 \cdot d$	M4 ... M24 M4 ... M48 M3 ... M48	DIN 835 DIN 939 DIN 938	alumiiniumisulamitele malmdiele terastele
Seadekruvid				lk 225
	Sõrmotsaku ja piluga	M1.6 ... M12	DIN EN 27435	Vastupidavad kruvid komponentide õige asukoha tagamiseks, nt hoovad, laagripüksid, rummud; seadekruvid ei sobi suure pöörde-momendi ülekandmiseks (nt vooliit rummule).
	Sõrmotsaku ja kuuskantpesaga	M1.6 ... M24	DIN EN 4028	
	Koonusotsaku ja piluga	M1.6 ... M12	DIN EN 27434	
	Koonusotsaku ja kuuskantpesaga	M1.6 ... M24	DIN EN ISO 4027	
	Madalkoonusotsaku ja piluga	M1.6 ... M12	DIN EN ISO 4766	
	Madalkoonusotsaku ja kuuskantpesaga	M1.6 ... M24	DIN EN ISO 4026	
Korgid				lk 224
	Kraega ning kuuskantpesa või kuuskantpeaga	M10x1 ... M52x1.5	DIN 908 DIN 910	Käigukastide õli sissevalamise, ülevoolu- ja väljavooluavade korgid; vajalik on krae alla tugipinna freesimine, kasutatakse koos rõngastihenditega DIN 7603.
Keeretvormivad kruvid				lk 223
	Erinevad kruvipead, nt kuuskantpea, silinderpea	M2 ... M10	DIN 7500-1	Väikese koormuse korral sitketes materjalides, nt S235, DC01-DC04; mitteraudmetallides kasutatakse ilma lukustuseta.
Tõsteaasad				lk 224
	Jämekeermetega	M8 ... M100x6	DIN 580	Masinate ja seadmete transpordiaasad; kandevõime sõltub rakendatava koormuse nurgast, vajalik on tugipinna freesimine.
Kruvide/poltide tähistus				DIN 962 (2013-04)

Näited:

Kuuskantpeakruvi ISO 4017 – M12 x 80 – A2-70
 Kork DIN 910 – M24 x 1.5 – St
 Seadekruvi ISO 4762 – M10 x 55 – 8.8



¹⁾ DIN EN järgi standarditud kruvide tähistuses antakse ISO kood (lk 217) koos ISO numbriga (= DIN EN number – 20000) või EN kood (lk 219) koos EN numbriga.

Kruvide/poltide tugevus, täpsus ja paigaldus

Kruvide/poltide omadusklassid

DIN EN ISO 898-1 (2013-05), DIN EN ISO 3506-1 (2010-04)

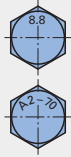
Näited: Mittelegeer- ja legeerterasid
DIN EN ISO 898-1Roostevabaterased
DIN EN ISO 3506-1Tõmbetugevus R_m

$$R_m = 70 \cdot 10 \text{ N/mm}^2 = 700 \text{ N/mm}^2$$

9.8	
Tõmbetugevus R_m	Voolepiir R_e
$R_m = 9 \cdot 100 \text{ N/mm}^2 = 900 \text{ N/mm}^2$	$R_e = 9 \cdot 8 \cdot 10 \text{ N/mm}^2 = 720 \text{ N/mm}^2$

A2-70	
Terase tüüp	Märkus
A → austeniitne A2 → roostevaba A4 → roostevaba ja happekindel	Järgige vastavaid kasutusjuhendeid

Omadusklassid ja materjalide omadused

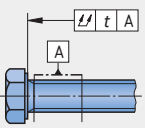


Materjali omadus	Kruvi/poldi omadusklass								
	mittelegeer- ja legeerterasid						roostevabaterased ¹⁾		
	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	A2-50	A4-50	A2-70
Tõmbetugevus R_m , N/mm ²	500	600	800	900	1000	1200	500	500	700
Voolepiir R_e , N/mm ²	400	480	640	720	900	1080	210	210	450
Katkevenivus A, %	–	–	12	10	9	8	20	20	13

¹⁾ Omadused keermetele ≤ M20.

Kruvide/poltide tootjärgud

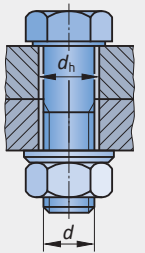
DIN EN ISO 4759-1 (2001-04)



Tootjärg	Tolerantsiklass	Selgitus, kasutus
A	peen	ISO-keermega kruvide/poltide mõõtme-, kuju- ning asendihälbed on antud tootjärgudega A, B, C.
B	keskmise	
C	jäme	

Kruvide/poltide liiteavad

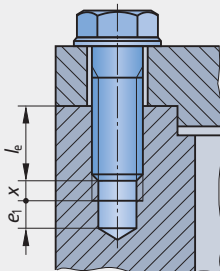
DIN EN 20273 (1992-02)



Keere d	Ava läbimõõt d_h ¹⁾ Seeria			Keere d	Ava läbimõõt d_h ¹⁾ Seeria			Keere d	Ava läbimõõt d_h ¹⁾ Seeria		
	peen	keskm.	jäme		peen	keskm.	jäme		peen	keskm.	jäme
M1	1.1	1.2	1.3	M5	5.3	5.5	5.8	M24	25	26	28
M1.2	1.3	1.4	1.5	M6	6.4	6.6	7	M30	31	33	35
M1.6	1.7	1.8	2	M8	8.4	9	10	M36	37	39	42
M2	2.2	2.4	2.6	M10	10.5	11	12	M42	43	45	48
M2.5	2.7	2.9	3.1	M12	13	13.5	14.5	M48	50	52	56
M3	3.2	3.4	3.6	M16	17	17.5	18.5	M56	58	62	66
M4	4.3	4.5	4.8	M20	21	22	24	M64	66	70	74

¹⁾ Tolerantsiklassid avale d_h ; peen seeria: H12, keskmine seeria: H13, jäme seeria: H14.

Liite vähim tööpikkus umbavas



Kasutustingimused	Vähim tööpikkus l_e ¹⁾ jämekeermetele Omadusklass			
	3.6, 4.6	4.8 ... 6.8	8.8	10.9
Konstrukt- siooni- terasid	$R_m < 400 \text{ N/mm}^2$	$0.8 \cdot d$	$1.2 \cdot d$	–
	$R_m = 400 \dots 600 \text{ N/mm}^2$	$0.8 \cdot d$	$1.2 \cdot d$	$1.2 \cdot d$
	$R_m > 600 \dots 800 \text{ N/mm}^2$	$0.8 \cdot d$	$1.2 \cdot d$	$1.2 \cdot d$
	$R_m > 800 \text{ N/mm}^2$	$0.8 \cdot d$	$1.0 \cdot d$	$1.0 \cdot d$
Malmid		$1.3 \cdot d$	$1.5 \cdot d$	$1.5 \cdot d$
Vasesulamid		$1.3 \cdot d$	–	–
Alumiiniumvalusulamid		$1.6 \cdot d$	–	–
Vanandatud Al-sulamid		$0.8 \cdot d$	$1.2 \cdot d$	$1.6 \cdot d$
Mittevanandatud Al-sulamid		$1.2 \cdot d$	–	–
Plastid		$2.5 \cdot d$	–	–

¹⁾ Peenkeermete tööpikkus $l_e = 1.25 \cdot$ jämekeermete tööpikkus.
 $x \approx 3 \cdot P$ (keermesamm)
 e_1 vastavalt DIN 76: lk 90

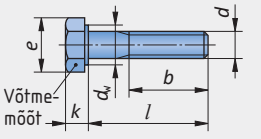
Kuuskantpeakruvid/poldid

Jämekeermega osaliselt keermestatud kuuskantpeapoldid			DIN EN ISO 4014 (2011-06)									
Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana standard DIN EN	DIN	Keere d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
4014	24014	931	Võtmemõõt	3.2	4	5	5.5	7	8	10	13	16
			k	1.1	1.4	1.7	2	2.8	3.5	4	5.3	6.4
			d_w	2.3	3.1	4.1	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6
			e	3.4	4.3	5.5	6	7.7	8.8	11.1	14.4	17.8
			b	9	10	11	12	14	16	18	22	26
			l alates kuni	12 16	16 20	16 25	20 30	25 40	25 50	30 60	40 80	45 100
			Omadus-klass	5.6, 8.8, 9.8, 10.9, A2-70, A4-70								
			Keere d	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
			Võtmemõõt	18	24	30	36	46	55	65	75	85
			k	7.5	10	12.5	15	18.7	22.5	26	30	35
			d_w	16.6	22	27.7	33.3	42.8	51.1	60	69.5	78.7
			e	20	26.2	33	39.6	50.9	60.8	71.3	82.6	93.6
			$b^{1)}$	30	38	46	54	66	–	–	–	–
			$b^{2)}$	–	44	52	60	72	84	96	108	–
			$b^{3)}$	–	–	–	73	85	97	109	121	137
			l alates kuni	50 120	65 160	80 200	90 240	110 300	140 360	160 440	180 480	220 500
Tootejärgud (lk 216)			Omadus-klass	5.6, 8.8, 9.8, 10.9					vastavalt kokkuleppele			
Keere d	l , mm	Järk	A2-70, A4-70		A2-50, A4-50							
\leq M12	kõik	A										
M16 ... M24	$l \leq 150$	A	Nimi-pikkus l , mm									
	$l \geq 160$	B	12, 16, 20, 25, 30, 35 ... 60, 65, 70, 80, 90 ... 140, 150, 160, 180, 200 ... 460, 480, 500									
\geq M30	kõik	B	⇒ Kuuskantpeapolt ISO 4014 – M10 x 60 – 8.8: $d = M10, l = 60$ mm, omadusklass 8.8.									
Jämekeermega täielikult keermestatud kuuskantpeakruvid			DIN EN ISO 4017 (2015-05)									
Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana standard DIN EN	DIN	Keere d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
4017	24017	933	Võtmemõõt	3.2	4	5	5.5	7	8	10	13	16
			k	1.1	1.4	1.7	2	2.8	3.5	4	5.3	6.4
			d_w	2.3	3.1	4.1	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6
			e	3.4	4.3	5.5	6	7.7	8.8	11.1	14.4	17.8
			l alates kuni	2 16	4 20	5 25	6 30	8 40	10 50	12 60	16 80	20 100
			Omadus-klass	5.6, 8.8, 9.8, 10.9, A2-70, A4-70								
			Keere d	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
			Võtmemõõt	18	24	30	36	46	55	65	75	85
			k	7.5	10	12.5	15	18.7	22.5	26	30	35
			d_w	16.6	22	27.7	33.3	42.8	51.1	60	69.5	78.7
			e	20	26.2	33.5	40	50.9	60.8	71.3	82.6	93.6
			l alates kuni	25 120	30 150	40 150	50 150	60 200	70 200	80 200	100 200	110 200
Tootejärgud (lk 216)			Omadus-klass	5.6, 8.8, 9.8, 10.9					vastavalt kokkuleppele			
Keere d	l , mm	Järk	A2-70, A4-70		A2-50, A4-50							
\leq M12	kõik	A										
M16 ... M24	$l \leq 150$	A	Nimi-pikkus l , mm									
	$l \geq 160$	B	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35 ... 60, 65, 70, 80, 90 ... 140, 150, 160, 180, 200									
\geq M30	kõik	B	⇒ Kuuskantpeakruvi ISO 4017 – M8 x 40 – A4-50: $d = M8, l = 40$ mm, omadusklass A4-50.									

Kuuskantpeakruvid/poldid

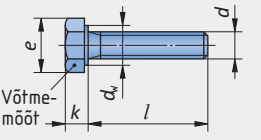
Peenkeermega osaliselt keermestatud kuuskantpeapoldid

DIN EN ISO 8765 (2011-06)

Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana standard DIN EN	DIN	Keere d	M8 x1	M10 x1	M12 x1.5	M16 x1.5	M20 x1.5	M24 x2	M30 x2	M36 x3	M42 x3	M48 x3	M56 x4	
8765	28765	960	Võtmemõõt k	13 5.3	16 6.4	18 7.5	24 10	30 12.5	36 15	46 18.7	55 22.5	65 26	75 30	85 35	
				d_w	11.6 14.4	14.6 17.8	16.6 20	22.5 26.8	28.2 33.5	33.6 39.6	42.8 50.9	51.1 60.8	60 71.3	69.5 82.6	78.7 93.6
				$b^1)$ $b^2)$ $b^3)$	22 – –	26 – –	30 – –	38 44 –	46 52 –	54 60 73	66 72 85	– 84 97	– 96 109	– 108 121	– 137
				l alates kuni	40 80	45 100	50 120	65 160	80 200	100 240	120 300	140 360	160 440	200 480	220 500
Tootejärgud (lk 216)				Nimi-pikkus l , mm											
Keere d				40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90 ... 140, 150, 160, 180, 200, 220 ... 460, 480, 500											
Keere d				Omadus-klass											
$\leq M12 \times 1.5$				$d \leq M24 \times 2$: 5.6, 8.8, 10.9, A2-70, A4-70; $d = M30 \times 2 \dots M36 \times 3$: 5.6, 8.8, 10.9, A2-50, A4-50.											
M16x1.5 ... M24x2				$d \geq M42 \times 3$: vasta-valt kokkuleppele											
$\geq M30 \times 2$				Selgitus											
≤ 150				¹⁾ Kui $l < 125$ mm. ²⁾ Kui $l = (125 \dots 200)$ mm. ³⁾ Kui $l > 200$ mm.											
> 150				\Rightarrow											
$\geq M30 \times 2$				Kuuskantpeapolt ISO 8765 – M20 x 1.5 x 120 – 5.6: $d = M20 \times 1.5, l = 120$ mm, omadusklass 5.6.											

Peenkeermega täielikult keermestatud kuuskantpeakruvid

DIN EN ISO 8676 (2011-07)

Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana standard DIN EN	DIN	Keere d	M8 x1	M10 x1	M12 x1.5	M16 x1.5	M20 x1.5	M24 x2	M30 x2	M36 x3	M42 x3	M48 x3	M56 x4	
8676	28676	961	Võtmemõõt k	13 5.3	16 6.4	18 7.5	24 10	30 12.5	36 15	46 18.7	55 22.5	65 26	75 30	85 35	
				d_w	11.6 14.4	14.6 17.8	16.6 20	22.5 26.8	28.2 33.5	33.6 39.6	42.8 50.9	51.1 60.8	60 71.3	69.5 82.6	78.7 93.6
				l alates kuni	16 80	20 100	25 120	35 160	40 200	40 200	40 200	40 200	90 420	100 480	120 500
				Nimi-pikkus l , mm	16, 20, 25, 30, 35 ... 60, 65, 70, 80, 90 ... 140, 150, 160, 180, 200, 220 ... 460, 480, 500										
Tootejärgud vastavalt DIN EN ISO 8765				\Rightarrow											
				Kuuskantpeakruvi ISO 8676 – M8 x 1 x 55 – 8.8: $d = M8 \times 1, l = 55$ mm, omadusklass 8.8.											

Peene varvaga kuuskantpeakruvid/poldid

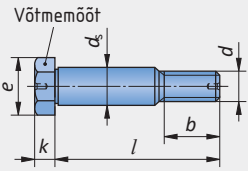
DIN EN 24015 (1991-12)

Keere d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20		
Võtmemõõt k	5.5 2	7 2.8	8 3.5	10 4	13 5.3	16 6.4	18 7.5	24 10	30 12.5		
d_w	4.4	5.7	6.7	8.7	11.4	14.4	16.4	22	27.7		
d_s	2.6 6	3.5 7.5	4.4 8.7	5.3 10.9	7.1 14.2	8.9 17.6	10.7 19.9	14.5 26.2	18.2 33		
$b^1)$ $b^2)$	12 –	14 –	16 –	18 –	22 –	26 –	30 –	38 44	46 52		
l alates kuni	20 30	20 40	25 50	25 60	30 80	40 100	45 120	55 150	65 150		
Nimipikkus l , mm	20, 25, 30 ... 65, 70, 75, 80, 90, 100 ... 130, 140, 150										
Omadusklass	5.8, 6.8, 8.8, A2-70										
Tootejärgud (lk 216)				Selgitus						¹⁾ Kui $l \leq 120$ mm. ²⁾ Kui $l > 125$ mm.	
Keere d				\Rightarrow							
$\leq M20$				Kuuskantpeapolt ISO 4015 – M8 x 45 – 8.8: $d = M8, l = 45$ mm, omadusklass 8.8.							

Kuuskantpeakruvid/poldid

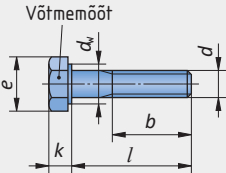
Pika keermega kuuskantpeatäppiskruvid/poldid

DIN 609 (1995-02)

			Keere d		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	
			M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48			
Võtmemõõt			k	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75		
			d_s k6	5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	19	22	26	30		
			e	9	11	13	17	21	25	32	38	44	50		
			$b^{1)}$	14.4	17.8	19.9	26.2	33	39.6	50.9	60.8	71.3	82.6		
			$b^{2)}$	14.5	17.5	20.5	25	28.5	–	–	–	–	–		
			$b^{3)}$	16.5	19.5	22.5	27	30.5	36.5	43	49	56	63		
			l	–	–	–	32	37	41.5	48	54	61	68		
alates kuni			l	25	30	32	38	45	55	65	70	80	90		
				80	100	120	150	150	150	200	200	200	200		
Nimipikkus l , mm				25, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 55, 60 ... 150, 160 ... 200											
Omadusklass				8.8								vastavalt kokkuleppele			
Tootejärgud (lk 216)				A2-70				A2-50							
d , mm	l , mm	Järk	Selgitus	¹⁾ kui $l \leq 50$ mm. ²⁾ kui $l = (50 \dots 150)$ mm. ³⁾ kui $l > 150$ mm.											
≤ 10	kõik	A	⇒	Täppispolt DIN 609 – M16 x 1.5 x 125 – A2-70:											
≥ 12	kõik	B		$d = M16 \times 1.5$, $l = 125$ mm, omadusklass A2-70.											

Suure võtmemõõduga kuuskantpeapoldid kõrgtugevate tarindite poltliidete jaoks (HV)

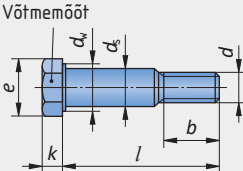
DIN EN 14399-4 (2015-04),
DIN 6914 asemel

			Keere d		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
			Võtmemõõt			k	22	27	32	36	41	46	50	60
			d_w	8	10	13	14	15	17	19	23	
			e	20.1	24.9	29.5	33.3	38	42.8	46.6	55.9	
			b_{min}	23.9	29.6	35	39.6	45.2	50.9	55.4	66.4	
			b	23	28	33	34	39	41	44	52	
alates kuni			l	35	40	45	50	60	70	75	85	
				95	130	155	165	195	200	200	200	
Nimipikkus l , mm				35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 – 175, 180, 185, 190, 195, 200								
Omadusklass				10.9								
Pind				tavaline → õhukese õlikelmega, kuumgalvaanitud → tähis: tZn								
Tootejärk C (lk 216)			⇒	Kuuskantpeapolt EN 14399-4 – M12 x 65 – 10.9 – HV – tZn:								
				$d = M12$, $l = 65$ mm, omadusklass 10.9, kõrgtugevate tarindite jaoks, kuumgalvaanitud.								

ME

Suure võtmemõõduga kuuskantpeatäppispoldid kõrgtugevate tarindite poltliidete jaoks (HV)

DIN EN 14399-8 (2008-03),
DIN 7999 asemel

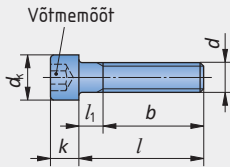
			Keere d		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
			Võtmemõõt			k	22	27	32	36	41	46	50	60
			d_w	8	10	13	14	15	17	19	23	
			d_s b11	20	25	29.5	33.3	38	42.8	46.6	56	
			e	13	17	21	23	25	28	31	37	
			b	23.9	29.6	35	39.6	45.2	50.9	55.4	66.4	
			b	23	28	33	34	39	41	44	52	
alates kuni			l	50	65	75	80	90	95	105	125	
				95	125	155	165	185	200	200	200	
Omadusklass				10.9								
Tootejärk C (lk 216)			⇒	Kuuskantpea-täppispolt EN 14399-8 – M24 x 120 – 10.9 – HVP:								
				$d = M24$, $l = 120$ mm, omadusklass 10.9, täppispolt kõrgtugevate tarindite jaoks.								

Silinderpeakruvid/poldid

Jämekeermega kuuskantpesaga silinderpeakruvid/poldid

DIN EN ISO 4762 (2004-06)

Kehtiv standard DIN EN ISO	Vana standard DIN	Keere d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	
4762	912	Võtmemõõt	1.5	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	
		k	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	
		d_k	3	3.8	4.5	5.5	7	8.5	10	13	16	
		b	–	16	17	18	20	22	24	28	32	
		kui l	–	20	25	≥ 25	≥ 30	≥ 30	≥ 35	≥ 40	≥ 45	
		l_1	1.1	1.2	1.4	1.5	2.1	2.4	3	3.8	4.5	
		kui l	≤ 16	≤ 16	≤ 20	≤ 20	≤ 25	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	
		l alates kuni	2.5 16	3 20	4 25	5 30	6 40	8 50	10 60	12 80	16 100	
		Omadus- klass	kokkuleppel				8.8, 10.9, 12.9					
			Roostevabaterased A2-70, A4-70									
		Keere d	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	
		Võtmemõõt	10	14	17	19	22	27	32	36	41	
		k	12	16	20	24	30	36	42	48	56	
		d_k	18	24	30	36	45	54	63	72	84	
		b	36	44	52	60	72	84	96	108	124	
		kui l	≥ 55	≥ 65	≥ 80	≥ 90	≥ 110	≥ 120	≥ 140	≥ 160	≥ 180	
		l_1	5.3	6	7.5	9	10.5	12	13.5	15	16.5	
		kui l	≤ 50	≤ 60	≤ 70	≤ 80	≤ 100	≤ 110	≤ 130	≤ 150	≤ 160	
		l alates kuni	20 120	25 160	30 200	40 200	45 200	55 200	60 300	70 300	80 300	
		Omadusklass	8.8, 10.9, 12.9						vastavalt kokkuleppele			
			A2-70, A4-70			A2-50, A4-50						
		Nimipikkus l , mm	2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 ... 65, 70, 80 ... 150, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300									
		Keere d	M1.6 ... M56									
		Järk	A									
			\Rightarrow Silinderpeakruvi ISO 4762 – M10 x 55 – 10.9: $d = M10, l = 55$ mm, omadusklass 10.9.									



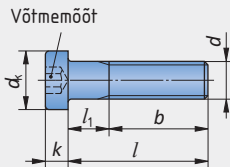
Kuuskantpesaga silinderpeakruvid/poldid, madalpea

DIN 7984 (2009-06)

Kuuskantpesaga silinderpeakruvid/poldid, tsentriavaga madalpea

DIN 6912 (2009-06)

Keere d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Võtmemõõt	2	2.5	3	4	5	7	8	12	14	17
k	2	2.8	3.5	4	5	6	7	9	11	13
d_k	5.5	7	8.5	10	13	16	18	24	30	36
b	12	14	16	18	22	26	30	38	46	54
kui l	≥ 20	≥ 25	≥ 30	≥ 30	≥ 35	≥ 40	≥ 50	≥ 60	≥ 70	≥ 90
l_1	1.5	2.1	2.4	3	3.8	4.5	5.3	6	7.5	9
kui l	≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 45	≤ 50	≤ 60	≤ 80
l alates kuni	5 20	6 25	8 30	10 40	12 80	16 100	20 80	30 80	30 100	40 100
$b^{1)}$	–	14	16	18	22	26	30	38	46	54
$b^{2)}$	–	–	–	–	–	–	–	44	52	60
l alates kuni	–	10 50	10 60	10 70	12 80	16 90	16 100	20 140	30 180	60 200
Omadus- klass	08.8 \rightarrow umbes 25% võrra väiksem tugevus kui omadusklass 8.8; A2 \rightarrow umbes 25% võrra väiksem tugevus kui omadusklass A2-70.									
Nimipikkus l , mm	5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200									
Tootejärgud (lk 216)	Selgitus ¹⁾ b kui $l \leq 125$ mm. ²⁾ b kui $125 < l \leq 200$ mm.									
Keere d	M3 ... M24									
Järk	A									
	\Rightarrow Silinderpeakruvi DIN 7984 – M12 x 50 – 08.8: $d = M12, l = 50$ mm, omadusklass 08.8 (08 \rightarrow väiksem tugevus).									



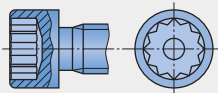
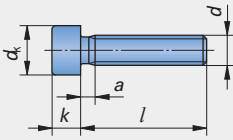
DIN 6912 – tsentriava



Silinderpeakruvid/poldid. Peitpeakruvid/poldid

Hammaspesaga silinderpeakruvid

DIN 34821 (2005-11)



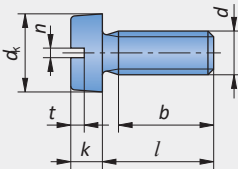
Hammaspesa

Tootejärk A (lk 216)

Keere d	M6	M8	M10	M12 M12x1.5	M14 M14x1.5	M16 M16x1.5
NG-IVZ ¹⁾	N8	N10	N12	N14	N16	N18
k	6	8	10	12	14	16
d_k	10	13	16	18	21	24
a_{\max} kui l	2.0 ≤ 16	2.5 ≤ 20	3.0 ≤ 25	3.5 ≤ 25	4.0 ≤ 30	4.0 ≤ 30
a_{\max} kui l	3.0 > 16	3.8 > 20	4.5 > 25	5.3 > 25	6.0 > 30	6.0 > 30
l alates kuni	12 70	16 80	20 90	20 90	20 100	20 100
Omadusklass	8.8, 10.9, A2-70					
Nimipikkus l , mm	12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100					
Selgitus	¹⁾ NG-IVZ Hammaspesa suurus (tööriista nimisuurus).					
⇒	Silinderpeakruvi DIN 34821 – M10 x 35 – 8.8: $d = M10$, $l = 35$ mm, omadusklass 8.8.					

Piluga silinderpeakruvid

DIN EN ISO 1207 (2011-10)

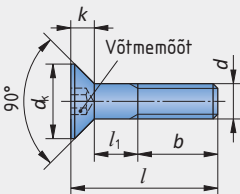


Tootejärk A (lk 216)

Keere d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
d_k	3	3.8	4.5	5.5	7	8.5	10	13	16
k	1.1	1.4	1.8	2	2.6	3.3	3.9	5	6
n	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2	1.2	1.6	2	2.5
t	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2	2.4
l alates kuni	2 16	3 20	3 25	4 30	5 40	6 50	8 60	10 80	12 80
b	kui $l < 45$ mm → keere ulatub kuni peani; kui $l \geq 45$ mm → $b = 38$ mm.								
Nimipikkus l , mm	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ... 45, 50, 60, 70, 80								
Omadusklass	4.8, 5.8, A2-50, A2-70								
⇒	Silinderpeakruvi ISO 1207 – M6 x 25 – 5.8: $d = M6$, $l = 25$ mm, omadusklass 5.8.								

Kuuskantpesaga peitpeakruvid

DIN EN ISO 10642 (2013-04), DIN 7991 asemel



Tootejärk A (lk 216)

Keere d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
Võtmemõõt	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
d_k	5.5	7.5	9.4	11.3	15.2	19.2	23.1	29	36
k	1.9	2.5	3.1	3.7	5	6.2	7.4	8.8	10.2
b kui l	18 ≥ 30	20 ≥ 30	22 ≥ 35	24 ≥ 40	28 ≥ 50	32 ≥ 55	36 ≥ 65	44 ≥ 80	52 100
l_1 kui l	1.5 ≤ 25	2.1 ≤ 25	2.4 ≤ 30	3 ≤ 35	3.8 ≤ 45	4.5 ≤ 50	5.3 ≤ 60	6 ≤ 70	7.5 ≤ 90
l alates Kuni	8 30	8 40	8 50	8 60	10 80	12 100	20 100	30 100	35 100
Omadusklass	8.8, 10.9, 12.9								
Nimipikkus l , mm	8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100								
⇒	Peitpeakruvi ISO 10642 – M5 x 30 – 8.8: $d = M5$, $l = 30$ mm, omadusklass 8.8.								

ME

Peitpea- ja poolpeitpeakruvid/poldid. Keermestavad kruvid

Piluga peitpeakruvid

DIN EN ISO 2009 (2011-12)

Piluga poolpeitpeakruvid

DIN EN ISO 2010 (2011-12)

DIN EN ISO 2009	Keere d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
	d_k	3.0	3.8	4.7	5.5	8.4	9.3	11.3	15.8	18.3
	k	1.0	1.2	1.5	1.7	2.7	2.7	3.3	4.7	5.0
	n	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2	1.2	1.6	2.0	2.5
	t	0.5	0.6	0.8	0.9	1.3	1.4	1.6	2.3	2.6
	f	0.4	0.5	0.6	0.7	1.0	1.2	1.4	2.0	2.3
	t_f	0.8	1.0	1.2	1.5	1.9	2.4	2.8	3.7	4.4
	l alates kuni	2.5 16	3 20	4 25	5 30	6 40	8 50	8 60	10 80	12 80
Tootejärg A (lk 216)	b	kui $l < 45$ mm → keere ulatub peani; kui $l \geq 45$ mm → $b = 38$ mm.								
	Omadusklass	4.8, 5.8, A2-50, A2-70								
	Nimipikkus l , mm	2.5, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80								
	⇒	Peitpeakruvi ISO 2009 – M5 x 30 – 5.8: $d = M5$, $l = 30$ mm, omadusklass 5.8.								

Ristpesaga peitpeakruvid

DIN EN ISO 7046-1 (2011-12)

Ristpesaga poolpeitpeakruvid

DIN EN ISO 7047 (2011-12)

DIN EN ISO 7046-1	Keere d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
	d_k	3.0	3.8	4.7	5.5	8.4	9.3	11.3	15.8	18.3
	k	1.0	1.2	1.5	1.7	2.7	2.7	3.3	4.7	5.0
	f	0.4	0.5	0.6	0.7	1.0	1.2	1.4	2.0	2.3
	C^1	0	0	1	1	2	2	3	4	4
	l alates kuni	3 16	3 20	3 25	4 30	5 40	6 50	8 60	10 60	12 60
	b	kui $l < 40$ mm → keere ulatub peani; kui $l \geq 45$ mm → $b = 38$ mm.								
Tootejärg A (lk 216)	Omadusklass	4.8, A2-50, A2-70								
	Nimipikkus l , mm	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60								
	Selgitus	¹⁾ C ristpesa suurus, kuju H ja kuju Z (lk 223).								
	⇒	Poolpeitpeakruvi ISO 7047 – M6 x 40 – A2-50 – Z: $d = M6$, $l = 40$ mm, omadusklass A2-50 (roostevabateras), ristpesa kuju Z.								

Ristpesapeitpeaga keermestavad kruvid

DIN EN ISO 7050 (2011-11)

Ristpesapoolpeitpeaga keermestavad kruvid

DIN EN ISO 7051 (2011-11)

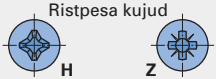
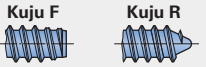
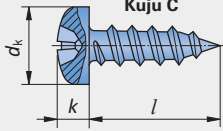
DIN EN ISO 7050 Kuju F	Keere d	ST2.2	ST2.9	ST3.5	ST4.2	ST4.8	ST5.5	ST6.3	ST8	ST9.5
	d_k	3.8	5.5	7.3	8.4	9.3	10.3	11.3	15.8	18.3
	k	1.1	1.7	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	4.7	5.3
	f	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	2.0	2.3
	C^1	0	1	2	2	2	3	3	4	4
	l alates kuni	4.5 16	6.5 19	9.5 25	9.5 32	9.5 32	13 38	13 38	16 50	16 50
Tootejärg A (lk 216)	Nimipikkus l , mm	4.5 – 6.5 – 9.5 – 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 32 – 38 – 45 – 50								
	Omadusklass	St teras, A2-20H, A4-20H, A5-20H								
	Kuju	C → koonusotsaga, F → lameotsaga, R → ümara otsaga								
	Selgitus	¹⁾ C ristpesa suurus, kuju H ja kuju Z (lk 223).								
	⇒	Keermestav kruvi ISO 7051 – ST4.2 x 22 – A4-20H – R – H: ISO 7051 poolpeitpeaga keermestav kruvi, $d = ST4.2$, $l = 22$ mm, omadusklass A4-20H (roostevabateras), kuju R ümara otsaga, ristpesa kuju H.								

Keermestavad kruvid, keeretvormivad kruvid

Ristpesa ja poolümarpeaga keermestavad kruvid

DIN EN ISO 7049 (2011-11)

Keere d	ST2.2	ST2.9	ST3.5	ST4.2	ST4.8	ST5.5	ST6.3	ST8	ST9.5
d_k	4.0	5.6	7.0	8.0	9.5	11	12	16	20
k	1.6	2.4	2.6	3.1	3.7	4.0	4.6	6.0	7.5
C ¹⁾	0	1	2	2	2	3	3	4	4
l alates kuni	4.5 16	6.5 19	9.5 25	9.5 32	9.5 38	13 38	13 38	16 50	16 50
Nimipikkus l , mm	4.5 – 6.5 – 9.5 – 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 32 – 38 – 45 – 50								
Omadusklass	St teras, A2-20H, A4-20H, A5-20H								
Kuju	C → koonusotsaga, F → lameotsaga, R → ümara otsaga.								
Selgitus	¹⁾ C ristpesa suurus, kuju H ja kuju Z (lk 223).								
	⇒ Keermestav kruvi ISO 7049 – ST4.8 x 25 – F – Z: Poolümarpeaga keermestav kruvi, $d = \text{ST4.8}$, $l = 25$ mm, omadusklass St teras, kuju F lameotsaga, ristpesa kuju Z.								



Tootejärg A (lk 216)

Keermeava läbimõõdud keermestavatele kruvidele (valimik)

DIN 7975 (2016-04)

Metalli paksus s , mm	Lehtmaterjali keermeava läbimõõt $d^1)$, mm													
	Lehtmaterjali tõmbetugevus $R_m = 250$ N/mm ² ja $R_m = 400$ N/mm ²													
	ST2.9	ST3.5	ST3.9	ST4.2	ST4.8	ST5.5	ST6.3	ST2.9	ST3.5	ST3.9	ST4.2	ST4.8	ST5.5	ST6.3
1.1	2.2	2.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1.3	2.2	2.2	2.6	2.7	2.9	3.0	–	–	–	–	–	–	–	–
1.5	2.2	2.3	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.2	–	–	–	–	–	–
1.6	2.2	2.4	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.6	3.8	–	–	–	–
1.8	2.3	2.4	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.3
2.0	2.3	2.5	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	3.5	3.8	4.0	4.3	4.6	5.1	5.4
2.2	2.4	2.5	2.8	3.0	3.2	3.3	3.5	3.5	3.9	4.0	4.4	4.7	5.2	5.5
2.5	–	–	2.9	3.0	3.3	3.4	3.5	3.6	4.0	4.1	4.6	4.8	5.4	5.6
2.8	–	–	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	4.0	4.2	4.7	4.8	5.5	5.6
3.0	–	–	–	–	3.3	3.4	3.5	3.6	4.1	4.2	4.7	4.8	5.5	5.7
3.5	–	–	–	–	–	–	3.6	3.7	4.2	4.2	4.8	4.9	5.6	5.7
4.0	–	–	–	–	–	–	–	4.2	4.3	4.9	4.9	5.7	5.8	–
4.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4.9	5.0	5.7	5.8
5.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5.8	5.8

¹⁾ Mittelekeerterasest, alumiiniumi- ja vasesulamist lehtmaterjali puuritud avadele

Keeretvormivad kruvid (valimik)

DIN 7500-1 (2009-06)

Kuju	d	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
Kuju DE: kuuskantpeakruvi Võtmemõõt	Võtm. k	4	5	5.5	7	8	10	13	16
	k	1.4	1.7	2	2.8	3.5	4	5.3	6.4
	d_k	3.1	4.1	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6
	e	4.3	5.5	6	7.7	8.8	11.1	14.4	17.8
	l alat. kuni	4 20	5 25	6 30	8 40	10 50	12 60	16 80	20 100
Kuju EE: kuuskantpesaga silinderpeakruvi Võtmemõõt	Võtm. k	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8
	k	2	2.5	3	4	5	6	8	10
	d_k	3.8	4.5	5.5	7	8.5	10	13	16
	l alat. kuni	3 20	4 25	5 30	6 40	8 50	10 60	12 80	16 100
Materjal	Külmekstrusioonteras, pindkövendatud								
Nimipikkus l , mm	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 ... 50, 55, 60, 70, 80								
Kuju	Kuju CE: ristpesaga poolümarpeakruvi; Kuju NE: ristpesaga poolpeitpeakruvi; Kuju EE: kuuskantpesaga silinderpeakruvi.								
⇒	Kruvi DIN 7500 – DE – M8 x 25: DE kuuskantpea, $d = \text{M8}$, $l = 25$ mm (materjal: külmekstrusioonteras, pindkövendatud).								

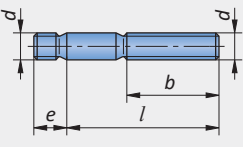
Tootejärg A (lk 216)

ME

Tikkpoldid, tõsteasad, korgid

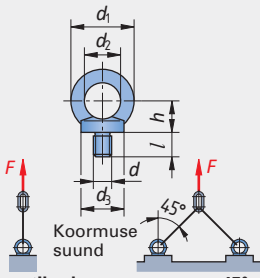
Tikkpoldid

DIN 835 (2010-07), DIN 938 (2012-12), 939 (1995-02)

	Keere d	M3	M4	M5	M6	M8 M8 x1	M10 M10 x1.25	M12 M12 x1.25	M16 M16 x1.5	M20 M20 x1.5	M24 M24 x2
	b kui $l < 125$ $l > 125$	12 18	14 20	16 22	18 24	22 28	26 32	30 36	38 44	46 52	54 60
	DIN 835	–	8	10	12	16	20	24	32	40	48
	DIN 938	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24
	DIN 939	–	5	6.5	7.5	10	12	15	20	25	30
alates kuni	20 30	20 40	25 50	25 60	30 80	35 100	40 120	50 160	60 200	70 200	
Tootejärk A (lk 216)											
Kasutus	Omadusklass 5,6, 8,8, 10,9										
DIN	Paigaldusmaterjal	Nimipikkus l , mm									
835	Alumiiniumisulamid	20, 25, 30, 35, 40 ... 70, 75, 80, 90, 100 ... 180, 190, 200									
938	Teras	⇒ Tikkpolt DIN 939 – M10 x 65 – 8.8: $d = M10$, $l = 65$ mm, omadusklass 8.8.									
939	Malm										

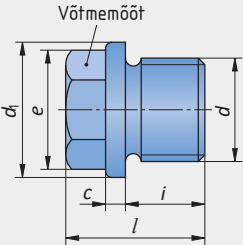
Tõsteasad

DIN 580 (2010-09)

	Keere d	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
	h	18	22.5	26	30.5	35	45	55	65	75	85	95
	d_1	36	45	54	63	72	90	108	126	144	166	184
	d_2	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
	d_3	20	25	30	35	40	50	65	75	85	100	110
l	13	17	20.5	27	30	36	45	54	63	68	78	88
Materjal	Pindkõvendatud teras C15E, A2, A3, A4, A5											
	Lubatav koormus sõltuvalt selle suunast, t											
Vertikaalne Kaldu $\leq 45^\circ$	0.14 0.10	0.23 0.17	0.34 0.24	0.70 0.50	1.20 0.86	1.80 1.29	3.20 2.30	4.60 3.30	6.30 4.50	8.60 6.10	11.5 8.20	
⇒	Tõsteas DIN 580 – M20 – C15E: $d = M20$, materjal teras C15E.											

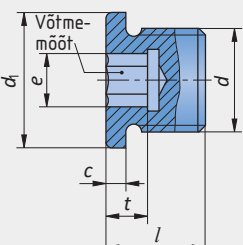
Kuuskantpeakorgid

DIN 910 (2012-04)

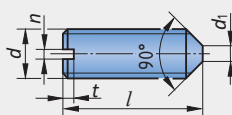
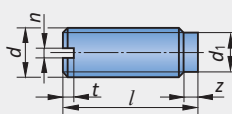
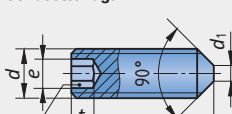
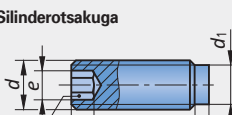
	Keere d	M10 x1	M12 x1.5	M16 x1.5	M20 x1.5	M24 x1.5	M30 x1.5	M36 x1.5	M42 x1.5	M48 x1.5	M52 x1.5
	d_1	14	17	21	25	29	36	42	49	55	60
	l	17	21	21	26	27	30	32	33	33	33
	i	8	12	12	14	14	16	16	16	16	16
	c	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5
Võtmemõõt	10	13	16	18	21	24	27	30	30	30	30
e	10.9	14.2	17.6	19.9	22.8	26.2	29.6	33	33	33	33
Materjal	St teras, A1 kuni A5, A1 kuni A6 alumiiniumisulamid, Cu1 kuni Cu7 vasesulamid										
⇒	Kork DIN 910 – M24 x 1.5 – St: $d = M24 \times 1.5$, materjal: teras.										

Kuuskantpesakorgid

DIN 908 (2012-04)

	Keere d	M10 x1	M12 x1.5	M16 x1.5	M20 x1.5	M24 x1.5	M30 x1.5	M36 x1.5	M42 x1.5	M48 x1.5	M52 x1.5
	d_1	14	17	21	25	29	36	42	49	55	60
	l	11	15	15	18	18	20	21	21	21	21
	c	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5
	Võtmemõõt	5	6	8	10	12	17	19	22	24	24	24
t	5	7	7.5	7.5	7.5	9	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
e	5.7	6.9	9.2	11.4	13.7	19.4	21.7	25.2	27.4	27.4	27.4
Materjal	St teras, A1 kuni A5, A1 kuni A6 alumiiniumisulamid, Cu1 kuni Cu7 vasesulamid										
⇒	Kork DIN 908 – M20 x 1.5 – Cu1: $d = M20 \times 1.5$, materjal: Cu1 vasesulamid.										

Seadekruvid

Piluga seadekruvid		DIN EN 27434, 27435 (kõik 1992-10), DIN EN ISO 4766 (2011-11)										
Koonusotsakuga 	Keere <i>d</i>	M1.2	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
	DIN EN 27434 <i>d</i> <i>n</i> <i>t</i> <i>l</i> alat. kuni	0.1 0.2 0.5	0.2 0.3 0.7	0.2 0.3 0.8	0.3 0.4 1	0.3 0.4 1.1	0.3 0.4 1.4	0.4 0.6 1.6	0.5 0.8 1.6	1.5 1 2	2 1.2 2.5	2.5 1.6 3	3 2 3.6
Silinderotsakuga 	DIN EN 27435 <i>d</i> <i>z</i> <i>n</i> <i>t</i> <i>l</i> alat. kuni	– – – –	0.8 1.1 0.3 0.7	1 1.3 0.3 0.8	1.5 1.5 0.4 1	2 1.8 0.4 1.1	2.5 2.3 0.6 1.4	3.5 2.8 0.8 1.6	4 3.3 1 2	5.5 4.3 1.2 2.5	7 5.3 1.6 3	8.5 6.3 2 3.6
	DIN EN ISO 4766 <i>d</i> <i>n</i> <i>t</i> <i>l</i> alat. kuni	0.6 0.2 0.5	0.8 0.3 0.7	1 0.3 0.8	1.5 0.4 1	2 0.4 1.1	2.5 0.6 1.4	3.5 0.8 1.6	4 1 2	5.5 1.2 2.5	7 1.6 3	8.5 2 3.6
Tootejärg A (lk 216)		Omadusklass 14H, 22H, A1-50 (A1-12H kui DIN EN ISO 4766)										
Kehtiv standard	Vana stand.	Nimipikkus <i>l</i> , mm										
DIN EN 27434 DIN EN 27435 DIN EN ISO 4766	DIN 553 DIN 417 DIN 551	2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 ... 50, 55, 60										
		→ Seadekruvi ISO 7434 – M6 x 25 – 14H: <i>d</i> = M6, <i>l</i> = 25 mm, omadusklass 14H.										
Kuuskantpesaga seadekruvid		DIN EN ISO 4026, 4027, 4028 (2004-05)										
Koonusotsakuga  Võtme-mõõt	Keere <i>d</i>	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
	DIN EN ISO 4027 <i>d</i> Võtm. <i>e</i> <i>t</i> <i>l</i> alat. kuni	0.5 0.9	0.7 1.3	0.8 1.5	1 2	1.3 2.5	1.5 3	2 3	2.5 4	3 5	4 6	5 8	6 10
Silinderotsakuga  Võtme-mõõt	DIN EN ISO 4028 <i>d</i> Võtm. <i>e</i> <i>t</i> <i>l</i> alat. kuni	1 1.3	1.5 1.5	1.7 1.8	2.3 2.3	2.9 2.8	3.4 3.3	4.6 4.3	5.7 5	6.9 6	9.1 8.4	11.4 10
	DIN EN ISO 4026 <i>d</i> Võtm. <i>e</i> <i>t</i> <i>l</i> alat. kuni	1 0.9	1.5 1.3	1.7 1.5	2.3 2	2.9 2.5	3.4 3	4.6 4	5.7 5	6.9 6	9.1 8	11.4 10
Tootejärg A (lk 216)		Omadusklass A1-12H, A2-21H, A3-21H, A4-21H, A5-21H										
Kehtiv standard	Vana stand.	Nimipikkus <i>l</i> , mm										
DIN EN ISO 4026 DIN EN ISO 4027 DIN EN ISO 4028	DIN 913 DIN 914 DIN 915	2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 ... 55, 60										
		→ Seadekruvi ISO 4026 – M6 x 25 – A5 – 21H: <i>d</i> = M6, <i>l</i> = 25 mm, A5 roostevabateras, omadusklass 21H.										

Keermesliite lihtsustatud arvutus

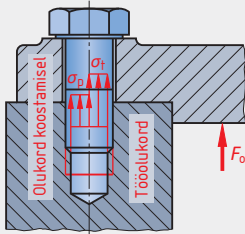
Enamus kruvisid ja polte (lihtsad kruvi- ja poltliited) paigaldatakse praktikas nii, et kinnitusmomenti ei kontrollita. Järgides mitmeid kogemuslikke soovitusi, on siiski võimalik liidete vajalik töökindlus tagada.

Kui keermesliide koostatakse ilma kinnitusmomenti kontrollimiseta, siis kruvi/poldi tegeliku tõmbejõu F_p , sellele vastava tõmbepinge σ_p ega kontaktsurve p , tegelikud väärtused ei ole teada. Kruvide tavapäraseid tõmbepinge väärtusi σ_p on võimalik siiski kogemuslikult hinnata (vt allolev tabel).

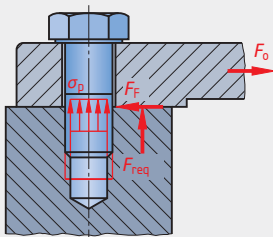
Soovitav on kasutada kruvisid/polte omadusklassiga 8.8 ning võimalikult väikese läbimõõduga (vt näited). Nõutava voolepiiri määramisel tuleks kasutada varuteguri väärtust 1.5.

Keermesliidete arvutuse eesmärgiks on kruvi/poldi ohutu telgkoormuse F_o määramine. Lihtsustatud arvutusmeetodi kasutamisel tuleks arvestada kruvi/poldi üpris suurt tugevusvaru (nt $\nu = 2.5$).

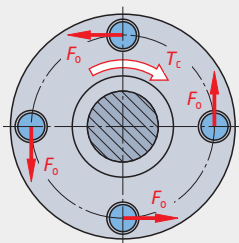
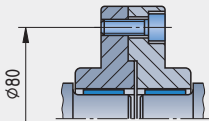
Teljesihiline töökoormus



Pöiksihiline koormus



Näide: ääriksidur



- F_o töökoormus, N
- F_p kogemuslik tõmbejõud, N
- R_e voolepiir, N/mm²
- σ_p kogemuslik tõmbepinge, N/mm²
- σ_t tõmbepinge, N/mm²
- σ_{all} lubatav tõmbepinge, N/mm²
- S arvutuslik ristlõikepindala, mm²
- d keere, nt M10
- F_F hõõrdejõud, N
- F_{req} nõutav eeltõmbejõud, kN
- μ hõõrdetegur
- φ läbilibisemise varutegur
- ν kruvi/poldi tugevusvarutegur
- T_c siduri pöördemoment, N · m

Teljesihilise töökoormusega keermesliite arvutusnäide:

$F_o = 1875$ N iga kruvi kohta, $\nu = 2.5$,
kuuskantpeakruvi ISO 4014 – 8.8;
kruvi nimiläbimõõt = ?

$R_e = 640$ N/mm² omadusklassile 8.8

$$\sigma_{all} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{640 \text{ N/mm}^2}{2.5} = 256 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_o}{\sigma_{all}} = \frac{1875 \text{ N}}{256 \text{ N/mm}^2} = 7.32 \text{ mm}^2$$

Valitud M4 (lk 210), mille $\sigma_p = 350$ N/mm² (vt ülaltoodud tabel)

$$R_{e, req} \geq 1.5 \cdot \sigma_p = 1.5 \cdot 350 \text{ N/mm}^2 = 525 \text{ N/mm}^2 < R_e$$

$$R_e = 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > R_{e, req}$$

Pöiksihilise töökoormusega keermesliite arvutusnäide (ääriksidur):

Terasest S235JR valmistatud ääriksidur nelja silinderpeakruviga ISO 4762 – 8.8,

$T_c = 256$ N · m, $\mu = 0.2$, $\varphi = 2$;

kruvi nimiläbimõõt = ?

$$F_o = \frac{T_c}{n \cdot \frac{d}{2}} = \frac{256 \text{ N} \cdot \text{m}}{4 \cdot \frac{0.08 \text{ m}}{2}} = 1600 \text{ N}$$

$$F_{req} = \frac{\varphi \cdot F_o}{\mu} = \frac{2 \cdot 1600 \text{ N}}{0.2} = 16000 \text{ N}$$

Valitud M10 (vt ülaltoodud tabel)

Kogemusliku tõmbejõu F_p ja tõmbepinge σ_p väärtused

Keere	Tõmbejõud F_p	Tõmbepinge σ_p N/mm ²
M4	3000	350
M6	7000	
M8	10000	280
M10	16000	
M12	23000	
M16	28000	180
M20	44000	

Nõutav voolepiir

$$R_{e, req} \geq 1.5 \cdot \sigma_p$$

Nõutav arvutuslik ristlõikepindala

$$S = \frac{F_o}{\sigma_{all}}$$

Lubatav tõmbepinge

$$\sigma_{all} = \frac{R_e}{\nu}$$

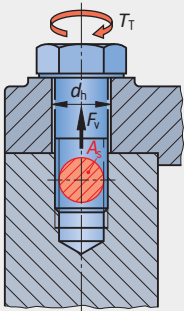
Nõutav pingutusjõud

$$F_{req} = \frac{\varphi \cdot F_o}{\mu}$$

Kõrgsuutlikud keermesliited

Raskkoormatud keermesliidete koostamisel kontrollitakse tavaliselt pöördemomenti, nt dünamomeetrilise võtme või hüdrauliilise mutrikeeraja abil.

Kuuskantpearkruvi

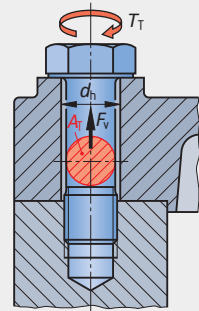


T_T pingutusmoment
 d_h ava läbimõõt
 A_S arvutuslik ristlõikepindala
 F_V eeltõmbejõud
 μ hõõrdetegur
 A_T varva ristlõikepindala

Lähtutakse alltoodud andmetest:

- kuuskantpearkruvid/poldid, nt DIN EN ISO 4014, DIN EN ISO 4017, DIN EN ISO 8765, DIN EN ISO 8876, DIN EN 24015 (lk 217, 218);
- silinderpearkruvid/poldid, nt DIN EN ISO 4762 (lk 219);
- Liiteavad d_h "keskmine" vastavalt DIN EN 20273 (lk 216);
- Hõõrdeteguri μ standardsed väärtused:
 $\mu = 0.08 \rightarrow$ fosfaaditud kruvi/polt, määritud MoS_2 -ga;
 $\mu = 0.12 \rightarrow$ fosfaaditud kruvi/polt, kergelt õlitatud;
 $\mu = 0.16 \rightarrow$ fosfaaditud kruvi/polt, liimiga lukustatud.

Peenvarvaga kruvi

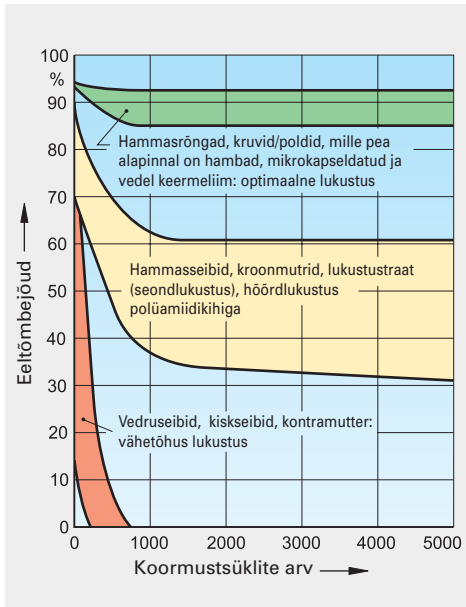
Suurimad eeltõmbejõud ja pingutusmomendid¹⁾

VDI 2230 (2015-11)

Keere	Omadus-klass	A_{Sv} , mm ²	Tavakruvid/poldid						Peenvarvaga kruvid/poldid						
			Eeltõmbejõud F_V , kN			Pingutusmoment T_T , N · m			A_T , mm ²	Eeltõmbejõud F_V , kN			Pingutusmoment T_T , N · m		
			0.08	0.12	0.16	0.08	0.12	0.16		Hõõrdetegur μ			Hõõrdetegur μ		
M8	8.8 10.9 12.9	36.6	19.5 28.7 33.6	18.6 27.3 32	17.6 25.8 30.2	18.5 27.2 31.8	24.6 36.1 42.2	29.8 43.8 51.2	26.6	13.8 20.3 23.8	13 19.1 22.3	12.1 17.8 20.8	13.1 19.2 22.5	17.1 25.2 29.5	20.5 30.1 35.3
M8x1	8.8 10.9 12.9	39.2	21.2 31.1 36.4	20.2 29.7 34.7	19.2 28.1 32.9	19.3 28.4 33.2	26.1 38.3 44.9	32 47 55	29.2	15.5 22.7 26.6	14.6 21.4 25.1	13.6 20 23.4	14.1 20.7 24.3	18.8 27.7 32.4	22.8 33.5 39.2
M10	8.8 10.9 12.9	58.0	31 45.6 53.3	29.6 43.4 50.8	27.9 41 48	36 53 62	48 71 83	59 87 101	42.4	22.1 32.5 38	20.8 30.5 35.7	19.4 28.4 33.3	26 38 45	34 50 59	41 60 70
M10x1.25	8.8 10.9 12.9	61.2	33.1 48.6 56.8	31.6 46.4 54.3	29.9 44 51.4	38 55 65	51 75 87	62 92 107	45.6	24.2 35.5 41.5	22.8 33.5 39.2	21.3 31.3 36.6	28 40 47	37 54 63	44 65 76
M12	8.8 10.9 12.9	84.3	45.2 66.3 77.6	43 63.2 74	40.7 59.8 70	63 92 108	84 123 144	102 149 175	61.8	32.3 47.5 55.6	30.4 44.6 52.2	28.3 41.6 48.7	45 66 77	59 87 101	71 104 122
M12x1.5	8.8 10.9 12.9	88.1	47.6 70 81.9	45.5 66.8 78.2	43.1 63.3 74.1	64 95 111	87 128 150	107 157 183	65.7	34.8 51.1 59.8	32.8 48.2 56.4	30.7 45.1 52.8	47 69 81	63 92 108	76 111 130
M16	8.8 10.9 12.9	157	84.7 124.4 145.5	80.9 118.8 139	76.6 112.6 131.7	153 224 262	206 302 354	252 370 433	117	61.8 90.8 106.3	58.3 85.7 100.3	54.6 80.1 93.8	111 164 191	148 218 255	179 264 308
M16x1.5	8.8 10.9 12.9	167	91.4 134.2 157	87.6 128.7 150.6	83.2 122.3 143.1	159 233 273	218 320 374	269 396 463	128	68.6 100.8 118	65.1 95.6 111.8	61.1 89.8 105	119 175 205	162 238 278	198 290 340
M20	8.8 10.9 12.9	245	136 194 227	130 186 217	123 176 206	308 438 513	415 592 692	509 725 848	182	100 142 166	94 134 157	88 125 147	225 320 375	300 427 499	362 516 604
M20x1.5	8.8 10.9 12.9	272	154 219 157.1	148 211 246	141 200 234	327 466 545	454 646 756	565 804 941	210	117 167 196	112 159 186	105 150 175	249 355 416	342 488 571	422 601 703
M24	8.8 10.9 12.9	353	196 280 327	188 267 313	178 253 296	529 754 882	714 1017 1190	875 1246 1458	263	143 204 239	135 193 226	127 180 211	387 551 644	515 734 859	623 887 1038
M24x2	8.8 10.9 12.9	384	217 310 362	209 297 348	198 282 331	557 793 928	769 1095 1282	955 1360 1591	295	165 235 274	156 223 261	147 209 245	422 601 703	576 821 961	708 1008 1179

¹⁾ Koostamisel pingutusmomendiga T_T on eelduseks, et kruvi/poldi materjal pingestatakse väärtuseni umbes 90% tinglikust voolepiirist $R_{p0.2}$. Tabeliväärtuste kasutamine ei asenda keermesliite arvutust, nt VDI 2230 järgi.

Keermesliite lukustamine



Erinevate lukustuselementide vibratsioonikatse DIN 65151 järgi

Keermesliidete lukustust katsetati kruvide/poltidega ISO 4014-M10 pöikkoormustel.

Õigesti dimensioneeritud ja paigaldatud keermesliiteid ei vaja üldjuhul lukustuselemente. Liite tõmbeajad väldib komponentide suhtelise libisemise või liite lahtitulekuho. Praktilis võib tõmbeajad aga vähendada järgmistel põhjustel:

- **Keermesliite lõdvenemine** suurte kontaktpingete toimel, mis põhjustavad plastse deformatsiooni (nn kohandumine) ning vähendavad keermesliite eeltõmbeajad.

Vältimine: võimalikult väike kasulik koormus, vähim võimalik pinnakaredus, kõrgtugevate kruvide/poltide kasutus (suur eelkoormus).

- **Keermesliite lõdvenemine:** Liidetes, mis on dünaamiliselt pöikkoormatud, on liite iseenesliku lahtituleku (iselahtikeerumise) oht.

Seda saab vältida keermesliite lukustuse abil. Lukustusmeetodid võib jagada tõhususe järgi kolme gruppi:

Vähetõhusad lukustuselemendid (nt vedruseibid ja kiskseibid).

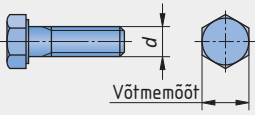

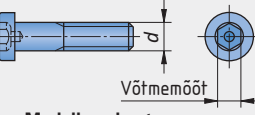
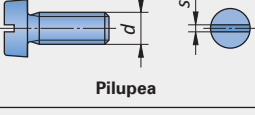
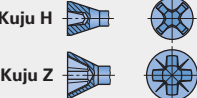
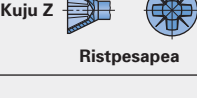
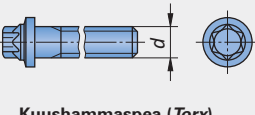
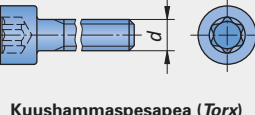
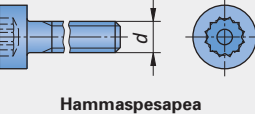
Seondlukustus, mis lubab liite lahtitulekut väikeses ulatuses, kuid takistab täielikku lahtitulekut

Hõõrdlukustus (näit. keermeliim või karestatud peaga kruvid). Eeltõmbeajad on enam-vähem muutumatu. Kruvi/polt ega mutter ei saa iseeneslikult lahti tulla (parim lukustusmeetod).

Lukustusmeetodite ülevaade

Meetod	Lukustuselement	Standard	Tüüp ja omadused
Liite koostamisel elastne deformatsioon	vedru vedruseib sisekiskseib väliskiskseib	tagasivõetud tagasivõetud tagasivõetud tagasivõetud	ebatõhus ebatõhus ebatõhus ebatõhus
Tõke pöörmisele	tõkisplaat kroonmutter lõhiseiga lukustustraad	tagasivõetud DIN 935-1 (2000-10) –	seondlukustus seondlukustus seondlukustus
Keermeping	kontramutter	–	ebatõhus, võib lahti tulla.
	kruvid/poldid ja mutrid pingutitava polüamiidikihihiga keermel	DIN 267-28 (2009-09) ISO 2320 (2009-03)	hõõrdlukustus, kerge lukustus.
Liite koostamisel plastne deformatsioon	poldid, mille pea alapinnal on hambad	–	hõõrdlukustus, ei sobi karastatud detailidele.
	hammasrõngas, hammaseib, lukustusseibide paar	– –	hõõrdlukustus, ei sobi karastatud detailidele hõõrdlukustus
Keermepaari blokeerimine	mikrokapseldatud keermeliim	DIN 267-27 (2009-09)	liimlukustus, liide on tihe; temperatuurivahemik –50 °C kuni 150 °C.
	vedel keermeliimliim	–	liimlukustus

Kruvide/poltide keeramiselemendid

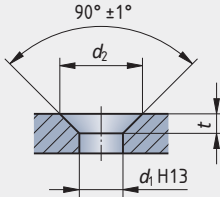
Kuju, tähistus	Nimimõõtmed Võtmemõõt/Keere <i>d</i>		Omadused, kasutus
 Võtmemõõt Kuuskantpea	$s = 5 \text{ mm/M}2.5$ $s = 5.5 \text{ mm/M}3$ $s = 7 \text{ mm/M}4$	$s = 16 \text{ mm/M}10$ $s = 18 \text{ mm/M}12$ $s = 24 \text{ mm/M}16$	Suur ülekantav pööremoment, telgjoud ei ole vajalik, sama tööriist nii poldid kui ka mutri jaoks.
	$s = 8 \text{ mm/M}5$ $s = 10 \text{ mm/M}6$ $s = 13 \text{ mm/M}8$	$s = 30 \text{ mm/M}20$ $s = 36 \text{ mm/M}24$ $s = 46 \text{ mm/M}30$	Üldmasinaehitus, autotööstus, sõidukitööstus.
 Võtmemõõt Kuuskantpesapea	$s = 2 \text{ mm}/2.5$ $s = 2.5 \text{ mm/M}3$ $s = 3 \text{ mm/M}4$	$s = 8 \text{ mm/M}10$ $s = 10 \text{ mm/M}12$ $s = 14 \text{ mm/M}16$	Ülekantav pöördemoment natuke väiksem kuuskantpeaga võrreldes, võtab vähem ruumi.
	$s = 4 \text{ mm/M}5$ $s = 5 \text{ mm/M}6$ $s = 6 \text{ mm/M}8$	$s = 17 \text{ mm/M}20$ $s = 19 \text{ mm/M}24$ $s = 22 \text{ mm/M}30$	Üldmasinaehitus, tsentritihvtiga kuuskantpea saab keerata vaid eritööriista abil, seetõttu on see sobiv kaitseks sissetungi ja varguse vastu.
 Võtmemõõt Madalkuuskantpesapea, tsentriavaga	$s = 3 \text{ mm/M}4$ $s = 4 \text{ mm/M}5$ $s = 5 \text{ mm/M}6$	$s = 10 \text{ mm/M}12$ $s = 12 \text{ mm/M}14$ $s = 14 \text{ mm/M}16$	Ülekantav pöördemoment natuke väiksem kuuskantpeaga võrreldes; sobib süvistämmiseks õhemate materjalide korral.
	$s = 6 \text{ mm/M}8$ $s = 8 \text{ mm/M}10$	$s = 17 \text{ mm/M}20$ $s = 19 \text{ mm/M}24$	Üldmasinaehitus.
 Võtmemõõt Pilupea	$s = 0,5 \text{ mm/M}2$ $s = 0,6 \text{ mm/M}2.5$	$s = 1,2 \text{ mm/M}5$ $s = 1,6 \text{ mm/M}6$	Tööriista on raske tsentreerida, väike ülekantav pöördemoment, suur survepinge tööriista ja kruvi pea kontaktalades.
	$s = 0,8 \text{ mm/M}3$ $s = 1,2 \text{ mm/M}4$	$s = 2 \text{ mm/M}8$ $s = 2,5 \text{ mm/M}10$	Elektrimasinaehitus.
Kuju H  Kuju Z  Ristpesapea	PH0/M2 PH1/M2.5 ... M3 PH2/M3.5 ... M5	PZ0/M2 PZ1/M2.5 ... M3 PZ2/M3.5 ... M5	Tööriista parem tsentreerimine ja suurem ülekantav pöördemoment pilupeaga võrreldes, väiksem kontaktsurve.
	PH3/M5.5 ... M8 PH4/M8 ... M10	PZ3/M5.5 ... M8 PZ4/M8 ... M10	Elektrimasinaehitus, aparaadiehitus.
 Võtmemõõt Kuushammaspea (Torx)	E5/M4 E6/M5 E8/M6	E14/M12 E18/M14 E20/M16	Hea ülekantav pöördemoment, tööriista on lihtne positioneerida ja kasutada.
	E10/M8 E12/M10	E24/M18 E32/M20	Üldmasinaehitus, autotööstus, sõidukitööstus.
 Võtmemõõt Kuushammaspesapea (Torx)	T6/M2 T8/M T10/M3	T30/M6 T40/M8 T45/M8	Hea ülekantav pöördemoment, kompaktned tööriist.
	T15/M3.5 T20/M4 T25/M5	T50/M10 T55/M12 T60/M16	Üldmasinaehitus, aparaadiehitus, elektrimasinaehitus, tsentritihvtiga kuuskantpea saab keerata vaid eritööriista abil, seetõttu on see sobiv kaitseks sissetungi ja varguse vastu.
 Võtmemõõt Hammaspesapea	N4/M4 N5/M5 N6/M6	N12/M10 ... M12 N14/M12 ... M14 N16/M14 ... M16	Ohutusprofiil 12 väikese hambaga, ülekantav jõud jaotub paljude hammaste vahel, keskmine ülekantav pöördemoment.
	N8/M6 ... M8 N10/M8 ... M10	N18/M16	Autotööstus, sõidukitööstus.

Peitpeasüvised

Süvised peitpeakruvidele/poltidele pea kujuga ISO 7721 järgi

DIN DIN EN ISO 15065 (2005-05)

Nimisuurus	1.6	2	2.5	3	3.5	4
Meeterkeere	M1.6	M2	M2.5	M3	M3.5	M4
Keermestav keere	–	ST2.2	–	ST2.9	ST3.5	ST4.2
d_1 H13 ¹⁾	1.8	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5
d_2 min.	3.6	4.4	5.5	6.3	8.2	9.4
d_2 max.	3.7	4.5	5.6	6.5	8.4	9.6
$t_1 \approx$	1.0	1.1	1.4	1.6	2.3	2.6
Nimisuurus	5	5.5	6	8	10	–
Meeterkeere	M5	–	M6	M8	M10	–
Keermestav keere	ST4.8	ST5.5	ST6.3	ST8	ST9.5	–
d_1 H13	5.5	6	6.6	9	11	–
d_2 min.	10.4	11.5	12.6	17.3	20	–
d_2 max.	10.7	11.8	12.9	17.6	20.3	–
$t_1 \approx$	2.6	2.9	3.1	4.3	4.7	–
⇒	Süvis ISO 15065 – 8: Nimisuurus 8 (meeterkeere M8 või keeretlõikav keere ST8).					
Kasutus:	Pilupeaga peitpeakruvid Ristpesapeaga peitpeakruvid Pilupeaga poolpeitpeakruvid Ristpesapeaga poolpeitpeakruvid Pilupeaga keermestavad peitpeakruvid Ristpesapeaga keermestavad peitpeakruvid Pilupeaga keermestavad poolpeitpeakruvid Ristpesapeaga keermestavad poolpeitpeakruvid Ristpesapeaga keermestavad peitpeakruvid Ristpesapeaga keermestavad poolpeitpeakruvid					DIN EN ISO 2009 DIN EN ISO 7046-1 DIN EN ISO 2010 DIN EN ISO 7047 DIN ISO 1482 DIN ISO 7050 DIN ISO 1483 DIN ISO 7051 ISO 15482 ISO 15483

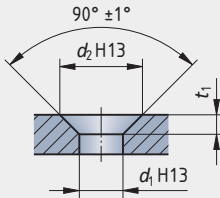


Kujutamise tööjoonistel:
lk 84.

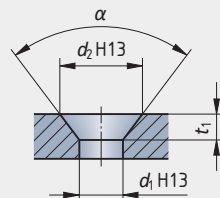
Süvised peitpeakruvidele/poltidele

DIN 74 (2003-04)

Keere	1.6	2	2.5	3	4	4.5	5	6	7	8	
Kuju A	d_1 H13 ¹⁾	1.8	2.4	2.9	3.4	4.5	5	5.5	6.6	7.6	9
	d_2 H13	3.7	4.6	5.7	6.5	8.6	9.5	10.4	12.4	14.4	16.4
	$t_1 \approx$	0.9	1.1	1.4	1.6	2.1	2.3	2.5	2.9	3.3	3.7
⇒	Süvis DIN 74 – A4: Kuju A, keerne nimiläbimõõt 4 mm.										
Kuju A kasutus	Peitpeaga puidukruvid Poolpeitpeaga puidukruvid					DIN 97 ja DIN 7997 DIN 95 ja DIN 7995					
Keere	10	12	16	20	22	24					
Kuju E	d_1 H13 ¹⁾	10.5	13	17	21	23	25				
	d_2 H13	19	24	31	34	37	40				
	$t_1 \approx$	5.5	7	9	11.5	12	13				
α	75° ± 1°					60° ± 1°					
⇒	Süvis DIN 74 – E12: Kuju E, keerne nimiläbimõõt 12 mm.										
Kuju E kasutus	Terastarindite peitpeakruvid/poldid					DIN 7969					
Keere	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	
Kuju F	d_1 H13 ¹⁾	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	13.5	15.5	17.5	22
	d_2 H13	6.9	9.2	11.5	13.7	18.3	22.7	27.2	31.2	34.0	40.7
	$t_1 \approx$	1.8	2.3	3.0	3.6	4.6	5.9	6.9	7.8	8.2	9.4
⇒	Süvis DIN 74 – F12: Kuju F, keerne nimiläbimõõt 12 mm.										
Kuju F kasutus	Kuuskantpesaga peitpeakruvid/poldid					DIN EN ISO 10642 (DIN 7991 asemel)					



Kuju A ja kuju F



Kuju E

Kujutamise tööjoonistel:
lk 84.

Kujud B, C ja D ei ole enam standarditud.

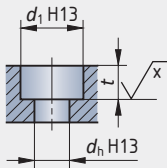
¹⁾ Keskmise seeria liiteavad vastavalt DIN EN 20273, lk 216.

Silinderpea- ja kuuskantpeasüvised

Süvised silinderpeakruvidele/poltidele

DIN 974-1 (2008-02)

Keere d	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	27	30	36	
d_h H13 ¹⁾	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	13.5	17.5	22	26	30	33	39	
d_1 H13	Seeria 1	6.5	8	10	11	15	18	20	26	33	40	46	50	58
	Seeria 2	7	9	11	13	18	24	–	–	–	–	–	–	
	Seeria 3	6.5	8	10	11	15	18	20	26	33	40	46	50	58
	Seeria 4	7	9	11	13	16	20	24	30	36	43	46	54	63
	Seeria 5	9	10	13	15	18	24	26	33	40	48	54	61	69
	Seeria 6	8	10	13	15	20	24	33	43	48	58	63	73	–
$f_1^{(2)}$	ISO 1207	2.4	3.0	3.7	4.3	5.6	6.6	–	–	–	–	–	–	
	ISO 4762	3.4	4.4	5.4	6.4	8.6	10.6	12.6	16.6	20.6	24.8	–	31.0	37.0
	DIN 7984	2.4	3.2	3.9	4.4	5.6	6.6	7.6	9.6	11.6	13.8	–	–	–
⇒ DIN 974 ei sätesta süviste tähistamist.														
Seeria	Silinderpeakruvid/poldid ilma seibita													
1	kruvid/poldid ISO 1207, ISO 4762, DIN 6912, DIN 7984, DIN 34821, ISO 4579, ISO 4580													
2	kruvid/poldid ISO 1580, DIN EN ISO 7045, DIN EN ISO 14583													
Silinderpeakruvid/poldid erinevate seibidega														
3	Kruvid/poldid ISO 1207, ISO 4762, DIN 7984 vedruseibidega DIN 7980 ³⁾													
4	Seibid DIN EN ISO 7092 Laineseibid DIN 137 Form A ³⁾ Vedruseibid DIN 128 + DIN 6905 ³⁾						Kiskseibid DIN 6797 ³⁾ Kiskseibid DIN 6798 ³⁾ Kiskseibid DIN 6907 ³⁾							
5	Seibid DIN EN ISO 7089 + 7090 Seibid DIN EN 6902 kuju A ³⁾						Laineseibid DIN 137 kuju B ³⁾ Laineseibid DIN 6904 ³⁾							
6	Taldrikseibid DIN 6796, DIN 6908													



$$\sqrt{x} = \sqrt{Ra \cdot 3.2}$$

Kujutamine tööjoonistel: lk 84.

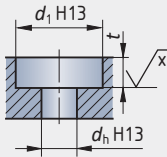
¹⁾ Liiteavad vastavalt DIN EN 20273, keskmine seeria, lk 216.

²⁾ Keermesliidetele ilma seibita. ³⁾ Standardid on tagasi võetud.

Süvised kuuskantpeakruvidele/poltidele ja mutritele

DIN 974-2 (1991-05)

Keere d	4	5	6	8	10	12	14	16	20	24	27	30	33	36	42	
s	7	8	10	13	16	18	21	24	30	36	41	46	50	55	65	
d_h H13	4.5	5.5	6.6	9	11	13.5	15.5	17.5	22	26	30	33	36	39	45	
d_1 H13	Seeria 1	13	15	18	24	28	33	36	40	46	58	61	73	76	82	98
	Seeria 2	15	18	20	26	33	36	43	46	54	73	76	82	89	93	107
	Seeria 3	10	11	13	18	22	26	30	33	40	48	54	61	69	73	82
$f_1^{(1)}$ Kuuskant	3.2	3.9	4.4	5.7	6.8	8.2	–	10.6	13.1	15.8	–	19.7	23.5	–	–	
⇒ DIN 974 ei sätesta süviste tähistamist.																



$$\sqrt{x} = \sqrt{Ra \cdot 3.2}$$

või $\sqrt{x} = \sqrt{Rz \cdot 25}$

Kujutamine tööjoonistel: lk 84.

Seeria 1: Padrunvõtmele DIN 659, DIN 896, DIN 3112 või padrunile DIN 3124 järgi.

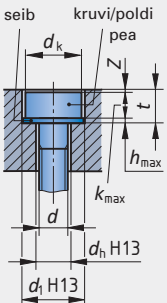
Seeria 2: Silmusvõtmetele DIN 838, DIN 897 või padrunile DIN 3129 järgi.

Seeria 3: Süvistele kitsastes tingimustes (ei sobi koos taldrikvedrudega).

¹⁾ Kuuskantpeakruvidele/poltidele ISO 4014, ISO 4017, ISO 8765, ISO 8676 ilma seibita.

Süvise sügavuse arvutus (DIN 974-1 ja DIN 974-2)

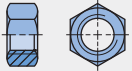
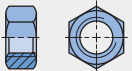

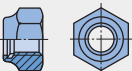
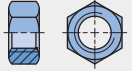
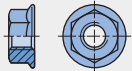
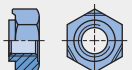
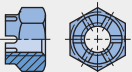
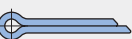
Sügavusvaru määramine Z					
Keerme nimiläbimõõt d	üle 1 kuni 1.4	üle 1.4 kuni 6	üle 6 kuni 20	üle 20 kuni 27	üle 27 kuni 100
Varu Z	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
t	süvise sügavus				
k_{max}	kruvi/poldi pea suurim kõrgus				
h_{max}	seibi suurim kõrgus				
Z	sügavusvaru lähtuvalt keerme nimiläbimõõdust (vt tabel)				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $t = k_{max} + h_{max} + Z$ </div>					



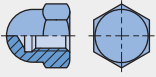

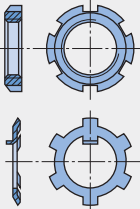
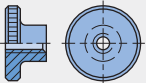
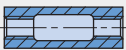
¹⁾ Kui k_{max} ja h_{max} väärtused ei ole teada, võib kasutada ligikaudseid k ja h väärtusi.

ME

Mutrite liigid, ülevaade

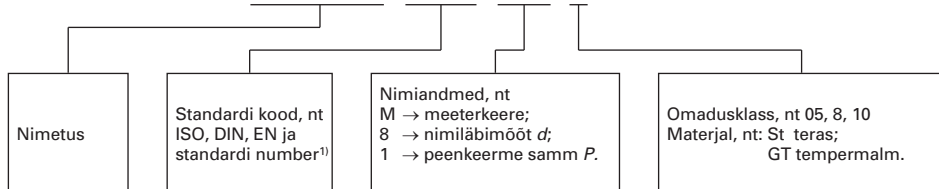
Kuju	Kujundus	Standardvahemik alates ... kuni	Standard	Kasutus, omadused
Kuuskantmutrid, tüüp 1 lk 234, lk 235				
	jämekeermega	M1.6 ... M64	DIN EN ISO 4032	Enimkasutatud mutrid, kasutatakse koos kuni sama omadusklassi poltidega; Peenkeermed: suurem kandevõime jämekeermetega võrreldes.
	peenkeermega	M8x1 ... M64x4	DIN EN ISO 8673	
Kuuskantmutrid, tüüp 2 lk 235				
	jämekeermega	M5 ... M36	DIN EN ISO 4033	Mutri kõrgus <i>m</i> on ligi 10% võrra suurem, kui tüüp 1 mutritel, kasutatakse koos kuni sama omadusklassi poltidega; Peenkeermed: suurem kandevõime jämekeermetega võrreldes.
	peenkeermega	M8x1 ... M36x3	DIN EN ISO 8674	
Madalad kuuskantmutrid lk 235, lk 236				
	jämekeermega	M1.6 ... M64	DIN EN ISO 4035	Kasutatakse oludes, kui ruumi on vähe ja pinged on väikesed; Peenkeermed: suurem kandevõime jämekeermetega võrreldes.
	peenkeermega	M8x1 ... M64x4	DIN EN ISO 8675	
Lukustusrõngaga kuuskantmutrid lk 236				
	jämekeermega	M3 ... M36	DIN EN ISO 7040	Täieliku kandevõime ja mitte-metall-rõngaga iselukustuvad mutrid, kasutustemperatuur kuni 120 °C; Peenkeermed: suurem kandevõime jämekeermetega võrreldes.
	peenkeermega	M8x1 ... M36x3	DIN EN ISO 10512	
	jämekeermega	M5 ... M36	DIN EN ISO 7719	Täieliku kandevõime ja mitte-metall-rõngaga iselukustuvad mutrid; Peenkeermed: suurem kandevõime jämekeermetega võrreldes.
	peenkeermega	M8x1 ... M36x3	DIN EN ISO 10513	
Muud kuuskantmutrid lk 236, lk 238				
	suure võtmemõõduga, jämekeermega		14399-4	Metalltarindid: kõrgtugevad eelkoormatud liited (HV), koos kuuskantpeapoltidega DIN EN 14999-4 (lk 219).
	äärrikuga, jämekeermega	M5 ... M20	DIN EN 1661	Võib kasutada suure lõtkuga liiteavade korral või kontaktsurve leevendamiseks.
	keevitusmutrid, jämekeermega	M3 ... M16 M8x1 ... M16x1.5	DIN 929	Kasutatakse lehtmetailtarindites; mutrid kinnitatakse tavaliselt punktkeevituse abil iselallehe külge.
Kroonmutrid, lõhised lk 238				
	kõrged, jäme- või peenkeermega	M4 ... M100 M8x1 ... M100x4	DIN 935	Võib kasutada laagrite, kõrge ohtusnõuetega liidete (sõidukite roolimehanism) teljesihiliseks kinnitamiseks Lukustus lõhise ja poldi telje rist-sihilise ava abil. Poldi täiskoorumisel lõhis puruneb lõikel, kui omadusklass on kõrgem kui 8.8.
	madalad, jäme- või peenkeermega	M6 ... M48 M8x1 ... M48x3	DIN 979	
	lõhis	0.6x12 ... 20x280	DIN EN ISO 1234	

Mutrite liigid, ülevaade. Mutrite tähistus

Kuju	Kujundus	Standardvahemik alates ... kuni	Standard	Kasutus, omadused
Kübarmutrid lk 237				
	kõrged jäme- või peenkeere	M4 ... M36 M8x1 ... M24x2	DIN 1587	Dekoriatiivne või tihendav keermesliite otsa kate, keermee kaitse, kaitse keermee vigastava toime eest.
	madalad, jäme- või peenkeere	M4 ... M48 M8x1 ... M48x3	DIN 917	
Aasmutrid lk 237				
	tõsteaas, jäme- või peenkeere	M8 ... M100x6 M20x2 ... M100x4	DIN 582	Masinate ja seadmete transpordiaasad; pinge sõltub rakendatud koormuse nurgast, vajalik on tugipinna freesimine.
Soonmutrid ja lukustusseibid lk 237				
	lukustusmutter, jäme- või peenkeermega	M10x1 ... M200x1.5	DIN 70852	Teljesihiliseks paigaldamiseks: väikese paigalduskõrguse ja madalate pingetega rummud, lukustuslukustusseibi abil.
	lukustusseib	10 ... 200	DIN 70952	
	lukustusmutter, peenkeermega	M10x0.75... M115x2 (KM0 ... KM23)	DIN 981	Rull-laagrite teljesihiliseks paigaldamiseks, laagri lõtku reguleerimiseks (nt koonusrull-laagid), lukustuslukustusseibi abil.
	lukustusseib	10 ... 115 (MB0 ... MB23)	DIN 5406	
Käsimutrid lk 238				
	kõrged, jämekeermega	M1 ... M10	DIN 466	Kasutatakse sagedasti avatavates liidetes (nt rakised, kinnitused, fiksaatorid, seadmekapid).
	madalad, jämekeermega	M1 ... M10	DIN 467	
Kuuskantpingutusmutrid				
	jämekeermega	M6 ... M30	DIN 1479	Kasutatakse reguleeritavates liidetes (nt keermelatid), vasak- ja paremkeermega; lukustatakse kontramutriga.
Mutrite tähistus DIN 962 (2013-04)				

Näited:

Kuuskantmutter ISO 4032 – M12 – 8
 Kroonmutter DIN 929 – M8 x 1 – St
 Kuuskantmutter EN 1661 – M12 – 10



¹⁾ ISO või DIN EN ISO järgi standarditud mutrite tähises antakse kood **ISO**.
 DIN järgi standarditud mutrite tähises antakse kood **DIN**.
 DIN EN järgi standarditud mutrite tähises antakse kood **EN**.

Mutrite tugevus. Kuuskantmutrid

Mutrite omadusklassid

DIN EN ISO 898-2 (2012-08),
DIN EN ISO 3506-2 (2010-04)

Näited:

Mittelegeer- ja legeerterased
DIN EN ISO 898-2

Roostevabaterased
DIN EN ISO 3506-2

Mutri kõrgus $m \geq 0.8 \cdot d$: **8**

Mutri kõrgus $m < 0.8 \cdot d$: **04**

mutri kõrgus $m \geq 0.8 \cdot d$: **A 2 – 70**

mutri kõrgus $m < 0.8 \cdot d$: **A 4 – 035**

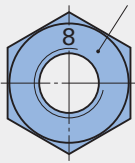
Kood
8 omadusklass
04 madal mutter, teimpinge = 4 · 100 N/mm ²

Terase tüüp
A → austeniitne
A2 → roostevaba
A4 → roostevaba ja happekindel

Kood
70 Teimpinge = 70 · 10 N/mm ²
035 madal mutter, teimpinge = 35 · 10 N/mm ²

Mutrite ja poltide lubatud kombinatsioonid

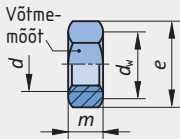
DIN EN ISO 898-2 (2012-08)

Mutrid	Mutri omadusklass	Poldi omadusklass																		
		Mittelegeer- ja legeerterased						Roostevabaterased												
		4.8	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	A2-50	A2-70	A4-50	A4-70								
	5																			
	6																			
	8																			
	9																			
	10																			
	12																			
	A2-50																			
	A2-70																			
	A4-50																			
	A4-70																			
	04, 05, A2-025, A4-025	Madalate mutrite omadusklassid; mutrite kandevõime on väiksem. Koos võib kasutada ühe ja sama materjaligrupi, nt roostevabaterasest, polte ja mutreid.																		

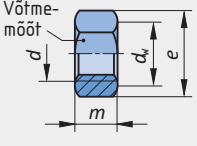
Jämekeermega kuuskantmutrid, tüüp 1¹⁾

DIN EN ISO 4032 (2013-04)

Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana stand. DIN EN	DIN	Keere d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	
4032	24032	934	Võtmemõõt d _w	3.2 2.4	4 3.1	5 4.1	5.5 4.6	7 5.9	8 6.9	10 8.9	13 11.6	16 14.6	
			e m	3.4 1.3	4.3 1.6	5.5 2	6 2.4	7.7 3.2	8.8 4.7	11.1 5.2	14.4 6.8	17.8 8.4	
			Omadusklass	vastavalt kokkuleppele				6, 8, 10					
				A2-70, A4-70									
			Keere d	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	
			Võtmemõõt d _w	18 16.6	24 22.5	30 27.7	36 33.3	46 42.8	55 51.1	65 60	75 69.5	85 78.7	
			e m	20 10.8	26.8 14.8	33 18	39.6 21.5	50.9 25.6	60.8 31	71.3 34	82.6 38	93.6 45	
			Omadusklass	6, 8, 10					vastavalt kokkuleppele				
			Keere d	A2-70, A4-70				A2-50, A4-50		–			
			Järk	–									
			Selgitus	1) Tüüp1: Mutri kõrgus $m \geq 0.8 \cdot d$.									
				⇒ Kuuskantmutter ISO 4032 – M10 – 10: d = M10, omadusklass 10.									



Kuuskantmutrid

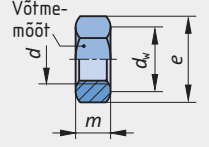
Jämekeermega kuuskantmutrid, tüüp 2 ¹⁾		DIN EN ISO 4033 (2013-04)									
	Keere <i>d</i>	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
	Võtmemõõt <i>d_w</i>	8 6.9	10 8.9	13 11.6	16 14.8	18 14.6	24 22.5	30 27.7	36 33.2	46 42.7	55 51.1
	<i>e</i> <i>m</i>	8.8 5.1	11.1 5.7	14.4 7.5	17.8 9.3	20 12	26.8 16.4	33 20.3	39.6 23.9	50.9 28.6	60.8 34.7
	Tootejärgud (lk 216)	Omadusklass 8, 9, 10, 12									
Keere <i>d</i>	Järk	Selgitus 1) Tüüp 2 kuuskantmutrid on ligi 10% kõrgemad, kui tüüp 1 mutrid. ⇒ Kuuskantmutter ISO 4033 – M24 – 9: <i>d</i> = M24, omadusklass 9.									
M1.6...M16	A										
M20...M64	B										

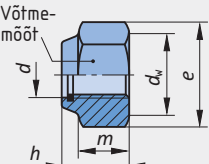
Peenkeermega kuuskantmutrid, tüüp 1 ja tüüp 2 ¹⁾			DIN EN ISO 8673 ja 8674 (2013-04)											
Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana stand. DIN EN		Keere <i>d</i>	M8 x1	M10 x1	M12 x1.5	M16 x1.5	M20 x1.5	M24 x2	M30 x2	M36 x3	M42 x3	M48 x3	M56 x4
8673	28673	934	Võtmemõõt <i>d_w</i>	13 11.6	16 14.6	18 16.6	24 22.5	30 27.7	36 33.3	46 42.8	55 51.1	65 60	75 69.5	85 78.6
8674	28674	971	<i>e</i> <i>m</i> ₁ ¹⁾ <i>m</i> ₂ ¹⁾	14.4 6.8 7.5	17.8 8.4 9.3	20 10.8 12	26.8 14.8 16.4	33 18 20.3	39.6 21.5 23.9	50.9 25.6 28.6	60.8 31 34.7	71.3 34 –	82.6 38 –	93.6 45 –
Tootejärgud (lk 216)			Omadusklass	Tüüp 1 6, 8, 10 (kui <i>d</i> < M16x1.5)								vastavalt kokkuleppele		
Keere <i>d</i>	Järk	A2-70, A4-70				A2-50, A4-50								
M8x1...M16x1.5	A	Tüüp 2 8, 12				10				–				
M20x1.5...M64x3	B	Selgitus 1) Kuuskantmutter, tüüp 1: DIN EN ISO 8673, mutri kõrgus <i>m</i> ₁ ≥ 0.8 · <i>d</i> ; Kuuskantmutter, tüüp 2: DIN EN ISO 8674, mutri kõrgus <i>m</i> ₂ on ligi 10% võrra suurem, kui tüüp 1 mutritel. ⇒ Kuuskantmutter ISO 8673 – M8x1 – 6: <i>d</i> = M8x1, omadusklass 6.												

Jämekeermega madalad kuuskantmutrid ¹⁾		DIN EN ISO 4035 (2013-04)										
Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana stand. DIN EN	Keere <i>d</i>	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	
4035	24035	Võtmemõõt <i>d_w</i>	3.2 2.4	4 3.1	5 4.1	5.5 4.6	7 5.9	8 6.9	10 8.9	13 11.6	16 14.6	
Tootejärgud (lk 216)			<i>e</i> <i>m</i>	3.4 1	4.3 1.2	5.5 1.6	6 1.8	7.7 2.2	8.8 2.7	11.1 3.2	14.4 4	17.8 5
Tootejärgud (lk 216)			Omadusklass	vastavalt kokkuleppele						04, 05		
Tootejärgud (lk 216)			A2-035, A4-035									
Keere <i>d</i>	Järk	Keere <i>d</i>	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	
M1.6...M16	A	Võtmemõõt <i>d_w</i>	18 16.6	24 22.5	30 27.7	36 33.2	46 42.8	55 51.1	65 60	75 69.5	85 78.7	
M20...M36	B	<i>e</i> <i>m</i>	20 6	26.8 8	33 10	39.6 12	50.9 15	60.8 18	71.3 21	82.6 24	93.6 28	
Tootejärgud (lk 216)			Omadusklass	04, 05						vastavalt kokkuleppele		
Tootejärgud (lk 216)			A2-035, A4-035			A2-025, A4-025			–			
Keere <i>d</i>	Järk	Selgitus 1) Madalate kuuskantmutrite (mutri kõrgus <i>m</i> < 0.8 · <i>d</i>) kandevõime on väiksem, kui tüüp 1 mutritel. ⇒ Kuuskantmutter ISO 4035 – M16 – A2-035: <i>d</i> = M16, omadusklass A2-035.										

ME

Kuuskantmutrid

Peenkeermega madalad kuuskantmutrid ¹⁾		DIN EN ISO 8675 (2013-04)											
Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana stand. DIN EN	Keere d	M8 x1	M10 x1	M12 x1.5	M16 x1.5	M20 x1.5	M24 x2	M30 x2	M36 x3	M42 x3	M48 x4	M56 x4
8675	28675	Võtmemõõt d_w	13 11.6	16 14.6	18 16.6	24 22.5	30 27.7	36 33.3	46 42.8	55 51.1	65 60	75 69.5	85 76.7
		e	14.4 4	17.8 5	20 6	26.8 8	33 10	39.6 12	50.9 15	60.8 18	71.3 21	82.6 24	93.6 28
		m											
Tootejärgud (lk 216)		Omadusklass	04, 05 A2-035, A4-035							2) vastavalt kokkuleppele			
Keere d		Selgitus	¹⁾ Madalate kuuskantmutrite (mutri kõrgus $m < 0.8 \cdot d$) kandevõime on väiksem, kui tüüp 1 mutritel (lk 235). ²⁾ Roostevabateraste omadusklassid: A2-025, A4-025.										
Keere d		Järk											
M8x1 ... M16x1.5		A											
M20x1.5 ... M64x3		B											
		⇒	Kuuskantmutter ISO 8675 – M20x1.5 – A2-035: $d = M20 \times 1.5$, omadusklass A2-035.										

Lukustusrõngaga kuuskantmutrid, tüüp 1 ¹⁾		DIN EN ISO 7040 (2013-04) ja 10512 (2013-05)												
Kehtiv stand. DIN EN ISO	Vana stand. DIN EN	DIN	Keere d	M4	M5	M6	M8 M8 x1	M10 M10 x1	M12 M12 x1.5	M16 M16 x1.5	M20 M20 x1.5	M24 M24 x2	M30 M30 x2	M36 M36 x3
7040	27040	982	Võtmemõõt d_w	7 5.9	8 6.9	10 8.9	13 11.6	16 14.6	18 16.6	24 22.5	30 27.7	36 33.3	46 42.8	55 51.1
10512			e	7.7	8.8	11.1	14.4	17.8	20	26.8	33	39.6	46.8	60.8
		h	6	6.8	8	9.5	11.9	14.9	19.1	22.8	27.1	32.6	38.9	
		m	2.9	4.4	4.9	6.4	8	10.4	14.1	16.9	20.2	24.3	29.4	
Tootejärgud vt DIN EN ISO 4032		Omadusklass	DIN EN ISO 7040 ja $d > M5$: 5, 8, 10; DIN EN ISO 10512: 6, 8, 10											
		Selgitus	¹⁾ Kuuskantmutrid, tüüp 1 (mutri kõrgus $m \geq 0.8 \cdot d$); DIN EN ISO 7040: jämekeermega mutrid; DIN EN ISO 10512: peenkeermega mutrid.											
		⇒	Kuuskantmutter ISO 7040 – M16 – 10: $d = M6$, omadusklass 10.											

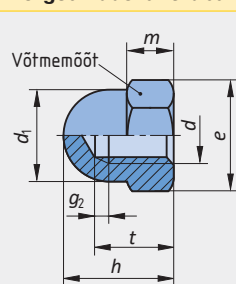
Suure võtmemõõduga kuuskantmutrid ¹⁾		DIN EN 14399-4 (2015-04)						
Keere d	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Võtmemõõt d_w	22 20.1	27 24.9	32 29.5	36 33.3	41 38	46 42.8	50 46.6	60 55.9
e	23.9 10	29.6 13	35 16	39.6 18	45.2 20	50.9 22	55.4 24	66.4 29
Omadusklass, pind	10 tavaline → õhukese õlkelmega, kuumgalvaanitud → tähis: tZn							
Selgitus	¹⁾ Metalltarindite kõrgtugevatele poltliidetele (HV) kasutatakse koos kuuskantpeapoltidega DIN EN 14399-4 järgi (lk 219).							
⇒	Kuuskantmutter EN 14399-4 – M16 – 10 – HV: $d = M24$, omadusklass 10, kõrgtugevatele poltliidetele.							
Tootejärk B								

Äärikuga kuuskantmutrid		DIN EN 1661 (1998-02)						
Keere d	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	
Võtmemõõt d_w	8 9.8 11.8	10 12.2 14.2	13 15.8 17.9	16 19.6 21.8	18 23.8 26	24 31.9 34.5	30 39.9 42.8	
e	8.8 5	11.1 6	14.4 8	17.8 10	20 12	26.8 16	33 20	
Omadusklass	8, 10, A2-70							
⇒	Kuuskantmutter EN 1661 – M16 – 8: $d = M16$, omadusklass 8.							
Tootejärgud vt DIN EN ISO 4032								

Kuuskantkübarmutrid, soonmutrid, aasmutrid

Kõrged kuuskantkübarmutrid

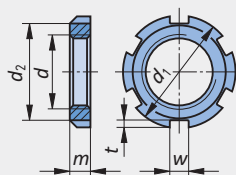
DIN 1587 (2014-07)

Tootejark A või B
tootja valikul

Keere d	M4	M5	M6	M8 M8 x1	M10 M10 x1	M12 M12 x1.5	M16 M16 x1.5	M20 M20 x2	M24 M24 x2
Võtmemoõt d_1 m	7 6.5 3.2	8 7.5 4	10 9.5 5	13 12.5 6.5	16 15 8	18 17 10	24 23 13	30 28 16	36 34 19
e h t	7.7 8 5.3	8.8 10 7.2	11.1 12 7.8	14.4 15 10.7	17.8 18 13.3	20 22 16.3	26.8 28 20.6	33.5 34 25.6	40 42 30.5
g_2	$g \approx 2 \cdot P$ (keerme samm)					Keerme väljajooks DIN 76-D			
Omadusklass	6, A1-50								
⇒	Kübarmutter DIN 1587 – M20 – 6: $d = M20$, omadusklass 6.								

Soonmutrid

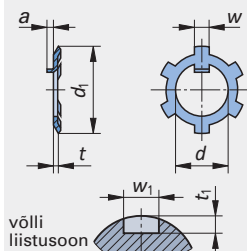
DIN 70852 (1989-06)



Keere d	M12 x1.5	M16 x1.5	M20 x1.5	M24 x1.5	M30 x1.5	M35 x1.5	M40 x1.5	M48 x1.5	M55 x1.5	M60 x1.5	M65 x1.5
d_1 d_2	22 18	28 23	32 27	38 32	44 38	50 43	56 49	65 57	75 67	80 71	85 76
m w t	6 4.5 1.8	6 5.5 2.3	6 5.5 2.3	7 6.5 2.8	7 6.5 2.8	8 7 3.3	8 7 3.3	8 8 3.8	8 8 3.8	9 11 4.3	9 11 4.3
Materjal	St (teras)										
⇒	Soonmutter DIN 70852 – M16x1.5 – St: $d = M16x1.5$, materjal teras.										

Hammaseibid

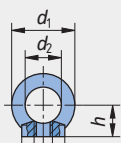
DIN 70952 (1976-05)

võlli
liistsoon

d	12	16	20	24	30	35	40	48	55	60	65
d_1 t	24 0.75	29 1	35 1	40 1	48 1.2	53 1.2	59 1.2	67 1.2	79 1.2	83 1.5	88 1.5
a w	3 4	3 5	4 5	4 6	5 7	5 7	5 8	5 8	6 10	6 10	6 10
w_1 C11 t_1	4 1.2	5 1.2	5 1.2	6 1.2	7 1.5	7 1.5	8 1.5	8 1.5	10 1.5	10 2	10 2
Materjal	St (terasplekk)										
⇒	Hammaseib DIN 70952-16 – St: $d = 16$ mm, materjal teras.										

Aasmutrid

DIN 582 (2010-09)

vertikaalne
(üks tross)nurgaga 45°
(kaks trossi)

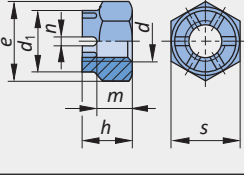
Keere d	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
h d_1	18 36	22.5 45	26 54	30.5 63	35 72	45 90	55 108	65 126	75 144	85 166	95 184
d_2 d_3	20 20	25 25	30 30	35 35	40 40	50 50	60 65	70 75	80 85	90 100	100 110
Lubatud koormus ¹⁾ sõltuvalt selle suunast, t											
Vertikaalne Kaldu $\leq 45^\circ$	0.14 0.10	0.23 0.17	0.34 0.24	0.70 0.50	1.20 0.86	1.80 1.29	3.20 2.30	4.60 3.30	6.30 4.50	8.60 6.10	11.5 8.20
Materjal	Pindkõvendatud teras C15, A2, A3, A4, A5										
Selgitus	¹⁾ Väärtused on antud varuteguriga $v = 6$ piirkõormuse suhtes.										
⇒	Aasmutter DIN 582 – M36 – C15E: $d = M36$, materjal teras C15E.										

ME

Kroonmutrid, lõhised, keevismutrid, käsimutrid

Kuuskantkroonmutrid

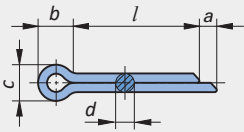
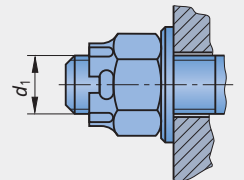
DIN 935-1 (2013-08)



Keere d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	
s	7	8	10	13	16	18	24	30	36	46	
e	7.7	8.8	11.1	14.4	17.8	20	26.8	33	39.6	50.9	
h	5	6	7.5	9.5	12	15	19	22	27	33	
d_1	ilma silindrilise kõrgenduseta						15.6	21.5	27.7	33.2	42.7
n	1.2	1.4	2	2.5	2.8	3.5	4.5	4.5	5.5	7	
m	3.2	4	5	6.5	8	10	13	16	19	24	
Tootejärgud (lk 216)											
Keere d	Järk		6, 8, 10								
M1.6...M16	A		A2-70						A2-50		
M20...M100	B		⇒ Kroonmutter DIN 935 – M20 – 8: $d = M20$, omadusklass 8.								

Lõhised

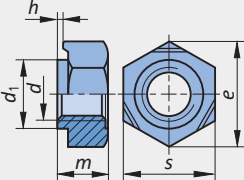
DIN EN ISO 1234 (1998-02)

$d^{1)}$	1	1.2	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8
b	3	3	3.2	4	5	6.4	8	10	12.6	16
c	1.6	2	2.8	3.6	4.6	5.8	7.4	9.2	11.8	15
a	1.6	2.5	2.5	2.5	2.5	3.2	4	4	4	4
l	alates kuni		6 8	8 10	10 12	14 18	22 28	28 36	36 40	45 50
$d_1^{2)}$	üle kuni		3.5 4.5	4.5 5.5	5.5 7	7 9	9 11	11 14	14 20	20 27
Nimi-pikkus l	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160									
Selgitus	¹⁾ d nimisuurus = lõhise liiteava läbimõõt. ²⁾ d_1 sobiv poldi nimiläbimõõt.									
⇒	Lõhis ISO 1234 – 2.5x32 – St: $d = 2.5$ mm, $l = 32$ mm, materjal teras.									

Kuuskantkeevismutrid

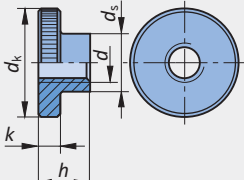
DIN 929 (2013-12)



Keere d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16
s	7.5	9	10	11	14	17	19	24
d_1	4.5	6	7	8	10.5	12.5	14.8	18.8
e	8.2	9.8	11	12	15.4	18.7	20.9	26.5
m	3	3.5	4	5	6.5	8	10	13
h	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8
Materjal	St – teras süsinikusisaldusega kuni 0.25%							
⇒	Keevismutter DIN 929 – M16 – St: $d = M16$, materjal teras.							

Käsimutter

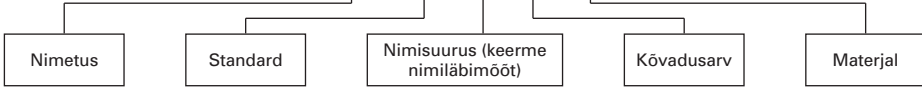
DIN 466 ja 467 (2006-08)



Keere d	M1.2	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
d_k	6	7.5	9	11	12	16	20	24	30	36
d_s	3	3.8	4.5	5	6	8	10	12	16	20
k	1.5	2	2	2.5	2.5	3.5	4	5	6	8
$h^{1)}$	4	5	5.3	6.5	7.5	9.5	11.5	15	18	23
$h^{2)}$	2	2.5	2.5	3	3	4	5	6	8	10
Omadusklass	St (teras), A1-50									
Selgitus	¹⁾ Kõrge mutri kõrgus DIN 466 järgi. ²⁾ Madala mutri kõrgus DIN 467 järgi.									
⇒	Käsimutter DIN 467 – M6 – A1-50: $d = M6$, omadusklass A1-50.									

Seibide liigid, ülevaade, tähistus. Lameseibid

Näide:

Seib ISO 7090 – 8 – 300 HV – A2¹⁾¹⁾ Roostevabaterased, terase grupp A2.

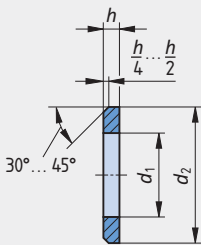
Ülevaade

Kuju	Kujundus Standardvahemik alates ... kuni	Materjal ¹⁾	Standard	Kuju	Kujundus Standardvahemik alates ... kuni	Materjal ¹⁾	Standard
	Faasiga lameseibid Tootejark A ²⁾ M5 ... M64 (vt allolev tabel)	Tava- teras, rooste- vaba- teras	DIN EN ISO 7090		Faasiga lameseibid HV keermesliidetele M12 ... M36 (lk 241)	Tava- teras	DIN EN 14399-6
	Kitsad lameseibid Tootejark A ²⁾ M1.6 ... M36 (lk 240)	Tava- teras, rooste- vaba- teras	DIN EN ISO 7092		Nelikantseibid U- ja I-profilidele M8 ... M27 (lk 241)	Tava- teras	DIN 434 DIN 435
	Lameseibid Tootejark C ²⁾ M1.6 ... M64 (lk 240)	Tava- teras	DIN EN ISO 7091		Seibid sõrmliidetele Tootejark A ²⁾ $d = (3 \dots 100)$ mm (lk 241)	Tava- teras	DIN EN 28738
	Terastarindite seibid Tootejärgud A ²⁾ ja C ²⁾ M10 ... M30 (lk 240)	Tava- teras	DIN 7989-1		Keermesliidete koonusvedruseibid $d = (2 \dots 30)$ mm (lk 241)	Vedru- teras	DIN 6796

¹⁾ Materjal on vastava kõvadusega (nt 200 HV; 300 HV) teras; muud materjalid vastavalt kokkuleppele.²⁾ Tootejärgud erinevad tolerantside ja valmistusprotsessi poolest.

Faasiga lameseibid

DIN EN ISO 7090 (2000-11)



Kõvadusarv 200 HV sobib:

- kuuskantpoldid ja -mutrid oma dusklassiga ≤ 8.8 või ≤ 8 (mutter);
- roostevabaterasest kuuskantpoldid ja -mutrid.

Kõvadusarv 300 HV sobib:

- kuuskantpoldid ja -mutrid oma dusklassiga ≤ 10.9 või ≤ 10 (mutter).

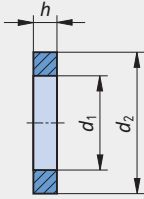
Keermele	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
Nimisuurus	5	6	8	10	12	16	20
d_1 min. ¹⁾	5.3	6.4	8.4	10.5	13.0	17.0	21.0
d_2 max. ¹⁾	10.0	12.0	16.0	20.0	24.0	30.0	37.0
h ¹⁾	1	1.6	1.6	2	2.5	3	3
Keermele	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
Nimisuurus	24	30	36	42	48	56	64
d_1 min. ¹⁾	25.0	31.0	37.0	45.0	52.0	62.0	70.0
d_2 max. ¹⁾	44.0	56.0	66.0	78.0	92.0	105.0	115.0
h ¹⁾	4	4	5	8	8	10	10
Materjal ²⁾	Tavateras			Roostevabateras			
Tüüp	-			A2, A4, F1, C1, C4 (ISO 3506) ³⁾			
Kõvadusarv	200 HV		300 HV (parend., K+ KõN)		200 HV		
⇒	Seib ISO 7090-20-200 HV: Nimisuurus (= keeme nimiläbimõõt) = 20 mm, kõvadusarv 200 HV, teras						

¹⁾ Kõik on nimimõõtmel.²⁾ Mitteraudmetallid ja muud materjalid vastavalt kokkuleppele.³⁾ vt lk 216.

Lameseibid

Lameseibid, kitsad

DIN EN ISO 7092 (2000-11)

**Kõvadusarv 200 HV sobib:**

- kuuskantpeakruvid omadusklassiga ≤ 8.8 või roostevabaterasest;
- kuuskantpesaga silinderpeakruvid omadusklassiga ≤ 8.8 või roostevabaterasest.

Kõvadusarv 300 HV sobib:

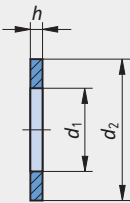
- kuuskantpesaga silinderpeakruvid omadusklassiga ≤ 10.9 .

Keere	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8
Nimisuurus	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8
d_1 min. ¹⁾	1.7	2.2	2.7	3.2	4.3	5.3	6.4	8.4
d_2 max. ¹⁾	3.5	4.5	5	6	8	9	11	15
h_{max}	0.35	0.35	0.55	0.55	0.55	1.1	1.8	1.8
Keere	M10	M12	M14 ²⁾	M16	M20	M24	M30	M36
Nimisuurus	10	12	14	16	20	24	30	36
d_1 min. ¹⁾	10.5	13.0	15.0	17.0	21.0	25.0	31.0	37.0
d_2 max. ¹⁾	18.0	20.0	24.0	28.0	34.0	39.0	50.0	60.0
h_{max}	1.8	2.2	2.7	2.7	3.3	4.3	4.3	5.6
Materjal ³⁾	Tavateras			Roostevabateras				
Tüüp	-			-		A2, A4, F1, C1, C4 (ISO 3506) ⁴⁾		
Kõvadusarv	200 HV		300 HV (parend., K+ KõN)		200 HV			
⇒	Seib ISO 7092-8-200 HV-A2: Nimisuurus (= keermes nimiläbimõõt) = 8 mm, väikeseeria, kõvadusarv 200 HV, materjal roostevabateras A2.							

¹⁾ Kõik on nimimõõtmised.²⁾ Seda suurust tuleks võimaluse korral vältida.³⁾ Mitteraudmetallid ja muud materjalid vastavalt kokkuleppele.⁴⁾ vt lk 216.

Lameseibid

DIN EN ISO 7091 (2000-11)

**Kõvadusarv 100 HV sobib:**

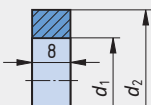
- kuuskantpeapoldid/kruvid, tootejärg C, omadusklass ≤ 6.8 ;
- kuuskantmutrid, tootejärg C, omadusklass ≤ 6 .

Keere	M2	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
Nimisuurus	2	3	4	5	6	8	10	12
d_1 min. ¹⁾	2.4	3.4	4.5	5.5	6.6	9.0	11.0	13.5
d_2 max. ¹⁾	5.0	7.0	9.0	10.0	12.0	16.0	20.0	24.0
h ¹⁾	0.3	0.5	0.8	1.0	1.6	1.6	2	2.5
Keere	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M64
Nimisuurus	16	20	24	30	36	42	48	64
d_1 min. ¹⁾	17.5	22.0	26.0	33.0	39.0	45.0	52.0	70.0
d_2 max. ¹⁾	30.0	37.0	44.0	56.0	66.0	78.0	92.0	115.0
h ¹⁾	3	3	4	4	5	8	8	10
⇒	Seib ISO 7091-12-100 HV: Nimisuurus (= keermes nimiläbimõõt) = 12 mm, kõvadusarv 100 HV.							

¹⁾ Kõik on nimimõõtmised.

Terastarindite seibid

DIN 7989-1 ja DIN 7989-2 (2001-04)



Sobivad keermesliidetele poltidega DIN 7968, DIN 7969 ja DIN 7990 järgi ning mutritega ISO 4032 ja ISO 4034 järgi.

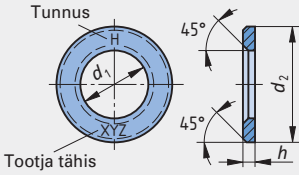
Keere ¹⁾	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
d_1 min.	11.0	13.5	17.5	22.0	26.0	30.0	33.0
d_2 max.	20.0	24.0	30.0	37.0	44.0	50.0	56.0
⇒	Seib DIN 7989-16-C-100 HV: Keermes nimiläbimõõt $d = 16$ mm, tootejärg C, kõvadusarv 100 HV.						
Variandid:	Tootejärg C (stantsitud), paksus $h = (8 \pm 1.2)$ mm; Tootejärg A (treitud), paksus $h = (8 \pm 1)$ mm.						
¹⁾ Nimimõõtmised.							

Lameseibid. Seibid U- ja I-profiilidele, koonusvedruseibid

Faasiga lameseibid kõrgtugevatele HV¹⁾ poltliidetele

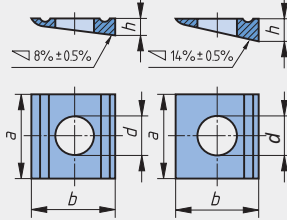
DIN EN 14399-6 (2015-04)

Keere	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
d_1 min.	13	17	21	23	25	28	31	37
d_2 max.	24	30	37	39	44	50	56	66
h	3	4	4	4	4	5	5	6
⇒	Seib EN 14399-6 – 20: Nimisuurus $d = 20$ mm (nimisuurus d vastab keeme nimiläbimõõdule).							
Materjal: Teras, parendatud (K+KõN) kuni 300 HV - 370 HV; ¹⁾ Kõrgtugevad liited.								



Kaldsed nelikantseibid U- ja I-profiilidele

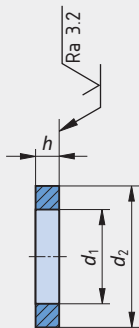
DIN 434 (2000-04), DIN 435 (2000-01)

U-profiili seib
DIN 434I-profiili seib
DIN 435

Keere	M8	M10	M12	M16	M20	M22	M24
d_1 min. ¹⁾	9	11	13.5	17.5	22	24	26
a	22	22	26	32	40	44	56
b	22	22	30	36	44	50	56
h DIN 434	3.8	3.8	4.9	5.8	7	8	8.5
h DIN 435	4.6	4.6	6.2	7.5	9.2	10	10.8
⇒	I-Seib DIN 435-13.5: Nimisuurus $d_1 = 13.5$ mm						
Materjal: Teras, kõvadusarv 100 HV 10 kuni 250 HV 10.							
¹⁾ Nimiläbimõõt.							

Sõrmliidete seibid, tootejärg A¹⁾

DIN EN 28738 (1992-10)

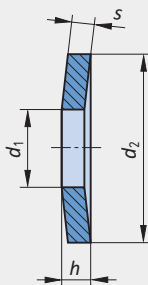


d_1 min. ²⁾	3	4	5	6	8	10	12
d_2 max.	6	8	10	12	15	18	20
h	0.8		1	1.6	2	2.5	3
d_1 min. ²⁾	14	16	18	20	22	24	27
d_2 max.	22	24	28	30	34	37	39
h	3		4			5	
d_1 min. ²⁾	30	36	40	50	60	80	100
d_2 max.	44	50	56	66	78	98	120
h	5	6	8	10	12		
⇒	Seib ISO 8738-14-160 HV: d_1 min. = 14 mm, kõvadusarv 160 HV.						
Materjal: Teras, kõvadus 160 kuni 250 HV.							
Kasutus: Sõrmedele ISO 2340 ja ISO 2341 järgi (lk 244), ainult lõhisepoolses otsas.							
¹⁾ Tootejärgud erinevad tolerantside ja valmistusprotsessi poolest.							
²⁾ Kõik on nimimõõtmed.							

ME

Keermesliidete koonusvedruseibid

DIN 6796 (2009-08)



Keere	M2	M3	M4	M5	M6	M8	M10
d_1 H14	2.2	3.2	4.3	5.3	6.4	8.4	10.5
d_2 h14	5	7	9	11	14	18	23
h max.	0.6	0.85	1.3	1.55	2	2.6	3.2
s	0.4	0.6	1	1.2	1.5	2	2.5
Keere	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
d_1 H14	13	17	21	23	25	28	31
d_2 h14	29	39	45	49	56	60	70
h max.	3.95	5.25	6.4	7.05	7.75	8.35	9.2
s	3	4	5	5.5	6	6.5	7
⇒	Koonusvedruseib DIN 6796-10-FSt: keermele M10, vedruterasest.						

Materjal: Vedruteras (FSt) DIN 267-26 järgi või roostevabateras.
Kasutus: Keermesliidete lahtituleku tõkestamine peamiselt teljesihiliselt koormatud, omadusklassiga 8.8 kuni 10.9 lühikeste kruvide/poltide korral. Ei saa kasutada tsüklilise põikkoormuse korral.

Tihvtid ja sõrmed, ülevaade

Näide:


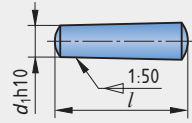
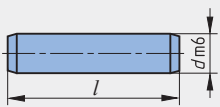
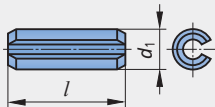
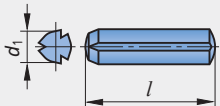
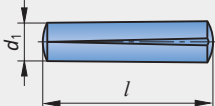
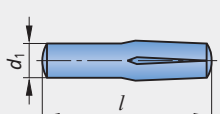
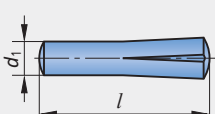
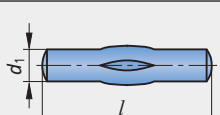
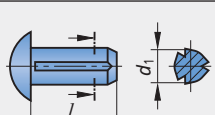
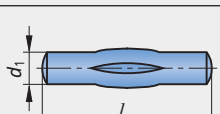
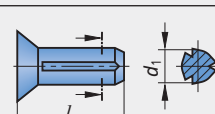
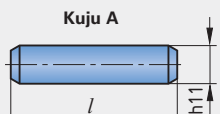
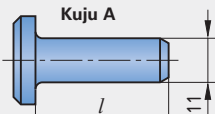
Koonustihvt ISO 2339 – A – 10x40 – St



nt St = Teras
Roostevabaterased:
A1 = austeniitne;
C1 = martensitne.

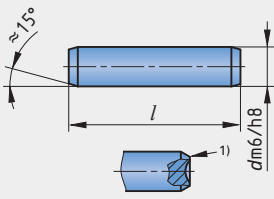
Tihvtid DIN-EN standardite järgi tähistatakse ISO numbritega.
ISO number = DIN-EN number – 20000; näide: DIN EN 22338 = ISO 2338.

¹⁾ Kui on saadaval.

Kuju	Kujundus Standardvahemik alates ... kuni	Standard	Kuju	Kujundus Standardvahemik alates ... kuni	Standard
Tihvtid lk 243					
	Silindertihvt, karastamata $d_1 = (1 \dots 50)$ mm	DIN EN ISO 2338		Koonustihvt, $d_1 = (0.6 \dots 50)$ mm	DIN EN 22339
¹⁾ tolerantsiklass m6 või h8					
	Silindertihvt, karastatud $d_1 = (0.8 \dots 20)$ mm	DIN EN ISO 8734		Vedrutihvt (hõõrdkinnitusv hülss), piluga $d_1 = (1 \dots 50)$ mm	DIN EN ISO 8752 DIN EN ISO 13337
Kärntihvtid lk 244					
	Faasiga silinderkärntihvt $d_1 = (1.5 \dots 25)$ mm	DIN EN ISO 8740		Koonuskärntihvt $d_1 = (1.5 \dots 25)$ mm	DIN EN ISO 8744
	Pööratud poolkoonusega kärntihvt $d_1 = (1.5 \dots 25)$ mm	DIN EN ISO 8741		Poolkoonusega kärntihvt $d_1 = (1.2 \dots 25)$ mm	DIN EN ISO 8745
	Kesk-kärntihvt, kärnid 1/3 pikkuse ulatuses $d_1 = (1.2 \dots 25)$ mm	DIN EN ISO 8742		Ümarpeakärntihvt $d_1 = (1.4 \dots 20)$ mm	DIN EN ISO 8746
	Pikk-keskkärntihvt $d_1 = (1.2 \dots 25)$ mm	DIN EN ISO 8743		Peitpeakärntihvt $d_1 = (1.4 \dots 20)$ mm	DIN EN ISO 8747
Sõrmed lk 244					
	Ilma peata sõrm, kuju A: ilma lõhiseavata, kuju B: lõhiseavaga $d = (3 \dots 100)$ mm	DIN EN 22340		Peaga sõrm, kuju A: ilma lõhiseavata, kuju B: lõhiseavaga $d = (3 \dots 100)$ mm	DIN EN 22341

Silindertihvtid, koonustihvtid ja vedrutihvtid

Karastamata terasest ja austeniitsest roostevabaterasest silindertihvtid



¹⁾ Tihvti otsas on lubatud õõnsus ja üleminekuraadius.

$d\ m6/h8^{2)}$	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5
l alates kuni	2 6	2 8	4 10	4 12	4 16	6 20	6 24	8 30	8 40	10 50
$d\ m6/h8^{2)}$	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
l alates kuni	12 60	14 80	18 95	22 140	26 180	35 200	50 200	60 200	80 200	95 200

Nimi-
pikkus l , mm

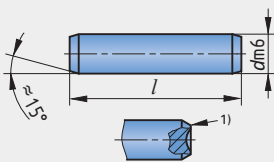
2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40 ... 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200

⇒ Silindertihvt ISO 2338 – 6 m6 x 30 – St: $d = 6$ mm, tolerantsiklass m6, $l = 30$ mm, terasest.

²⁾ Võimalik saada tolerantsiklassidega m6 ja h8.

Karastatud silindertihvtid

DIN EN ISO 8734 (1998-03)



¹⁾ Tihvti otsas on lubatud õõnsus ja üleminekuraadius.

$d\ m6$	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
l alates kuni	3 10	4 16	5 20	6 24	8 30	10 40	12 50	14 60	18 80	22 100	26 100	40 100	50 100

Nimi-
pikkus l , mm

3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100

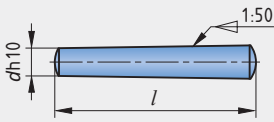
Materjal

- Teras: tüüp A läbikarastatud, tüüp B pindkõvendatud;
- Roostevabateras tüüp C1.

⇒ Silindertihvt ISO 8734 – 6 x 30 – C1: $d = 6$ mm, $l = 30$ mm, tüüp C1 roostevabaterasest.

Karastamata koonustihvtid

DIN EN 22339 (1992-10)



Tüüp A on lihvtid, $Ra = 0.8\ \mu\text{m}$;
Tüüp B on treitud, $Ra = 3.2\ \mu\text{m}$

$d\ h10$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30
l alates kuni	6 10	10 35	12 45	14 55	18 60	22 90	22 120	26 160	32 180	40 200	45 200	50 200	55 200

Nimi-
pikkus l , mm

2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45 ... 95, 100, 120 ... 180, 200

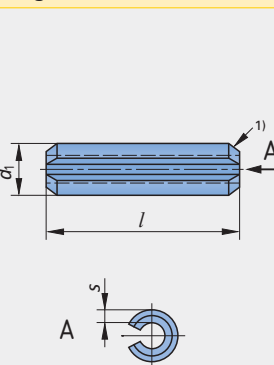
⇒ Koonustihvt ISO 2339 – A – 10 x 40 – St: Tüüp A, $d = 10$ mm, $l = 40$ mm, terasest.

Piluga vedrutihvtid (hõõrdkinnituvad hülsid), raske töörežiim

DIN EN ISO 8752 (2009-10)

Piluga vedrutihvtid (hõõrdkinnituvad hülsid), kerge töörežiim

DIN EN ISO 13337 (2009-10)



¹⁾ Vedrutihvtidel nimiläbimõõduga $d_1 \geq 10$ mm on lubatud faas vaid ühes otsas.

Nimiläbim. d_1	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
d_1 max.	2.4	2.9	3.5	4.6	5.6	6.7	8.8	10.8	12.8

s ISO 8752
s ISO 13337

l alates kuni	4 20	4 30	4 40	4 50	5 80	10 100	10 120	10 160	10 180
-----------------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------	-----------	-----------	-----------

Nimiläbim. d_1	14	16	20	25	30	35	40	45	50
d_1 max.	14.8	16.8	20.9	25.9	30.9	35.9	40.9	45.9	50.9

s ISO 8752
s ISO 13337

l alates kuni	3 1.5	3 1.5	4 2	5 2	6 2.5	7 3.5	7.5 4	8.5 4	9.5 5
-----------------	----------	----------	--------	--------	----------	----------	----------	----------	----------

l alates kuni	10 200	14 200	20 200
-----------------	-----------	-----------	-----------

Nimi-
pikkus l , mm

4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45 ... 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200

Materjal

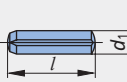


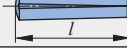
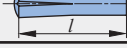
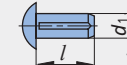
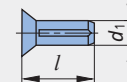
- Teras: parendatud, 420 HV ... 520 HV;
- Roostevabateras: tüüp A või tüüp C.

Kasutus

Paigutusava läbimõõt (tolerantsiklassiga H12) peab võrduma tihvti nimiläbimõõduga d_1 . Paigutusava vähim läbimõõt peab tagama, et tihvti pilu ava sees täielikult ei sulgu.

⇒ Vedrutihvt ISO 8752 – 6 x 30 – St: $d_1 = 6$ mm, $l = 30$ mm, terasest.

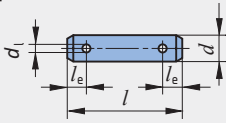
Kärntihvtid, sõrmed

Kärntihvtid		DIN EN ISO 8740...8747 (1998-03)														
Faasitud otsaga silinderkärntihvt ISO 8740		d_1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	
			alates kuni	8 20	8 30	10 30	10 40	10 60	14 60	14 80	14 100	14 100	18 100	22 100	26 100	26 100
Pööratud poolkoonusega kärntihvt ISO 8741		d_1	8	8	8	8	10	10	12	14	18	26	26	26	26	
			alates kuni	8 20	8 30	8 30	8 40	10 60	10 60	12 80	14 100	18 160	26 200	26 200	26 200	26 200
Kesk-kärntihvt ISO 8742+8743		d_1	8	12	12	12	18	18	22	26	32	40	45	45	45	
			alates kuni	8 20	12 30	12 30	12 40	18 60	18 60	22 80	26 100	32 160	40 200	45 200	45 200	45 200
Koonuskärntihvt ISO 8744		d_1	8	8	8	8	8	8	10	12	14	14	24	26	26	
			alates kuni	8 20	8 30	8 30	8 40	8 60	8 60	10 80	12 100	14 120	14 120	24 120	26 120	26 120
Poolkoonusega kärntihvt ISO 8745		d_1	8	8	8	8	10	10	10	14	14	18	26	26	26	
			alates kuni	8 20	8 30	8 30	8 40	10 60	10 60	10 80	14 100	14 200	18 200	26 200	26 200	26 200
Ümarpeakärntihvt ISO 8746		d_1	1.4	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
			alates kuni	3 6	3 8	3 10	3 12	4 16	5 20	6 25	8 30	10 40	12 40	16 40	20 40	25 40
Peitpeakärntihvt ISO 8747		d_1	3	3	4	4	5	6	8	8	10	12	16	20	25	
			alates kuni	6 8	8 10	10 12	10 16	12 20	16 25	20 30	25 40	30 40	40 40	40 40	40 40	
			Nimipikkus l , mm	Tihvtid: 8, 10...30, 32, 35, 40...100, 120, 140...180, 200. Sõrmed: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40.												
		⇒	Kärntihvt ISO 8740 – 6 x 50 – St: $d_1 = 6$ mm, $l = 50$ mm, terasest.													

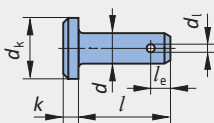
Peaga ja ilma peata sõrmed

DIN EN 22340, 22341 (1992-10)

Ilma peata sõrm ISO 2340



Peaga sõrm ISO 2341

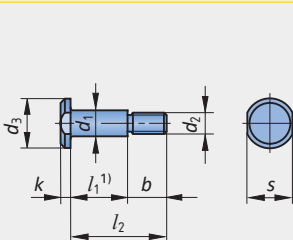


Kuju A ilma lõhiseavata
Kuju B lõhiseavaga

d h11	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
d_1 H13	0.8	1	1.2	1.6	2	3.2	3.2	4	4	5	5	5	6.3
d_k h14	5	6	8	10	14	18	20	22	25	28	30	33	36
k js14	1	1	1.6	2	3	4	4	4	4.5	5	5	5.5	6
l_e	1.6	2.2	2.9	3.2	3.5	4.5	5.5	6	6	7	8	8	9
alates kuni	6 30	8 40	10 50	12 60	16 80	20 100	24 120	28 140	30 160	35 180	40 200	45 200	50 200
Nimipikkus l , mm	6, 8, 10...30, 32, 35, 40...95, 100, 120, 140...180, 200												
⇒	Sõrm ISO 2340 – B – 20 x 100 – St: Kuju B, $d = 20$ mm, $l = 100$ mm, kiirlõiketerasest (St).												

Peaga ja keermestatud varvaga sõrmed

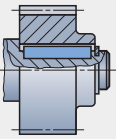
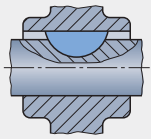
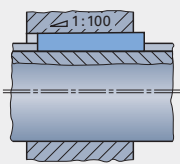
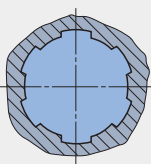
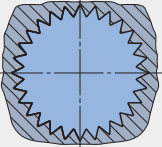
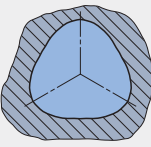
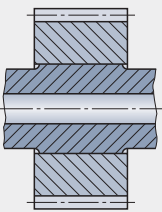
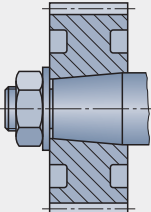
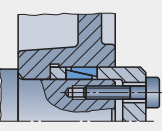
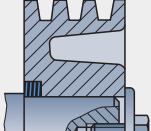
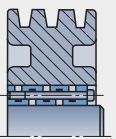
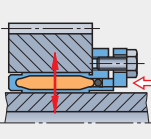
DIN 1445 (2011-02)



d_1 h11	8	10	12	14	16	18	20	24	30	40	50
b min	11	14	17	20	20	20	25	29	36	42	49
d_2	M6	M8	M10	M12	M12	M12	M16	M20	M24	M30	M36
d_3 h14	14	18	20	22	25	28	30	36	44	55	66
k js14	3	4	4	4	4.5	5	5	6	8	8	9
s	11	13	17	19	22	24	27	32	36	50	60
Nimipikkus l_2 , mm	16, 20, 25, 30, 35...125, 130, 140, 150...190, 200										
⇒	Sõrm DIN 1445 – 12h11 x 30 x 50 – St: $d_1 = 12$ mm, tolerant-siklass h11, $l_1 = 30$ mm, $l_2 = 50$ mm, terasest 9SMnPb28 (St).										

1) Haardepikkus.

Võlli-rummu liidete liigid, ülevaade

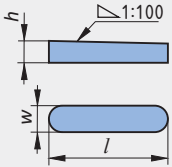
Kuju	Omadused, kasutus	Kuju	Omadused, kasutus
Seondliited			
Prismaliistliited DIN 6885-1 lk 247		Segmentliistliited DIN 6888 lk 247	
	<ul style="list-style-type: none"> rumm saab telje sihis liikuda; isetsentreerivus; peamiselt ühesuunalise pöördemomendi ülekandmiseks; suur pingekontsentratsioon; <ul style="list-style-type: none"> hammasrattad, rihmarattad. 		<ul style="list-style-type: none"> lihtne valmistada ja koostada; rummu ja võlli pingekontsentratsioon; võll oluliselt nõrgestatud sügava liistusoone tõttu; <ul style="list-style-type: none"> hammasrihmarattad, koonusliited, pumbad.
Kiillliited DIN 6886, DIN 6887 lk 246		Hammasliited DIN ISO 14 lk 246	
	<ul style="list-style-type: none"> keskmise staatilise ja tsüklilise pöördemomendi ülekandmiseks; lihtne koostada; ohutu ja töökindel liide; suur disbalans; suur pingekontsentratsioon; <ul style="list-style-type: none"> suurte masinate rasked rootorid, rattad ja sidurid. 		<ul style="list-style-type: none"> suure tsüklilise pöördemomendi ülekandmiseks; rumm võib telje sihis liikuda; isetsentreerivus; suur pingekontsentratsioon; <ul style="list-style-type: none"> ajamivõllid, liikuvad hammasrattad.
Peenhammasliited DIN 5481 (soonitud pinnad)		Profillliited DIN 32711, DIN 32712	
	<ul style="list-style-type: none"> suure tsüklilise pöördemomendi ülekandmiseks; isetsentreerivus; väiksem pingekontsentratsioon kinnisliitena; <ul style="list-style-type: none"> autode roolimehhanismi ja vedrustuse osad. 		<ul style="list-style-type: none"> ühesuunalise ja tsüklilise pöördemomendi ülekandmiseks; isetsentreerivus; väike disbalans; pingekontsentratsioon puudub; <ul style="list-style-type: none"> ajamivõllid.
Hõõrdliited			
Pressliited DIN 7157 lk 113		Koonusliited DIN 2080 (suur koonilisus) lk 248	
	<ul style="list-style-type: none"> suure ühesuunalise ja tsüklilise pöördemomendi ülekandmiseks; suur teljesihiline kandevoime; isetsentreerivus; väike disbalans; lihtne valmistada püsiliitena; <ul style="list-style-type: none"> hoorattad, rihmarattad, hammasrattad. 		<ul style="list-style-type: none"> suure ühesuunalise ja tsüklilise pöördemomendi ülekandmiseks; suur teljesihiline kandevoime; isetsentreerivus; väike disbalans; lahtivõetav liide; rummu pöördenurga seadistamise võimalus; lihtne koostada; <ul style="list-style-type: none"> liited ajamivõlli otstes, tööpinkide spindlid.
Koonusrõngas-liited		Taldrikvedruliited (nt <i>Ringspann</i>)	
	<ul style="list-style-type: none"> lahtivõetav liide; rummu pöördenurga seadistamise võimalus; lihtne koostada; <ul style="list-style-type: none"> ketirattad, rihmarattad. 		<ul style="list-style-type: none"> lahtivõetav liide; rummu pöördenurga seadistamise võimalus; lihtne koostada; teljesihiliselt kompaktned; <ul style="list-style-type: none"> ringskaalad, rihmarattad.
Elastse vaheelemendiga liited (nt <i>Spieth</i>)		Hüdrovaheelemendiga liited	
	<ul style="list-style-type: none"> rummu pöördenurga seadistamise võimalus; lihtne valmistada; lihtne koostada; isetsentreerivus; <ul style="list-style-type: none"> hammasrattad, rihmarattad, sidurid. 		<ul style="list-style-type: none"> rummu pöördenurga seadistamise võimalus; lihtne valmistada; lihtne koostada; isetsentreerivus; <ul style="list-style-type: none"> hammasrattad, rihmarattad, sidurid.

Kiillited, hammasliited

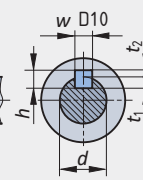
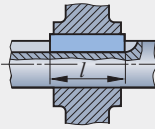
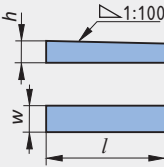
Kiilud

DIN 6886 (1967-12) või DIN 6887 (1968-04)

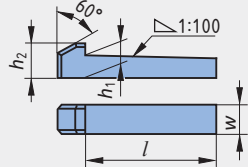
Kuju A (pesakiil)



Kuju B (liikuv kiil)



Ninakiil



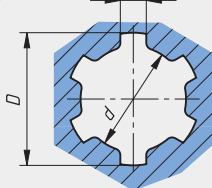
Võlli läbimõõt d	üle kuni	10 12	12 17	17 22	22 30	30 38	38 44	44 50	50 58	58 65	65 75	75 85	85 95	95 110	
Kiil	w D10	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	
	h	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	
Ninakiil	h_1	4.1	5.1	6.1	7.2	8.2	8.2	9.2	10.2	11.2	12.2	14.2	14.2	16.2	
	h_2	7	8	10	11	12	12	14	16	18	20	22	22	25	
Võlli soone sügavus t_1		2.5	3	3.5	4	5	5	5.5	6	7	7.5	9	9	10	
	Rummu soone süg. t_2	1.2	1.7	2.2	2.4	2.4	2.4	2.9	3.4	3.4	3.9	4.4	4.4	5.4	
Sügavuse piirhälve t_1, t_2		+0.1						+0.2							
Kiilu pikkus l	alates	10 ¹⁾	12 ¹⁾	16	20	25	32	40	45	50	56	63	70	80	
	kuni	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250	280	320	
Nimipikkus l , mm		6, 8 ... 20, 22, 25, 28, 32, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80 ... 100, 110, 125, 140, 160 ... 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400													
Pikkuse piirhälve	Pikkus l , alates... kuni	6...28				32...80				90...400					
	Kiil	-0.2				-0.3				-0.5					
	Kiilusoon (pesakiil)	+0.2				+0.3				+0.5					

⇒ Pikikiil A 20 x 12 x 125 DIN 6886: Kuju A, $w = 20$ mm, $h = 12$ mm, $l = 125$ mm.¹⁾ Ninakiilu pikkus alates 14 mm.

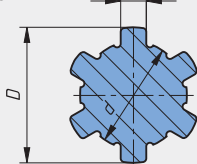
Rööphambumise hammasliited, vähima läbimõõdu järgi tsentreeritud

DIN ISO 14 (1986-12)

Rumm



Võll



Tsentreeritud vähima läbimõõdu järgi



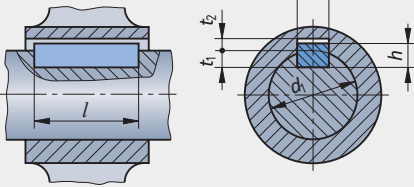
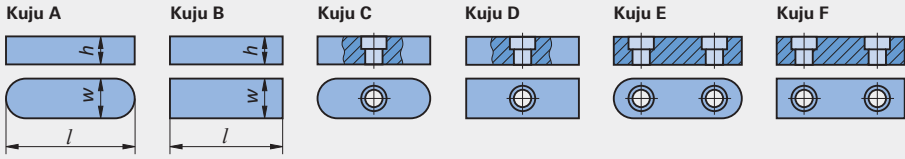
d	Kerge seeria			Keskmine seeria			d	Kerge seeria			Keskmine seeria		
	$N^{1)}$	D	B	$N^{1)}$	D	B		$N^{1)}$	D	B	$N^{1)}$	D	B
11	-	-	-	6	14	3	42	8	46	8	8	48	8
13	-	-	-	6	16	3.5	46	8	50	9	8	54	9
16	-	-	-	6	20	4	52	8	58	10	8	60	10
18	-	-	-	6	22	5	56	8	62	10	8	65	10
21	-	-	-	6	25	5	62	8	68	12	8	72	12
23	6	26	6	6	28	6	72	10	78	12	10	82	12
26	6	30	6	6	32	6	82	10	88	12	10	92	12
28	6	32	7	6	34	7	92	10	98	14	10	102	14
32	8	36	6	8	38	6	102	10	108	16	10	112	16
36	8	40	7	8	42	7	112	10	120	18	10	125	18
Rummu tolerantsiklass							Võlli tolerantsiklass						
Termotöötlemata Mõõtmed			Termotööteldud Mõõtmed			Mõõtmed		Istu liik					
B	D	d	B	D	d			Lõtkist	Siirdeist	Pingist			
H9	H10	H7	H11	H10	H7	B	d_{10}	f9	h10				
						D	a11	a11	a11				
						d	f7	g7	h7				

⇒ Hammasvõll (või -rumm) ISO 14 - 6 x 23 x 26: $N = 6$, $d = 23$ mm, $D = 26$.¹⁾ N hammaste arv.

Liistliited

Prismaliistud (kõrged)

DIN 6885-1 (1968-08)



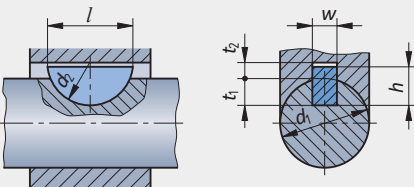
Prismaliistusoone tolerantsid

Võlli liistusoone laius	w	tiheist normaalist	P 9 N 9	
Rummu liistusoone laius	w	tiheist normaalist	P 9 JS 9	
Võlli läbimõõt d_1		≤ 22	≤ 130	> 130
Võlli liistusoone süg.	t_1	+ 0.1	+ 0.2	+ 0.3
Rummu liistusoone süg.	t_2	+ 0.1	+ 0.2	+ 0.3
Liistu pikkus l		6...28	32...80	90...400
Pikkuse piirhälve	liist	- 0.2	- 0.3	- 0.5
	liistsoon	+ 0.2	+ 0.3	+ 0.5

d_1 üle kuni	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130
w	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	
h	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	
t_1	1.2	1.8	2.5	3	3.5	4	5	5	5.5	6	7	7.5	9	9	10	11	
t_2	1	1.4	1.8	2.3	2.8	3.3	3.3	3.3	3.8	4.3	4.7	4.9	5.4	5.4	6.4	7.4	
l alates kuni	6	6	8	10	14	18	20	28	36	45	50	56	63	70	80	90	
	20	36	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250	280	320	360	
Nimipikkus l , mm	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320																
⇒	Prismaliist DIN 6885 – A – 12 x 8 x 56: Kuju A, w = 12 mm, h = 8 mm, l = 56 mm.																

Segmentliistud

DIN 6888 (1956-08)



Segmentliistusoone tolerantsid

Võlli liistusoone laius	w	tiheist normaalist	P 9 (P 8) ¹⁾ N 9 (N 8) ¹⁾				
Rummu liistusoone laius	w	tiheist normaalist	P 9 (P 8) ¹⁾ J 9 (J 8) ¹⁾				
Liistu mõõtmed	w	≤ 5	5	6	8	10	
	h	≤ 7.5	> 7.5	≤ 9	> 9	-	
Võlli soone süg.	t_1	+0.1	+0.2	+0.1	+0.2	+0.2	
Rummu soone süg.	t_2	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.2	

d_1 üle kuni	8		10			12			17			22			30		
w	2.5	3	4	5	6	7.5	9	11	13	16	19	22	28	32	38	45	
h	2.5	3	4	5	6	7.5	9	11	13	16	19	22	28	32	38	45	
d_2	10	10	13	16	13	16	19	16	19	22	19	22	28	22	28	32	28
t_1	2.9	2.5	3.8	5.3	3.5	5	6	4.5	5.5	7	5.1	6.6	8.6	6.2	8.2	10.2	7.8
t_2	1	1.4	1.7	2.2	2.6	3	3.4	3.8	4.2	4.6	5	5.4	5.8	6.2	6.6	7	7.4
$l \approx$	9.7	9.7	12.7	15.7	12.7	15.7	18.6	15.7	18.6	21.6	18.6	21.6	27.4	21.6	27.4	31.4	27.4
	9.7	12.7	15.7	18.6	21.6	24.6	27.4	31.4	34.4	37.4	40.4	43.4	46.4	49.4	52.4	55.4	58.4
⇒	Segmentliist DIN 6888 – 6 x 9: w = 6 mm, h = 9 mm.																

¹⁾ Tolerantsiklass puhastöödeldud liistsoonte.

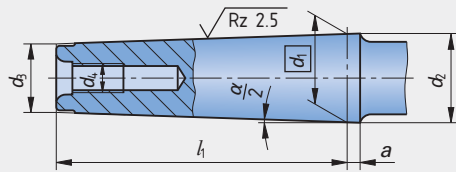
ME

Tööriistakoonused

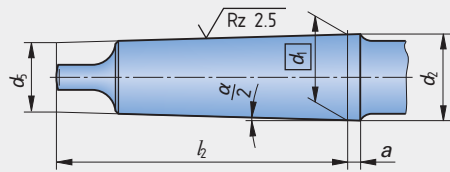
Morsekoonused ja meeterkoonused

DIN 228-1 (1987-05); DIN 228-2 (1987-03)

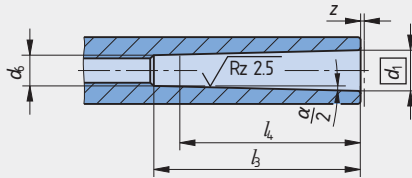
Kuju A: Pingutuskeermega koonusvarb



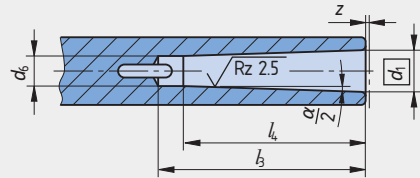
Kuju B: Sabaga koonusvarb



Kuju C: Koonushülss keermega koonusvarva jaoks



Kuju D: Koonushülss sabaga koonusvarva jaoks



Kujudel AK, BK CK ja DK on kanalid jahutusvedeliku jaoks.

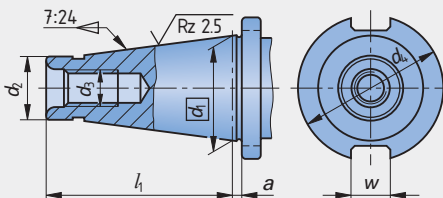
Koonuse tüüp	Suurus	Koonusvarb							Koonusvarb				Koonus		
		d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	l_1	a	l_2	d_6 H11	l_3	l_4	$z^{1)}$	Koonilisuus	$\alpha/2$
Meeterkoonus (ME)	4	4	4.1	2.9	-	-	23	2	-	3	25	20	0.5	1 : 20	1.432°
	6	6	6.2	4.4	-	-	32	3	-	4.6	34	28	0.5		
Morsekoonus (MT)	0	9.045	9.2	6.4	-	6.1	50	3	56.5	6.7	52	45	1	1 : 19.212	1.491°
	1	12.065	12.2	9.4	M6	9	53.5	3.5	62	9.7	56	47	1	1 : 20.047	1.429°
	2	17.780	18.0	14.6	M10	14	64	5	75	14.9	67	58	1	1 : 20.020	1.431°
	3	23.825	24.1	19.8	M12	19.1	81	5	94	20.2	84	72	1	1 : 19.922	1.438°
	4	31.267	31.6	25.9	M16	25.2	102.5	6.5	117.5	26.5	107	92	1	1 : 19.254	1.488°
	5	44.399	44.7	37.6	M20	36.5	129.5	6.5	149.5	38.2	135	118	1	1 : 19.002	1.507°
Meeterkoonus (ME)	6	63.348	63.8	53.9	M24	52.4	182	8	210	54.8	188	164	1	1 : 19.180	1.493°
	80	80	80.4	70.2	M30	69	196	8	220	71.5	202	170	1.5	1 : 20	1.432°
	100	100	100.5	88.4	M36	87	232	10	260	90	240	200	1.5		
	120	120	120.6	106.6	M36	105	268	12	300	108.5	276	230	1.5		
	160	160	160.8	143	M48	141	340	16	380	145.5	350	290	2		
200	200	201.0	179.4	M48	177	412	20	460	182.5	424	350	2			

⇒ Koonusvarb DIN 228 – ME – B 80 AT6: Meeterkoonusvarb, kuju B, suurus 80, koonuse nurga tolerantsiklass AT6.

1) Kontrollmõõde d_1 võib paikneda enamalt kaugusel z koonushülssi otsast.

Järsud koonused tööriistadele ja tööriistahoidikutele, kuju A

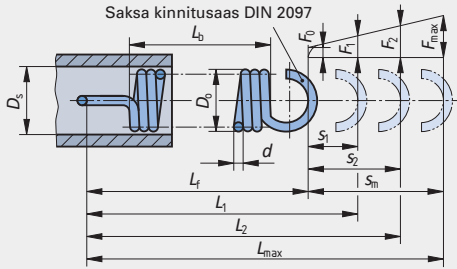
DIN 2080-1 (2011-11)



Nr	d_1	d_2 a10	d_3	$d_4-0.4$	l_1	$a \pm 0.2$	w H12
30	31.75	17.4	M12	50	68.4	1.6	16.1
40	44.45	25.3	M16	63	93.4	1.6	16.1
50	69.85	39.6	M24	97.5	126.8	3.2	25.7
60	107.95	60.2	M30	156	206.8	3.2	25.7
70	165.1	92	M36	230	296	4	32.4
80	254	140	M48	350	469	6	40.5

⇒ Järsk koonusvarb DIN 2080 – A 40 AT4: Kuju A, nr 40, koonuse nurga tolerantsiklass AT4.

Silindrilised keerdvedrud

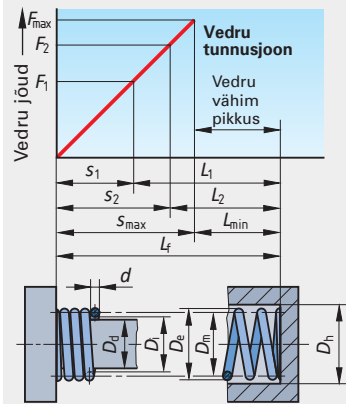


d	traadi läbimõõt, mm
D_o	vedru välisläbimõõt, mm
D_s	paigaldushülsi vähim läbimõõt, mm
L_f	koormamata vedru pikkus, mm
L_b	koormamata vedru töö pikkus, mm
L_{max}	vedru suurim pikkus, mm
F_0	vedru eelpingestusjõud, N
F_{max}	vedru suurim lubatav koormus, N
R	vedru jäikus, N/mm
s_m	suurimale koormusele F_{max} vastav vedru lubatav deformatsioon, mm

d	D_o	D_s	L_f	L_b	F_0	F_{max}	R	s_m
Patenditud mittelegeer-vedruterastraidist tõmbevedrud¹⁾					DIN EN 10270-1 (2012-01)			
0.20	3.00	3.50	8.6	4.35	0.06	1.26	0.036	33.37
0.25	5.00	5.70	10.0	2.63	0.03	1.46	0.039	36.51
0.32	5.50	6.30	10.0	2.08	0.08	2.71	0.140	18.85
0.36	6.00	6.90	11.0	2.34	0.16	3.50	0.173	19.23
0.40	7.00	8.00	12.7	2.60	0.16	4.06	0.165	23.67
0.45	7.50	8.60	13.7	3.04	0.25	5.31	0.207	24.41
0.50	10.00	11.10	20.0	5.25	0.02	5.40	0.078	68.79
0.55	6.00	7.10	13.9	5.78	0.88	11.66	0.606	17.78
0.63	8.60	9.90	19.9	7.88	0.79	12.13	0.276	41.15
0.70	10.00	11.40	23.6	9.63	0.83	14.13	0.239	55.78
0.80	10.80	12.30	25.1	10.20	1.22	19.10	0.355	50.36
0.90	10.00	11.70	23.0	9.45	1.99	28.59	0.934	28.49
1.00	13.50	15.40	31.4	12.50	1.77	28.63	0.454	59.22
1.10	12.00	14.00	27.8	11.83	2.99	41.95	1.181	32.98
1.25	17.20	19.50	39.8	15.63	2.77	42.35	0.533	74.25
1.30	11.30	13.50	134.0	118.95	5.771	70.59	0.322	201.60
1.40	15.00	17.50	34.9	15.05	5.44	66.08	1.596	38.00
1.50	20.00	22.70	48.9	21.75	3.99	60.54	0.603	93.72
1.60	21.60	24.50	50.2	20.00	3.99	67.40	0.726	87.38
1.80	20.00	23.20	46.0	19.35	6.88	100.90	1.819	51.70
2.00	27.00	30.50	62.8	25.00	6.88	101.20	0.907	104.00
2.20	24.00	27.80	55.6	23.10	9.81	148.00	2.425	57.02
2.50	34.50	38.90	79.7	31.25	9.88	148.50	1.056	131.33
2.80	30.00	34.70	69.8	29.40	17.77	233.40	3.257	65.85
3.00	40.00	45.10	140.0	86.25	11.50	214.20	0.587	345.31
3.20	43.20	46.60	100.0	40.00	11.88	238.40	1.451	156.13
3.60	40.00	46.00	92.1	37.80	19.60	357.10	3.735	90.38
4.00	44.00	50.60	117.0	58.00	24.50	436.30	3.019	136.43
4.50	50.00	57.60	194.0	128.25	28.00	532.30	1.613	312.74
5.00	50.00	58.30	207.0	142.50	47.00	707.90	2.541	260.12
5.50	60.00	69.30	236.0	156.75	38.00	774.50	2.094	351.72
6.30	70.00	80.00	272.0	179.55	45.00	968.50	2.258	429.00
7.00	80.00	92.00	306.0	199.50	70.00	1132.00	2.286	464.83
8.00	80.00	94.00	330.0	228.00	120.00	1627.00	4.065	370.91
Roostevaba-vedruterastraidist tõmbevedrud¹⁾					DIN EN 10270-3 (2012-01)			
0.20	3.00	3.50	8.60	4.35	0.05	0.99	0.031	30.54
0.40	7.00	8.00	12.70	2.60	0.121	3.251	0.142	22.11
0.63	8.60	9.90	19.90	7.88	0.631	9.861	0.237	38.97
0.80	10.80	12.30	25.1	10.20	0.971	15.67	0.305	48.19
1.00	13.50	15.40	31.4	12.50	1.411	23.77	0.390	57.40
1.25	17.20	19.50	39.8	15.63	2.211	35.50	0.458	72.73
1.40	15.00	17.50	34.9	15.05	4.351	55.72	1.371	37.48
1.60	21.60	24.50	50.2	20.00	3.211	56.93	0.623	86.19
2.00	27.00	30.50	62.8	25.00	5.501	84.86	0.779	101.86
4.00	44.00	50.60	117.0	58.00	19.600	366.50	2.593	133.83

¹⁾ Lisaks siintooduile, on ostutoodetena antud traadiläbimõõtude jaoks saadaval ka muu välisläbimõõdu ja pikkusega vedrud.

Silindrilised keerdvedrud



- d traadi läbimõõt, mm
 D_m vedru kesk läbimõõt, mm
 D_e vedru väisläbimõõt, mm
 D_d paigaldustorni läbimõõt, mm
 D_{el} paigaldushülsi läbimõõt, mm
 D_i vedru siseläbimõõt, mm
 L_f koormamata vedru pikkus, mm
 L_1, L_2 vedru pikkus koormustel F_1 ja F_2 , mm
 L_{min} vedru vähim võimalik pikkus, mm
 F_1, F_2 vedru jõud pikkustel L_1 ja L_2 , N
 F_{max} vedru suurim lubatav koormus, N
 s_1, s_2 vedru deformatsioon koormustel F_1 ja F_2 , mm
 s_{max} vedru suurim lubatav deformatsioon koormusel F_{max} , mm
 i_s vedru töökeerdude arv
 i_t vedru keerdude arv (otsad on lihitud)
 R vedru jäikus, N/mm

Keerdude arv

$$i_t = i_s + 2$$

Siseläbimõõt

$$D_i = D_e - 2d$$

Silindrilised surve-keerdvedrud

valmistatud mittelegeer-vedruterastaadist DIN EN 10270-1 (2012-01)

d	D_e	$i_s = 3.5$					$i_s = 5.5$					$i_s = 8.5$				
		L_1	$s_{max}^{(1)}$	R	$F_{max}^{(1)}$	L_1	$s_{max}^{(1)}$	R	$F_{max}^{(1)}$	L_1	$s_{max}^{(1)}$	R	$F_{max}^{(1)}$			
0.2	2.7	5.4	3.8	0.3	1.1	8.2	6.0	0.2	1.1	12.7	9.7	0.1	1.2			
	2.0	2.8	1.2	0.8	1.0	4.4	2.4	0.5	1.2	6.8	4.0	0.3	1.3			
	1.4	2.3	0.8	2.7	2.1	3.2	1.2	1.7	2.1	4.6	1.9	1.1	2.2			
0.5	6.5	9.8	6.5	0.8	5.5	15.4	10.8	0.5	5.8	23.8	17.2	0.4	6.0			
	5.0	8.0	4.9	2.0	9.7	12.0	7.6	1.3	9.7	17.0	10.8	0.8	8.9			
	3.0	4.4	1.4	11.4	16.4	6.1	2.0	7.4	14.6	8.7	2.9	4.8	13.7			
1.0	13.5	24.0	17.3	1.5	25.8	36.5	27.2	1.0	25.8	55.5	42.2	0.6	25.9			
	8.0	10.8	4.7	8.5	39.8	16.5	8.1	5.4	43.4	26.3	14.3	3.5	50.1			
	6.0	8.5	2.5	23.3	58.7	12.0	3.7	14.8	55.5	17.0	5.3	9.6	51.1			
1.6	21.6	48.0	34.9	2.4	83.2	73.5	54.9	1.5	83.3	110.0	84.9	1.0	83.4			
	14.1	17.0	7.1	9.8	69.6	26.0	12.3	6.2	76.5	38.0	18.6	4.0	74.8			
	9.6	12.0	2.4	37.3	90.5	18.0	4.8	23.7	113.6	27.0	8.3	15.3	127.8			
2.0	25.0	40.5	27.4	3.8	105.9	62.5	44.2	2.4	107.7	95.5	69.4	1.6	109.4			
	20.5	27.0	14.4	7.4	106.9	41.0	23.5	4.7	109.9	62.0	37.1	3.0	112.4			
	12.0	18.0	6.0	46.6	281.2	26.5	10.0	29.6	296.0	38.5	15.2	19.2	290.8			
2.5	31.0	45.0	28.7	4.9	140.8	69.0	46.2	3.1	144.4	103.0	70.5	2.0	142.5			
	18.5	27.5	12.3	27.8	342.5	41.0	20.0	17.7	353.8	61.0	31.3	11.4	358.0			
	15.0	19.0	4.1	58.2	235.6	27.0	6.4	37.1	235.6	40.0	10.8	24.0	259.6			
3.2	43.2	82.0	60.7	4.8	289.3	125.0	95.1	3.0	288.7	190.0	147.3	2.0	289.3			
	28.2	42.5	22.8	19.5	444.5	50.8	23.4	12.4	291.2	94.5	55.7	8.0	447.9			
	19.2	27.5	8.4	74.5	622.9	40.0	13.6	47.4	643.9	59.0	21.7	30.7	664.6			
4.0	36.0	41.0	16.3	22.7	369.7	61.0	26.7	14.5	386.2	92.0	43.3	9.4	405.8			
	29.0	41.0	16.8	47.7	800.2	60.5	27.0	30.4	819.7	89.5	42.1	19.6	826.9			
	24.0	33.5	9.6	93.1	891.8	49.0	16.0	59.3	946.9	65.0	18.3	38.4	702.8			

Silindrilised surve-keerdvedrud

valmistatud roostevaba-vedruterastaadist X10CrNi18-8

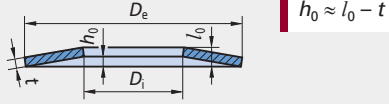
0.5	6.5	9.8	6.5	0.7	4.7	15.4	10.8	0.5	5.0	23.8	17.2	0.3	5.1
	5.0	8.0	4.9	1.7	8.3	12.0	7.6	1.1	8.3	17.0	10.8	0.7	7.6
	3.0	4.4	1.4	10.0	14.1	6.1	2.0	6.4	12.5	8.7	2.9	4.1	11.8
1.0	18.5	42.0	34.5	0.5	16.1	65.0	54.4	0.3	16.2	100.0	84.8	0.2	16.3
	9.0	13.0	6.8	4.9	33.3	19.0	10.4	3.1	32.4	28.5	16.3	2.0	32.8
	6.3	8.5	2.5	16.8	42.0	12.0	3.7	10.7	39.7	18.0	6.3	6.9	43.5
2.0	25.0	40.5	27.4	3.3	90.1	62.5	44.2	2.1	92.5	95.5	69.4	1.4	94.0
	14.5	22.5	10.4	20.5	212.8	33.0	16.3	13.0	211.9	49.5	25.6	8.4	215.5
	12.0	18.0	6.0	40.0	241.5	26.5	10.0	25.5	254.2	38.5	15.2	16.5	249.7

¹⁾ Staaliisel koormusel.

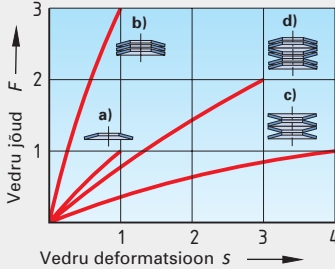
Taldrikvedrud

Eesti Rahvusraamatukogu digitaalarhiiv DIGAR(S)

Üksikvedru



Ilma tugipinnata: grupp 1 ja 2

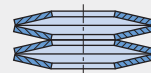


Taldrikvedrude tunnusooned:

- a) üksikvedru;
- b) kolme taldrikuga paralleelilmitvedru: 3-kordne jõud;
- c) nelja taldrikuga järjestiklilmitvedru: 4-kordne deformatsioon;
- d) kolm kahe taldrikuga paralleelilmitvedrut järjestikku: 3-kordne deformatsioon ja 2-kordne jõud.

- D_e vedru välisläbimõõt, mm
- D_i vedru siseläbimõõt, mm
- t vedru paksus, mm
- h_0 vedru käik (teoreetiline deformatsioon lamekujuni), mm
- l_0 koormamata vedru kõrgus, mm
- s ühe vedru deformatsioon, mm
- s_{total} liitvedru deformatsioon, mm
- F ühe vedru koormus, N
- F_{total} liitvedru koormus, N
- L_0 koormamata liitvedru kõrgus, mm
- n paralleelilmitvedru vedrude arv
- i järjestikilmitvedru vedrude arv

Järjestik-liitvedru



Vedru jõud $F_{total} = F$ Vedru deformatsioon $s_{total} = i \cdot s$

Vedru kõrgus

$L_0 = i \cdot l_0$

Paralleel-liitvedru



Vedru jõud $F_{total} = n \cdot F$ Vedru deformats. $s_{total} = s$

Vedru kõrgus

$L_0 = l_0 + (n - 1) \cdot t$

Grupp ³⁾	D_e h12	D_i H12	Seeria A: jäigad vedrud $D_e/t \approx 18$; $h_0/t \approx 0.4$				Seeria B: keskjäigad vedrud $D_e/t \approx 28$; $h_0/t \approx 0.75$				Seeria C: pehmed vedrud $D_e/t \approx 40$; $h_0/t \approx 1.3$			
			t	l_0	F_i kN ¹⁾	$s^{2)}$	t	l_0	F_i kN ¹⁾	$s^{2)}$	t	l_0	F_i kN ¹⁾	$s^{2)}$
Grupp 1: $t < 1,25$ mm ilma tugipinnata	8	4.2	0.4	0.6	0.21	0.15	0.3	0.55	0.12	0.19	0.2	0.45	0.04	0.19
	10	5.2	0.5	0.75	0.33	0.19	0.4	0.7	0.21	0.23	0.25	0.55	0.06	0.23
	14	7.2	0.8	1.1	0.81	0.23	0.5	0.9	0.28	0.30	0.35	0.8	0.12	0.34
	16	8.2	0.9	1.25	1.00	0.26	0.6	1.05	0.41	0.34	0.4	0.9	0.15	0.38
	20	10.2	1.1	1.55	1.53	0.34	0.8	1.35	0.75	0.41	0.5	1.15	0.25	0.49
Grupp 2: $t = (1,25 \dots 6)$ mm ilma tugipinnata	25	12.2	-	-	-	-	0.9	1.6	0.87	0.53	0.7	1.6	0.60	0.68
	28	14.2	-	-	-	-	1.0	1.8	1.11	0.60	0.8	1.8	0.80	0.75
	40	20.4	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2.3	1.02	0.98
	25	12.2	1.5	2.05	2.93	0.41	-	-	-	-	-	-	-	-
	28	14.2	1.5	2.15	2.84	0.49	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	20.4	2.2	3.15	6.50	0.68	1.5	2.6	2.62	0.86	-	-	-	-
	45	22.4	2.5	3.5	7.72	0.75	1.7	3.0	3.66	0.98	1.25	2.85	1.89	1.20
	50	25.4	3	4.1	12.0	0.83	2	3.4	4.76	1.05	1.25	2.85	1.55	1.20
	56	28.5	3	4.3	11.4	0.98	2	3.6	4.44	1.20	1.5	3.45	2.62	1.46
	63	31	3.5	4.9	15.0	1.05	2.5	4.2	7.19	1.31	1.8	4.15	4.24	1.76
	71	36	4	5.6	20.5	1.20	2.5	4.5	6.73	1.50	2	4.6	5.14	1.95
	80	41	5	6.7	33.6	1.28	3	5.3	10.5	1.73	2.25	5.2	6.61	2.21
	90	46	5	7.0	31.4	1.50	3.5	6	14.2	1.88	2.5	5.7	7.68	2.40
	100	51	6	8.2	48.0	1.65	3.5	6.3	13.1	2.10	2.7	6.2	8.61	2.63
	125	64	-	-	-	-	5	8.5	29.9	2.63	3.5	8	15.4	3.38
140	72	-	-	-	-	5	9	27.9	3.00	3.8	8.7	17.2	3.68	
160	82	-	-	-	-	6	10.5	41.0	3.38	4.3	9.9	21.8	4.20	
180	92	-	-	-	-	6	11.1	37.5	3.83	4.8	11	26.4	4.65	

⇒ Taldrikvedru DIN 2093 – A 16: Seeria A, välisläbimõõt $D_e = 16$ mm.

¹⁾ Ühe taldrikvedru jõud F deformatsiooni $s \approx 0.75 \cdot h_0$ korral.
²⁾ $s \approx 0.75 \cdot h_0$.
³⁾ Grupp 3: $t > (6 \dots 14)$ mm, tugipinnaga, $D_e = (125, 140, 160, 180, 200, 225, 250)$ mm.

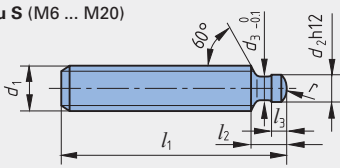
ME

Seadekruvid, tugiplaadid, ümarkäepidemed

Tugiotsakuga seadekruvid

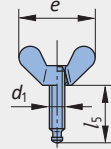
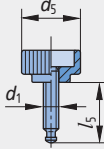
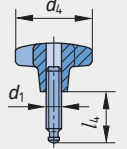
DIN 6332 (2003-04)

Kuju S (M6 ... M20)



	d_1	M6	M8	M10	M12	M16						
d_2	4.8	6	8	8	12	12						
d_3	4	5.4	7.2	7.2	11	11						
r	3	5	6	6	9	9						
l_2	6	7.5	9	10	12	12						
l_3	2.5	3	4.5	4.5	5	5						
d_4	32	40	50	63	80	80						
d_5	24	30	36	-	-	-						
e	33	39	51	65	73	73						
l_1	30	50	40	60	60	80	60	80	100	80	100	125
l_4	20	40	27	47	44	64	40	60	80	-	-	-
l_5	22	42	30	50	48	68	-	-	-	-	-	-

Kasutusnäited kinnituskruvidena

ristkäepidemega¹⁾
DIN 6335
M6 kuni M20silinderkäsi-
mutriga
DIN 6303
M6 kuni M10tiibmutriga
DIN 315
M6 kuni M10

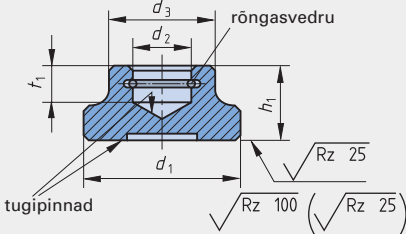
⇒ Seadekruvi DIN 6332 – S M 12 x 60: Kuju S, keermega $d_1 = M12$, $l_1 = 60$ mm.

¹⁾ Või tähtkäepidemega M6 kuni M16 DIN 6336 järgi.

Tugiplaadid

cf DIN 6311 (2002-06)

Kuju S rõngasvedruga

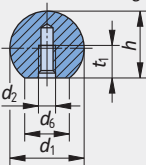
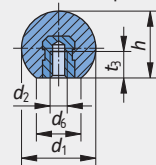
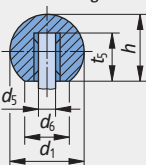
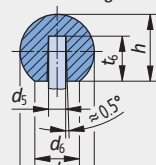
EHT (450 HV 1) 0.3 + 0.2mm,
pinnakövadus 550 + 100 HV 10

d_1	d_2 H12	d_3	h_1	t_1	Rõngasvedru DIN 7993	Seadekruvi DIN 6332
12	4.6	10	7	4	-	M6
16	6.1	12	9	5	-	M8
20	8.1	15	11	6	8	M10
25	8.1	18	13	7	8	M12
32	12.1	22	15	7.5	12	M16
40	15.6	28	16	8	16	M20

⇒ Tugiplaat DIN 6311 – S 40: Kuju S, $d_1 = 40$ mm, koos paigaldatud rõngasvedruga.

Ümarkäepidemed

DIN 319 (2013-10)

Kuju C
keermestatud avagaKuju E
keermestatud puksigaKuju L
kinnitushülsigaKuju M
koonilise avaga

d_1	16	20	25	32	40	50								
d_2	M4	M5	M6	M8	M10	M12								
$t_1 = t_3$	6	7.5	9	12	15	18								
d_5	4	5	6	8	10 ¹⁾	12	10	12	16 ¹⁾	12	16	20 ¹⁾		
t_5	11	13	16	15	15	15	20	20	20	23	23	20	23	28
d_6	8	12	15	18	22	28								
t_6	9	12	15	15	15	15	20	20	20	22	22	22	22	-
h	15	18	22.5	29	37	46								

⇒ Ümarkäepide DIN 319 – E 25 PA: Kuju E, $d_1 = 25$ mm, valmistatud polüamiidist (PA).

¹⁾ Ei ole kuju M jaoks.

Materjal: Ümarkäepidemed on vormitud fenoolvaigust (PF) või polüamiidist (PA); keermestatud puks on terasest (St) või messingist (CuZn) tootja valikult; muud materjalid vastavalt kokkuleppele.

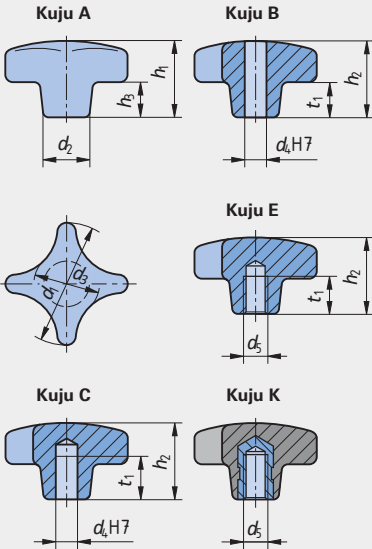
Värvus: must.

Teised kujud ei ole enam standarditud.

Käepidemed, seade- ja tugisõrmed

Ristkäepidemed

DIN 6335 (2008-05)



d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	h_1	h_2	h_3	t_1
32	12	18	6	M6	21	20	10	12
40	14	21	8	M8	26	25	14	15
50	18	25	10	M10	34	32	20	18
63	20	32	12	M12	42	40	25	22
80	25	40	16	M16	52	50	30	28
100 ¹⁾	32	48	20	M20	65	60	38	36

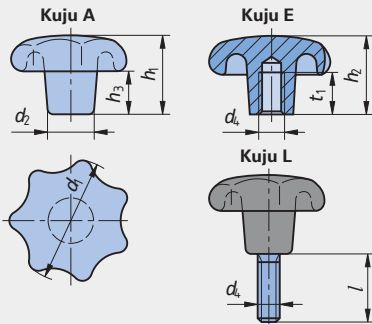
Kuju	Kirjeldus
A ... E	metallist käepidemed
A	ilma avata
B	läbiva avaga d_4
C	umbavaga d_4
D	keermestatud läbiva avaga d_5
E	keermestatud umbavaga d_5
K ²⁾	Plastist käepide keermestatud metallpuksiga d_5
L ²⁾	Pastist käepide keermestatud metallvarvaga d_5

⇒ Ristkäepide DIN 6335 – A 50 AL: kuju A, $d_1 = 50$ mm, alumiiniumisulamist.

¹⁾ Seda suurust plastist ei valmistata.
²⁾ Mõnikord on mõõtmised vähesel määral teised; materjal on sama mis tähtkäepidemedel DIN 6336 järgi.

Tähtkäepidemed

DIN 6336 (2008-05)



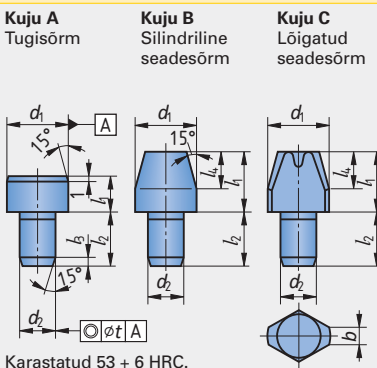
d_1	d_2	d_4	h_1	h_2	h_3	t_1	l
32	12	M6	21	20	10	12	20
40	14	M8	26	25	13	15	20
50	18	M10	34	32	17	18	25
63	20	M12	42	40	21	22	30
80	25	M16	52	50	25	28	30

⇒ Tähtkäepide DIN 6336 – L 40 x 30: kuju L (plastist) $d_1 = 40$ mm, $l = 30$ mm.

Kujud A kuni E (metallkäepidemed) ning K ja L (plastikäepidemed) on antud samuti, kui ristkäepidemedel DIN 6335 järgi.
Materjalid: malm, alumiiniumisulam, fenoolvaik (PF) või polüamiid (PA).

Seade- ja tugisõrmed

DIN 6321 (2002-10)



d_1 g6	l_1 Kuju A h9	l_1 Kuju B ja C lühike pikk	b	$d_2^{1)}$ n6	l_2	l_3	l_4	t
6	5	7	12	1	4	6	1.2	4
8	-	10	16	1.6	6	9	1.6	6
10	6	10	18	2.5				
12	-	10	18	2.5	12	2	8	0.04
16	8	13	22	3.5	8	2	8	
20	-	15	25	5	12	18	2,5		9
25	10	15	25	5	12	18	2,5	9

⇒ Sõrm DIN 6321 – C 20 x 25: Kuju C, $d_1 = 20$ mm, $l_1 = 25$ mm.

Karastatud 53 + 6 HRC.

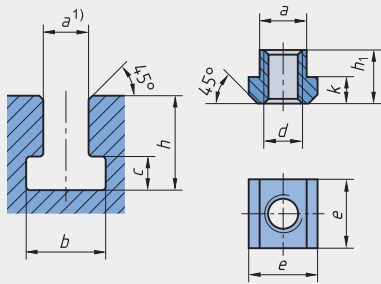
¹⁾ Avale sobiv tolerantsiklass: H7.

ME

T-soone tarvikud, sfäärseibid, koonuspesad

T-sooned ja T-soone mutrid

DIN 650 (1989-10) ja 508 (2002-06)

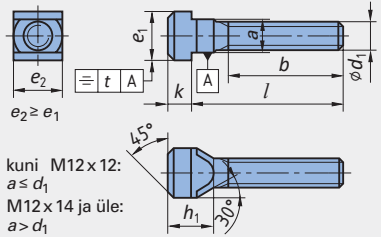


¹⁾ Tolerantsiklass H8 juhtsoonte ja kinnitussoonte; H12 kinnitussoonte.

Laius a	8	10	12	14	18	22	28	36	42
a piirhälbed	-0.3/-0.5			-0.3/-0.6			-0.4/-0.7		
b	14.5	16	19	23	30	37	46	56	68
b piirhälbed	1.5/0		+2/0			+3/0		+4/0	
c	7	7	8	9	12	16	20	25	32
c piirhälbed	+1/0			+2/0			+3/0		
h max. min.	18 15	21 17	25 20	28 23	36 30	45 38	56 48	71 61	85 74
Keere d	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
e	13	15	18	22	28	35	44	54	65
h ₁	10	12	14	16	20	28	36	44	52
k	6	6	7	8	10	14	18	22	26
k piirhälbed	0/-0.5					0/-1			
⇒	Mutter DIN 508 – M10 x 12: d = M10, a = 12 mm.								

T-soone poldid

DIN 787 (2005-02)

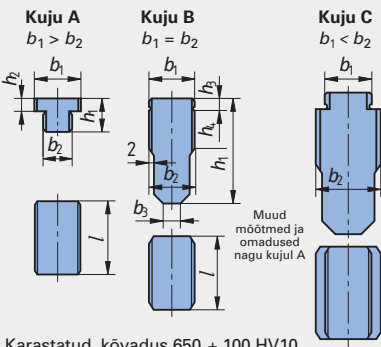


kuni M12 x 12:
a ≤ d₁
M12 x 14 ja üle:
a > d₁

d ₁	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
a	8	10	12	14	18	22	28
b alates kuni	22 50	30 60	35 120	45 150	55 190	70 240	80 300
e ₁	13	15	18	22	28	35	44
h ₁	12	14	16	20	24	32	41
k	6	6	7	8	10	14	18
Nimipikkus l, mm	25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500						
⇒	Polt DIN 787 – M10 x 10 x 100 – 8.8: d₁ = M10, a = 10 mm, l = 100 mm, omadusklass 8.8.						

Juhtliistud

DIN 6323 (2003-08)

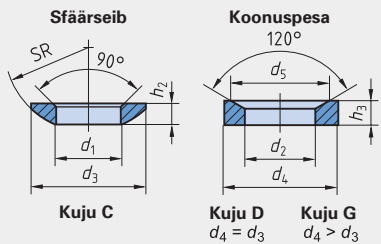


Karastatud, kõvadus 650 + 100 HV10.

b ₁ h6	b ₂ h6	Kuju	b ₃	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	l							
12	6	A	-	12	3.6	-	-	20							
	8														
	10														
20	12	B	5	28.6	-	5.5	9	20							
	14														
	18	A	-	14	5.5	-	-	32							
	22														
	28								C	9	50.5	-	7	18	40
	36															12	61.5	24
	42	16	76.5	30	50										
	19	90.5	36												
⇒	Juhtliist DIN 6323 – C 20 x 28: Kuju C, b₁ = 20 mm, b₂ = 28 mm.														

Sfäärseibid ja koonuspesad

DIN 6319 (2001-10)



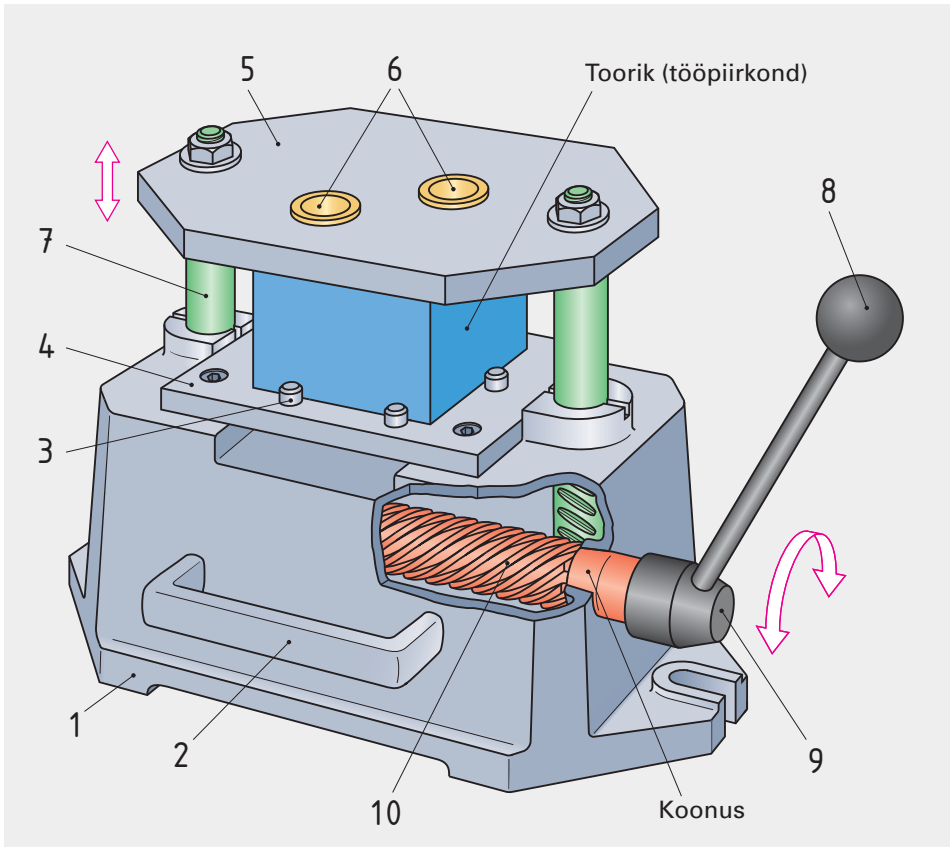
d ₁	d ₂	d ₃	d ₄ Kuju		d ₅	h ₂	h ₃ Kuju		R Sfäär
H13	H13		D	G			D	G	
6.4	7.1	12	12	17	11	2.3	2.8	4	9
8.4	9.6	17	17	24	14.5	3.2	3.5	5	12
10.5	12	21	21	30	18.5	4	4.2	5	15
13	14.2	24	24	36	20	4.6	5	6	17
17	19	30	30	44	26	5.3	6.2	7	22
21	23.2	36	36	50	31	6.3	7.5	8	27
⇒	Sfäärseib DIN 6319 – C 17: Kuju C, d₁ = 17 mm.								

Kiirkinnitusega puurimisrakis

DIN 6348 (tagasivõetud)

Kiirkinnitusega puurimisrakis

Saadaval on rakise üheksa standardset suurst ning võimalik on isegi väikesi toorikuid puurimiseks kinnitada kiiresti ja täpselt. Tooriku õigeks paigaldamiseks tuleb surveplaat (5) alusplaat (4) vastavalt seadistada ja reguleerida. Surveplaadis, mis on kinnitatud kahe juhtsamba (7) külge, paiknevad konduktorpuksid (6). Tooriku õige asend puurimiseks tagatakse seadesõrmede (3) abil. Teise kujuga tooriku töötlemiseks saab surveplaadi ja alusplaadi kiiresti asendada teistega. Tooriku kinnitamiseks vajutatakse käepide (8) alla. Tooriku vabastamiseks pööratakse käepide üles. Spiraalhammasvõll (10) on otsest toetatud vastassuunaliste koonuslaagerdustega. Tooriku kinnitusjõu rakendamisel surub spiraalhambumise telgjõud võlli koonustugipinna korpuse koonustugipinna sisse. See tagab tooriku ohutu ja töökindla kinnituse isegi vibratsiooni tingimustes. Teise otsa koonuslaagerdus tagab surveplaadi ohutu asendi, kui rakis on avatud. Tooriku kinnitamine on võimalik ka hüdrauliliselt või suruõhu abil.

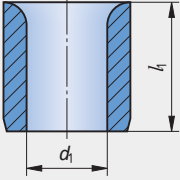
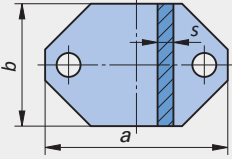
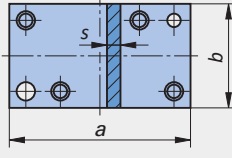
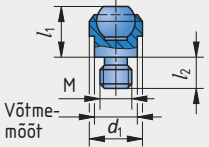
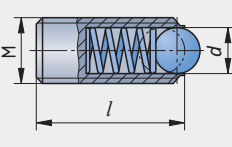
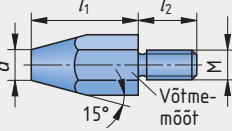


ME

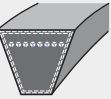
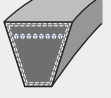
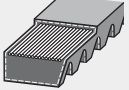
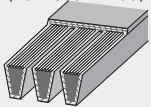
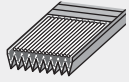
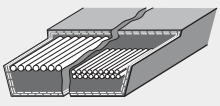
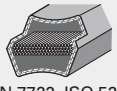
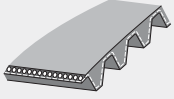
Tükitalvel (väljavõte)

Pos	Nimetus	Standard/materjal	Pos	Nimetus	Standard/materjal
1	Korpus	EN-GJL 250	6	Kraega konduktorpuks	DIN 172 – A
2	Käepide	AlMg3	7	Hammast. juhtsambas	16MnCr5
3	Seadesõrm	DIN 6321 – A	8	Plastist ümarkäepide	DIN 319 – C
4	Alusplaat	DIN 6348 – A	9	Kinnitushoob	E295
5	Surveplaat	DIN 6348 – B	10	Spiraalhammasvõll	C45

Rakiste standardkomponendid

Kuju	Mõõtmed, mm alates ... kuni	Materjal, standard	Otstarve, omadused																											
Konduktorpuksid																														
Kuju A 	$d_1 = (0.4 \dots 48.0)$ mm samm: 0.1 mm $d_1 > 15$ mm: lisaks samm 0.5 mm l_1 on vastavalt läbimõõdule d_1 kolmes variandis: lühike, keskmine, pikk.	Tööriistateras Kõvadus: 740 + 80 HV 10 DIN 179 (kehtetu)	<ul style="list-style-type: none"> • Pressistuga puksid spiraalpuuride, avardite, astmepuuride juhtimiseks; • Kraega konduktorpuksid ka tööriistatökisena; • Kiirvahetatavad konduktorpuksid juhul, kui pärast puurimist tuleb teha süvistamine. 																											
Surveplaadid																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Suurus</th> </tr> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>60</td><td>32</td><td>8</td></tr> <tr><td>80</td><td>50</td><td>11</td></tr> <tr><td>100</td><td>60</td><td>14</td></tr> <tr><td>100</td><td>125</td><td>16</td></tr> <tr><td>200</td><td>160</td><td>16</td></tr> <tr><td>300</td><td>190</td><td>20</td></tr> <tr><td>400</td><td>215</td><td>27</td></tr> </tbody> </table>	Suurus			a	b	s	60	32	8	80	50	11	100	60	14	100	125	16	200	160	16	300	190	20	400	215	27	Konstruksiooni- teras, mustaks oksideeritud DIN 6348 (kehtetu)	Surveplaadis, mis on kinnitatud kahe juhtsamba külge, paiknevad konduktorpuksid. Hoovaga mehhanism tagab tooriku kinnitamise ja vabastamise.
Suurus																														
a	b	s																												
60	32	8																												
80	50	11																												
100	60	14																												
100	125	16																												
200	160	16																												
300	190	20																												
400	215	27																												
Alusplaadid																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Suurus</th> </tr> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>60</td><td>32</td><td>6</td></tr> <tr><td>80</td><td>50</td><td>10</td></tr> <tr><td>100</td><td>60</td><td>10</td></tr> <tr><td>100</td><td>125</td><td>10</td></tr> <tr><td>200</td><td>160</td><td>15</td></tr> <tr><td>300</td><td>190</td><td>15</td></tr> <tr><td>400</td><td>215</td><td>18</td></tr> </tbody> </table>	Suurus			a	b	s	60	32	6	80	50	10	100	60	10	100	125	10	200	160	15	300	190	15	400	215	18	Konstruksiooni- teras, mustaks oksideeritud DIN 6348 (kehtetu)	Toetab toorikut ning tagab selle õige asukoha piirikute, tugisõrmede või seadesõrmede abil.
Suurus																														
a	b	s																												
60	32	6																												
80	50	10																												
100	60	10																												
100	125	10																												
200	160	15																												
300	190	15																												
400	215	18																												
Seaduvad tugisõrmed, väliskeermega																														
	Keere: M8 ... M20 $d_1 = (13 \dots 50)$ mm $l_1 = (13 \dots 35)$ mm $l_2 = (8 \dots 20)$ mm	Korpus: parendatud (K+KÖN) teras Kuul: kuullaagriteras (karastatud)	<ul style="list-style-type: none"> • Piirikud; • Toed; • Surveelemendid. Sobib eriti hästi kaldu või töötlemata pindade jaoks.																											
Vedrusõrmed																														
	Keere: M3 ... M24 $l = (9 \dots 48)$ mm $d = (1.5 \dots 15)$ mm	Korpus: teras, omadus- klass 5.8 Kuul: vedruteras, karastatud Vedru: vedruteras	<ul style="list-style-type: none"> • Jagamislahendused; • Lukustamine; • Positsioneerimine; • Tugisõrmed, väljatõukesõrmed. 																											
Jalad																														
	Keere: M6 – M12 $l_1 = (10 \dots 50)$ mm $l_2 = (11 \dots 20)$ mm Võtmemõõt = (10 ... 19) mm $d = (8 \dots 5)$ mm	Parendatud (K+KÖN) teras DIN 6320 (2002-10)	Jalgu kasutatakse peamiselt töötlemisseadmete, tööriistade, aluste, tooriku- ja tööriistakinnituste konstruksioonis.																											

Ajamirihmade liigid, ülevaade

Rihmade liigid					
Kujundus	Mõõtmete vahemik		Piirkiirus	Piirvõimsus	Omadused, kasutus
	$h^{1)}$, mm	$L^{2)}$, mm			
Rihma standard	Rihmaratta standard		v_{max} , m/s	P'_{max} , kW ³⁾	
Tavakiirihmad  DIN 2215, ISO 4184	4 ... 25	185 ... 19 000	30	65	Suurem tõmbetugevus, stabiilne veojõud; ehitusmasinad, kaevandusmasinate rihmvariaatorid, põllumasinad, konveierid, üldmasinaehitus.
	DIN 2217, ISO 4183				
Kitsad kiirihmad  DIN 7753, ISO 4184	8 ... 18	630 ... 12 500	40	70	Hea veojõud, kaks korda suurem kui sama laiusega tavakiirihmal; ülekanded, kütte- ja ventilatsiooniseadmed, puutööpingid.
	DIN 2211, ISO 4183				
Hammastatud kiirihmad  DIN 2215, DIN 7753	4 ... 25	800 ... 3150	50	70	Vähene venimine, rihmaratta väike läbimõõt, kõrge temperatuuritaluvus -30 °C kuni + 80°C; autode generaatoriajamid, ülekanded, pumbad, kliimaseadmed.
	DIN 2211, DIN 2217				
Liitkiirihmad (võimsusrihmad)  DIN 2211, DIN 2217	10 ... 26	1250 ... 15 000	30	65	Hea vibratsiooni- ja löögitaluvus, lihtne paigaldus üksikrihmadega võrreldes, väga ühtlane tõmbejõu jaotumine, suur tõmbetugevus, kui telgede vahel on suur; paberimasinad.
	DIN 2211, DIN 2217				
Kiilsoonrihmad (soonrihmad)  DIN 7867	3 ... 17	600 ... 15 000	60	20	Suure ülekandesuhte võimalus, käigu väike vibratsioon; auto generaatoriajamid, kliimaseadmete kompressoriajamid, väikesed masinad.
	DIN 7867				
Laiad kiirihmad  DIN 7719	6 ... 18	468 ... 2500	30	85	Suur põiktugevus, väga suur tugevus, painduvus; rihmvariaatorid, tööpingid, tekstiilimasinad, trükimasinad, põllumasinad.
	DIN 7719				
Kahepoolsed kiirihmad (kuuskantrihmad)  DIN 7722, ISO 5289	10 ... 25	2000 ... 6900	30	20	Hea veojõud paljude rihmarattastega ajamites, milles pöörlemis-suund on muutuv, kasutegur 10% väiksem, kui tavakiirihmadel; põllumasinad, tekstiilimasinad, üldmasinaehitus.
	DIN 2217				
Hammasrihmad  DIN 7721-1	0.7 ... 5.0	100 ... 3620	40 – 80	0.5 – 900	Kasutegur $\eta_{max} \geq 0.98$, sünkroonne käik, madal eelpingutusjõud, seega ka väiksem koormus laagritele; täpismasinad, büroomasinad, autode, CNC pinkide spindliajamid.
	DIN 7721-2				

1) Rihma kõrgus (lk 258, lk 259).

2) Rihma pikkus.

3) Ühe rihma ülekandevõimsus.

Kiilrihmajam, arvutus

Kitsad kiilrihmad DIN 7753-1 (1988-01)	Kitsa kiilrihma rattad DIN 2211-1 (1984-03)	Tähistused						Kitsad kiilrihmad, kiilrihmarattad			
		Rihma profiil (ISO tähistuskood)						SPZ	SPA	SPB	SPC
		w_u	rihma ülemine laius	9.7	12.7	16.3	22				
		w_e	rihma efektiivlaius	8.5	11	14	19				
		h	rihma kõrgus	8	10	13	18				
		h_w	kaugusmööde	2	2.8	3.5	4.8				
		d_{min}	vähim lubatav efektiivlâbimõõt	63	90	140	224				
		w_1	rihmasoone ülemine laius	9.7	12.7	16.3	22				
		c	efektiiv- ja välislâbimõõdu kaugus	2	2.8	3.5	4.8				
		t	vähim lubatav rihmasoone sügavus	11	13.8	17.5	23.8				
		e	mitmesoonelise rihmaratta rihmasoonte samm	12	15	19	25.5				
		f	soone kaugus välisservast	8	10	12.5	17				
		α	34° efektiivlâbimõõdule kuni	80	118	190	315				
			38° efektiivlâbimõõdule üle	80	118	190	315				

Efektiivlâbimõõt $d_{min} = d_a - 2 \cdot c$

→ Kitsas kiilrihm DIN 7753 - XPZ 710:
Kitsas kiilrihm, hammastatud, jaotuspikkus 710 mm.



Haardnurk β

Nurgategur c_1

180°	170°	160°	150°	140°	130°	120°	110°	100°	90°
1	1.02	1.05	1.08	1.12	1.16	1.22	1.28	1.37	1.47

Dünaamikategur c_2

c_2 vastavalt igapäevasele töötundide arvule		
kuni 10	alates 10 kuni 16	üle 16
1.0	1.1	1.2
1.1	1.2	1.3
1.2	1.3	1.4
1.3	1.4	1.5

Käitavad masinad (näited)

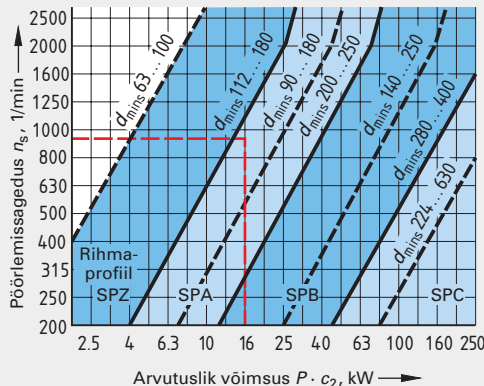
Tsentrifugaalpumbad, ventilaatorid, kergkoormatud konveierid
Tööpingid, pressid, plekilõikurid, trükimasinad
Lihvpingid, kolbpumbad, tekstiili- ja paberimasinad
Kivipurustid, segistid, vintsid, kraanad, ekskavaatorid

Kitsaste kiilrihmade suutlikkus

DIN 7753-2 (1976-04)

Rihmaprofiil	SPZ			SPA		SPB			SPC			
Väiksema rihmaratta d_{mins}	63	100	180	90	160	250	140	250	400	224	400	630
Väiksema rihmaratta n_s	Nimivõimsus P_{rated} , kW ühe rihma kohta											
400	0.35	0.79	1.71	0.75	2.04	3.62	1.92	4.86	8.64	5.19	12.56	21.42
700	0.54	1.28	2.81	1.17	3.30	5.88	3.02	7.84	13.82	8.13	19.79	32.37
950	0.68	1.66	3.65	1.48	4.27	7.60	3.83	10.04	17.39	10.19	24.52	37.37
1450	0.93	2.36	5.19	2.02	6.01	10.53	5.19	13.66	22.02	13.22	29.46	31.74
2000	1.17	3.05	6.63	2.49	7.60	12.85	6.31	16.19	22.07	14.58	25.81	-
2800	1.45	3.90	8.20	3.00	9.24	14.13	7.15	16.44	9.37	11.89	-	-

Kitsa kiilrihma profiili valik



- P ülekantav võimsus
- P_{rated} ühe rihma nimivõimsus
- N rihmade arv
- c_1 nurgategur
- c_2 dünaamikategur

Rihmade vajalik arv

$$N = \frac{P \cdot c_1 \cdot c_2}{P_{rated}}$$

Näide:

Ülekande parameetrid: $P = 12$ kW; $c_1 = 1.12$; $c_2 = 1.4$; $d_{mins} = 160$ mm, $n_s = 950$ 1/min; $\beta_s = ?$, $N = ?$

- $P \cdot c_2 = 12$ kW \cdot 1.4 = 16.8 kW
- Graafikult: $n_s = 950$ 1/min
 $P \cdot c_2 = 16.8$ kW → Rihmaprofiil SPA
- Tabelist: $P_{rated} = 4.27$ kW
- $N = \frac{P \cdot c_1 \cdot c_2}{P_{rated}} = \frac{12 \text{ kW} \cdot 1.12 \cdot 1.4}{4.27 \text{ kW}} = 4.4$
- Valitakse: $N = 5$ rihma

Hammasrihmajam

Eesti Rahvusraamatukogu digitaalarhiiv DIGAR(S)

Hammasrihmad		DIN 7721-1 (1989-06)									
Ühepoolne 	Hammasste samm		Hamba suurus			Nimipak-sus	Hammasrihma laius				
	Tähis	p	s	h_t	r	h_s	w				
	T2.5	2.5	1.5	0.7	0.2	1.3	–	4	6	10	
	T5	5	2.7	1.2	0.4	2.2	6	10	16	25	
	T10	10	5.3	2.5	0.6	4.5	16	25	32	50	
Kahepoolne 	Efektii- pikkus ¹⁾	Hammasste arv		Efektii- pikkus ¹⁾	Hammasste arv		Efektii- pikkus ¹⁾	Hammasste arv			
		T2.5	T5		T5	T10		T10			
	120	48	–	530	–	53	1010	101			
	150	–	30	560	112	56	1080	108			
	160	64	–	610	122	61	1150	115			
	200	80	40	630	126	63	1210	121			
	245	98	49	660	–	66	1250	125			
	270	–	54	700	–	70	1320	132			
	285	114	–	720	144	72	1390	139			
	305	–	61	780	156	78	1460	146			
	330	132	66	840	168	84	1560	156			
	390	–	78	880	–	88	1610	161			
420	168	84	900	180	–	1780	178				
455	–	91	920	184	92	1880	188				
480	192	96	960	–	96	1960	196				
500	200	100	990	198	–	2250	225				
⇒		Rihm DIN 7721 – 6T2.5 x 480: $w = 6$ mm, samm $p = 2.5$ mm, efektiivpikkus = 480 mm, ühepoolne.									
Kahepoolse hammasrihma korral lisatakse tähistusele täht D.											
1) Efektiivpikkused on vahemikus (100...3620) mm, eritellimusel kuni 25000 mm.											

Standardimata hambad

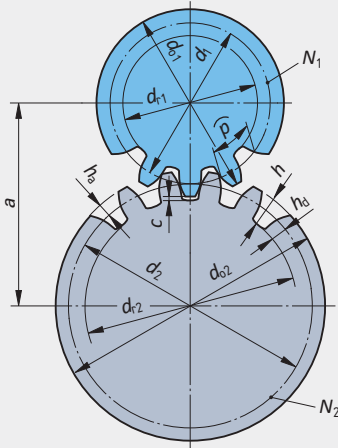


Hammasrihmarattad		DIN 7721-2 (1989-06)											
Rihmasüvisse mõõtmised 	Süviste arv	Välisläbimõõt d_0 , mm			Süviste arv	Välisläbimõõt d_0 , mm			Süviste arv	Välisläbimõõt d_0 , mm			
		T2.5	T5	T10		T2.5	T5	T10		T2.5	T5	T10	
	10	7.4	15.0	–	17	13.0	26.2	52.2	32	24.9	50.1	100.0	
	11	8.2	16.6	–	18	13.8	27.8	55.4	36	28.1	56.4	112.7	
	12	9.0	18.2	36.3	19	14.6	29.4	58.6	40	31.3	62.8	125.4	
	13	9.8	19.8	39.5	20	15.4	31.0	61.8	48	37.7	75.5	150.9	
	14	10.6	21.4	42.7	22	17.0	34.1	68.2	60	47.2	94.6	189.1	
15	11.4	23.0	45.9	25	19.3	38.9	77.7	72	56.8	113.7	227.3		
16	12.2	24.6	49.1	28	21.7	43.7	87.2	84	66.3	132.9	265.5		
Efektiivälbimõõd $d = d_0 + 2 \cdot a$	Rihmaratta rihmasüvisse mõõtmised												
	Tähis	Süvisse laius w_f				Süvisse kõrgus h_g				2·a			
		Kuju SE ¹⁾		Kuju N ²⁾		Kuju SE ¹⁾		Kuju N ²⁾					
		T2,5	1.75	1.83	0.75	1	0.6						
T5	2.96	3.32	1.25	1.95	1								
T10	6.02	6.57	2.6	3.4	2								
Rihmaratta mõõtmised 	Tähis	Rihma laius w		Rihmaratta laius									
				äärikutega w_f		ilma äärikuteta w'_f							
	T2.5	4		5.5		8							
		6		7.5		10							
		10		11.5		14							
	T5	6		7.5		10							
		10		11.5		14							
		16		17.5		20							
		25		26.5		29							
	T10	16		18		21							
		25		27		30							
		32		34		37							
50		52		55									

ME

Silinderhammasrattad

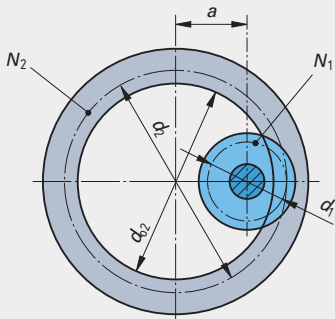
Nihutuseta sirghammastega silinderhammasrattad



m moodul	N, N_1, N_2 hammaste arv
p jaotusringsamm	d, d_1, d_2 jaotuslääbimõõt
c radiaallõtk	d_{o1}, d_{o2} peadelääbimõõt
h hamba kõrgus	d_r, d_{r1}, d_{r2} jalgadelääbimõõt
h_a jaotuspea kõrgus	
h_d jaotusjala kõrgus	
a telgede vahe	

Näide:

Välis hammastega silinderhammasrattas:
 $m = 2 \text{ mm}; N = 32; c = 0.167 \cdot m; d = ?; d_o = ?; h = ?$
 $d = m \cdot N = 2 \text{ mm} \cdot 32 = \mathbf{64 \text{ mm}}$
 $d_o = d + 2 \cdot m = 64 \text{ mm} + 2 \cdot 2 \text{ mm} = \mathbf{68 \text{ mm}}$
 $h = 2 \cdot m + c = 2 \cdot 2 \text{ mm} + 0.167 \cdot 2 \text{ mm} = \mathbf{4.33 \text{ mm}}$



Välis hambumine

Hammaste arv	$N = \frac{d}{m} = \frac{d_o - 2 \cdot m}{m}$
Peadelääbimõõt	$d_o = d + 2 \cdot m = m \cdot (N + 2)$
Jalgadelääbimõõt	$d_r = d - 2 \cdot (m + c)$
Telgede vahe	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m \cdot (N_1 + N_2)}{2}$

Välis- ja sise hambumine

Moodul	$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{N}$
Jaotusringsamm	$p = \pi \cdot m$
Jaotuslääbimõõt	$d = m \cdot N$
Radiaallõtk	$c = 0.1 \cdot m \text{ kuni } 0.3 \cdot m$ tavaliselt: $c = 0.167 \cdot m$
Jaotuspea kõrgus	$h_a = m$
Jaotusjala kõrgus	$h_d = m + c$
Hamba kõrgus	$h = 2 \cdot m + c$

Sise hambumine

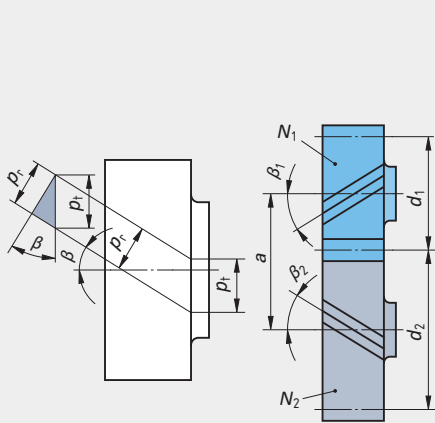
Hammaste arv	$N = \frac{d}{m} = \frac{d_o + 2 \cdot m}{m}$
Peadelääbimõõt	$d_o = d - 2 \cdot m = m \cdot (N - 2)$
Jalgadelääbimõõt	$d_r = d + 2 \cdot (m + c)$
Telgede vahe	$a = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{m \cdot (N_2 - N_1)}{2}$

Näide:

Sise hammastega silinderhammasrattas:
 $m = 1.5 \text{ mm}; N = 80; c = 0.167 \cdot m; d = ?; h = ?$
 $d = m \cdot N = 1.5 \text{ mm} \cdot 80 = \mathbf{120 \text{ mm}}$
 $d_o = d - 2 \cdot m = 120 \text{ mm} - 2 \cdot 1.5 \text{ mm} = \mathbf{117 \text{ mm}}$
 $h = 2 \cdot m + c = 2 \cdot 1.5 \text{ mm} + 0.167 \cdot 1.5 \text{ mm} = \mathbf{3.25 \text{ mm}}$

Silinderhammasrattad, silinderhammasrataste moodulid

Nihutuseta kaldhammastega silinderhammasrattad



m_t	otsmoodul
m_r	normaalmoodul
p_t	jaotusringsamm
p_r	normaalsamm
β	kaldenurk jaotussilindril (tavaliselt $8^\circ \dots 25^\circ$)
N, N_1, N_2	hammaste arv
d, d_1, d_2	jaotusläbimõõt
d_o	peadeläbimõõt
a	telgede vahe

Otsmoodul

$$m_t = \frac{m_r}{\cos \beta} = \frac{p_t}{\pi}$$

Jaotusringsamm

$$p_t = \frac{p_r}{\cos \beta} = \frac{\pi \cdot m_r}{\cos \beta}$$

Jaotusläbimõõt

$$d = m_t \cdot N = \frac{N \cdot m_r}{\cos \beta}$$

Hammaste arv

$$N = \frac{d}{m_t} = \frac{\pi \cdot d}{p_t}$$

Normaalmoodul

$$m_r = \frac{p_r}{\pi} = m_t \cdot \cos \beta$$

Normaalsamm

$$p_r = \pi \cdot m_r = p_t \cdot \cos \beta$$

Peadeläbimõõt

$$d_o = d + 2 \cdot m_r$$

Telgede vahe

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Kaldhammastega hammasratta hambad paiknevad ratta silindrilisel kerel krüvilaadsetel. Sirghammaste ja kaldhammastega rataste valmistamise tööriistu iseloomustab normaalmoodul.

Paralleelsete telgede korral on hambumises olevate rataste hammaste kaldenurk jaotussilindril võrdne, kuid vastupidise suunaga, s.t ühel hammasrattal on kaldenurk jaotussilindril päripäeva ja teisel vastupäeva ($\beta_1 = -\beta_2$).

Näide:

Kaldhammastega silinderratas, $N = 32$; $m_r = 1.5$ mm; $\beta = 19.5^\circ$; $c = 0.167 \cdot m_r$; $m_t = ?$; $d_o = ?$; $d = ?$; $h = ?$

$$m_t = \frac{m_r}{\cos \beta} = \frac{1.5 \text{ mm}}{\cos 19.5^\circ} = 1.591 \text{ mm}$$

$$d_a = d + 2 \cdot m_r = 50.9 \text{ mm} + 2 \cdot 1.5 \text{ mm} = 53.9 \text{ mm}$$

$$d = m_t \cdot N = 1.591 \text{ mm} \cdot 32 = 50.9 \text{ mm}$$

$$h = 2 \cdot m_r + c = 2 \cdot 1.5 \text{ mm} + 0.167 \cdot 1.5 \text{ mm} = 3.25 \text{ mm}$$

Hamba kõrgust, jaotuspea ja -jala kõrgust, radiaallõtku ning jalgadeläbimõõtu arvutatakse samuti, kui sirghammastega silinderhammasratta puhul (lk 260). Valemities asendatakse moodul m normaalmooduliga m_r .

Silinderhammasrataste mooduliseeria (Rida I)

DIN 780-1 (1977-05)

Moodul	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.25
Jaotusringsamm	0.628	0.785	0.943	1.257	1.571	1.885	2.199	2.513	2.827	3.142	3.927
Moodul	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	16.0
Jaotusringsamm	4.712	6.283	7.854	9.425	12.566	15.708	18.850	25.132	31.416	37.699	50.265

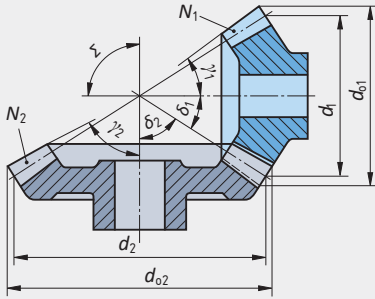
Hambalõike-ketasfreeside komplekt (kuni $m = 9$ mm)¹¹

Freesi nr	1	2	3	4	5	6	7	8
Hammaste arv	12...13	14...16	17...20	21...25	26...34	35...54	55...134	135...hammaslatt

¹¹ Hammasrataste valmistamine ketasfreesiga ei ole rullumisprotsess. Saadud hambaprofiil on vaid ligikaudu evolvent. Seetõttu sobib see meetod vaid teisejärguliste hammasrataste valmistamiseks. Hammasrataste, mille $m > 9$ mm, valmistamiseks kasutatakse 15 ketasfreesiga komplekti.

Koonushammasrattad, tiguülekanne

Nihutuseta sirghammastega koonushammasrattad



Lisaks toodud välisservade mõõtmetele, on hammasratta valmistamisel vajalikud ka mõõtmed tsentrites ja hammaste sisemistel servadel.

Näide:

Koonushammasülekanne: $m = 2 \text{ mm}$; $N_1 = 30$; $N_2 = 120$; $\Sigma = 90^\circ$. Arvutada väiksema hammasratta treimiseks vajalikud mõõtmed.

$$\tan \delta_1 = \frac{N_1}{N_2} = \frac{30}{120} = 0.2500; \quad \delta_1 = 14.04^\circ$$

$$d_1 = m \cdot N_1 = 2 \text{ mm} \cdot 30 = 60 \text{ mm}$$

$$d_{01} = d_1 + 2 \cdot m \cdot \cos \delta_1$$

$$= 60 \text{ mm} + 2 \cdot 2 \text{ mm} \cdot \cos 14.04^\circ = 63.88 \text{ mm}$$

$$\tan \gamma_1 = \frac{N_1 + 2 \cdot \cos \delta_1}{N_2 - 2 \cdot \sin \delta_1} = \frac{30 + 2 \cdot \cos 14.04^\circ}{120 - 2 \cdot \sin 14.04^\circ} = 0.267$$

$$\gamma_1 = 14.95^\circ$$

m	moodul	N, N_1, N_2	hammaste arv
d, d_1, d_2	jaotuslääbimõõt	$\delta, \delta_1, \delta_2$	jaotusnurk
d_0, d_{01}, d_{02}	välise peadelääbimõõt		
γ_1, γ_2	peadenurk		
Σ	telgedevaheline nurk (tavaliselt 90°)		

Jaotusringsamm ja hamba kõrgust koonuse tipu poole liikudes vähenevad, seetõttu on igas punktis hamba laiuse ulatuses erinev moodul, peadelääbimõõt jne. Koonuse tipust kaugeim moodul loetakse nimimooduliks.

Jaotuslääbimõõt	$d = m \cdot N$
-----------------	-----------------

Välise peadelääbimõõt	$d_0 = d + 2 \cdot m \cdot \cos \delta$
-----------------------	---

Ratta 1 peadenurk	$\tan \gamma_1 = \frac{N_1 + 2 \cdot \cos \delta_1}{N_2 - 2 \cdot \sin \delta_1}$
-------------------	---

Ratta 2 peadenurk	$\tan \gamma_2 = \frac{N_2 + 2 \cdot \cos \delta_2}{N_1 - 2 \cdot \sin \delta_2}$
-------------------	---

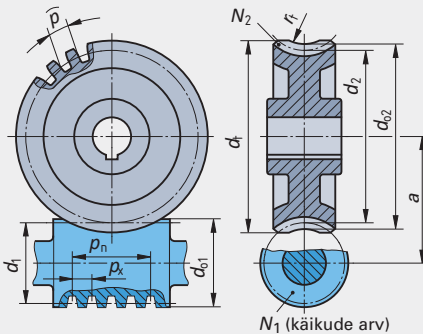
Ratta 1 jaotusnurk	$\tan \delta_1 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{i}$
--------------------	---

Ratta 2 jaotusnurk	$\tan \delta_2 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{N_2}{N_1} = i$
--------------------	---

Telgedevaheline nurk	$\Sigma = \delta_1 + \delta_2$
----------------------	--------------------------------

Hamba kõrgust, jaotuspea kõrgust, radiaallõtku jne arvutatakse samuti kui sirghammastega silinderratta puhul (lk 260).

Tiguülekanne



Näide:

Tiguülekanne: $m = 2.5 \text{ mm}$; $N_1 = 2$; $d_1 = 40 \text{ mm}$; $N_2 = 40$; $d_{01} = ?$; $d_2 = ?$; $d_t = ?$; $r_t = ?$; $a = ?$

$$d_{01} = d_1 + 2 \cdot m = 40 \text{ mm} + 2 \cdot 2.5 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$d_2 = m \cdot N_2 = 2.5 \text{ mm} \cdot 40 = 100 \text{ mm}$$

$$d_{02} = d_2 + 2 \cdot m = 100 \text{ mm} + 2 \cdot 2.5 \text{ mm} = 105 \text{ mm}$$

$$d_t \approx d_{02} + m = 105 \text{ mm} + 2.5 \text{ mm} = 107.5 \text{ mm}$$

$$r_t = \frac{d_1}{2} - m = \frac{40 \text{ mm}}{2} - 2.5 \text{ mm} = 17.5 \text{ mm}$$

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{40 \text{ mm} + 100 \text{ mm}}{2} = 70 \text{ mm}$$

m	moodul	N_1, N_2	hammaste arv
d, d_1, d_2	jaotuslääbimõõt	p_n	tõus
d_0, d_{01}, d_{02}	peadelääbimõõt	p_x, p	telgsamm
r_t	peaderaadius	d_t	suurim peadelääbimõõt

Tigu

Jaotuslääbimõõt	$d_1 = \text{nimisuurus}$
-----------------	---------------------------

Teo telgsamm	$p_x = \pi \cdot m$
--------------	---------------------

Peadelääbimõõt	$d_{01} = d_1 + 2 \cdot m$
----------------	----------------------------

Tõus	$p_n = p_x \cdot N_1 = \pi \cdot m \cdot N_1$
------	---

Tiguratas

Jaotuslääbimõõt	$d_2 = m \cdot N_2$
-----------------	---------------------

Jaotusringsamm	$p = \pi \cdot m$
----------------	-------------------

Peadelääbimõõt	$d_{02} = d_2 + 2 \cdot m$
----------------	----------------------------

Suurim peadelääbimõõt	$d_t \approx d_{02} + m$
-----------------------	--------------------------

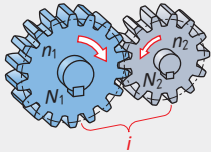
Peaderaadius	$r_t = \frac{d_1}{2} - m$
--------------	---------------------------

Radiaallõtku, hamba kõrgust, jaotuspea ja -jala kõrgust ning telgede vahet arvutatakse samuti kui sirghammastega silinderhammasratta puhul (lk 260).

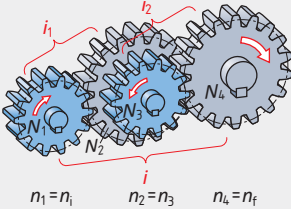
Ajami ülekandesuhe

Hammasülekanded

Üheastmeline hammasülekanne
vedav veetav



Mitmeastmeline hammasülekanne



- $N_1, N_3, N_5 \dots$ hammaste arv } vedav
- $n_1, n_3, n_5 \dots$ pöörlemissagedus } hammasratas
- $N_2, N_4, N_6 \dots$ hammaste arv } veetav
- $n_2, n_4, n_6 \dots$ pöörlemissagedus } hammasratas
- n_1 alg-pöörlemissagedus
- n_f lõpp-pöörlemissagedus
- i summaarne ülekandesuhe
- $i_1, i_2, i_3 \dots$ astme ülekandesuhe

Astme võrrand

$$n_1 \cdot N_1 = n_2 \cdot N_2$$

Astme ülekandesuhe

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_i}{n_f}$$

Summaarne ülekandesuhe

$$i = \frac{N_2 \cdot N_4 \cdot N_6 \dots}{N_1 \cdot N_3 \cdot N_5 \dots}$$

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$$

Näide:

$$i = 0.4; n_1 = 180/\text{min}; N_2 = 24; n_2 = ?; N_1 = ?$$

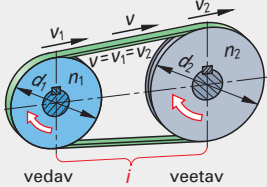
$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{180/\text{min}}{0.4} = 450/\text{min}$$

$$N_1 = \frac{n_2 \cdot N_2}{n_1} = \frac{450/\text{min} \cdot 24}{180/\text{min}} = 60$$

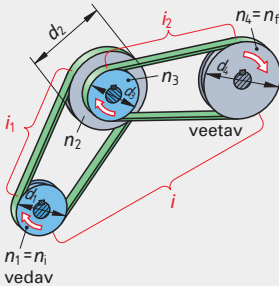
Hammasrataste pöördemoment: lk 35.

Rihmülekanded

Üheastmeline rihmülekanne



Mitmeastmeline rihmülekanne



- $d_1, d_3, d_5 \dots$ läbimõõt¹⁾ } vedav
- $n_1, n_3, n_5 \dots$ pöörlemissagedus } rihmaratas
- $d_2, d_4, d_6 \dots$ läbimõõt¹⁾ } veetav
- $n_2, n_4, n_6 \dots$ pöörlemissagedus } rihmaratas
- n_1 alg-pöörlemissagedus
- n_f lõpp-pöörlemissagedus
- i summaarne ülekandesuhe
- $i_1, i_2, i_3 \dots$ astme ülekandesuhe
- v, v_1, v_2 rihma kiirus

Rihma kiirus

$$v = v_1 = v_2$$

Astme võrrand

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$$

Astme ülekandesuhe

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_i}{n_f}$$

Summaarne ülekandesuhe

$$i = \frac{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6 \dots}{d_1 \cdot d_3 \cdot d_5 \dots}$$

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$$

Näide:

$$n_1 = 600/\text{min}; n_2 = 400/\text{min}; d_1 = 240 \text{ mm}; i = ?; d_2 = ?$$

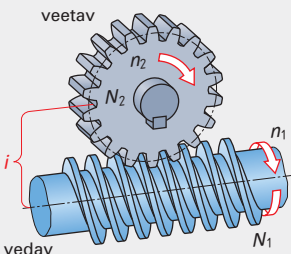
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{600/\text{min}}{400/\text{min}} = 1.5$$

$$d_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{n_2} = \frac{600/\text{min} \cdot 240 \text{ mm}}{400/\text{min}} = 360 \text{ mm}$$

¹⁾ Kiilrihmülekande arvutustes kasutatakse efektiiviläbimõõtu d_e (lk 258); hammasrihmülekande arvutustes kasutatakse hammasrihmaratta hammaste arvu (lk 259).

Tigülekanne

veetav



vedav

- N_1 teo käikude arv
- n_1 teo pöörlemissagedus
- N_2 tiguratta hammaste arv
- n_2 tiguratta pöörlemissagedus
- i ülekandesuhe

Näide:

$$i = 25; n_1 = 1500/\text{min}; N_1 = 3; n_2 = ?$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1500/\text{min}}{25} = 60/\text{min}$$

Ülekande võrrand

$$n_1 \cdot N_1 = n_2 \cdot N_2$$

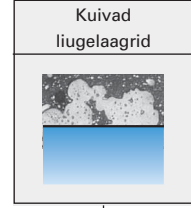
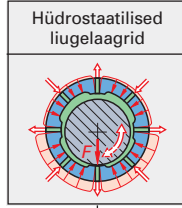
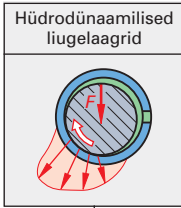
Ülekandesuhe

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

ME

Liugelaagrite liigid, ülevaade, materjalid

Liugelaagrid¹⁾ (valimik määrimisviisi järgi)



Kasutustingimused
– pidev töö väheste kulumisega; – suured kiirused; – suured löökkormused.
Kasutusnäited
– väntvõlli- ja kepsulaagrid; – hammasmehhanismid; – elektrimootorid; – turbiinid, kompressorid; – tõsteseadmed, põllumasinad.

Kasutustingimused
– kulumisvaba pidev töö; – väikesed hõõrdekaod; – võimalikud on väikesed kiirused.
Kasutusnäited
– täppislaagerdused; – kosmoseteleskoobid ja antennid; – tööpingid; – raskkoormatud surveaagrid.

Kasutustingimused
– hooldusvaba või väikese hooldusvajadusega töö; – määrdainega või ilma.
Kasutusnäited
– ehitusseadmed; – elektriseadmed; – pakkimismasinad; – reaktiivmootorid; – kodumasinad.

¹⁾ Muud liugelaagrid: õhu-, gaasi- ja veega määratud liugelaagrid, magnetlaagrid.

Liugelaagrimateerjalide omadused

Margitähis Materjali tunnusnumber	Tinglik voolepiir $R_{p0.2}$ N/mm ²	Laagri erikoormus $p_L^{1)}$ N/mm ²	Võlli vähim kõvadus	Liuge- oma- dused	Liuge- kiirus	Töövõime rask- olukorras	Omadused, kasutus
Tina valusulamid							DIN ISO 4381 (2015-05)
SnSb8Cu4 2.3793	46	8	160 HB	●	●	●	Suured löökkormused väikestel pöörlemissagedustel; raskkoormatud laagrid, turbiinid, kompressorid, elektrimootorid.
Vase valusulamid ja deformeeritavad vasesulamid							DIN ISO 4382-1 ja -2 (1992-11)
CuSn8Pb2-C 2.1810	130	21	280 HB	●	●	●	Väike kuni keskmine koormus, piisav määrimine.
CuZn31Si1 2.1831	250	58	55 HRC	●	●	●	Suur koormus, hea vertikaal- ja horisontaallöögituluvus.
CuPb10Sn10-C ²⁾ 2.1816	80	18	250 HB	●	●	●	Suured kontaktsurved; sõidukite laagrid, kuumvaltspinkide laagrid.
CuPb20Sn5-C 2.1818	60	11	150 HB	●	●	●	Sobib vesimäärimise jaoks, vastupidav vävelhappele.
Termoplastid							DIN ISO 6691 (2001-05)
PA 6 (Polüamiid)	–	12	50 HRC	●	○	●	Löögi- ja kulumiskindel; põllumasinata laagrid.
POM (Polüoksümetüleen)	–	18	50 HRC	●	○	●	Kõvem ja talub suuremaid surveid kui PA; peenmehaanikalaagerdused, sobib kuivhõõrde tingimustes.

¹⁾ Laagri tinglikule muljumispinnale taandatud koormus.

²⁾ Liitmaterjal õhukeseseinaliste liugelaagrite jaoks DIN ISO 4383 järgi.

● väga hea

● hea

● tavapärane

● piiratud

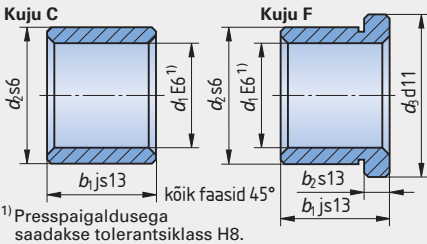
○ kasin

Liugelaagripuksid

Eesti Rahvusraamatukogu digitaalarhiiv DIGAR(S)

Vasesulamitest puksid

DIN ISO 4379 (1995-10)



1) Presspaigaldusega kõik faasid 45° saadakse tolerantsiklass H8.

Soovituslikud tolerantsiklassid paigaldusmõõtmetele

Paigaldusava	H7
Võll	e7 või g7 (sõltuvalt rakendusest)

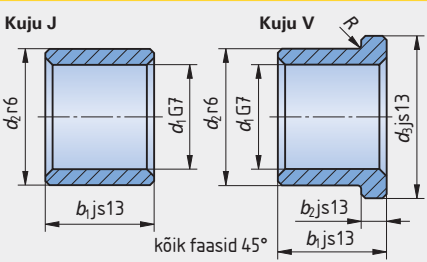
d ₁	Kuju C				Kuju F			Pikkus				
	d ₂	Seeria 1		Seeria 2		b ₁						
		d ₂	d ₃	b ₂	d ₂	d ₃	b ₂					
10	12	14	16	12	14	1	16	20	3	-	10	-
12	14	16	18	14	16	1	18	22	3	10	15	20
15	17	19	21	17	19	1	21	27	3	10	15	20
18	20	22	24	20	22	1	24	30	3	12	20	30
20	23	24	26	23	26	1.5	26	32	3	15	20	30
22	25	26	28	25	28	1.5	28	34	3	15	20	30
25	28	30	32	28	31	1.5	32	38	4	20	30	40
30	34	36	38	34	38	2	38	44	4	20	30	40
35	39	41	45	39	43	2	45	50	5	30	40	50
40	44	48	50	44	48	2	50	58	5	30	40	60

Läbimõõdu d₁ vahemik: 6 ... 200.

⇒ Puks ISO 4379 – F22 x 25 x 30 – CuSn8P: Kuju F, d₁ = 22 mm, d₂ = 25 mm, b₁ = 30 mm, materjal CuSn8P.

Poorsed puksid

DIN 1850-3 (1998-07)



Soovituslikud tolerantsiklassid paigaldusmõõtmetele

Paigaldusava	H7
Võll	-

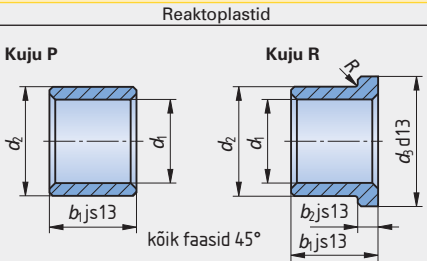
d ₁	Kuju J		Kuju V		R _{max}	Pikkused			
	d ₂	d ₃	b ₂	b ₁		b ₁			
10	16	14	16	22	3	0.6	8	10	16
12	18	16	18	24	3	0.6	8	12	20
15	21	19	21	27	3	0.6	10	15	25
18	24	22	24	30	3	0.6	12	18	30
20	26	25	26	32	3	0.6	15	20	25
22	28	27	28	34	3	0.6	15	20	25
25	32	30	32	39	3.5	0.8	20	25	30
30	38	35	38	46	4	0.8	20	25	30
35	45	41	45	55	5	0.8	25	35	40
40	50	46	50	60	5	0.8	30	40	50

Läbimõõdu d₁ vahemik: 1 ... 60.

⇒ Puks DIN 1850 – V18 x 24 x 18 – Sint-B50: Kuju V, d₁ = 18 mm, d₂ = 24 mm, b₁ = 18 mm, materjal paagutatud pronks Sint-B50.

Plastpuksid

DIN 1850-5 ja -6 (1998-07)



Soovituslikud tolerantsiklassid paigaldusmõõtmetele

	Reaktplastid		Termoplastid	
	Reaktplastid	Termoplastid	Reaktplastid	Termoplastid
Paigaldusava	H7	H7	H7	H7
Võll	h7	h9	h7	h9

d ₁	d ₂	d ₃	b ₂	R _{max}	Pikkus		
					b ₁		
10	16	20	3	0.3	6	10	-
12	18	22	3	0.5	10	15	20
15	21	27	3	0.5	10	15	20
18	24	30	3	0.5	12	20	30
20	26	32	3	0.5	15	20	30
22	28	34	3	0.5	15	20	30
25	32	38	4	0.5	20	30	40
30	38	44	4	0.5	20	30	40
35	45	50	5	0.8	30	40	50

Läbimõõdu d₁ vahemik reaktplastidele: 3 ... 250, termoplastidele: 6 ... 200.

Piirhälbed termoplastist pukside mõõtmetele d₂ ja d₁ tolerantsigruppidega A ja B

alates kuni	d ₂						Valmistusmeetod	Tolerantsiklass d ₁ -le pärast presspaigaldust
	10	15	20	28	35	42		
A	+0.27 +0.09	+0.33 +0.11	+0.45 +0.11	+0.6 +0.23	+0.69 +0.23	+0.90 +0.30	survevalu	D12
B	Tolerantsiklass zb11						lõiketöötus	C11

Reaktplastist pukside lisatähised

W	Ringsooned välisläbimõõdul d ₂ .	Y	Paigaldusfaas 15° (mitte 45°)
		Z	Raadiuse R asemel on sisselõige.

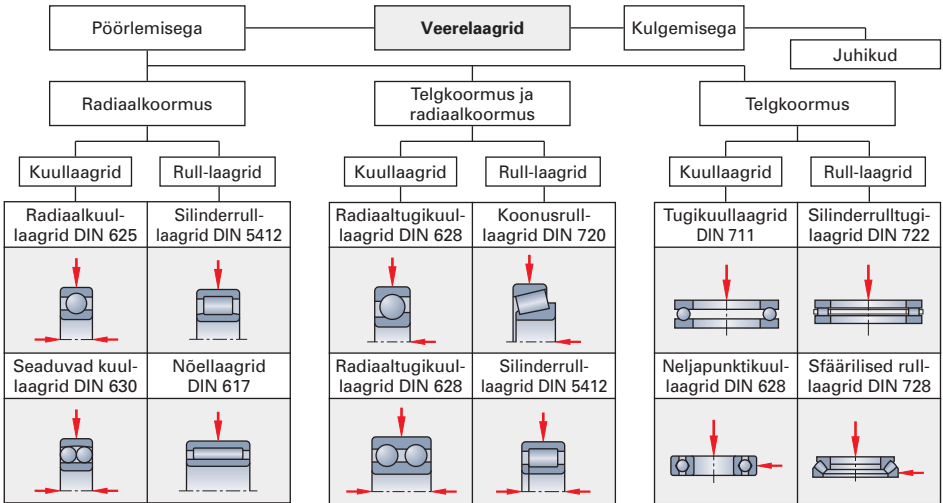
⇒ Puks DIN 1850 – S20 A20 – PA 6: Kuju S; d₁ = 20 mm, Tolerantsigrupp A, b₁ = 20 mm, materjal polüamiid 6.

Muud standardlahendused: vedru-sisepuksid DIN 1498, vedru-välispuksid DIN 1499.

ME

Veerelaagrite liigid, ülevaade

Veerelaagrid (valimik)



Veerelaagrite omadused

Laagri kujundus ¹⁾	Siseläbi-mõõt <i>d</i>	Radiaal-koormus	Telg-koormus	Suur kiirus	Suur koormus	Vaikne käik	Kasutus
Kuullaagrid							
Radiaalkuullaagrid	1.5 ... 600	●	●	●	●	●	Masina- ja autotööstuse üldotstarbelised laagrid.
Seaduvad kuul-laagrid	5 ... 120	●	●	●	●	●	Joendamishälvete kompenseerimine.
Üherealised radiaaltugikuullaagrid	10 ... 170	●	●	● ²⁾	● ³⁾	●	Kasutatakse ainult kahekaupa, suured koormused; autotööstus.
Kaherealised radiaaltugikuullaagrid	10 ... 110	●	●	●	●	●	Suured koormused, väikesed mõõtmed; autotööstus.
Tugikuullaagrid	8 ... 360	○	●	●	●	●	Väga suured telgkoormused; puurpingispindlid, tagtsentripukid.
Neljapunktiikul-laagrid	20 ... 240	●	●	●	●	●	Väga väikesed mõõtmed; spindlite laagerdused, hammasrataste sõlmed.
Rull-laagrid							
Silinderrull-laagrid (kuju N)	17 ... 240	●	○	●	●	●	Väga suured radiaalkoormused; rull-laagrisõlmed, ülekanDED.
Silinderrull-laagrid (kuju NUP)	15 ... 240	●	●	●	●	●	Nagu kuju N, kuid varustatud äärikuga telgkoormuste vastuvõtmiseks.
Nöellaagrid	90 ... 360	●	○	●	●	●	Kõrge kandevõime ja väikesed mõõtmed.
Koonusrull-laagrid	15 ... 360	●	●	● ²⁾	● ³⁾	●	Kasutatakse tavaliselt kahekaupa; autode rattalaagrid, spindlite laagrid.
Silinderrulltugi-laagrid	15 ... 600	○	●	●	●	○	Jäigad laagrid, väike telgmõõde, suur hõõrdumine.
Sfäärilised rulltugi-laagrid	60 ... 1060	●	●	●	●	○	Võimaldab nurkhälbeid; kraanade tugi-laagerdused.

¹⁾ Eesliide "radiaal" on mõnikord ära jäetud.

²⁾ Kahekaupa kasutamisel sobivus väheneb.

³⁾ Kasutatakse kahekaupa.

Sobivuse tasemed:

- väga hea
- hea
- tavapärane
- piiratud
- sobimatu

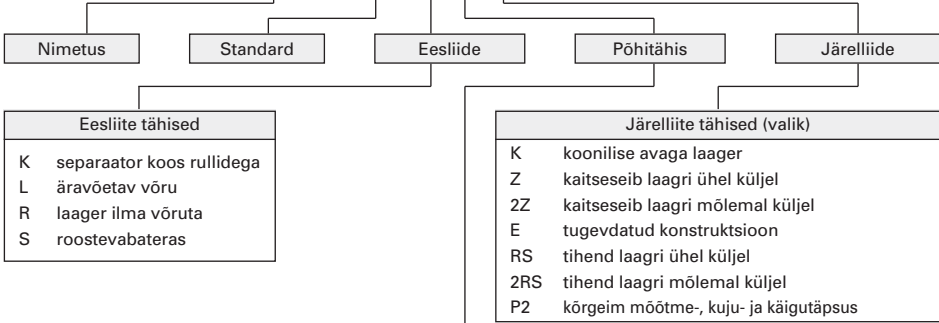
Veerelaagrite tähistus

Veerelaagrite tähistussüsteem

DIN 623-1 (1993-05)

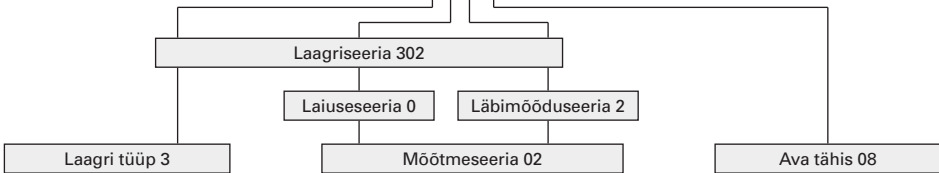
Näide:

Koonusrull-laager DIN 720 – S 30208 P2



Põhitähise näide:

3 0 2 08



Laagri tüüp	Konstruktsioon
0	Kaherealine radiaaltugikuullaager
1	Seaduv kuullaager
2	Seaduv rull-laager
3	Koonusrull-laager
4	Kaherealine radiaalkuullaager
5	Tugikuullaager
6	Üherealine radiaalkuullaager
7	Üherealine radiaaltugikuullaager
8	Silindrulltugilaager
NA	Nõellaager
OJ	Neljapunkti kuullaager
N, NJ, NJP, NN, NNU, NU, NUP	Silindrull-laager

Ava tähis	Ava läbimõõt <i>d</i>	Ava tähis	Ava läbimõõt <i>d</i>
00	10	12	60
01	12	13	65
02	15	14	70
03	17	15	75
04	20	16	80
05	25	17	85
06	30	18	90
07	35	19	95
08	40	20	100
09	45	21	105
10	50	22	110
11	55	23	115

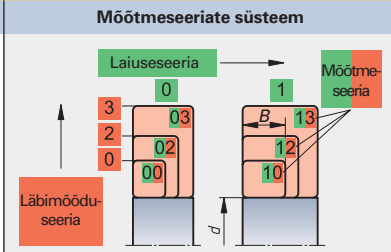
ME

Mootmeseeria (valimik)

DIN 616 (2000-06)

Selgitus
DIN 616 laagrite mootmeseeriade süsteemis on iga nimiläbimõõduga *d* (võlli läbimõõt) seotud hulk erinevaid teisi mootmeid:

- välisläbimõõt ja
- laius (radiaallaagritele) või
- kõrgus (tugilaagritele).



Näide: Koonusrull-laagrid¹⁾

Mootmeseeria 02			
Ava tähis	Ava läbimõõt <i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>
07	35	72	17
08	40	80	18
09	45	85	19
10	50	90	20

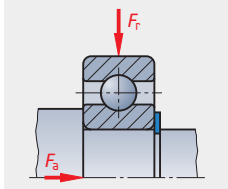
¹⁾ Muud mootmed: lk 271.

Radiaalkuullaagri arvutus

Dünaamiline kandevõime ja tööiga

Sõltuvalt rakendusest, peavad kuullaagrid taluma koormust radiaalsihs (F_r) või telgsihs (F_a) või mõlemas sihs üheaegselt. Viimasel juhul asendatakse arvutustes koormuste koosmõju taandatud radiaalkoormusega P , mis põhjustaks laagri komponendid tegelikult rakendatud koormuste koosmõjuga samaväärse pingeseisundi.

Tööiga 10^6 täispöret vastab pidevale tööajale 500 tundi muutumatul pöörlemissagedusel of 33.3 1/min.



C, C_0 dünaamiline või staatiline kandevõime
 P taandatud koormus
 X radiaalkoormuse tegur
 Y telgkoormuse tegur
 F_r radiaalkoormus
 F_a telgkoormus
 L_{10} nimitööiga, 10^6 täispöret¹⁾
 L_{10h} nimitööiga, tundi
 n pöörlemissagedus 1/min

Taandatud koormus

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Nimitööiga, täispöörded

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \cdot 10^6$$

Nimitööiga, töötunnid

$$L_{10h} = \frac{L_{10}}{60 \cdot n}$$

Näide:

Puurmasina spindli radiaalkuullaager 6214: $n = 1200$ 1/min; $F_r = 1.5$ kN; $F_a = 3.4$ kN; $d = 70$ mm (lk 269); $L_{10} = ?$; $L_{10h} = ?$

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{3.4 \text{ kN}}{44 \text{ kN}} = 0.077 \rightarrow e \approx 0.28 \text{ (vt allolev tabel); } \frac{F_a}{F_r} = \frac{3.4 \text{ kN}}{1.5 \text{ kN}} \approx 2.27 > e = 0.28$$

$$Y = 1.55; X = 0.56; P = 0.56 \cdot 1.5 \text{ kN} + 1.55 \cdot 3.4 \text{ kN} = 6.14 \text{ kN}$$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \cdot 10^6 = \left(\frac{62 \text{ kN}}{6.14 \text{ kN}} \right)^3 = 1030 \cdot 10^6; L_{10h} = \frac{L_{10}}{60 \cdot n} = \frac{1030 \cdot 10^6}{60 \cdot 1200 \text{ 1/min}} = 14306 \text{ h}$$

Laagri oodatav tööiga on puurmasina spindli jaoks sobivates piirides.

¹⁾ L_{10}, L_{10h} 10% laagritest võib tõrkuda enne arvatud tööea täitumist. Kogemuslik tõenäosus on 90%.

Radiaalkuullaagrite kandevõime (valimik)

d	Radiaalkuullaagrid Laagriseeria 60			Radiaalkuullaagrid Laagriseeria 62			Radiaalkuullaagrid Laagriseeria 63		
	Kandevõime, kN		Põhitähis	Kandevõime, kN		Põhitähis	Kandevõime, kN		Põhitähis
	dünaamiline C	staatiline C_0		dünaamiline C	staatiline C_0		dünaamiline C	staatiline C_0	
20	9.3	5	6004	12.7	6.55	6204	17.3	8.5	6304
30	12.7	8	6006	19.3	11.2	6206	29	16.3	6306
40	17	11.8	6008	29	18	6208	42.5	25	6308
50	20.8	15.6	6010	36.5	24	6210	62	38	6310
60	29	23.2	6012	52	36	6212	81.5	52	6312
70	39	31.5	6014	62	44	6214	104	68	6314
80	47.5	40	6016	72	53	6216	122	86.5	6316
100	60	54	6020	122	93	6220	163	134	6320

Radiaalkoormuse tegur X , telgkoormuse tegur Y

F_a/C_0	0.014	0.028	0.056	0.084	0.11	0.17	0.28	0.42	0.56
e	0.19	0.22	0.26	0.28	0.30	0.34	0.38	0.41	0.44
kui $F_a/F_r > e$, siis $Y =$	2.3	1.99	1.71	1.55	1.45	1.31	1.15	1.04	1.00
kui $F_a/F_r > e$, siis $X =$	0.56								
kui $F_a/F_r \leq e$, siis	$X = 1, Y = 0$								

Radiaalkuullaagri nõutava nimitööea standardväärtus

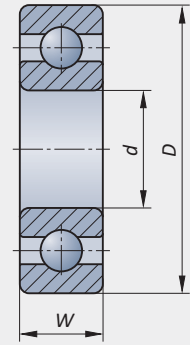
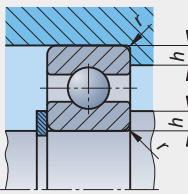
Kasutus (masinad)	Nimitööiga L_{10hr} , h ²⁾	Kasutus (sõidukid)	Nimitööiga L_{10hr} , h ²⁾
Elektrikodumasinad	1500...3000	Sisepõlemismootorid	900...4000
Üldotstarbe hammasreduktorid (keskmised)	4000...14000	Mootorrattad	400...2000
Elektrimootorid (keskmised) (5...100) kW	21000...30000	Auto rattalaagrid	1400...5300
Freespinni spindlid	14000...46000	Keskmised veokid	2900...5300
Puurmasina spindlid	14000...32000	Raskeveokid	4000...8800
Elektri- ja suruühussõidukid	4000...14000	Bussid	2900...11000
Töste-transportseadmed ja -masinad	10000...15000	Rööbassõidukite ajamid	14000...46000

²⁾ Madalam väärtus vastab suuremale pöörlemissagedusele, kõrgem väärtus väiksemale pöörlemissagedusele.

Kuullaagrid

Radiaalkuullaagrid (valimik)

DIN 625-1 (2011-04)

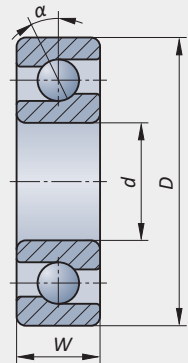
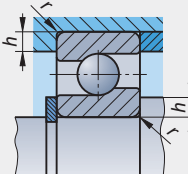
 $d = (3 \dots 1500) \text{ mm}$ Paigaldusmõõtmed
DIN 5418 järgi:

d	Laagriseeria 60					Laagriseeria 62					Laagriseeria 63				
	D	W	r max	h min	Põhi-tähis	D	W	r max	h min	Põhi-tähis	D	W	r max	h min	Põhi-tähis
10	26	8	0.3	1	6000	30	9	0.6	2.1	6200	35	11	0.6	2.1	6300
12	28	8	0.3	1	6001	32	10	0.6	2.1	6201	37	12	1	2.8	6301
15	32	9	0.3	1	6002	35	11	0.6	2.1	6202	42	13	1	2.8	6302
17	35	10	0.3	1	6003	40	12	0.6	2.1	6203	47	14	1	2.8	6303
20	42	12	0.6	1.6	6004	47	14	1	2.8	6204	52	15	1	3.5	6304
25	47	12	0.6	1.6	6005	52	15	1	2.8	6205	62	17	1	3.5	6305
30	55	13	1	2.3	6006	62	16	1	2.8	6206	72	19	1	3.5	6306
35	62	14	1	2.3	6007	72	17	1	2.8	6207	80	21	1.5	4.5	6307
40	68	15	1	2.3	6008	80	18	1	3.5	6208	90	23	1.5	4.5	6308
45	75	16	1	2.3	6009	85	19	1	3.5	6209	100	25	1.5	4.5	6309
50	80	16	1	2.3	6010	90	20	1	3.5	6210	110	27	2	5.5	6310
55	90	18	1	3	6011	100	21	1.5	4.5	6211	120	29	2	5.5	6311
60	95	18	1	3	6012	110	22	1.5	4.5	6212	130	31	2.1	6	6312
65	100	18	1	3	6013	120	23	1.5	4.5	6213	140	33	2.1	6	6313
70	110	20	1	3	6014	125	24	1.5	4.5	6214	150	35	2.1	6	6314
75	115	20	1	3	6015	130	25	2	5.5	6215	160	37	2.1	6	6315
80	125	22	1	3	6016	140	26	2	5.5	6216	170	39	2.5	7	6316
85	130	22	1.5	3.5	6017	150	28	2.1	6	6217	180	41	2.5	7	6317
90	140	24	1.5	3.5	6018	160	30	2.1	6	6218	190	43	2.5	7	6318
95	145	24	1.5	3.5	6019	170	32	2.1	6	6219	200	45	2.5	7	6319
100	150	24	1.5	3.5	6020	180	34	2.1	6	6220	215	47	2.5	7	6320

⇒ Radiaalkuullaager DIN 625 – 6208 – 2Z – P2: Radiaalkuullaager (laagri tüüp 6), laiuse- seeria 0¹⁾, läbimõõduseeria 2, ava tähis 08 ($d = 8 \cdot 5 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$), 2Z kahe kaitseleiba, P2 kõrgeima täpsusega laager (ISO tolerantsiklass 2).

Radiaaltugikuullaagrid (valimik)

DIN 628-1 (2008-01)

 $d = (10 \dots 170) \text{ mm}$ Paigaldusmõõtmed
DIN 5418 järgi:

d	Laagriseeria 72					Laagriseeria 73					Laagriseeria 33 (2-realine)				
	D	W	r max	h min	Põhi-tähis ²⁾	D	W	r max	h min	Põhi-tähis ²⁾	D	W	r max	h min	Põhi-tähis ³⁾
15	35	11	0.6	2.1	7202B	42	13	1	2.8	7302B	42	19	1	2.8	3302
17	40	12	0.6	2.1	7203B	47	14	1	2.8	7303B	47	22.2	1	2.8	3303
20	47	14	1	2.8	7204B	52	15	1	3.5	7304B	52	22.2	1	3.5	3304
25	52	15	1	2.8	7205B	62	17	1	3.5	7305B	62	25.4	1	3.5	3305
30	62	16	1	2.8	7206B	72	19	1	3.5	7306B	72	30.2	1	3.5	3306
35	72	17	1	3.5	7207B	80	21	1.5	4.5	7307B	80	34.9	1.5	4.5	3307
40	80	18	1	3.5	7208B	90	23	1.5	4.5	7308B	90	36.5	1.5	4.5	3308
45	85	19	1	3.5	7209B	100	25	1.5	4.5	7309B	100	39.7	1.5	4.5	3309
50	90	20	1	3.5	7210B	110	27	2	5.5	7310B	110	44.4	2	5.5	3310
55	100	21	1.5	4.5	7211B	120	29	2	5.5	7311B	120	49.2	2	5.5	3311
60	110	22	1.5	4.5	7212B	130	31	2.1	6	7312B	130	54	2.1	6	3312
65	120	23	1.5	4.5	7213B	140	33	2.1	6	7313B	140	58.7	2.1	6	3313
70	125	24	1.5	4.5	7214B	150	35	2.1	6	7314B	150	63.5	2.1	6	3314
75	130	25	1.5	4.5	7215B	160	37	2.1	6	7315B	160	68.3	2.1	6	3315
80	140	26	2	5.5	7216B	170	39	2.1	6	7316B	170	68.3	2.1	6	3316
85	150	28	2	5.5	7217B	180	41	2.5	7	7317B	180	73	2.5	7	3317
90	160	30	2	5.5	7218B	190	43	2.5	7	7318B	190	73	2.5	7	3318
95	170	32	2.1	6	7219B	200	45	2.5	7	7319B	200	77.8	2.5	7	3319
100	180	34	2.1	6	7220B	215	47	2.5	7	7320B	215	82.6	2.5	7	3320

⇒ Radiaaltugikuullaager DIN 628 – 7309B: Radiaaltugikuullaager (laagri tüüp 7), laiuseeria 0¹⁾, läbimõõduseeria 3, ava tähis 09 (ava läbimõõt $d = 9 \cdot 5 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$), B kontaktnurk $\alpha = 40^\circ$.

¹⁾ DIN 623-1 järgi on radiaal- ja radiaaltugikuullaagrite tähistes laiuse seeria tähis 0 monekord ära jäetud.

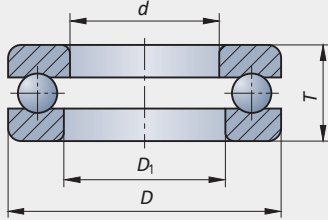
²⁾ Kontaktnurk $\alpha = 40^\circ$.

³⁾ Kontaktnurk ei ole standarditud.

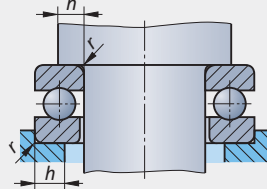
Kuullaagrid. Rull-laagrid

Tugikuullaagrid (valimik)

DIN 711 (2010-05)


 $d = (8 \dots 360) \text{ mm}$

Paigaldusmõõtmed DIN 5418 järgi:

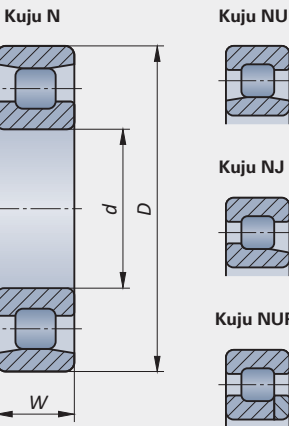


d	D ₁	Laagriseeria 512					Laagriseeria 513				
		D	T	r _{max}	h _{min}	Põhi-tähis	D	T	r _{max}	h _{min}	Põhi-tähis
25	27	47	15	0,6	6	51205	52	18	1	7	51305
30	32	52	16	0,6	6	51206	60	21	1	8	51306
35	37	62	18	1	7	51207	68	24	1	9	51307
40	42	68	19	1	7	51208	78	26	1	10	51308
45	47	73	20	1	7	51209	85	28	1	10	51309
50	52	78	22	1	7	51210	95	31	1	12	51310
55	57	90	25	1	9	51211	105	35	1	13	51311
60	62	95	26	1	9	51212	110	35	1	13	51312
65	67	100	27	1	9	51213	115	36	1	13	51313
70	72	105	27	1	9	51214	125	40	1	14	51314
75	77	110	27	1	9	51215	135	44	1,5	15	51315
80	82	115	28	1	9	51216	140	44	1,5	15	51316

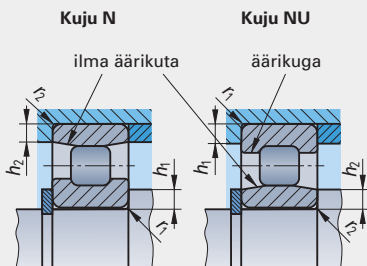
⇒ Tugikuullaager DIN 711 – 51210: Laagriseeria 512 tugikuullaager, laagri tüüp 5, laiuseseeria 1, läbimõõduseeria 2 ja ava tähis 10.

Silinderrull-laagrid (valimik)

DIN 5412-1 (2005-08)


 $d = (15 \dots 500) \text{ mm}$

Paigaldusmõõtmed DIN 5418 järgi:



d	Laagriseeria N2, NU2, NJ2, NUP2						Laagriseeria N3, NU3, NJ3, NUP3						Ava tähis
	D	W	r _{1 max}	h _{1 min}	r _{2 max}	h _{2 min}	D	W	r _{1 max}	h _{1 min}	r _{2 max}	h _{2 min}	
17	40	12	0,6	2,1	0,3	1,2	47	14	1	2,8	1	2,8	03
20	47	14	1	2,8	0,6	2,1	52	15	1,1	3,5	1	2,8	04
25	52	15	1	2,8	0,6	2,1	62	17	1,1	3,5	1	2,8	05
30	62	16	1	2,8	0,6	2,1	72	19	1,1	3,5	1	2,8	06
35	72	17	1	3,5	0,6	2,1	80	21	1,5	4,5	1	2,8	07
40	80	18	1	3,5	1	3,5	90	23	1,5	4,5	2	5,5	08
45	85	19	1	3,5	1	3,5	100	25	1,5	4,5	2	5,5	09
50	90	20	1	3,5	1	3,5	110	27	2	5,5	2	5,5	10
55	100	21	1,5	4,5	1	3,5	120	29	2	5,5	2	5,5	11
60	110	22	1,5	4,5	1,5	4,5	130	31	2,1	6	2	5,5	12
65	120	23	1,5	4,5	1,5	4,5	140	33	2,1	6	2	5,5	13
70	125	24	1,5	4,5	1,5	4,5	150	35	2,1	6	2	5,5	14
75	130	25	1,5	4,5	1,5	4,5	160	37	2,1	6	2	5,5	15
80	140	26	2	5,5	2	5,5	170	39	2,1	6	2	5,5	16
85	150	28	2	5,5	2	5,5	180	41	3	7	3	7	17
90	160	30	2	5,5	2	5,5	190	43	3	7	3	7	18
95	170	32	2,1	6	2,1	6	200	45	3	7	3	7	19
100	180	34	2,1	6	2,1	6	215	47	3	7	3	7	20
105	–	–	–	–	–	–	225	49	3	7	3	7	21
110	200	38	2,1	6	2,1	6	240	50	3	7	3	7	22
120	215	40	2,1	6	2,1	6	260	55	3	7	3	7	24

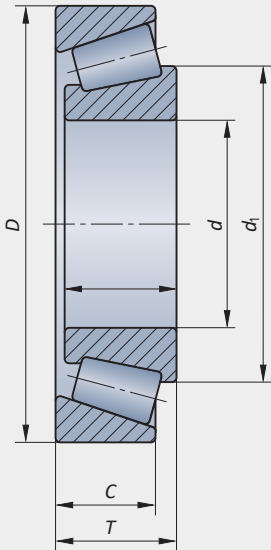
⇒ Silinderrull-laager DIN 5412 – NUP 312 E: Laagriseeria NUP3 silinderrull-laager, laagri tüüp NUP, laiuseseeria 0, läbimõõduseeria 3 ja ava kood 12, tugevdatud konstruktsioon.

Normaallaagrite mõõtmeseeriad 02, 22, 03 ja 23 on standardist kustutatud, nende asemele on standardisse lisatud vastavad tugevdatud konstruktsioonid (järelliide E).

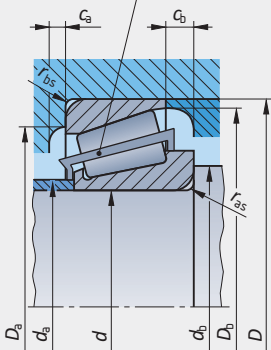
Rull-laagrid

Koonusrull-laagrid (valimik)

DIN 720 (2008-08) ja DIN 5418 (1993-02)

Paigaldusmõõtmised
DIN 5418 järgi:

separaator



Koonusrull-laagri separaator ulatub laagri välisvõru otspinnast üle. Paigaldusmõõtmised tuleb võtta DIN 5418 järgi, et separaator ei hõõrduks vastu teisi komponente.

Laagriseeria 302

Mõõtmised					Paigaldusmõõtmised										Põhi- tähis
d	D	W	C	T	d ₁	d _a max	d _b min	D _a min	D _b max	D _b min	c _a min	c _b min	r _{as} max	r _{bs} max	
20	47	14	12	15.25	33.2	27	26	40	41	43	2	3	1	1	30204
25	52	15	13	16.25	37.4	31	31	44	46	48	2	2	1	1	30205
30	62	16	14	17.25	44.6	37	36	53	56	57	2	3	1	1	30206
35	72	17	15	18.25	51.8	44	42	62	65	67	3	3	1.5	1.5	30207
40	80	18	16	19.75	57.5	49	47	69	73	74	3	3.5	1.5	1.5	30208
45	85	19	16	20.75	63	54	52	74	78	80	3	4.5	1.5	1.5	30209
50	90	20	17	21.75	67.9	58	57	79	83	85	3	4.5	1.5	1.5	30210
55	100	21	18	22.75	74.6	64	64	88	91	94	4	4.5	2	1.5	30211
60	110	22	19	23.75	81.5	70	69	96	101	103	4	4.5	2	1.5	30212
65	120	23	20	24.75	89	77	74	106	111	113	4	4.5	2	1.5	30213
70	125	24	21	26.25	93.9	81	79	110	116	118	4	5	2	1.5	30214
75	130	25	22	27.25	99.2	86	84	115	121	124	4	5	2	1.5	30215
80	140	26	22	28.25	105	91	90	124	130	132	4	6	2.5	2	30216
85	150	28	24	30.5	112	97	95	132	140	141	5	6.5	2.5	2	30217
90	160	30	26	32.5	118	103	100	140	150	150	5	6.5	2.5	2	30218
95	170	32	27	34.5	126	110	107	149	158	159	5	7.5	3	2.5	30219
100	180	34	29	37	133	116	112	157	168	168	5	8	3	2.5	30220
105	190	36	30	39	141	122	117	165	178	177	6	9	3	2.5	30221
110	200	38	32	41	148	129	122	174	188	187	6	9	3	2.5	30222
120	215	40	34	43.5	161	149	132	187	203	203	6	9.5	3	2.5	30224

Laagriseeria 303

Mõõtmised					Paigaldusmõõtmised										Põhi- tähis
d	D	W	C	T	d ₁	d _a max	d _b min	D _a min	D _b max	D _b min	c _a min	c _b min	r _{as} max	r _{bs} max	
20	52	15	13	16.25	34.3	28	27	44	45	47	2	3	1.5	1.5	30304
25	62	17	15	18.25	41.5	34	32	54	55	57	2	3	1.5	1.5	30305
30	72	19	16	20.75	44.8	40	37	62	65	66	3	4.5	1.5	1.5	30306
35	80	21	18	22.75	54.5	45	44	70	71	74	3	4.5	2	1.5	30307
40	90	23	20	25.25	62.5	52	49	77	81	82	3	5	2	1.5	30308
45	100	25	22	27.25	70.1	59	54	86	91	92	3	5	2	1.5	30309
50	110	27	23	29.25	77.2	65	60	95	100	102	4	6	2.5	2	30310
55	120	29	25	31.5	84	71	65	104	110	111	4	6.5	2.5	2	30311
60	130	31	26	33.5	91.9	77	72	112	118	120	5	7.5	3	2.5	30312
65	140	33	28	36	98.6	83	77	122	128	130	5	8	3	2.5	30313
70	150	35	30	38	105	89	82	120	138	140	5	8	3	2.5	30314
75	160	37	31	40	112	95	87	139	148	149	5	9	3	2.5	30315
80	170	39	33	42.5	120	102	92	148	158	159	5	9.5	3	2.5	30316
85	180	41	34	44.5	126	107	99	156	166	167	6	10.5	4	3	30317
90	190	43	36	46.5	132	113	104	165	176	176	6	10.5	4	3	30318
95	200	45	38	49.5	139	118	109	172	186	184	6	11.5	4	3	30319
100	215	47	39	51.5	148	127	114	184	201	197	6	12.5	4	3	30320
105	225	49	41	53.5	155	132	119	193	211	206	7	12.5	4	3	30321
110	240	50	42	54.5	165	141	124	206	226	220	8	12.5	4	3	30322
120	260	55	46	59.5	178	152	134	221	246	237	8	13.5	4	3	30324

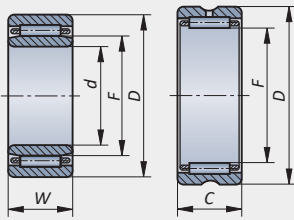
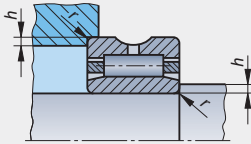
⇒ Koonusrull-laager DIN 720 – 30212: Laagriseeria 302 koonusrull-laager, laagri tüüp 3, laiuseseeria 0, läbimõõduseeria 2, ava tähis 12.

ME

Nõellaagrid. Soonmutrid, hammaseibid

Nõellaagrid (valimik)

DIN 617 (2008-10)

Paigaldusmõõtmed
DIN 5418 järgi:

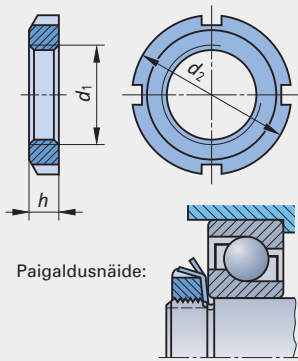
d	D	F	r max	h min	Laagriseeria NA49		Laagriseeria NA69	
					W	Põhitähis	W	Põhitähis
20	37	25	0.3	1	17	NA4904	30	NA6904
25	42	28	0.3	1	17	NA4905	30	NA6905
30	47	30	0.3	1	17	NA4906	30	NA6906
35	55	42	0.6	1.6	20	NA4907	36	NA6907
40	62	48	0.6	1.6	22	NA4908	40	NA6908
45	68	52	0.6	1.6	22	NA4909	40	NA6909
50	72	58	0.6	1.6	22	NA4910	40	NA6910
55	80	63	1	2.3	25	NA4911	45	NA6911
60	85	68	1	2.3	25	NA4912	45	NA6912
65	90	72	1	2.3	25	NA4913	45	NA6913
70	100	80	1	2.3	30	NA4914	54	NA6914
75	105	85	1	2.3	30	NA4915	54	NA6915

⇒ Nõellaager DIN 617 – NA4909:
Laagriseeria NA49 nõellaager, laagri tüüp NA,
laiuseseeria 4, läbimõõduseeria 9, ava tähis 09.

NA6907 ja suure-
mad on kahe-
realised.

Veerelaagerduste soonmutrid (valimik)

DIN 981 (2009-06)

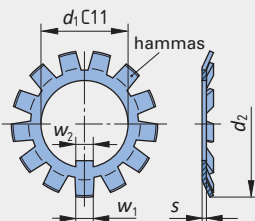
 $d_1 = M10 \dots M200$

	d_1	d_2	h	Tähis	d_1	d_2	h	Tähis
M10 × 0.75	18	4	4	KM0	M60 × 2	80	11	KM12
M12 × 1	22	4	4	KM1	M65 × 2	85	12	KM13
M15 × 1	25	5	5	KM2	M70 × 2	92	12	KM14
M17 × 1	28	5	5	KM3	M75 × 2	98	13	KM15
M20 × 1	32	6	6	KM4	M80 × 2	105	15	KM16
M25 × 1.5	38	7	7	KM5	M85 × 2	110	16	KM17
M30 × 1.5	45	7	7	KM6	M90 × 2	120	16	KM18
M35 × 1.5	52	8	8	KM7	M95 × 2	125	17	KM19
M40 × 1.5	58	9	9	KM8	M100 × 2	130	18	KM20
M45 × 1.5	65	10	10	KM9	M105 × 2	140	18	KM21
M50 × 1.5	70	11	11	KM10	M110 × 2	145	19	KM22
M55 × 2	75	11	11	KM11	M115 × 2	150	19	KM23

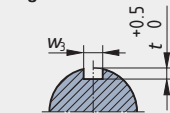
⇒ Soonmutter DIN 981 – KM6: Soonmutter keermega $d_1 =$
M30 × 1.5.

Hammaseibid (valimik)

DIN 5406 (2011-04)



Paigaldusmõõtmed:

 $d_1 = (10 \dots 280) \text{ mm}$

d_1	d_2	s	w_1	w_2	w_3	t	Tähis	d_1	d_2	s	w_1	w_2	w_3	t	Tähis
10	21	1	3	3	4	2	MB0	60	86	1.5	7	8	9	4	MB12
12	25	1	3	3	4	2	MB1	65	92	1.5	7	8	9	4	MB13
15	28	1	4	4	5	2	MB2	70	98	1.5	8	8	9	5	MB14
17	32	1	4	4	5	2	MB3	75	104	1.5	8	8	9	5	MB15
20	36	1	4	4	5	2	MB4	80	112	1.7	8	10	11	5	MB16
25	42	1.2	5	5	6	3	MB5	85	119	1.7	8	10	11	5	MB17
30	49	1.2	5	5	6	4	MB6	90	126	1.7	10	10	11	5	MB18
35	57	1.2	5	6	7	4	MB7	95	133	1.7	10	10	11	5	MB19
40	62	1.2	6	6	7	4	MB8	100	142	1.7	10	12	14	5	MB20
45	69	1.2	6	6	7	4	MB9	110	154	1.7	12	12	14	6	MB22
50	74	1.2	6	6	7	4	MB10	120	164	2	12	14	16	7	MB24
55	81	1.5	7	8	9	4	MB11	130	175	2	12	14	16	7	MB26

⇒ Hammaseib DIN 5406 – MB6: Hammaseib, siseläbimõõt $d_1 = 30 \text{ mm}$.

Paigaldusrõngad

Standardised paigaldusrõngad¹⁾ (valimik)

Võllidele									Avadele								
DIN 471 (2011-04)									DIN 472 (2011-10)								
Nimi-suurus d_1 mm	Rõngas				Soon				Nimi-suurus d_1 mm	Rõngas				Soon			
	s	d_3	d_4	w ≈	d_2	m H13	n min	s		d_3	d_4	w ≈	d_2	m H13	n min		
10	1	9.3	17	1.8	9.6	1.1	0.6	10	1	10.8	3.3	1.4	10.4	1.1	0.6		
12	1	11	19	1.8	11.5	1.1	0.8	12	1	13	4.9	1.7	12.5	1.1	0.8		
15	1	13.8	22.6	2.2	14.3	1.1	1.1	15	1	16.2	7.2	2	15.7	1.1	1.1		
17	1.0	15.7	25	2.3	16.2	1.1	1.2	17	1.0	18.3	8.8	2.1	17.8	1.1	1.2		
20	1.2	18.5	28.4	2.6	19	1.3	1.5	20	1	21.5	11.2	2.3	21	1.1	1.5		
22	1.2	20.5	30.8	2.8	21	1.3	1.5	22	1	23.5	13.2	2.5	23	1.1	1.5		
25	1.2	23.2	34.2	3	23.9	1.3	1.7	25	1.2	26.9	15.5	2.7	26.2	1.3	1.8		
28	1.5	25.9	37.9	3.2	26.6	1.6	2.1	28	1.2	30.1	17.9	2.9	29.4	1.3	2.1		
30	1.5	27.9	40.5	3.5	28.6	1.6	2.1	30	1.2	32.1	19.9	3	31.4	1.3	2.1		
32	1.5	29.6	43	3.6	30.3	1.6	2.6	32	1.2	34.4	20.6	3.2	33.7	1.3	2.6		
35	1.5	32.2	46.8	3.9	33	1.6	3	35	1.5	37.8	23.6	3.4	37	1.6	3		
38	1.75	35.2	50.2	4.2	36	1.85	3	38	1.5	40.8	26.4	3.7	40	1.6	3		
40	1.75	36.5	52.6	4.4	37.5	1.85	3.8	40	1.75	43.5	27.8	3.9	42.5	1.85	3.8		
42	1.75	38.5	55.7	4.5	39.5	1.85	3.8	42	1.75	45.5	29.6	4.1	44.5	1.85	3.8		
45	1.75	41.5	59.1	4.7	42.5	1.85	3.8	45	1.75	48.5	32	4.3	47.5	1.85	3.8		
48	1.75	44.5	62.5	5	45.5	1.85	3.8	48	1.75	51.5	34.5	4.5	50.5	1.85	3.8		
50	2.0	45.8	64.5	5.1	47.0	2.15	4.5	50	2.0	54.2	36.3	4.6	53.0	2.15	4.5		
60	2.0	55.8	75.6	5.8	57.0	2.15	4.5	60	2.0	64.2	44.7	5.4	63.0	2.15	4.5		
65	2.5	60.8	81.4	6.3	62.0	2.65	4.5	65	2.5	69.2	49.0	5.8	68.0	2.65	4.5		
70	2.5	65.5	87	6.6	67.0	2.65	4.5	72	2.5	76.5	55.6	6.4	75.0	2.65	4.5		
75	2.5	70.5	92.7	7.0	72.0	2.65	4.5	75	2.5	79.5	58.6	6.6	78.0	2.65	4.5		
80	2.5	74.5	98.1	7.4	76.5	2.65	5.3	80	2.5	85.5	62.1	7.0	83.5	2.65	5.3		
90	3.0	84.5	108.5	8.2	86.5	3.15	5.3	90	3.0	95.5	71.9	7.6	93.5	3.15	5.3		
100	3.0	94.5	120.2	9	96.5	3.15	5.3	100	3.0	105.5	80.6	8.4	103.5	3.15	5.3		
⇒ Paigaldusrõngas DIN 471 – 40 x 1.75: $d_1 = 40$ mm, $s = 1.75$ mm.									⇒ Paigaldusrõngas DIN 472 – 80 x 2.5: $d_1 = 80$ mm, $s = 2.5$ mm.								
Tolerantsiklass d_2 -le									Tolerantsiklass d_2 -le								
d_1 , mm			3 ... 10		12 ... 22		24 ... 100		d_1 , mm			8 ... 22		24 ... 100		100 ... 300	
d_2			h10		h11		h12		d_2			H11		H12		H13	

¹⁾ Võllidele: tavakuju $d_1 = (3 \dots 300)$ mm; kõrgsuutlik kuju $d_1 = (15 \dots 100)$ mm.

²⁾ Avadele: tavakuju $d_1 = (8 \dots 300)$ mm; kõrgsuutlik kuju $d_1 = (20 \dots 100)$ mm.

Paigaldusseibid (valimik)

DIN 6799 (2011-04)

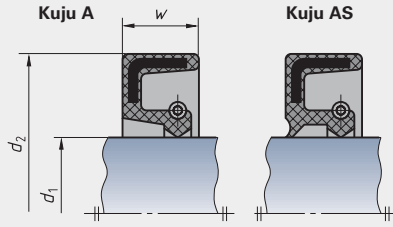
vabas olekus		pinges		Seib				Võll			
d_2 h11	d_3 pinges	a	s	d_1	m	n min	d_1	m	n min		
6	12.3	5.26	0.7	7 ... 9	0.74	+ 0.05					
7	14.3	5.84	0.9	8 ... 11	0.94	0					
8	16.3	6.52	1	9 ... 12	1.05	1.8					
9	18.8	7.63	1.1	10 ... 14	1.15	2					
10	20.4	8.32	1.2	11 ... 15	1.25	2					
12	23.4	10.45	1.3	13 ... 18	1.35	2.5					
15	29.4	12.61	1.5	16 ... 24	1.55	3					
19	37.6	15.92	1.75	20 ... 31	1.80	3.5					
24	44.6	21.88	2	25 ... 38	2.05	4					
⇒ Paigaldusseib DIN 6799 – 15: $d_2 = 15$ mm.											

ME

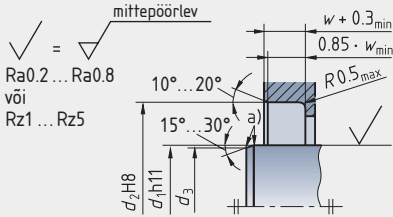
Tihendid

Völlitihendid (valimik)

DIN 3760 (1996-09)



Paigaldusmõõtmad:



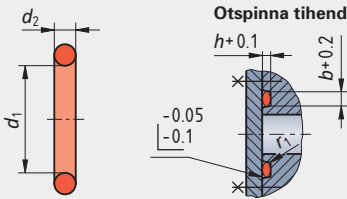
$d_1 = (6 \dots 500) \text{ mm}$

d_1	d_2	w	d_3	d_1	d_2	w	d_3	d_1	d_2	w	d_3	
10	22	26	7	8.5	28	40	52	7	25.5	50	65	72
	25	-			47	-	68				-	8	46.5
12	22	30	7	10	30	40	47	8	27.5	55	70	80
	25	-			42	52	72				-	8	51
14	24	30	7	12	32	45	52	8	29	60	75	85
	26	35			47	-	80				-	8	56
15	26	35	7	13	35	47	52	8	32	65	85	90
	30	-			47	52	80				-	10	61
16	30	35	7	14	38	50	55	8	35	70	90	95
	17	30			35	7	16				38	55	62	75	95	100	10	70.5
20	30	40	7	18	40	52	62	8	37	80	100	110
	35	-			55	-	85				110	120	12	80.5
22	35	47	7	19.5	42	55	62	8	38.5	90	110	120
	40	-			60	65	8				41.5	95	120	125	12	85.5
25	35	47	7	22.5	45	62	-	8	44.5	100	120	130
	40	52			48	62	-				125	-	12	94.5

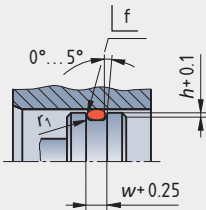
→ RWDR DIN 3760 – A25 x 40 x 7 – NBR: Völlitihend (RWDR), kuju A, $d_1 = 25 \text{ mm}$, $d_2 = 40 \text{ mm}$ ja $w = 7 \text{ mm}$, elastomeerosa on nitrilbutadienikummist (NBR).

Ümartihendid (valimik)

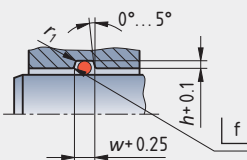
DIN ISO 3601-1 (2013-11) ja -2 (2010-08), DIN 3771 asemel



Välispinnaga tihendav



Sisepinnaga tihendav



d_1	d_2	d_1	d_2	d_1	d_2
2.5	1.78	37.8	3.53	5.33	5.33
2.9		41.0			
3.7		44.2			
4.5		47.2			
5.3		50.3			
6.1		53.4			
7.7	1.78	2.62	5.33	6.99	6.99
9.3		56.5			
10.8		59.7			
12.4		62.9			
14.0		66.0			
15.6		69.2			
17.2	2.62	3.53	5.33	6.99	6.99
18.8		75.6			
20.4		78.7			
22.0		81.9			
23.5		85.1			
25.1		88.3			
26.7	3.53	5.33	5.33	6.99	6.99
28.3		94.6			
29.9		97.8			
31.5		101.0			
33.1		104.1			
34.7		107.3			
		110.5			

Paigaldusmõõtmad staalilise koormuse korral

d_2	r_1	f	h	Radiaal-tihend w	Osttihend w	
					Vedelik	Gaas
1.78	0.2...0.4	+0.4	1.3	2.8	3.2	2.9
2.62		+0.2	2.0	3.8	4.0	3.6
3.53	0.4...0.8	+0.8	2.7	5.0	5.3	4.8
5.33		+0.4	4.2	7.2	7.6	7.0
6.99	0.8...1.2	+1.2 +0.8	5.7	9.5	9.0	8.5

Määrdeained

DIN 51502 (1990-08)

Õlide tähistus	
Margitähis	Graafiline tähistus

⇒ **Õli DIN 51517 – CL 100:** Mineraalse baasõliga ringlusmäärimisõli (C), suurendatud korrosiooni- ja vanemiskaitse (L), ISO viskoossusjärk VG 100 (100).

⇒ **Õli DIN 51517 – PGLP 220:** polüglükoolõli (PG), suurendatud korrosiooni- ja vanemiskaitse (L), kõrgendatud kulumiskaitse (P), viskoossusjärk ISO VG 220 (220).

Õlide liigid DIN 51502 (1990-08)

Tähis	Määrdeaine liik ja omadused	Standard	Kasutus
Mineraalõlid			
AN	Ilma manusteta määrdeõli.	DIN 51501	Pidev- ja ringlusmäärimine õli temperatuuridel kuni 50°C.
B	Bituumenit sisaldav, suure kleepuvusega määrdeõli.	DIN 51513	Käsitsi-, pidev- ja vannmäärimine, peamiselt avatud määrimiskohtades.
C	Ilma manusteta ringlusmäärdeõli.	DIN 51517	Liugelaagrid, veerelaagrid, hammasülekanded.
CG	Liugejuhikuõli, aktiivmanustega kulumise vähendamiseks.	DIN 8659 T2	Segamäärimisega liugurid, juhikud, tigurattad.
Sünteeilised õlid			
E	Esterõli, viskoossus muutub eriti vähe.	–	Laagerdused, mille temperatuur laiades piirides muutub.
PG	Polüglükoolõli, hea vanemiskindlusega.	–	Laagerdused, milles tihti esineb segamäärimine.
SI	Silikonõli, hea vanemiskindlusega.	–	Väga kõrge või väga madala töötemperatuuriga laagerdused; on väga vetthülgav.

Lisatähised DIN 51502 (1990-08)

Lisatähis	Kasutus ja selgitus
E	Määrdeained, mis on segamiseks veega, nt määrde-jahutusvedelik (SE).
F	Määrdeained, millele on lisatud tahkeid määrdeaineid, nt grafiit, molübdeendisulfiid.
L	Määrdeained, millele on lisatud korrosioonikaitse ja/või vananaemisevastaseid manuseid.
P	Määrdeained, millele on lisatud piirmäärimisel kulumist ja hõõrdumist vähendavaid ja/või koormustaluvust tõstvaid aktiivseid manuseid. Piirmäärimisega hõõrdesõlmed ja/või töökindluse tõstmine.

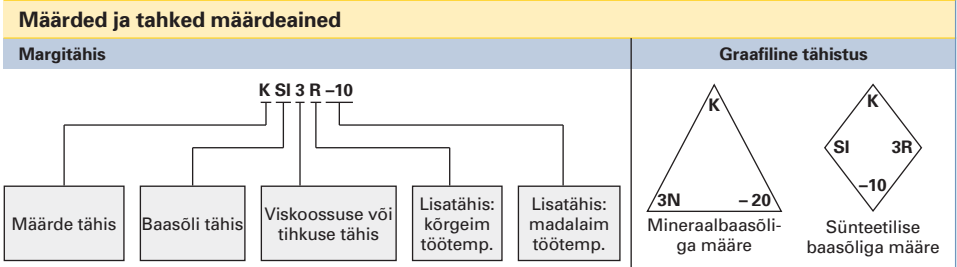
Tööstusõlid – ISO viskoossusjärgud DIN ISO 3448 (2010-02)

DIN ISO 3448 määrdeainete liigitus põhineb kinemaatilisel viskoossusel temperatuuril 40°C (104°F).

ISO-viskoossusjärk	Kinemaatiline viskoossus temperatuuril 40°C mm ² /s	ISO-viskoossusjärk	Kinemaatiline viskoossus temperatuuril 40°C mm ² /s	ISO-viskoossusjärk	Kinemaatiline viskoossus temperatuuril 40°C mm ² /s
ISO VG 2	1.98 ... 2.42	ISO VG 22	19.8 ... 24.2	ISO VG 220	198 ... 242
ISO VG 3	2.88 ... 3.52	ISO VG 32	28.8 ... 35.2	ISO VG 320	288 ... 352
ISO VG 5	4.14 ... 5.06	ISO VG 46	41.4 ... 50.6	ISO VG 460	414 ... 506
ISO VG 7	6.12 ... 7.48	ISO VG 68	61.2 ... 74.8	ISO VG 680	612 ... 748
ISO VG 10	9.00 ... 11.0	ISO VG 100	90.0 ... 110	ISO VG 1000	900 ... 1100
ISO VG 15	13.5 ... 16.5	ISO VG 150	135 ... 165	ISO VG 1500	1350 ... 1650

Määrdeained

DIN 51502 (1990-08)



- ⇒ **Määre DIN 51825 – K3N –20:** Mineraalõli põhine määre veere- ja liugelaagritele (K), tihkus NLGI järk 3 (3), kõrgeim töötemperatuur +140°C (N), madalaim töötemperatuur –20°C (–20).
- ⇒ **Määre DIN 51825 – KS13R –10:** Sünteetilise õli põhine määre veere- ja liugelaagritele (K), silikoonbaasõli (SI), tihkus NLGI järk 3 (3), kõrgeim töötemperatuur +180°C (R), madalaim töötemperatuur –10°C (–10).

Märgid

Tähis	Kasutus/manused	Tähis	Kasutus
K	Üldmääre: veerelaagrid, liugelaagrid, juhkud.	G	Kinnised hammasülekanded.
KP	Nagu K, sisaldab hõordumivastaseid manuseid.	OG	Lahtised hammasülekanded (kleepuv määre, mis ei sisalda bituumentit).
KF	Nagu K, sisaldab tahkeid määrdeaineid.	M	Liugelaagrid ja tihendid (madalad nõuded).

Määrete tihkuse¹⁾ klassid

NLGI klass ³⁾	Sisenemine ²⁾	NLGI klass ³⁾	Sisenemine ²⁾	NLGI klass ³⁾	Sisenemine ²⁾
000	445 ... 475 (väga pehme)	1	310 ... 340	4	175 ... 205
00	400 ... 430	2	265 ... 295	5	130 ... 160
0	355 ... 385	3	220 ... 250	6	85 ... 115 (väga kõva)

¹⁾ Viskoelastsuse mõiste.

²⁾ Standardse kuuli sisnemissügavuse moot läbisõtkutud määrdesse.

³⁾ *National Lubrication Grease Institute* (NLGI).

Määrde tähistuse lisatähised

Lisatähis ¹⁾	Kõrgeim töötemperatuur °C	Veetaluvus ²⁾	Lisatähis ¹⁾	Kõrgeim töötemperatuur °C	Veetaluvus ²⁾	Lisatähis ¹⁾	Kõrgeim töötemperatuur °C	Veetaluvus ²⁾
C	+ 60	0 või 1	G	+ 100	0 või 1	N	+ 140	vastavalt kokkuleppele
D	+ 60	2 või 3	H	+ 100	2 või 3	P	+ 160	
E	+ 80	0 või 1	K	+ 120	0 või 1	R	+ 180	
F	+ 80	2 või 3	M	+ 120	2 või 3	S	+ 200	
						T	+ 220	
						U	+ 220	

¹⁾ Madalaima töötemperatuuri väärtuse võib numberkujul märkida lisatähise järel: nt –20 temperatuurile –20°C.

²⁾ Veetaluvuse klass DIN 51807-1 järgi:

0: muutust ei ole; 1: väike muutus; 2: keskmine muutus; 3: suur muutus.

Tahked määrdeained

Määrdeaine	Tähis	Töötemperatuur	Kasutus
Grafiit	C	(–18 ... +450)°C	Pulbri ja pastana ning ka õlide ja määrete manusena, ei sobi hapniku-, lämmastikukeskkonnas ega vaakumis.
Molübdeendisulfiit	MoS ₂	(–180 ... +400)°C	Mineraalõlivaba pastana, liugelakina või õlide ja määrete manusena, sobib väga suurte kontaktsurvevete korral.
Polütetrafluoretüleen	PTFE	(–250 ... +260)°C	Pulbrina liugelaki või sünteetilise määre koostises, laagrimaterjal, väga väike liugehõordetegur väärtus $\mu = 0.04 \dots 0.09$.



6 Tootmistehnika

	6.1 Mõõtetehnika 278
	6.2 Kvaliteedijuhtimine Kvaliteedijuhtimise nõuded ja põhimõtted 280 Statistiline analüüs 283 Statistiline protsessiohje 286
	6.3 EÜ masinadirektiiv ja CE-märgistus 289 6.4 Tootmise plaanimine Tootmise plaanimise alused 291 Tsükliäeg 294 Kulude arvestus 297
	6.5 Hooldus 300 6.6 Lõiketöötus Töötusprotsesside optimeerimine 304 Lõikeriistamaterjalid 308 Jahutusvedelikud metallide töötusel 312 Treimisoperatsioonid, ülevaade 314 Tehnoloogia projekteerimine treimiseks 315 Töötusaeg konstantse pöörlemisagedusega treimiseks 324 Freesimisoperatsioonid, ülevaade 326 Tehnoloogia projekteerimine freesimiseks 327 Töötusaeg freesimiseks 336 Puurimine, keerrestamine ja hõõritsemise 337 Töötusaeg puurimiseks, hõõritsemiseks ja süvistamiseks 342 Lihvimine 343 Töötusaeg lihvimiseks 347 Hoonimine 348 CNC töötus DIN-i järgi 349 CNC treimine PAL-i järgi 354 CNC freesimine PAL-i järgi 360
	6.7 Elektroerosioontöötus 369 6.8 Lõikestantsimine Pressi tööparameetrid 371 Lõikestants 372 Lõikestantsimise tehnoloogia 374
	6.9 Vormimine Painutusstants 376 Painutusprotsessid, ülevaade 377 Painutamise tehnoloogia 378 Sügavtõmbestants 380 Sügavtõmbamise protsessid, ülevaade 381 Sügavtõmbamise tehnoloogia 382
	6.10 Survevalu Survevalu vorm 384 Survevalu vormimise tehnoloogia 387
	6.11 Liitmine Keevitusprotsessid, ülevaade 389 Kaitsegaaskeevitus 392 Kaarkeevitus 394 Jugalõikus 396 Gaasiballonide märgistus 398 Jootmine 400 Liimimine 403 6.12 Tööohutus ja keskkonnakaitse Ohud ja ohtlikud ained töökohal, ülevaade 405 Turvamärgistus 413 Heli ja müra 418

Mõõtevahendid, mõõtetulemuse mõjurid

Mõõtevahendid

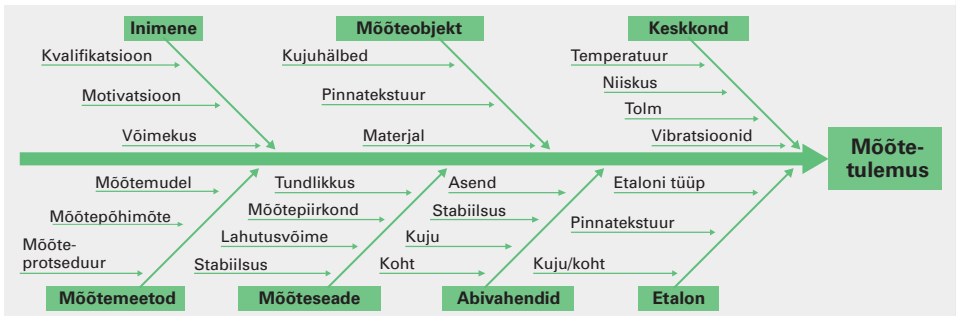
Mõiste	Selgitus
Skaalajaotise väärtus SJ	Skaalajaotise väärtus on skaalanäidiku kahele kõrvutisele skaalamärgile vastav väärtuste vahe. Skaalajaotise väärtus SJ antakse vastava suuruse ühikuga, nt väliskruviku skaalajaotise $SJ = 0.01$ mm.
Numbersamm NS	Numbersamm on numbrinäidiku lugemi viimase numbrikoha muutus ühe numbri võrra. See vastab skaalanäidiku skaalajaotise väärtusele ning antakse vastava suuruse ühikuga.
Mõõtepiirkond MP	Näidikuga mõõtevahendi mõõtepiirkond on mõõdetava suuruse väärtuste kogum, mis on mõõdetav sellele omistatud riistmääramatusega.
Piirviga P	Piirviga on mõõtevahendi alumise ja ülemise mõõtehälbe suurim lubatav väärtus. Praktilises mõõtetehnikas on mõõtehälbe piirid tavaliselt sümmeetrilised. Lubatav piirviga antakse ühe numbriga ilma algebralise märgita. Piirvead määravad ära suurima lubatava mõõtehälbe. nt numbrinäiduga nihik $NS = 0.01$ mm ja $P = 20 \mu\text{m} = 0.02$ mm. Kui suuruse leppeväärtus on 10 mm, võib nihiku näit olla 10.02 mm. Sama suuruse kordusmõõtmisel on aga ebatöönaoline, et saadakse tulemuseks 9.99 mm. Sel juhul oleks piirviga $P = 0.02$ mm ületatud.

Mõõtevahendid (valimik)

Mõõtevahend Standard	Näidiku tüüp	NS või SJ mm	Piirviga $P \mu\text{m}$	Mõõtepiirkond MP mm	Kasutus ja eriliigid
Nihik DIN 862	Skaala	0.1 0.05 0.02	50 20 20	0...2000	Otsemõõtmine, nt välis- ja sisesuuruse, astme kõrguse ja sügavuse mõõtmine.
	Diginäit	0.01	20	0...1000	Eriliike: sügavusnihik ja sisenihik.
Väliskruvik DIN 863	Skaala	0.01 0.002 0.001	4 2 2	0...1000	Otsemõõtmine, nt vooli läbimõõdu, tooriku välismõõtme, keermeskeskläbimõõdu mõõtmine kolme traadi meetodil.
	Diginäit	0.001	4	0...300	Eriliike: sügavus-, sise-, keermes- ja masinakruvik.
Kellindikaator DIN 878	Skaala	0.1 0.01	55 17	0...10 0...10	Vahemõõtmine, nt võrdlusmõõtmine, tasapindsuse või kontsentriilsuse mõõtmine.
	Diginäit	0.01 0.001	20 4	0...12.5 0...5	
Täppiskellindikaator DIN 879	Skaala	0.001	0.8	0...0.1	Vahemõõtmine, nt seeriatoodete võrdlusmõõtmine.
Hoobkellindikaator DIN 2270	Skaala	0.02 0.01 0.002	31 13 3.5	0...2 0...0.8 0...0.2	Vahemõõtmine, nt kuju, asendi ja suuna hälbed, radiaal- ja telgviskumine ning joondamistööd masinais.
	Diginäit	0.01 0.001	13 13	0...0.8 0...0.8	

Mõõtetulemuse mõjurid

Mõõtetulemuse täpsust mõjutavad juhuslikud ja süstemaatilised mõjurid.



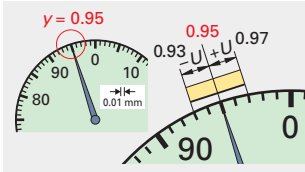


Mõõtetulemus, toote geomeetriline spetsifikatsioon, mõõtevahendi mõõtevõime

Täielik mõõtetulemus

DIN 1319-1 (1995-01)

Mõõdisel y vastav suuruse tegelik väärtus asub ülemise ja alumise piirväärtuse vahel, mis on iga kord määratud vastava mõõtemääramatusega U . Täielik mõõtetulemus Y määratleb suuruse kõik võimalikud väärtused.



Y täielik mõõtetulemus
 y mõõdis (mõõtevahendi näit)
 U mõõtemääramatus

Näide:

Mõõdis $y = 0.95$ mm; mõõtemääramatus $U = 0.02$ mm;
 Täielik mõõtetulemus $Y = ?$
 $Y = 0.95 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$

Täielik mõõtetulemus

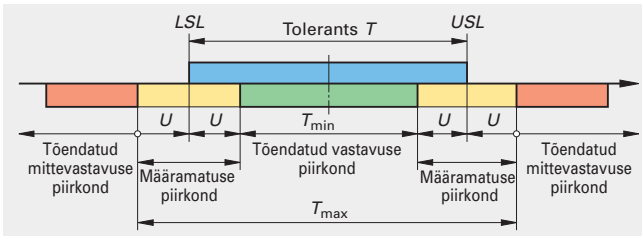
$$Y = y \pm U$$

Toote geomeetriline spetsifikatsioon

DIN EN ISO 14253-1 (2013-12)

Toote geomeetriline spetsifikatsioon seab reeglid otsustamiseks, kas detail on, mõõtemääramatust arvestades, vastavuses etteantud tolerantsidega või mitte. Nt, kui mõõdis y on kokkulepitud vastavuspiirides, saab tootja olla kindel, et tolerantsi T ei ole ületatud.

LSL alumine piirväärtus T_{min} tootja vastavuskontrolli tolerants
 USL ülemine piirväärtus T_{max} kliendi vastavuskontrolli tolerants
 U mõõtemääramatus T valmistamistolerants



Näide:

Valmistamise mõõde: (10 ± 0.2) mm; vastavuskontrolli $U = 0.02$ mm;
 Tootja vastavuskontrolli tolerants $T_{min} = ?$
 $T_{min} = T - 2 \cdot U = 0.4 \text{ mm} - 2 \cdot 0.02 \text{ mm} = \mathbf{0.36 \text{ mm or } \pm 0.18 \text{ mm}}$
 Tootja vastavuskontrolli tolerants: $10 \text{ mm} \pm 0.18 \text{ mm}$ või $9.82 \text{ mm} \dots 10.18 \text{ mm}$

Vastavuse tõendus

$$LSL + U < y < USL - U$$

Tootja vastavuskontrolli tolerants

$$T_{min} = T - 2 \cdot U$$

Mittevastavuse tõendus

$$y < LSL - U \text{ või } y > USL + U$$

Kliendi vastavuskontrolli tolerants

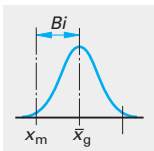
$$T_{max} = T + 2 \cdot U$$

Määramatuse piirkond

$$LSL - U < y < LSL + U \text{ või } USL - U < y < USL + U$$

Mõõtevahendi mõõtevõime: C_g/C_{gk} protseduur

Mõõtevahendi sobivust ettenähtud kasutuseks konkreetses mõõtetingsimustes saab hinnata mõõtevõime indeksite abil. Selleks kasutatakse standardset tööetaloni, millega tehakse antud mõõtevahendi abil lühikese ajavahemiku vältel samades mõõtetingsimustes vähemalt 20 kordsmõõtmist.



Bi süstemaatiline mõõtehälve
 \bar{x}_g etaloni mõõdiste aritmeetiline keskmine
 x_m etaloni suuruse tugiväärtus
 C_g, C_{gk} mõõtevahendi mõõtevõime indeksid
 s_g etaloni mõõdiste standardhälve

Näide:

Mõõtevahendi mõõtevõime analüüs mõõtmele (20 ± 0.01) mm;
 $Bi = 0.0001$ mm; $s_g = 0.0004$ mm
 $C_g = \frac{0.2 \cdot T}{6 \cdot s_g} = \frac{0.2 \cdot 0.02 \text{ mm}}{6 \cdot 0.0004 \text{ mm}} = \mathbf{1.67 \geq 1.33}$
 $C_{gk} = \frac{0.1 \cdot T - Bi}{3 \cdot s_g} = \frac{0.1 \cdot 0.02 \text{ mm} - 0.0001 \text{ mm}}{3 \cdot 0.0004 \text{ mm}} = \mathbf{1.58 \geq 1.33}$

Mõõtevahendi mõõtevõime on seega tõendatud.

Süstemaatiline mõõtehälve

$$Bi = \bar{x}_g - x_m$$

Mõõtevahendi mõõtevõime indeksid

$$C_g = \frac{0.2 \cdot T}{6 \cdot s_g}$$

$$C_{gk} = \frac{0.1 \cdot T - Bi^{(1)}}{3 \cdot s_g}$$

Nõuded²⁾
 $C_g \geq 1.33$ ja
 $C_{gk} \geq 1.33$

¹⁾ Absoluutväärtus.

²⁾ Kliendilt või tellimusest tulevad nõuded.

Kvaliteedijuhtimise nõuded ja põhimõtted

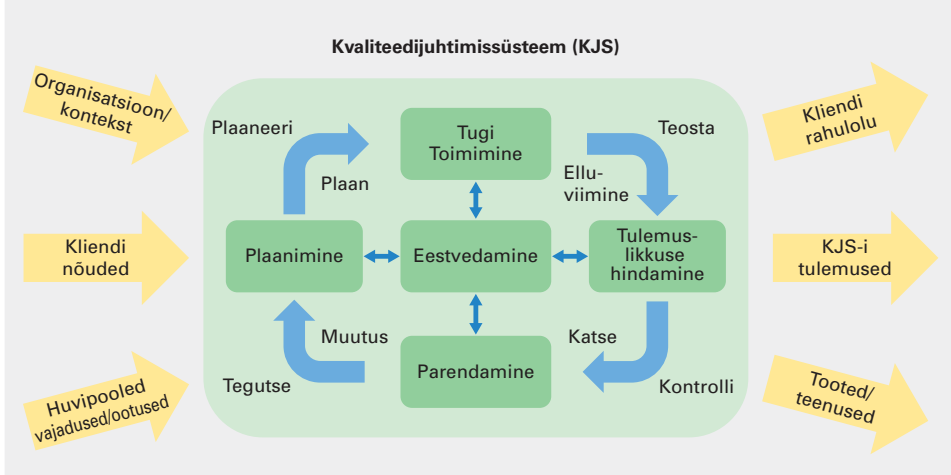
Kvaliteedijuhtimise põhimõtted

DIN EN ISO 9000 (2015-11)

- Kliendikesksus.
- Eestvedamine (juhtimine).
- Inimeste kaasamine (sisemised/välised).
- Protsessikeskne lähenemine.
- Pidev parendamine.
- Töenduspõhiste otsuste tegemine.
- Suhete juhtimine.

Kvaliteedijuhtimissüsteem ja selle sisendid/väljundid

DIN EN ISO 9001 (2015-11)



Kvaliteedijuhtimissüsteemi nõuded

DIN EN ISO 9001 (2015-11)

Nõue	Ettevõtte meetmed
Eestvedamine	Organisatsiooniskeemide koostamine, avalikustamine ja rakendamine; kvaliteedipoliitika ja kvaliteedieesmärkide määratlemine, avalikustamine ja rakendamine; kliendirahulolu tagamine.
Plaanimine	Strateegiate loomine vigade vähendamiseks (FMECA → <i>Failure Mechanism and Effect Criticality Analysis</i> e tõrkemehhanismide ja -mõjude kriitilisuse analüüsi rakendamine toote konstrueerimisfaasis); meetmete rakendamine riskide (nagu nt arvutisüsteemi tõrkumine) vähendamiseks.
Tugi	Mõõtevahendite regulaarne kalibreerimine, taatlemine ja vastav märgistamine. Ettevõttesiseste teabevahetuse reeglite (mis teemal, millal, kellega, kuidas ja kes) määratlemine. Reeglite määratlemine dokumentide (nagu nt konfidentsiaalsuslepingud) loomiseks, levitamiseks (sh juurdepääsetavus), kasutamiseks, hoidmiseks ja säilitamiseks.
Toimimine	Tootenõuete määratlemine, kontrollimine ja hindamine klientide tagasiside alusel. Protsessiohje võtmenäitajate (nagu nt tarnekindlus, kliendikaebuste määr, klientide rahulolu) sisseseadmine, dokumenteerimine, seire ja mõõtmine.
Hindamine	Auditorite valik; siseauditite plaanimine ja läbiviimine; parandustegevuste elluviimine.
Parendamine	Kvaliteedijuhtimissüsteemi sobivuse, asjakohasuse ja tõhususe tõstmine.

Kvaliteedijuhtimissüsteemi parendamise põhimõtted

DIN EN ISO 9004 (2009-12)

- Käsitletakse kvaliteedijuhtimissüsteemi tulemuslikkust ja mõjusust.
- Hinnatakse kvaliteedijuhtimissüsteemi joendumist ettevõtte strateegilise suunaga.
- Ei tulene sertifitseerimise vajadusest ega lepingutest, vaid on juhtimisfilosoofia.
- On suunatud juhtimissüsteemide tulemuslikumaks ja ja mõjusamaks muutmisele.

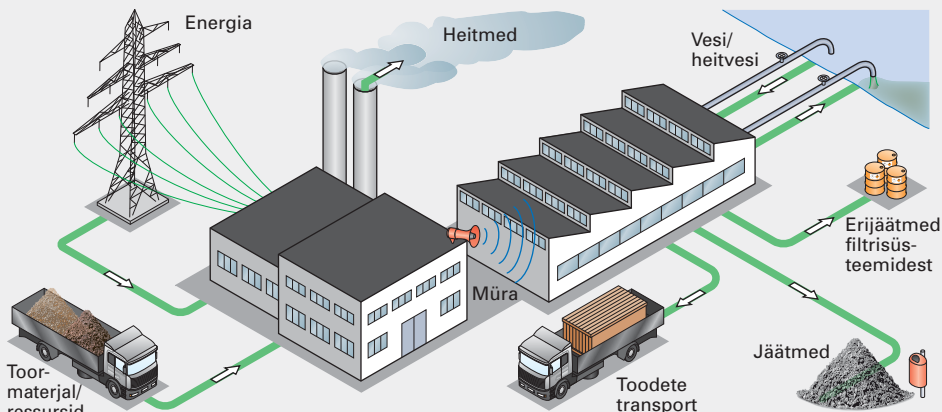
Kvaliteedijuhtimissüsteemi auditeerimise põhimõtted

DIN EN ISO 19011 (2011-12)

- Auditeeritakse juhtimissüsteeme, nt kvaliteedi- või keskkonjuhtimissüsteemi.
- Kohaldatav kõigi organisatsioonide jaoks, mis teostavad sise- või välisauditeid.
- Peamised sammud on auditi plaanimine ja rakendamine koos järeletegevuste elluviimisega pidevas parendusprotsessis.

Keskonna- ja energiajuhtimine

Ettevõtte mõju keskkonnale



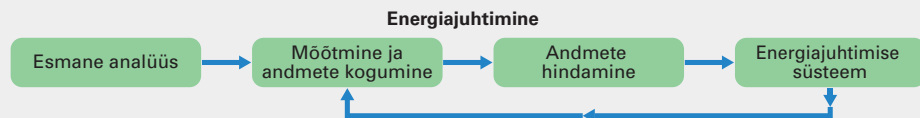
Nõuded keskkonnujuhtimissüsteemile

DIN EN ISO 14001 (2015-11)

Nõue	Ettevõtte meetmed
Eestvedamine	Keskonnaalaste juhtpõhimõtete ja -eesmärkide seadmine; vajalike ressursside (tööjõud, tööaeg) kättesaadavuse tagamine; pühendumus keskkonnanohiule, keskkonnareostuse vältimine; vastutusalade määratlemine.
Plaanimine	Olulist mõju omavate või omada võivate keskkonnaaspektide kindlaksmääramine; meetmete määratlemine keskkonnaeesmärkide saavutamiseks nagu nt heitekoormus (CO ₂ heide) või ressursside säästmine (toorainete kasutus).
Tugi	Keskkonnaeesmärkide, oluliste keskkonnaaspektide ja mittevastavuse tagajärgede osas teadlikkuse tagamine; võtmenäitajate nagu nt süsinikdioksiidi heide, energiatarbimine, jäätmete teke või tooraine tarbimine dokumenteerimine; meetmete, nagu koolitus või juhendamine (kogemuste jagamine), rakendamine uute oskuste omandamiseks.
Toimimine	Keskkonnanõuete edastamine välistele tarnijatele ja töövõtjatele; tarnijate hindamine ja seire seoses keskkonnanõuete; valmistumine hädaolukordadeks, nagu roveereostus või mürgainete leke; erakorraliste õppuste läbiviimine; hädaolukordadeks valmisoleku ja turvalisuse alane koolitamine.
Hindamine	Keskonnaalase tõhususe seire, mõõtmine, analüüs ja tulemuslikkuse hindamine asjakohaste võtmenäitajate abil; kalibreeritud, testitud ja hooldatud seire- ja mõõteseadmete kasutamise tagamine; juhtimissüsteemi pidev hindamine oluliste keskkonnaaspektide, ohtude ja võimaluste põhjal.
Parendamine	Keskonnaalaste meetmete, nagu nt materjalide eraldamine utiliseerimisel, toimivuse jälgimine ja mittevastavuste kõrvaldamine.

Energiajuhtimine kui keskkonnujuhtimise osa

DIN EN ISO 50001 (2012-11)

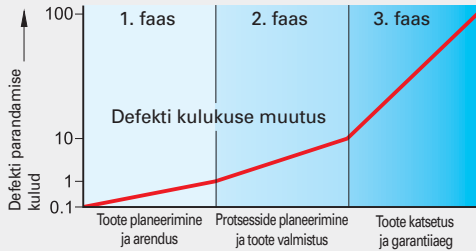


Protsessi sammud	Ettevõtte meetmed
Esmane analüüs	Energia baastase – Ettevõtte energiatulemuslikkuse taseme määramine.
Andmete kogumine	Energia seire – Suurtarbijate energiakulu mõõtmine, nt karastussüsteemid.
Andmete hindamine	Energiaohje – Suurtarbijate optimeerimine, nt kompressoriid.
Juhtimissüsteem	Energiajuhtimine – Rahvusvaheline standard, normid, nõuded, tehnoloogiad.

Kvaliteedi plaanimine, -ohje ja -kontroll

Kvaliteedi plaanimine

Kulude kümnekordne suurenemine

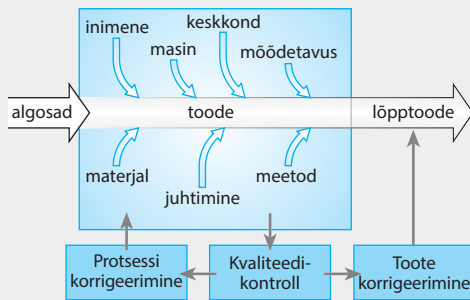


Probleemi kõrvaldamise või sellest tulenevad kulud suurenevad toote elutsükli iga faasiga 10 korda.

Näide: Detaili tolereerimisvea parandamine konstrueerimisfaasis suurendab maksumust vaid tühisel määral. Kui see viga avastatakse valmistamise faasis, siis tekivad palju suuremad kulud. Kui selle vea tõttu ilmnevad probleemid toote koostamisel või on halvenenud lõpptoote toimivus või tuleb toode turult tagasikutsuda, võivad kaasneda ülisuured kulud.

Kvaliteediohje

Kvaliteediohje tsükkel



Kvaliteedi hajuvuse mõjurid

Mõjur	Näited
Inimene	kvalifikatsioon, motivatsioon, töökoormuse määr
Masin	masina jäikus, positsioneerimistäpsus, kulumisaste
Materjal	hälbed, materjali omadused, materjali varieerumine
Meetod	tööoperatsioonid, valmistamisprotsess, kvaliteedikontrolli tingimused
Keskkond	temperatuur, vibratsioon, valgustatus, müra, tolm
Juhtimine	valed kvaliteediesmärgid
Möödetavus	mõõtmise ebatäpsus

Kvaliteedikontroll

DIN 55350-17 (1988-08), DIN 55350-14 ja -31 (1985-12)

Mõiste	Selgitus
Kvaliteedikontroll	Toote kvaliteedinõuetele vastavuse määra eksperimentaalne tuvastamine.
Kontrolliplaan Kontrollijuhendid	Kontrolli tüübi ja ulatuse määratlemine ja kirjeldus, nt mõtevahendid, kontrolli sagedus, kontrolli läbiviija, kontrolli läbiviimise koht.
Kvaliteedi täiskontroll	Toote kõigi määratletud kvaliteediparameetrite kontroll, nt detaili täielik tehniline kontroll kõiki nõudeid arvestades.
100%-ne kontroll	Kõigi kontrollpartii toodete testimine, nt kõikide tarnitud toodete visuaalne ülevaatus.
Statistiline kontroll (valimi kontroll)	Statistikameetoditel põhinev kvaliteedikontroll, nt suurema tootekoguse kvaliteedi hindamine väikese tootevalimi kvaliteedikontrolli alusel.
Kontrollpartii (valimi kontroll)	Toodete hulk kontrollimiseks, nt 5000 identse komponendi valmistamine.
Valim	Üks või mitu toodet, mis on võetud kogumist või selle alamhulgast, nt 50 detaili päeva kogutoodangust 400 detaili.

Tõenäosus (praagi tõenäosus)

Mittevastavate toodete osakaal toodete etteantud koguarvus.

P tõenäosus, % m toodete koguarv

n mittevastavate toodete arv

Näide:

Kastis on $m = 400$ toodet, millest $n = 10$ toodet on mõõtmiveaga. Kui suur on tõenäosus P , et ühe toote väljavõtmisel kastist osutub see veaga tooteks?

$$\text{Tõenäosus } P = \frac{n}{m} \cdot 100\% = \frac{10}{400} \cdot 100\% = 2.5\%$$

Praagi tõenäosus

$$P = \frac{n}{m} \cdot 100\%$$



Statistiline analüüs

Pidevsuurse statistiline analüüs

DIN 53 804-1 (2002-04)

Kontrolli tulemuste esitus	Näide									
Toorandmete tabel Toorandmed on vastava kontrollpartii või valimi kontrollimisel saadud kõigi väärtuste dokumenteeritud kogum nende saamise järjekorras.	Valimi suurus: 40 detalli Kontrollitav suurus: läbimõõt $d = (8 \pm 0.05)$ mm									
	Mõõdetud läbimõõt d , mm									
	Det. 1 ... 10	7.98	7.96	7.99	8.01	8.02	7.96	8.03	7.99	7.99	8.01
Det. 11 ... 20	7.96	7.99	8.00	8.02	8.02	7.99	8.02	8.00	8.01	8.01
Det. 21 ... 30	7.99	8.05	8.03	8.00	8.03	7.99	7.98	7.99	8.01	8.02
Det. 31 ... 40	8.02	8.01	8.05	7.94	7.98	8.00	8.01	8.01	8.02	8.00

Tootearvestusleht

Tootearvestusleht annab selge ülevaate kontrollil saadud väärtustest ning nende jagunemisest etteantud väärtusvahemikesse.

n mõõdiste arv

c vahemike arv

i vahemiku ulatus

R mõõdiste haare (lk 284)

n_j absoluutne sagedus

h_j suhteline sagedus (töenäosus), %

F_j suhteliste sageduste (töenäosuste) summa, %

Vahemiku nr	Vahemiku piirid		Tootearvestus	n_j	h_j %	F_j %
1	7.94	7.96	I	1	2.5	2.5
2	7.96	7.98	III	3	7.5	10
3	7.98	8.00	|||| |||| I	11	27.5	37.5
4	8.00	8.02	|||| |||| III	13	32.5	70
5	8.02	8.04	|||| ||||	10	25	95
6	8.04	8.06	II	2	5	100

$$c = \sqrt{n} = \sqrt{40} = 6,3 \approx 6$$

$$\Sigma = 40 \quad 100$$

$$i = \frac{R}{c} = \frac{0.11 \text{ mm}}{6} = 0.018 \text{ mm} \approx 0.02 \text{ mm}$$

Vahemike arv

$$c \approx \sqrt{n}$$

Vahemiku ulatus

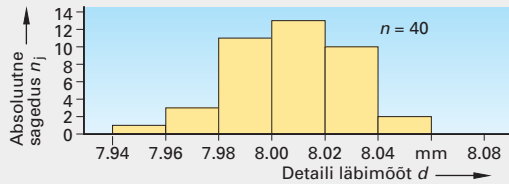
$$i \approx \frac{R}{c}$$

Suhteline sagedus

$$h_j = \frac{n_j}{n} \cdot 100\%$$

Histogramm

Histogramm on tulpdiaagramm kontrollitulemuste jaotuse, paiknemise ja hajumise visualiseerimiseks.



Sageduse kumulatiivne jaotus-funktsioon

Kumulatiivne jaotusdiagramm on lihtne ja selge graafiline meetod, millega kontrollida uuritava suuruse normaaljaotusseeduse esinemist (lk 284).

Kui suhtelise sageduse kumulatiivne funktsioon F_j läheneb sirgjoonele, siis võib eeldada, et individuaalväärtused jaotuvad normaaljaotusseeduse järgi, s.o. edasist väärtuste hindamist võib läbi viia DIN 53804-1 (lk 284) alusel.

Sel juhul võib täiendavad väärtused määrata valimi mõõdiste alusel.

Graafilise kujutamise näide:

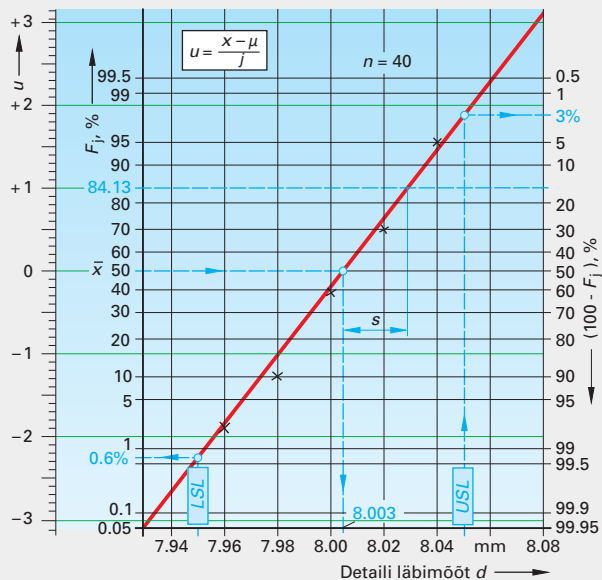
Kontrollpartii aritmeetiline keskmine \bar{x} (kui $F_j = 50\%$):

$$\bar{x} \approx 8.003 \text{ mm.}$$

Kontrollpartii standardhälve s (kui normaaljaotusfunktsiooni parameeter $u = 1$):

$$s \approx 0.022 \text{ mm}$$

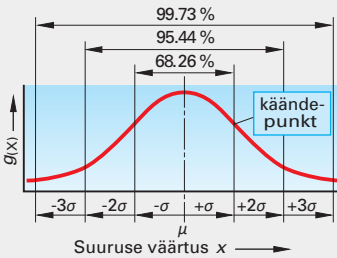
Näite töenäosusmodelist selgub, et ligikaudu 0.6% kogu kontrollpartiist on liiga peenike ja 3% liiga jäme.



LSL alumine piirväärtus; USL ülemine piirväärtus

Normaaljaotus

Gaussi normaaljaotus



Toorandmetes olevate pidevsuuruste väärtuste jaotusele on tihti võimalik matemaatiliselt lähendada **Gaussi¹⁾ normaaljaotuse** mudel. Lõpmatu arvu üksikväärtuste korral on normaaljaotuse tõenäosustiheduse $g(x)$ graafik **kellukese** kujuline. Seda sümmeetrilist ja pidevat jaotuskõverat kirjeldavad üheselt järgnevad parameetrid:

Keskvärtus μ asub jaotuskõvera maksimumkohas ning kirjeldab jaotuse paiknemist.

Standardhälve σ on keskvärtuste hajumise näitaja, st kui palju väärtused keskmiselt erinevad keskvärtusest.

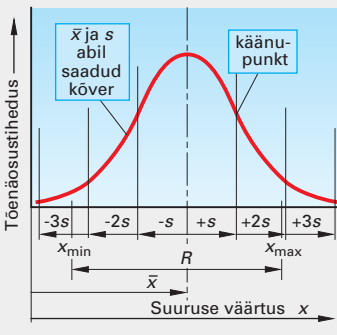
¹⁾ Carl Friedrich Gauß (1777–1855), saksa matemaatik.

Suuruse väärtusvahemike osakaal normaaljaotuse korral

Väärtusvahemik	$\pm 0.5 \cdot \sigma$	$\pm 1 \cdot \sigma$	$\pm 1.5 \cdot \sigma$	$\pm 2 \cdot \sigma$	$\pm 2.5 \cdot \sigma$	$\pm 3 \cdot \sigma$	$\pm 3.5 \cdot \sigma$	$\pm 4 \cdot \sigma$	$\pm 5 \cdot \sigma$
Osakaal, %	38.29	68.27	86.64	95.45	98.76	99.73	99.95	99.9937	99.999943

Normaaljaotus valimis

DIN 53804-1 (2002-04) või DGQ 16-31 (1990)



- n üksikväärtuste (möödiste) arv (valimi suurus)
- x_i möödis, st üksikväärtus
- x_{\max} suurim möödis
- x_{\min} vähim möödis
- \bar{x} möödiste aritmeetiline keskvärtus
- \tilde{x} möödiste mediaan¹⁾, möödiste kasvamise järjestusrea keskmine väärtus
- s standardhälve
- R valimi haare
- D mood (möödis, mis esineb valimis kõige sagedamini)
- $g(x)$ tõenäosustiheduse funktsioon

Aritmeetiline keskvärtus¹⁾

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Valimi standardhälve²⁾

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Valimi haare

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

Valimite haarete keskvärtus

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m}$$

Valimite keskvärtuste keskvärtus

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m}$$

Valimite standardhälvete keskvärtus

$$\bar{s} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_m}{m}$$

Mitme valimi hindamisel:

- m valimite arv
- $\bar{\bar{x}}$ valimite keskvärtuste keskvärtus
- \bar{R} valimite haarete keskvärtus
- \bar{s} valimite standardhälvete keskvärtus

Näide: Valimi möödiste hindamine (lähteandmed lk 283):

$$\bar{x} = 8.00225 \text{ mm} \quad R = 0.11 \text{ mm} \quad \tilde{x} = 8.005 \text{ mm} \quad s = 0.02348 \text{ mm} \quad D = 7.99 \text{ mm}$$

- 1) Mediaan: kui möödiseid on paaritu arv: nt $x_1; x_2; x_3; x_4; x_5$; $\tilde{x} = x_3$ kui möödiseid on paarisarv: nt $x_1; x_2; x_3; x_4; x_5; x_6$; $\tilde{x} = (x_3 + x_4) / 2$
- 2) Paljudel taskuarvutitel on erifunktsioonid keskvärtuse ja standardhälbe arvutamiseks. Identsete möödiste korduvat esinemist saab arvesse võtta vastava teguri abil.

Normaaljaotus kontrollpartii, kvaliteedikontrolli olulised suurused ja tähised

Kogumi (kontrollpartii) kui terviku omaduste hindamisel kasutatakse proovivõtumeetodit ning saadud valimi iseloomulikke suurusi. Et eristada valimi tunnussuurusi, protsessi hinnangulisi parameetreid (\wedge "katus") ja protsessi 100%-se kvaliteedikontrolli alusel arvatud suurusi, kasutatakse erinevaid tähiseid.

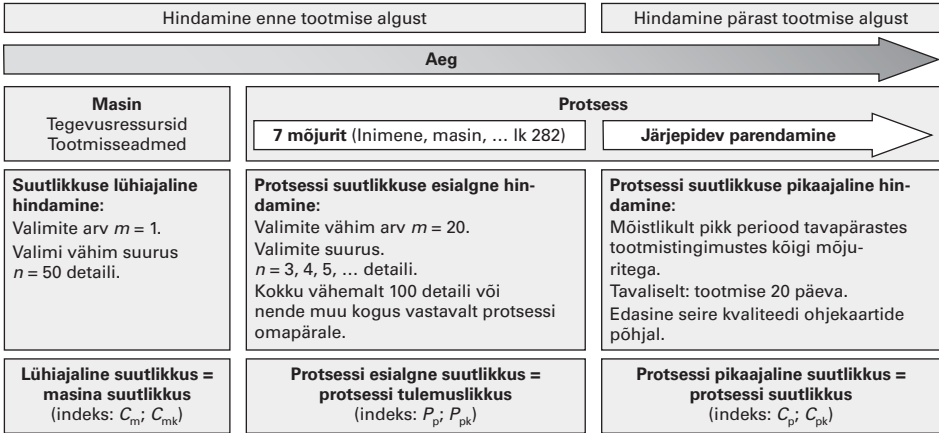
Valimi kvaliteedikontroll (kinnitav statistika)	Kogum	100%-ne kvaliteedikontroll (kirjeldav statistika)
Valimi möödiste arv n	Kogumi möödiste arv $m \cdot n$	Möödiste arv N
Valimi aritmeetiline keskvärtus \bar{x}	Protsessi keskvärtuse hinnang $\hat{\mu}$	Protsessi keskvärtus μ
Valimi standardhälve s	Protsessi standardhälbe hinnang $\hat{\sigma}$ (taskuarvutil σ_{n-1})	Protsessi standardhälve σ (taskuarvutil σ_n)



Kvaliteedisuutlikkus

Suutlikkuse hindamise faasid

Uute masinate ja seadmete kvaliteedisuutlikkust hinnatakse suutlikkuse näitajate abil (suutlikkuse indeksid) nende hankimisel, kasutuselevõtul ning enne ja pärast saritootmist.

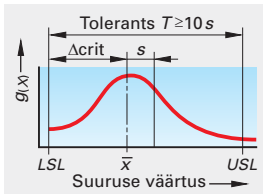


Masina suutlikkus, protsessi suutlikkus

DIN ISO 22514-2 (2015-06)

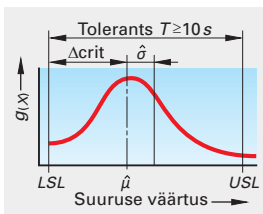
Masina suutlikkus on hinnang masinale, st kas tõenäosus on piisavalt kõrge, et masina tootang vastab nõutud tolerantsidele tööparameetrite tavapäraselt hajuvust arvestades.

Kui $C_m \geq 1,67$ ja $C_{mk} \geq 1,67$, siis 99,99994% (vahemik ± 5 -s) kvaliteedinäitaja mõõdetud väärtustest on tolerantsiga antud piirides ja keskvääruse \bar{x} kaugus tolerantsi piirväärtustest on vähemalt 5-s.



- C_{mr} , C_{mk} masina suutlikkuse indeks
- T tolerants
- LSL alumine piirväärtus
- USL ülemine piirväärtus
- Δ_{crit} piirväärtuse ja keskvääruse vähim vahekaugus
- \bar{x} aritmeetiline keskväärus
- s standardhälve

Protsessi suutlikkus ja protsessi tulemuslikkus annavad hinnangu tootmisprotsessile, st kas tõenäosus on piisavalt kõrge tagamaks kõigi nõuete täitmine tavapäraselt hajuvust arvestades.



- P_{pr} , P_{pk} protsessi tulemuslikkuse indeks
- C_{pr} , C_{pk} protsessi suutlikkuse indeks
- $\hat{\sigma}$ protsessi standardhälve hinnang
- $\hat{\mu}$ protsessi keskvääruse hinnang
- \bar{x} valimi keskväärus
- \bar{R} valimite haarete keskväärus
- \bar{s} valimite standardhälvete keskväärus
- a_n , d_n tegurid protsessi standardhälve hindamiseks (tabel lk 287)
- m valimite arv

Näide:

Masina suutlikkuse hindamine mõõtmega (80 \pm 0,05) mm tagamiseks; eelneva kasutuse andmed: $s = 0,009$ mm; $\bar{x} = 79,997$ mm; nõutud on: $C_m \geq 1,67$; $C_{mk} \geq 1,67$.

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,1 \text{ mm}}{6 \cdot 0,009 \text{ mm}} = 1,852; \quad C_{mk} = \frac{\Delta_{crit}}{3 \cdot s} = \frac{79,997 \text{ mm} - 79,950 \text{ mm}}{3 \cdot 0,009 \text{ mm}} = 1,74$$

Masina suutlikkus selle protsessi osas on tõendatud.

Masina suutlikkuse indeks

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s}$$

$$C_{mk} = \frac{\Delta_{crit}}{3 \cdot s}$$

Nõuded¹⁾ nt

$$C_m \geq 1,67 \text{ ja } C_{mk} \geq 1,67$$

Protsessi tulemuslikkuse indeks, protsessi suutlikkuse indeks

$$P_p = C_p = \frac{T}{6 \cdot \hat{\sigma}}$$

$$P_{pk} = C_{pk} = \frac{\Delta_{crit}}{3 \cdot \hat{\sigma}}$$

Nõuded¹⁾ nt

$$P_{pr}, C_p \geq 1,33 \text{ ja}$$

$$P_{pk}, C_{pk} \geq 1,33$$

Protsessi karakteristikud:

Protsessi keskvääruse hinnang

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}}$$

Protsessi standardhälve hinnang

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_m^2}{m}}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{a_n} = \frac{\bar{R}}{d_n}$$

¹⁾ Kliendipõhised või tellimusest sõltuvad nõuded; suursaritootmises, nt autotööstus, on nõuded tavaliselt kõrgemad, nt $C_m \geq 2,0$.

Statistiline protsessiohje

Kvaliteedi ohjekaart

Protsessi ohjekaart

Protsessi ohjekaarte kasutatakse protsessi muutuste jälgimiseks, rakendades selleks võrdlust sihtväärtustega või eelmise tootmistsükli väärtustega. Sekkumise ning hoiauspriid määratakse toodete kogumi põhise protsessi väärtuste hinnangu alusel või eelmise tootmissetsükli tulemuste alusel.

Vastavuse ohjekaart

Vastavuse ohjekaarte kasutatakse protsessi jälgimiseks määratud piirväärtustega võrdlemise alusel. Need ohjeväärtused arvutatakse piirhälvetena, mille piiresse protsessi keskvärtus ning väärtuste haare (hajumise ulatus) peavad jääma.

Protsessi ohjekaart kvantitatiivsele suurusele (Shewhart-ohjekaart)¹⁾

Toorandmete kaart	Ohjepiirid	Näide: Igas valimis 5 moodsit
<p>Toorandmete kaart on kõikide moodsit väärtuste otsese ülesmärkimise kaart. See eeldab, et protsess allub ligilähedaselt normaalaotusele ning on suhteliselt keerukas tänu sisestavate andmekirjete suurele hulgale.</p>	<p>X oodatav keskvärtus (statistiline sihtväärtus eelneva katsepartii alusel)</p> <p>UWL ülemine hoiauspriir</p> <p>LWL alumine hoiauspriir</p> <p>UCL ülemine ohjepiir</p> <p>LCL alumine ohjepiir</p> <p>USL ülemine piirväärtus</p> <p>LSL alumine piirväärtus</p> <p>Ohjepiirid DGQ järgi: lk 287.</p>	

Mediaanväärtus – haare kaart ($\bar{x}-R$ kaart)

Nende kaartide abil saab selgelt esitada tootmisprotsessi hajuvust ning ei ole vaja teha mahukaid arvutusi. Need on sobivad siis, kui ohjekaarte hallatakse käsitsi.

Keskvärtus – standardhälve kaart ($\bar{x}-s$ kaart)

Nende kaartide abil näidatakse keskvärtuse muutumise suundumusi ning nende tundlikkus on suurem, kui $\bar{x}-R$ kaartidel. Nõutav on arvutipõhine ohjekaartide haldus.

Näide:

Näide:

Kontrollitav suurus: läbimõõt	Kontrollitav mõõde: 5±0.05				
Valimi suurus: n = 5	Kontrolli intervall: 60 min				
Moodsitud väärtused mm	x ₁	4.98	4.96	5.03	4.97
	x ₂	4.97	4.99	5.01	4.96
	x ₃	4.99	5.03	5.02	5.01
	x ₄	5.01	4.99	4.99	4.99
	x ₅	5.01	5.00	4.98	5.02
	Σx	24.96	24.97	25.03	24.95
	\bar{x}	4.99	4.99	5.01	4.99
	R	0.04	0.07	0.05	0.06
Mediaan \bar{x} , mm					
Haare R, mm					
Valimi nr	1	2	3	4	
Aeg	6 ⁰⁰	7 ⁰⁰	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	

Kontrollitav suurus: läbimõõt	Kontrollitav mõõde: 5±0.05				
Valimi suurus: n = 5	Kontrolli intervall: 60 min				
Moodsitud väärtused mm	x ₁	4.98	4.96	5.03	4.97
	x ₂	4.97	4.99	5.01	4.96
	x ₃	4.99	5.03	5.02	5.01
	x ₄	5.01	4.99	4.99	4.99
	x ₅	5.01	5.00	4.98	5.02
	\bar{x}	4.992	4.994	5.006	4.990
	s	0.018	0.025	0.021	0.025
Keskvärtus \bar{x} , mm					
Standardhälve s, mm					
Valimi nr	1	2	3	4	
Aeg	6 ⁰⁰	7 ⁰⁰	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	

¹⁾ Walter Andrew Shewhart (1891–1967), ameerika teadlane.



Statistiline protsessiohje, protsessi kulg

Kvantitatiivse suuruse lävendid protsessi ohjekaartidel lähtudes DGO-st

Ohjekaart, standardhindamine	Reageerimislävendid (99%)		Hoiatuslävendid (95%)		Sihtväärtus, keskjoon $X =$	Tegurid: $C_E, C_W, A_E, A_W,$ $D_{UCL}, D_{LCL}, D_{UWL},$ $D_{LWL}, B_{UCL}, B_{LCL},$ $B_{UWL}, B_{LWL}, a_n,$ vt järgnev tabel
	$UCL =$	$LCL =$	$UWL =$	$LWL =$		
\bar{x}	$\hat{\mu} + C_E \cdot \hat{\sigma}$	$\hat{\mu} - C_E \cdot \hat{\sigma}$	$\hat{\mu} + C_W \cdot \hat{\sigma}$	$\hat{\mu} - C_W \cdot \hat{\sigma}$	$\hat{\mu}$	
\bar{x}	$\hat{\mu} + A_E \cdot \hat{\sigma}$	$\hat{\mu} - A_E \cdot \hat{\sigma}$	$\hat{\mu} + A_W \cdot \hat{\sigma}$	$\hat{\mu} - A_W \cdot \hat{\sigma}$	$\hat{\mu}$	
R	$D_{UCL} \cdot \hat{\sigma}$	$D_{LCL} \cdot \hat{\sigma}$	$D_{UWL} \cdot \hat{\sigma}$	$D_{LWL} \cdot \hat{\sigma}$	$d_n \cdot \hat{\sigma}$	
s	$B_{UCL} \cdot \hat{\sigma}$	$B_{LCL} \cdot \hat{\sigma}$	$B_{UWL} \cdot \hat{\sigma}$	$B_{LWL} \cdot \hat{\sigma}$	$a_n \cdot \hat{\sigma}$	

Tegurid lävendite ja protsessi standardhälbe hinnangu arvutamiseks sõltuvalt valimi moodiste arvust n (valimik)

n	C_E	C_W	A_E	A_W	D_{UCL}	D_{LCL}	D_{UWL}	D_{LWL}	d_n	B_{UCL}	B_{LCL}	B_{UWL}	B_{LWL}	a_n
2	1.821	1.386	1.821	1.386	3.970	0.009	3.170	0.044	1.128	2.807	0.006	2.241	0.031	0.798
3	1.725	1.313	1.487	1.132	4.424	0.135	3.682	0.303	1.693	2.302	0.071	1.921	0.159	0.886
4	1.406	1.070	1.288	0.980	4.694	0.343	3.984	0.595	2.059	2.069	0.155	1.765	0.268	0.921
5	1.379	1.049	1.152	0.877	4.886	0.555	4.197	0.850	2.326	1.927	0.227	1.669	0.348	0.940
6	1.194	0.908	1.052	0.800	5.033	0.749	4.361	1.066	2.534	1.830	0.287	1.602	0.408	0.952
7	1.182	0.899	0.974	0.741	5.154	0.922	4.494	1.251	2.704	1.758	0.336	1.552	0.454	0.959
8	1.056	0.804	0.911	0.693	5.255	1.075	4.605	1.410	2.847	1.702	0.376	1.512	0.491	0.965
9	1.050	0.799	0.859	0.653	5.341	1.212	4.700	1.550	2.970	1.657	0.410	1.480	0.522	0.969
10	0.958	0.729	0.815	0.620	5.418	1.335	4.784	1.674	3.078	1.619	0.439	1.454	0.548	0.973

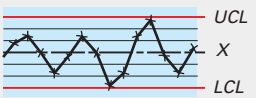
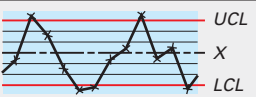
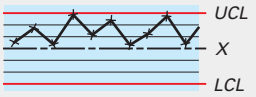
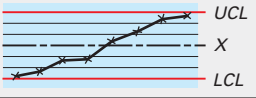
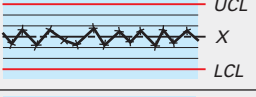
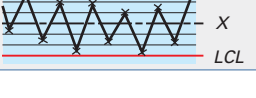
$\bar{x}, \bar{x}, R, s, \hat{\mu}, \hat{\sigma}$: selgitused, terminid ja arvutus: lk 284 ... lk 285.

Näide: s kaart, $\hat{\sigma} = 0.0016$ mm lähtudes 20 valimist, igaühes $n = 5$ moodist; $X = ?$; $UCL = ?$; $LCL = ?$

$X = a_n \cdot \hat{\sigma} = 0.940 \cdot 0.0016$ mm = **0.0015 mm**; $UCL = B_{UCL} \cdot \hat{\sigma} = 1.927 \cdot 0.0016$ mm = **0.003 mm**

$LCL = B_{LCL} \cdot \hat{\sigma} = 0.227 \cdot 0.0016$ mm = **0.00036 mm**

Protsessi suundumused

Protsessi kulg (nt keskvaartuse \bar{x} jälgimine)	Nimetus/omadused	Võimalikud põhjused, rakendatavad meetmed
	Loomulik kulg 2/3 moodidest on vahemikus s ja kõik moodid on ohjepiiride sees.	Protsess on kontrolli all ning võib jätkuda vahelesegamiseta.
	Ohjepiiride ületus Mõned moodid on ohjepiiridest väljas.	Valesti seadistatud masin, erinevad materjalipartiid, vigastatud või kulunud seadmed; → Protsessi peatamine ja toodete 100%-ne kontroll eelmisest valimist alates.
	Kõrvalekalle (järjestikune) 7 või enam järjestikust moodist on keskjoonest ühel pool.	Tööriista kulumine, teine materjalipartii, teine tööriist, teine operator; → Protsessi peatamine põhjuste väljaselgitamiseks või protsessi korrigeerimiseks.
	Pidevmuutus 7 või enam järjestikust moodist moodustavad tõusva või langeva joone.	Tööriista, seadme või mõõtevahendi kulumine, operatori väsimine; → Protsessi peatamine põhjuste väljaselgitamiseks.
	Keskkolmandik Vähemalt 15 järjestikust moodist asuvad piirides \pm standardhälve s .	Masina parem töö, parem järelevalve, mõõtetulemuste korrigeerimine; → Protsessi parenduste väljaselgitamine või mõõtetulemuste kontroll.
	Tsüklilisus Moodid asuvad perioodiliselt keskjoonest kahel pool.	Erinevad mõõtevahendid, süstemaatiline mõõtemääramatus; → Tootmisprotsessi ülevaatus/uurimine mõjurite tuvastamiseks.

Kvaliteedi ohjekaart, valimipõhine vastuvõtukontroll

Kvaliteedi ohjekaart kvalitatiivsetele suurustele

DGQ 16-33 (1990); DGQ 11-19 (1994)

Defektikaart

Defektikaardile märgitakse defekti tüüpe kaupa nende hulk ja esinemise sagedus valimites.

n valimi suurus
 m valimite arv

Näide defekti F3 kohta:
 $m \cdot n = 9 \cdot 50 = 450$

$$\text{Sagedus \%} = \frac{\sum f_j}{n \cdot m} \cdot 100\%$$

$$= \frac{3}{450} \cdot 100\% = 0.66\%$$

Näide:

Detail: Käte	Valimi suurus: $n = 50$									Kontrolli intervall: 60 min		
Defekti tüüp	Defekti sagedus f_j									Σf_j	%	Osakaal
Värvikahjustus	F1	1				1				2	0.44	
Mõlk	F2	1	2	2	1	2	2	2	2	14	3.11	
Korrosioon	F3	1				1				3	0.66	
Kraat	F4	1							1	1	0.22	
Pragunemine	F5	1								1	0.22	
Nurgaviga	F6	2		3	1		3	1	2	12	2.66	
Paine	F7					1				1	0.22	
Keere puudub	F8	1								1	0.22	
Defekte valimis		4	6	3	3	3	5	4	3	4	35	7.78
Valimi nr		1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Pareto¹⁾ diagramm

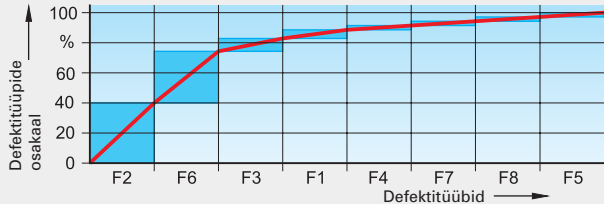
Pareto diagrammil rühmitatakse võtmesuursi (nt defektid) tüübi ja sageduse järgi ning see on oluline vahend suuruste analüüsimisel ja prioriteetide seadmisel.

Näide defekti F2 kohta:

Osakaal kõigi defektide hulgas

$$= \frac{14}{35} \cdot 100\% = 40\%$$

¹⁾ *Vilfredo Pareto* (1848–1923), itaalia sotsioloog.

Näide:


Graafilise kujutamise näide: Mõlgid (F2) ja nurgavead (F6) kokku moodustavad umbes 74% kõikidest tootmisdefektidest.

Valimipõhine kvalitatiivne vastuvõtukontroll (attribute sampling)

DIN ISO 2859-1 (2014-08)

Valimipõhine kvalitatiivne vastuvõtukontroll on valimi kontroll kvalitatiivsete tunnuste alusel, mille käigus kontrollpartii vastavust hinnatakse defektsete toodete osakaalu või üksiktoote defektide koguse põhjal.

Mittevastavate toodete osakaal või defektide arv kontrollpartii suurusega 100 toodet määrab ära kvaliteeditaseme.

Protsessis pidevalt võetavate kontrollpartiide jaoks määratletakse kindlaks vastuvõtu (nõutav) kvaliteeditase; enamikul juhtudel on see sätestatud kliendi poolt. Vastavad proovivõtureeglid tuuakse ohjeteabelites.

Valimipõhise kvalitatiivse vastuvõtukontrolli plaan valimi hindamiseks tavapärasel kvaliteedikontrollil (väljavõte ohjeteabelist)

Kontrollpartii suurus	Nõutav kvaliteeditase, AQL (eelisväärtused)																			
	0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5										
2... 8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
9... 15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	8	0	5	0								
16... 25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	13	0	8	0	5	0							
26... 50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	20	0	13	0	8	0	5	0						
51... 90	↓	↓	↓	↓	50	0	32	0	20	0	13	0	8	0	20	1				
91... 150	↓	↓	↓	80	0	50	0	32	0	20	0	13	0	32	1	20	1			
151... 280	↓	↓	125	0	80	0	50	0	32	0	20	0	50	1	32	1	32	2		
281... 500	↓	200	0	125	0	80	0	50	0	32	0	80	1	50	1	50	2	50	3	
501...1200	315	0	200	0	125	0	80	0	50	0	125	1	80	1	80	2	80	3	80	5

Selgitus:

 ↓
 50 2

— Esmalt määratakse valimi nõutav suurus selles tulbas toodud juhise järgi. Kui valimi nõutav suurus on kontrollpartiist suurem või võrdne: Tehakse 100%-ne kvaliteedikontroll.

— Teine number: Vastuvõtnumber = defektsete toodete vastuvõetav arv valimis.

— Esimene number: Valimi suurus = kontrollitavate toodete arv.



EÜ masinadirektiiv

Masinadirektiivi struktuur ja sisu

Direktiiv 2006/42/EÜ (2009-12)

EÜ masinadirektiivi eesmärk on vähendada masinate kasutamisega seotud õnnetusi. Selle eesmärgi saavutamiseks tuleb järgida vastavaid ohutuse tagamise nõudeid nii masinate konstrueerimisel ja valmistamisel, aga ka paigaldusel ja hooldusel.

Euroopa turul võib vabalt kaubelda ainult selliste masinatega, mis vastavad EÜ masinadirektiivi nõuetele.

Ülevaade		Lisad	Sisu
Artiklid	Sisu		
Artikkel 1, 2 ja 3 Reguleerimisala Mõistete selgitus	Toodete loetelu ja määratlus, mille suhtes direktiivi kohaldatakse või ei kohaldata.	Lisa I Olulised tervisekaitse- ja ohutusnõuded	Juhtimiseseadiste, kaitsemeetmete, piirete ja kaitseadiste, riskide ja ohtude analüüsi, remondi ja hoolduse, teabe, hoiatusmärkide ja signaalide, kasutusjuhendite ohutusele suunatud aluspõhimõtted.
Artikkel 4 ... 11 Turu järelevalve Turustamine ja vastavuse tagamine	Enne masina Euroopa Liidus turustamist ja kasutuselevõttu rakendatavate meetmete kirjeldus.	Lisa II ... V EÜ vastavusdeklaratsioon CE märgis Masinate ja ohutuseseadiste näidisloetelud	Vastavusdeklaratsiooni miinimumnõuded, CE-vastavusmärgise kujutus, Eriti ohtlike masinate määratlused.
Artikkel 12 ... 15 Vastavushindamise meetodid	Teave vastavushindamise menetluste liigi, ulatuse ja läbiviimise kohta.	Lisa VI ja VII Masinate tehniline dokumentatsioon	Tehnilise dokumentatsiooni sisu ja maht lõpetatud ja osaliselt komplekteeritud masinate puhul.
Artikkel 16 ja 17 CE-märgis	CE-vastavusmärgise määratlus.	Lisa VIII ... XI EÜ tüübihindamine Täieliku kvaliteedi süsteem	Tüübihindamise kirjeldus, kvaliteeditagamissüsteemi hindamise aluspõhimõtted.
Artikkel 18 ... 29 Konfidentsiaalsus Sanktsioonid Jõustumine	Üldised sätted direktiivi rakendamise, sanktsioonide ja jõustumise kohta.		

Tooted, millele EÜ masinadirektiiv kohaldub ja ei kohaldu

Vastavalt artiklile 1 (1) ja artiklile 2, EÜ masinadirektiiv rakendub järgmistele toodetele:

- Masinad;
- Ohutuseseadised;
- Tõstmise abiseadised;
- Ketid, trossid ja lindid;
- Eemaldatavad jõuülekandemehhanismid,
- Osaliselt komplekteeritud masinad, mis on ette nähtud paigaldamiseks masinasse, millele kohaldub EÜ masinadirektiiv.

EÜ masinadirektiiv **ei kohaldu** järgmistele toodetele (valimik):

- Varuosadena ette nähtud turvakomponendid;
- Laadaplatside ja lõbustusparkide erivarustus;
- Tuumaenergeetikamasinad;
- Relvad;
- Transpordivahendid ja merelaevad;
- Spetsiaalselt uurimistöökaks kavandatud masinad,
- Elektri- ja elektroonikatooted, nagu kodumasinad, IT-seadmed, kontorimasinad, madalpinge juhtimiseseadmed, elektrimootorid.

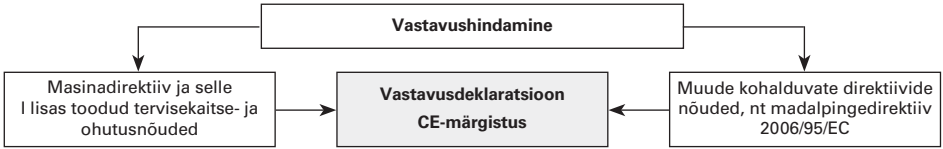
EÜ masinadirektiiviga vastavuse tagamise protsess

- Kohaldatavate harmoneeritud standardite ja nõuete, eriti lisa I määratletud oluliste tervisekaitse- ja ohutusnõuete, väljaselgitamine ja rakendamine riskianalüüsi alusel (vt lk 290).
- Masina vastavushindamine, lähtudes EÜ masinadirektiivis toodud vastavushindamise nõuetest
 - viiakse läbi tootja poolt sisekontrolli teel,
 - viiakse läbi tootja volitatud esindaja poolt,
 - viiakse läbi teavitatud asutuse kaasamisega.
- Masina vastavusdeklaratsiooni koostamine.
- Masina CE-märgistamine.
- Kasutusjuhendite koostamine.
- Muu tehnilise dokumentatsiooni koostamine, nt koostamisjuhendid ja osaliselt komplekteeritud masina ühendamisdeklaratsioon.

CE-märgistus

Vastavusdeklaratsioon

Tootja peab tõendama, et ta on järginud nõutavates EÜ direktiivides toodud nõudeid (vastavusdeklaratsioon).



CE-märgistus

CE-märgis



Tunnussilt

Tootja: Max Muster Maschinen GmbH XXXXX Musterstadt	
Tüüp:	W100
Seerianumber:	3814
Tootmise aasta:	2016
Valmistatud Saksamaal	

"CE" = Conformité Européenne¹⁾

CE-vastavusmärgise kinnitamisega kinnitab tootja kliendile, et toode on vastavuses asjakohaste EÜ direktiivide ja neis sisalduvate nõuetega.

Toote tunnussilt peab sisaldama vähemalt järgmisi andmeid:

- Tootja nimi ja aadress;
- CE-märgis;
- Masina tüübitähis ja seerianumber;
- Tootmise aasta.

¹⁾ Euroopa vastavus.

Tervisekaitse- ja ohutusnõuded

Nõuded käsitlevad ohtusid kui võimalikke vigastuste ja tervisekahjustuste allikaid, samuti müra- ja vibratsioonikahjustusi ning inimestele suunatud ergonoomika põhimõtteid.

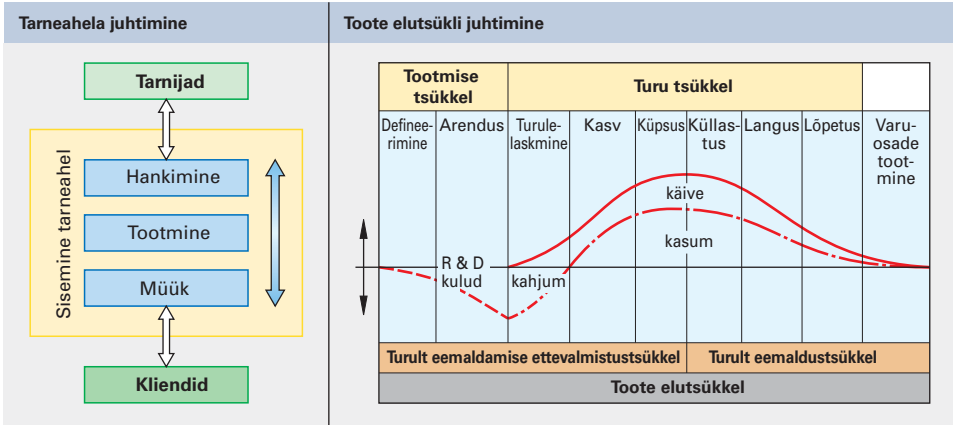
Ohutuse tagamise meetmed	Olulisi nõudeid (väljavõte lisast I)
<div style="border: 1px solid black; background-color: #f8d7da; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p>Riskide tuvastamine ja hindamine</p> </div> <div style="text-align: center;">▼</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #d4edda; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p>Ohtude kõrvaldamine või minimeerimine</p> </div> <div style="text-align: center;">▼</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #d4edda; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p>Kaitsemeetmete rakendamine</p> </div> <div style="text-align: center;">▼</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #d4edda; padding: 10px;"> <p>Operaatorite ja kasutajate teavitamine ohtudest</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> • Kasutamine, seadistamine ja hooldamine peab olema ohutu. • Kasutatavad materjalid ei tohi põhjustada ohte. • Kõik komponendid peavad olema piisavalt stabiilsed ja nende liited peavad vastu pidama koormustele ja pingetele. • Arvestada tuleb ergonoomika põhimõtetega. • Masin tohib käivituda vaid tahtliku käivitamisega. • Peavad olema hädaseiskamise seadmed. • Sobivate piirete abil tuleb vältida inimese igasugust kokkupuudet liikuvate osadega. • Müraemissiooniga seotud ohud tuleb vähendada madalaimale võimalikule tasemele. • Tuleb vältida gaasidest ja tolmust tulenevaid ohte. • Masinate transport peab olema ohutu. Peavad olema vastavad käepidemed või tõstevahendid. • Valgustus ei tohi tekitada häirivaid varje ega pimestamist. • Energiavarustuse muutused (võrgutõrge) ei tohi põhjustada ohtlikke olukordi.

Masina tehnilised dokumendid (valimik, väljavõte lisast VII)

- Üldine kirjeldus;
- Üld- ja koostejoonised, elektriskeemid;
- Detailjoonised ja arvutused;
- Riskihindamise dokument;
- Rakendatud standardite nimistu;
- Masina kasutusjuhendid;
- Koostamisjuhendid ja ühendamisdeklaratsioon, kui vaja;
- EÜ vastavusdeklaratsioon.



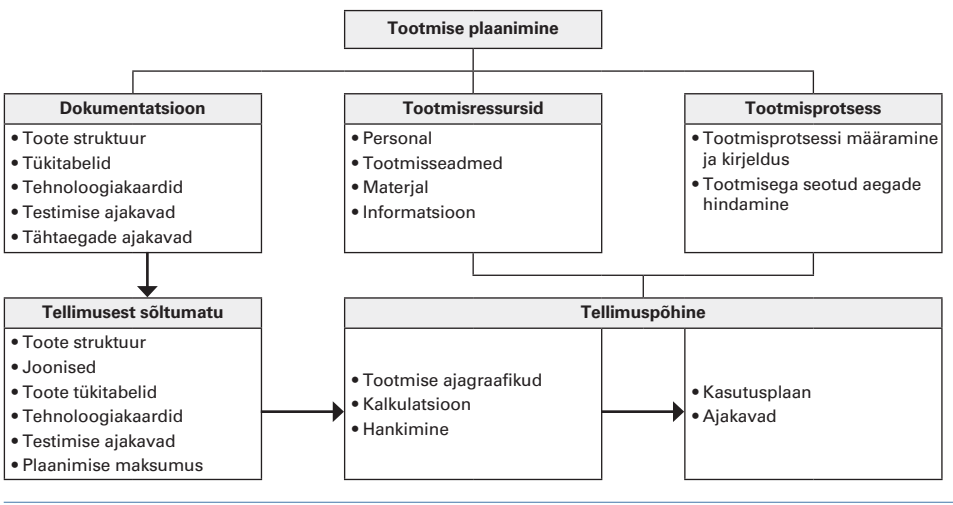
Tootmise plaanimise alused



Toote juhtimise süsteemid	
	<p>ERP Ettevõtte ressursside plaanimine Arvutipõhine infosüsteem inimressursside ja tootmisressursside plaanimiseks ning juhtimiseks.</p>
	<p>PLM Toote elutsükli juhtimine Strateegiline kontseptsioon toote haldamiseks kogu selle elutsükli jooksul, st. tootmisest kuni kasutusest kõrvaldamiseni.</p>
	<p>PDM Toote andmete haldus Süsteem kõikide andmete ühtseks säilitamiseks ja haldamiseks, mis tekivad toote arendamisel, tootmisel, hoiustamisel ja turustamisel.</p>
	<p>SCM Tarneahela juhtimine Kõigi hangete, tootmise ja logistikaga seotud ülesannete kavandamine ja korraldus.</p>

Tootmise plaanimise struktuur

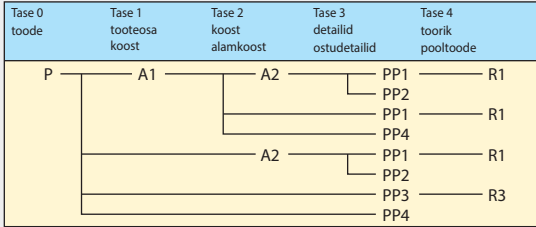
Toote andmed sisaldavad kõiki tellimusest sõltumatuid tootmisandmeid. Neid täiendatakse tellimustega seotud andmetega.



Toote struktuur, toote tükitabel

Enamasti koosnevad tooted mitmest osast ja neid osasid võib jaotada gruppidesse. Parema ülevaate saamiseks koostatakse struktuuriplaanid vastavalt toote funktsioonile, töötlemisele, koostamisele või hankele. Toote struktuur on ka aluseks toote tükitabeli koostamisele.

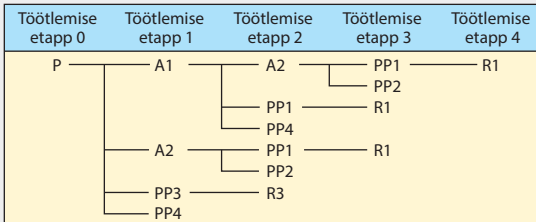
Toote struktuur vastavalt funktsionaalsetele tasemetele



P = Toode;
A = Koost/Alamkoost;
PP = Detail/ostudetail;
R = Toorik/pooltoode

Iga koost, alamkoost, detail, ostudetail või toorik on ühel ja samal funktsionaalsel tasemel. Toote struktuur näitab üksikasjalikult kogu toote jagunemist osadeks. Seda tüüpi toote jagunemise struktuuri kasutatakse peamiselt projekteerimisetapis.

Toote struktuur vastavalt töötlemisetappidele



Tootmisprotsessi järgi määratakse toote struktuur. Iga komponent esineb sellel tasemel, kus seda on tootmise- või koostamisprotsessis vaja.

Toote struktuur on tootmise plaanimise aluseks. Sellisest toote jagunemise struktuurist tuletatakse mitmetasandiline toote tükitabel ja koostejoonis.

Toote tükitabel (tellimusest sõltumatu)

Toote tükitabel on aluseks ostutoodete ja materjali vajaduse hindamiseks. Toote tükitabel on aluseks tehnoloogiakaardi koostamisele. Toote tükitabeli struktuur sõltub kasutusest ja ei ole standarditud. Toote tükitabeleid on erinevat tüüpi: projekteerimise ja tootmise tükitabel, ühe- ja mitmetasanditükitabelid, koguseline tükitabel.

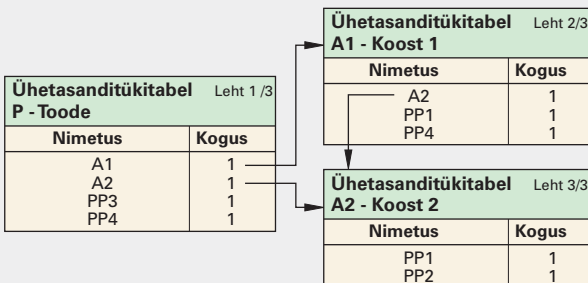
Projekteerimise ja tootmise tükitabel

Selline tükitabel sisaldab kõike ostutoodete ja töötlemist vajavate detailide loendit koos tehnoloogilise informatsiooniga. Tihti peale asendab see tehnoloogiakaarti.

Toote tükitabel				Leht 1/1
Art. nr	Nimetus			Kuupäev
12.000	P - Toode			17/07/2018
Osa	Kogus	Nimetus	Materjal	Töödeldav/DIN
10	3	Detail PP1	S235JR	Ümar 30x18
20	2	Ostudetail PP2		DIN EN
30	1	Detail PP3	S235JR	Ümar 125x65
40	2	Ostudetail PP4		DIN EN

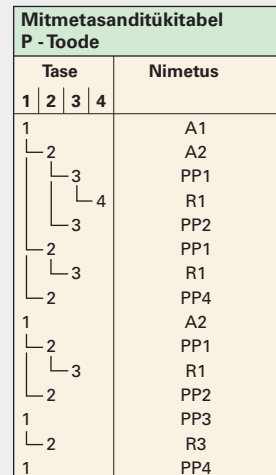
Ühetasanditükitabel (lihtsustatud)

Ühetasandilised tükitabelid sisaldavad ainult ühe ja sama struktuuritasemega üksusi. Ühe toote jaoks on alati vaja mitut tükitabelit.



Mitmetasanditükitabel (lihtsustatud)

Iga koost on jaotatud kõige madalamale tootetasemele, millest ta koosneb.





Tehnoloogiakaart, tootmise ajakava, tootmise juhtimine

Tehnoloogiakaart või koostelet (tellimusest sõltumatu)

Tehnoloogiakaart sisaldab informatsiooni ja juhiseid töötusprotsesside kohta. See kirjeldab detaili, koostu või toote valmistamise või töötlemise etappe ja nende järjekorda. Tehnoloogiakaardil tuleb kindlasti ära näidata kasutatav materjal, töötlemisoperatsioonid, kasutatavad seadmed ja tööabinõud ning ajanormid. Tehnoloogiakaardi struktuur ei ole standarditud.

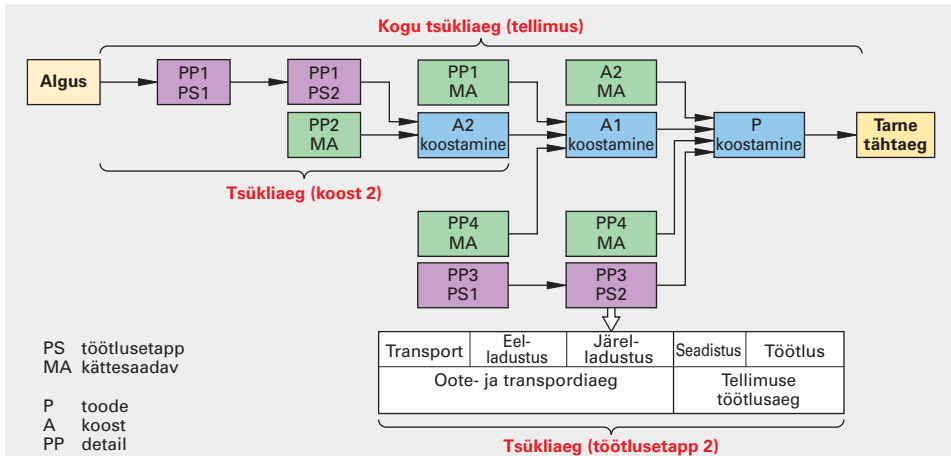
Tellimusega seotud tehnoloogiakaartidel näidatakse ära tellimuse number, partii suurus ja valmistamise tähtajad.

Tehnoloogiakaart						Teostatud:	Go	
						Koopäev	04/06/2018	
1	Det. nr 12.001	Detaili nimi PP1 - detail 1					Joonise nr 12.001-1	
2	Nr Ümar EN 10060-30 x 18-S235JR	Toorik Ümar EN 10060-30 x 18-S235JR						
	Op. nr	Op. nimi	Operatsiooni kirjeldus	Seadme nimi, rakis	Seadistus aeg [min]	Tööaeg [min]		
3	10	Treimine	Treida detail mõõtu	NC_12_001	15	5.25		
	20	Puurimine	Puurida läbiv ava	Prisma	3	4		
	4	5	6	7				

1. Päis üldandmetega.
2. Tooriku materjal ja mõõdmed.
3. Töötus- või koostamisoperatsioonid ja nende järjekord.
4. Töötus- või koostamisoperatsiooni nimetus.
5. Töötus- või koostamisoperatsiooni kirjeldus.
6. Seadmete, rakiste ja tööabinõude kirjeldus.
7. Seadistus ja töötusajad.

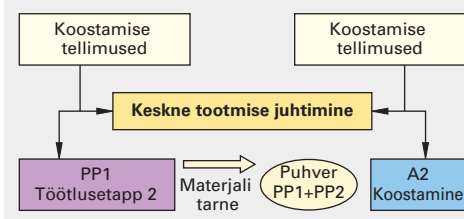
Tootmise ajakava

Töötus- ja koostamisprotsessidel põhinev toote struktuur näitab kõiki toote komponente horisontaalsel ajateljel alates esimese detaili töötlemisest kuni toote tarnimiseni. See struktuur on mõeldud tootmisegaade plaanimise toetamiseks ja hõlbustamiseks. See võimaldab arvutada ka tsükliägu.



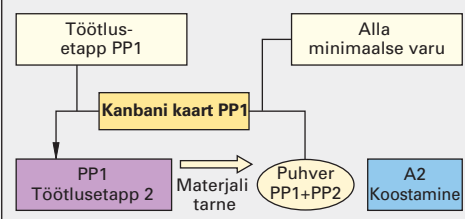
Tsentraliseeritud tootmise juhtimine

Tõukav printsiip: Tellimuste alustamine ja liikumine toimub vastavalt tootmise plaanimisele ja juhtimisele.



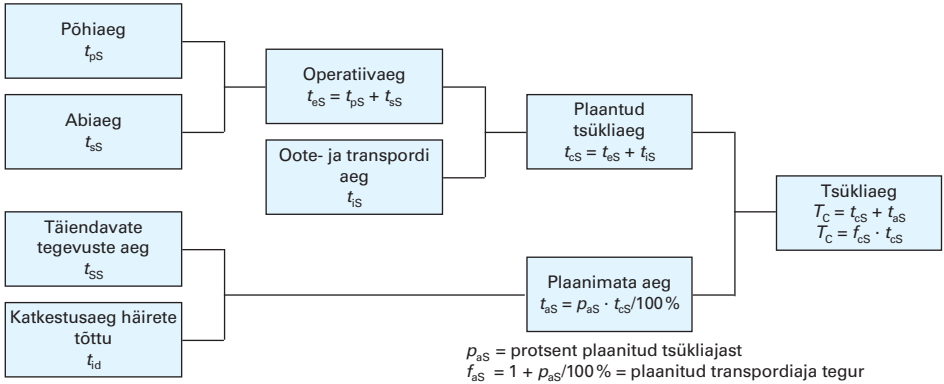
Desentraliseeritud tootmise juhtimine

Tõmbav printsiip: Kanbani põhimõtte kohaselt alustatakse töötlemist järgmise etapi nõudmisel (Kanbani kaart) (Kanban, jaapani keeles = kaart, vautšer).



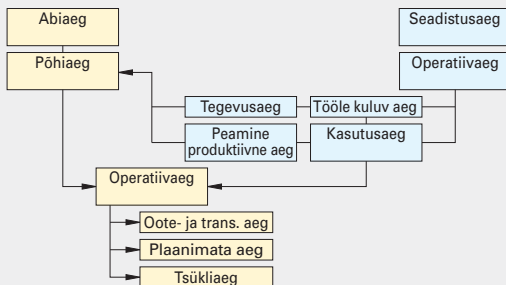
Tsükli-aeg ¹⁾

Ajatuüpide struktuur tootmissüsteemis (S)



Sümbol	Nimetus	Selgitus, näited
T_c	Tsükli-aeg	Aeg (lubatud aeg) ülesande täitmiseks ühes või mitmes tootmissüsteemis.
t_{cS}	Plaanitud tsükli-aeg	Ühe partii töötuluaegade summa tootmissüsteemis S vastavalt plaanitud tsükli-aegadele.
t_{oS}	Operatiivaeg	Ühe partii operatiivaeg tootmissüsteemis S: • Tööle kuluv aeg T on seotud tööd tegeva isikuga (lk 295); • Kasutusaeg t_{UFP} on seotud opereeriva ressursiga (lk 296).
t_{pS}	Põhiaeg	Aeg, mille jooksul toimub töötlemine tootmissüsteemis S; sageli tuntakse ka kui: • Tegevusaeg $t_{ac} = t_{iv} + t_{if}$ (lk 295); • Peamine produktiivne aeg $t_{mp} = L \cdot i / n \cdot f$ (lk 296).
t_{sS}	Abiaeg	Aeg, mille jooksul: • Toimub tootmissüsteemis S ettevalmistus, seadistus ja toorikute käitlus; • Operaatorid kontrollivad oma tööd või puhkavad.
t_{iS}	Oote- ja transpordi-aeg	Plaanitud aeg, mille jooksul töötamine on katkestatud: • Ooteaeg (t_w) pärast töötlemist tootmissüsteemis S1; • Transpordiaeg (t_r) tootmissüsteemist S1 tootmissüsteemi S2; • Ooteaeg (t_w) enne töötlemist tootmissüsteemis S2.
t_{aS}	Plaanimata aeg	Plaanivälised ajad, mis määratakse kogemuste põhjal või korrutustegurit kasutades, lisatakse kavandatud tsükli-aegadele. Plaanimata ajad tulenevad peamiselt: • Teiendavad tegevused t_{aeS} ; • Katkestused häirete tõttu t_{dS} .

Tsükli-aia arvutusmeetodid



Näide:

CNC seadme kasutusaeg on 6.5 h. Ooteaeg ja transpordiaeg on mõlemad 3 h. Arvutada tsükli-aeg 20%-lise plaanimata lisaaajaga.

Operatiivaeg $t_o = t_{ur} = 6.5$ h
 Oote- ja trans. aeg $t_i = 2 \cdot t_w + t_r = 9.0$ h

Plaanitud tsükli-aeg $t_c = t_o + t_i = 15.5$ h
 Plaanimata aeg $t_a = p_a \cdot t_c / 100\% = 3.1$ h

Tsükli-aeg $T_c = t_c + t_a = 18.6$ h

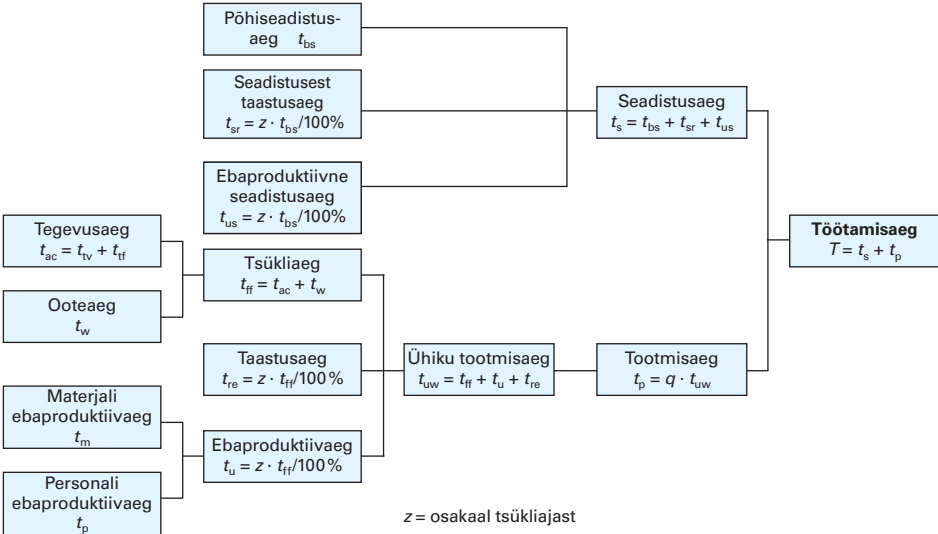
Tsükli-aeg päevades:
 18.6 h/6 h tööpäeva kohta = **3.1 päeva**

¹⁾ Vastavalt REFA-juhendile (Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e.V. = Töökorralduse, Tootmise Organiseerimise ja Ettevõtlusarenduse Assotsiatsioon).



Töötamisaeg¹⁾

Töötajatel kuluva aja struktuur



Sümbol	Nimetus	Selgitus, näited
T	Töötamisaeg	Aeg, mis on ette nähtud partii tootmiseks.
t_s	Seadistusaeg	Seadistamine kogu töö jaoks: <ul style="list-style-type: none"> • põhiseadistusaeg t_{bs} → masina käivitamine; • seadistusest taastusaeg t_{sr} → taastusaeg pärast seadistust; • seadistuse ebaproduktiiv-aeg t_u → masina tõrke parandamine.
t_p	Tootmisaeg	Aeg, mis on ette nähtud ühe partii tootmiseks (ilma seadistusest).
t_{re}	Taastusaeg	Personali puhkepausi aeg vähendamaks tööga seotud väsimust.
t_u	Ebaproduktiiv-aeg	<ul style="list-style-type: none"> • materjali ebaproduktiiv-aeg t_m → tööriista plaaniväline teritamine; • personali ebaproduktiiv-aeg t_p → tööaja kontrollimine, muud tegevused.
t_{ac}	Tegevusaeg	Aeg, mille jooksul töö tegelikult tehakse: <ul style="list-style-type: none"> • muutuvad ajad t_v → koostamine või kraatide eemaldamine; • fikseeritud ajad t_{ff} → CNC seadme programmi tsükkel.
t_w	Ooteaeg	Järgmise tooriku ooteaeg pidevas tootmisvoos.
q	Töömaht	Töö jooksul töödeldavate üksuste arv (partii suurus).

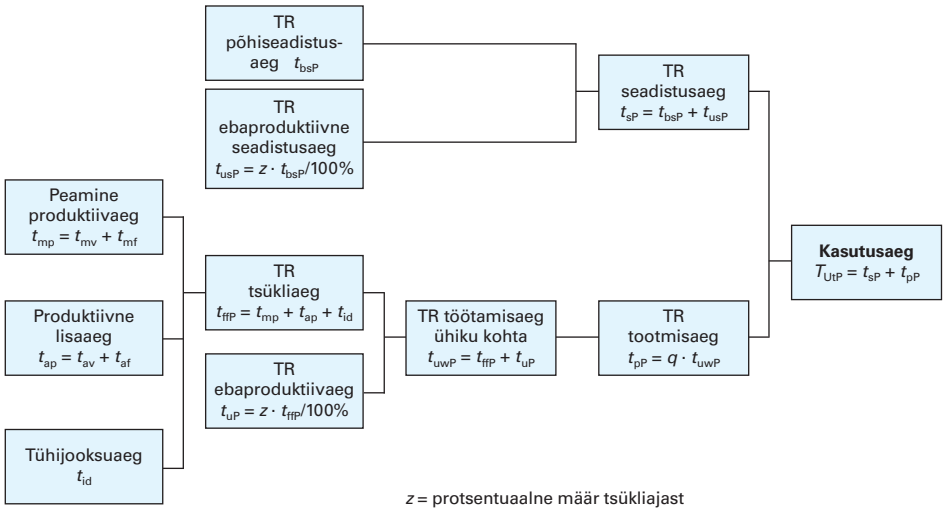
Näide: Kolme võlli treimine treipingil

Seadistusajad:	min	Tootmisajad:	min
Tööseadistus	= 4.50	Tegevusaeg t_{ac}	= 14.70
Masina seadistus	= 10.00	Ooteaeg t_w	= 3.75
Tööriista seadistus	= 12.50	Tsükli-aeg $t_{ff} = t_{ac} + t_w$	= 18.45
Põhiseadistusaeg t_{bs}	= 27.00	Taastumisaeg t_{re} sisaldub ajas t_w	= -
Seadistusest taastusaeg $t_{sr} = 4\% t_{bs}$	= 1.08	Ebaproduktiiv-aeg $t_u = 8\% t_{ff}$	= 1.48
Ebaprodukt. seadistusaeg $t_{us} = 14\% t_{bs}$	= 3.78	Ühiku töötusaeg $t_{uw} = t_{ff} + t_{re} + t_u$	= 19.93
Seadistusaeg $t_s = t_{bs} + t_{sr} + t_{us}$	= 31.86	Tootmisaeg $t_p = q \cdot t_{uw}$	= 59.79
Tööle kuluv aeg $T = t_s + t_p \approx 32 + 60 = 92 \text{ min}$ (= 1.53 h)			

¹⁾ Vastavalt REFA-juhendile (Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e.V. = Töökorralduse, Tootmise Organiseerimise ja Ettevõtlusarenduse Assotsiatsioon).

Kasutusaeg¹⁾

Tootmisressursside (TR) ajatüüpide struktuur



Sümbol	Nimetus	Selgitus, näited
T_{UIP}	Kasutusaeg	Ettenähtud aeg tootmisressursside kasutamiseks ühe partii tootmisel.
t_{sp}	Tootmisressursi seadistus-aeg	Tootmisressursi seadistus-aeg kogu töö läbiviimiseks: <ul style="list-style-type: none"> TR põhiseadistus-aeg t_{bsp} → rakiste/tööriistade kinnitamine; ebaproductiivne seadistus-aeg t_{usp} → CNC programmide optimeerimine.
t_{pp}	Tootmisressursi tootmis-aeg	Ettenähtud tootmis-aeg partiile (ilma seadistuseta).
t_{up}	Tootmisressursi ebaproductiivne aeg	Aeg, kus tootmisressursi ei kasutata või täiendavalt ei kasutata; elektrivoolu katkestus, plaaniväline hooldustöö, jne.
t_{mp}	Peamine produktiiv-aeg	Aeg, mille kestel töödeldavat objekti töödeldatakse plaanipäraselt: <ul style="list-style-type: none"> muutuvad ajad t_{mv} → käsitsi puurimine; fikseeritud ajad t_{mf} → CNC seadme programmi tsükkel.
t_{ap}	Produktiivne lisa-aeg	Aeg tootmisressursside ettevalmistamiseks, laadimiseks või tühendamiseks: <ul style="list-style-type: none"> muutuvad ajad t_{av} → käsitsi kinnitamine; fikseeritud ajad t_{af} → automaatne tooriku vahetus.
t_{id}	Tühijooksuaeg	Protsessi või taastumisega seotud seisuaeg, nt tööriistamagasi täitmine.
q	Töömaht	Töö jooksul töödeldavate üksuste arv (partii suurus).

Näide: 20 alusplaadi kontaktpinna freesimine vertikaalfreespingil

Seadistusajad:	min	Tootmisajad:	min
Tööjärjekorra ning tööjoonise lugemine	= 4.54	Freesimine $\hat{=}$ peamine produktiiv-aeg	$t_{mp} = 3.52$
Freesi ülesseadmine	= 3.65	Tooriku kinnitamine $\hat{=}$ produktiivne lisa-aeg	$t_{ap} = 4.00$
Freesi kinnitamine ja eemaldamine	= 3.10	Tooriku transportimine $\hat{=}$ tühijooksuaeg	$t_{id} = 1.20$
Masina häälestamine	= 2.84	Tsükli-aeg	$t_{ffp} = t_{mp} + t_{ap} + t_{id} = 8.72$
Tootmisressursside põhiseadistus-aeg	$t_{bsp} = 14.13$	Ebaproductiivne aeg	$t_{up} = 10\% t_{ffp} = 0.87$
Ebaproductiivne seadistus-aeg	$t_{usp} = 10\% t_{bsp} = 1.41$	Töötamis-aeg ühiku kohta	$t_{uwp} = t_{ffp} + t_{up} = 9.59$
Tootmisressursside seadistus-aeg	$t_{sp} = t_{bsp} + t_{usp} = 15.54$	Seadme tootmis-aeg	$t_{pp} = q \cdot t_{uwp} = 191.80$
Kasutusaeg $T_{UIP} = t_{sp} + t_{pp} \approx 16 \text{ min} + 192 \text{ min} = 208 \text{ min} (= 3.47 \text{ h})$			

¹⁾ Vastavalt REFA-juhendile (Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e.V. = Töökorralduse, Tootmise Organiseerimise ja Ettevõtlusarenduse Assotsiatsioon).

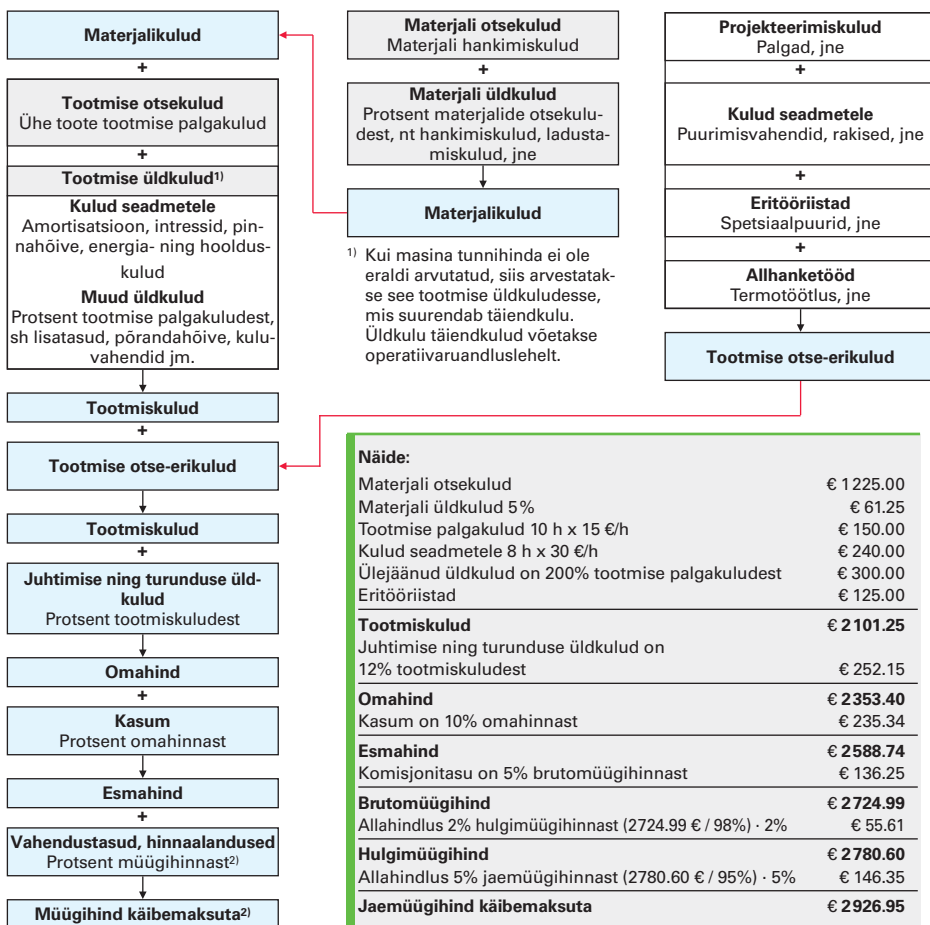


Kulude arvestus

Lihntne kalkulatsioon (näide)

Kulu liigid ¹⁾	Otsekulud ¹⁾ on otseselt seotavad kindla tootega		Üldkulud ¹⁾ <i>Ei ole otseselt seotavad kindla tootega</i>		Palgakuludele lisatav täiendkulu	
		Materjalikulu	€ 80 000.00	Amortisatsioon		€ 50 000.00	$\frac{€ 220\,000.00 \cdot 100\%}{€ 120\,000.00} = 183.33\%$ Lisakulu ümardatuna 185% lisatakse tööjõukuludele, et kompenseerida üldkulusid.
	Tööjõukulu	€ 120 000.00	Palgad (sh juhtkonna palgad)	€ 80 000.00		
			Intressid	€ 40 000.00		
			Muud kulud	€ 50 000.00		
			Σ Üldkulud	€ 220 000.00		
Hinnakalkulatsioon	Töötunnid = 10 000 h		Tööjõukulu/h = 12.00 €/h		Tellimuse materjalikulu	€ 124.75
	Tunnihind = 12.00 €/h + 185% = 34.20 €/hr (arved välistele töövõtjatele; juhtkonna palgad + kasum)				Tööaeg 5 h x 34.20 €/hr	€ 171.00
¹⁾ Kulud tuleb hinnata perioodiliselt igale operatsioonile.					Hind käibemaksuta	€ 295.75

Laiendatud kalkulatsioon (skeem)



²⁾ Brutomüügihind (koos vahendustasuga), hulгимüügihind (sh allahindlus) või jaemüügihind.

Seadme tunnihinna arvutus

Seadme tööaeg ja tunnihind, amortisatsioon, intressid, soetamisväärtus

vastavalt VDI Direktiivile 3258

Seadme tunnihind on hind, mis tekib siis, kui nt tööpink töötab ainult ühe tunni. Seetõttu hõlmab see kõiki tootmise üldkulusid, mida saab selle masinaga seostada.

Kui operaatoriga seotud kulud liidetakse masina tunnihinnale, saadakse tööjaama kulu.

Nimetused

T_{RT}	Seadme tööaeg (normaalne tööaeg)	h/aastas
T_T	Seadme teoreetiline kogu tööaeg	h/aastas
T_I	Seisuajad, nt vabad päevad, tööseisakud, jne	h/aastas
T_{SM}	Hooldus- ja teenindusajad	h/aastas
C_M	Masina summaarsed kulud	€/aastas
C_{Mh}	Seadme tunnihind	€/h
C_I	Seadme püsikulud	€/aastas
c_v	Seadme muutuvkulud	€/h
RPV	Asendusväärtus	€
RV	Jääkväärtus	€
PV	Soetusmaksumus (sisaldab paigaldamist)	€
IR	Kulumi määr	-
L	Seadme kasutusiga	aastad
C_{AD}	Eeldatav amortisatsioon	€/
Z	Arvestuslik intressimäär	%
C_I	Arvestuslikud intressikulud	€/aastas
C_{MA}	Hoolduskulud	€/aastas
C_E	Energiakulud	€/h
C_O	Pinnahõive kulud	€/aastas

Seadme töötamisaeg

$$T_{RT} = T_T - T_I - T_{SM}$$

Seadme tunnihind

$$C_{Mh} = \frac{C_I}{T_{RT}} + c_v$$

Arvestuslik amortisatsioon

$$C_{AD} = \frac{RPV - RV}{L}$$

Arvestuslik intress

$$C_I = \frac{PV + RV}{2 \cdot 100\%} \cdot Z$$

Asendusväärtus

$$RPV = PV(1 + IR)^L$$

Seadme tunnihinna arvutus (näide)

Tootmiseseade:

Soetusmaksumus - 160 000 €	Kasutusiga - 10 aastat	Eeldatav intressikulu - 8%
Jääkväärtus - 0 €	Kulu kWh kohta - 0.15 €	Baasmakse - 20.00 €/kuus
Energiatarve - 8 kW	Pinnahõive - 15 m ²	Hoolduskulu - 8000 €/aastas
Pinnahõive kulu - 10 €/m ² · kuus	Normaalne tööaeg	Tegelik tööaeg - 80%
Täiendav hooldus - 5 €/h	$T_{RT} = 1200$ h/aastas (100%)	

Kui suur oleks seadme tunnihind normaalse koormatuse ning 80 % koormatuse korral?

Kululiik	Arvutus	Püsikulud €/aastas	Muutuvkulud €/h
Arvestuslik amortisatsioon	$C_{AD} = \frac{PV - RV}{\text{kasutusiga}} = \frac{160000 \text{ €} - 0 \text{ €}}{10 \text{ aastat}}$	16000.00 €	
Arvestuslik intressikulu	$C_I = \frac{\frac{1}{2} PV \times \text{intressimäär}}{100\%} = \frac{80000 \text{ €} \times 8\%}{100\%}$	6400.00 €	
Hoolduskulud	C_{MA} Hooldustegur x amortisatsioon - nt 0.5 x 16000 € hooldus sõltub seadme kasutatavusest	8000.00 €	5.00 €
Energiakulu	C_E Energiavõrgu baasmakse = 20 €/kuus x 12 kuud. energiatarve x energiakulu = 8 kW x 0.15 €/kWh	240.00 €	1.20 €
Pinnahõivekulud	C_O Pinna kulumäär x pinnahõive = 10 €/m ² · kuus x 15 m ² x 12 kuud	1800.00 €	
Masina summaarsed kulud (C_M)		32440.00 €	6.20 €

$$\text{Seadme tunnihind } (C_{Mh}) \text{ (koormus on 100\%)} = \frac{C_I}{T_{RT}} + c_v/h = \frac{32440 \text{ €}}{1200 \text{ h}} + 6.20 \text{ €/h} = 33.23 \text{ €/h}$$

$$\text{Seadme tunnihind } (C_{Mh}) \text{ (koormus on 80\%)} = \frac{C_I}{0.8 \cdot T_{RT}} + c_v/h = \frac{32440 \text{ €}}{0.8 \cdot 1200 \text{ h}} + 6.20 \text{ €/h} = 40.00 \text{ €/h}$$

Seadme tunnihind ei sisalda operaatori kulusid.



Otsene kuluarvestus¹⁾

Piirkuluarvestus (näitega)

Piirkuluarvestus arvestab toote turuhinda. Toote turuhind peab katma vähemalt muutuvkulud (alumine piirhind). Üle jääv osa on brutokasum. Kõikide toodete brutokasum kannab ettevõtte operatiivvalmiduse kulusid.

p	turuhind; tulu ühiku kohta	C_f	püsikulud
R	toote müügitulu	c_v	muutuvkulud
CM	toote müügi brutokasum	P	kasum
cm	tooteühiku müügi brutokasum	Bp	tasuvuslävi

Brutokasum

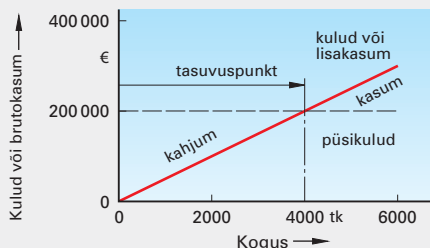
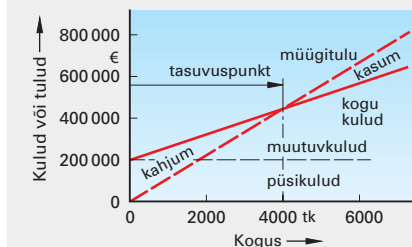
$$cm = p - c_v$$

$$CM = cm \cdot \text{kogus}$$

Kasum

$$P = CM - C_f$$

	Muutuvkulud (c_v) ²⁾ sõltub tootismahust	Püsikulud (C_f) tootismahust sõltumatu	Brutokasum (CM) $cm = p - c_v$		
Kululiigid	Materjalikulu	30 €/tk	Amortisatsioon	50000 €	Tulu €/tk 110,00 peab katma esmalt kõik muutuvkulud. Ülejäänud kasutatakse püsikulude katmiseks ning selle ülejääk on kasum.
	Tööjõukulu	20 €/tk	Palgad	80000 €	
	Energiakulu	10 €/tk	Intressid	40000 €	
			Muud püsikulud	30000 €	
	Σ Muutuvkulud	60 €/tk	Σ Püsikulud	200000 €	
Hinnakalkulatsioon	Tootismaht:			5000 tk	Tasuvuspunkt
	Brutokasum tüki kohta	$cm = 110 \text{ €} - 60 \text{ €} =$		50 €/tk	
	Kogu toote brutokasum	$CM = 5000 \text{ tk} \cdot 50 \text{ €/tk} =$		250000 €	
			Σ Püsikulud	200000 €	
			Kasum	50000 €	
	Tasuvuspunkt $Bp = \frac{C_f}{cm} = \frac{200000.00 \text{ €}}{50.00 \text{ €/tk}} = 4000$ tükki				



Kulude võrdlemismeetod

Kulude võrdlemismeetodi puhul valitakse masin või vahend, millel on kõige madalamad kulud antud tootismahu juures.

Näide 5000 tüki kohta

Seade 1: $C_{f1} = 100\,000$ €/aastas; $c_{v1} = 75$ €/aastas
 $100\,000 \text{ €/aastas} + 75 \text{ €/aastas} \cdot 5000 \text{ tükki} = 475\,000 \text{ €}$

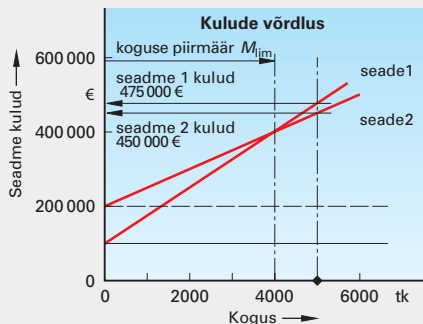
Seade 2: $C_{f2} = 200\,000$ €/aastas; $c_{v2} = 50$ €/tk
 $200\,000 \text{ €/aastas} + 50 \text{ €/tk} \cdot 5000 \text{ tükki} = 450\,000 \text{ €}$

Seadme 1 kulud > seadme 2 kulud

$$\text{Tükkide piirmäär } M_{\text{lim}} = \frac{C_{f2} - C_{f1}}{c_{v1} - c_{v2}}$$

$$M_{\text{lim}} = \frac{200\,000 \text{ €} - 100\,000 \text{ €}}{75 \text{ €/tk} - 50 \text{ €/tk}} = 4000 \text{ tükki}$$

Seade 2 on ökonoomsem alates tootismahust 4000 tükki.



¹⁾ Otsene kuluarvestus eristab püsikulusid (tööks valmisoleku kulud) ja muutuvkulusid (otsekulud).

²⁾ Muutuvkulud arvutatakse iga tellimuse jaoks eraldi ja neid võrreldakse tuludega.

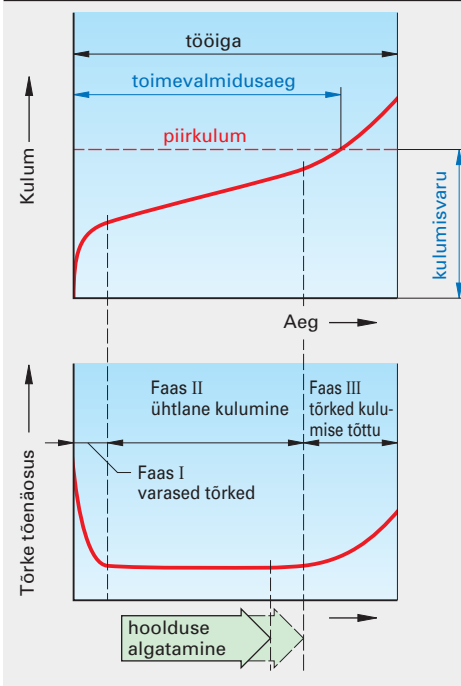
Tõrke ennetus ja remont

Hooldus ja kulumine

DIN 31051 (2012-09)

Hooldus vastavalt standardile DIN 31051 hõlmab "kõiki meetmeid seadme elutsükli jooksul, mis aitavad säilitada või taastada selle seisundit, et seade saaks täita oma nõutavat funktsiooni.

Hoolduse põhitüübid on: **Ennetav – Ennustav – Reageeriv – Proaktiivne.**

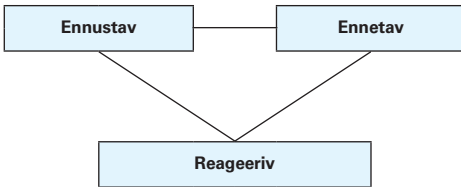


Piirkulumina määratletakse piirolekut, mil kulumine masina töö väljundile veel olulist mõju ei avalda ning see on vastavuses kvaliteedinõuetega.
 Piirkulumi alusel määratletakse **kulumisvaru**. Masina toimevalmidusaeg ja tööriista kasutusaaeg sõltuvad kulumisvarust.

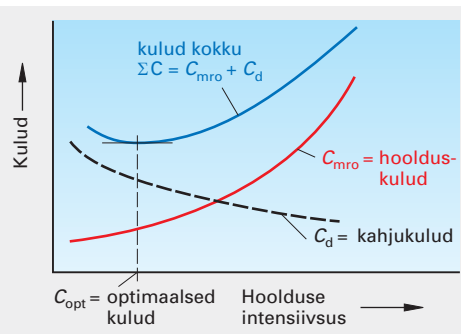
Hooldusmeetmed

Tüüp	Tegevused
Ennetav Lükkab edasi kulumisvaru ammendumist.	<ul style="list-style-type: none"> • Puhastamine; • Määrimine; • Täitmine; • Reguleerimine.
Ennustav Tegeliku seisundi kindlaksmääramine ja hindamine. Kulumise põhjuste otsing.	<ul style="list-style-type: none"> • Testimine ja mõõtmine; • Diagnoosimine ja hindamine; • Hooldusmeetmete kavandamine.
Reageeriv Soovitud seisundi taastamine.	<ul style="list-style-type: none"> • Taastamine ja reguleerimine; • Komponentide asendamine või tööriistade uuendamine.
Proaktiivne Suurenenud töökindlus, hooldatavus või ohutus.	<ul style="list-style-type: none"> • Vigade analüüs; • Nõrkade kohtade otsing; • Paremate materjalide või tööriistade valik.

Hoolduse optimeerimine



Proaktiivne = Optimeerimine
 tehase toimevalmidusaeg
 toimevõimekus
 kvaliteet
 kulud



Sagedane hooldus, seire ja remont suurendavad hoolduskulusid ja vähendavad kahjukulusid (tõrke tõttu tekkivad kulud jne). Kulud on optimaalsel tasemel, kui hooldus- ja kahjukulude summa on minimaalne.

Hoolduse optimeerimise eesmärgid on kooskõlas ettevõtte:

- majandsuslike,
- keskkonnanõuvalaste ja
- inimeste ohutuse ja tervisekaitse alaste eesmärkidega.



Hoolduse tüübid

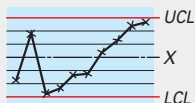
Ajapõhine hooldus

Ennetavad hooldusmeetmed, mis on plaanitud vastavate hooldus- ja seireväljade: 8, 40, 160 ja 2000 töötundi täitumisel. Seadmeoperaator teeb regulaarselt hooldust vahetuse või tööpäeva lõpus.

Hooldusvälp			
Intervall	Hooldustööd (näited)	Intervall	Hooldustööd (näited)
Päev (6 ... 8) töötundi	<ul style="list-style-type: none"> Töökoha puhastus, s.o laastude ja vedelikujääkide eemaldus; Õlitaseme kontroll; Vibratsiooni ja heli kontroll. 	Kuu (140 ... 160) töötundi	<ul style="list-style-type: none"> Igapäevased ja iganädalased hooldustööd; Juhikute määrimine; Jahutusmäärdeainete vahetus; Voolikuliidestest kontroll.
Nädal (35 ... 40) töötundi	<ul style="list-style-type: none"> Igapäevased hooldustööd; Masina põhjalik puhastus; Jahutusvedelike kontroll ja vajadusel puhastus; Filtrite vahetus, nt ventilaatorid. 	Aasta (1400 ... 2000) töötundi	<ul style="list-style-type: none"> Igapäevased, iganädalased ja igakuised hooldustööd; Juhikute kulumi kontroll ja vajadusel reguleerimine; Õlivahetus (keskmäärimissüsteem, hüdrostsüsteem).

Olekupõhine hooldus

Protsessi väljundi muutused



Kui mehaaniliste komponentide, nt liuge- või veerelaagrite või juhikute kulumisvaru hakkab ammenduma, halveneb masina tootlus kvaliteet. Tööprotsessi tuleb jälgida sedalaadi ilmingute osas.

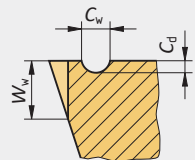
Masinate puhul:

- Käiguühtluse muutused, ilmnev vibratsioon või vilisev heli;
- Protsessi väljundil on pidev tõusev või langev suundumus.

Tööriista puhul:

- Kulumisjäljed muutuvad selgelt suuremaks;
- Töödeldav pind on halvemas seisukorras.

Tööiga



Kulumisjälje laius (W_w), lohu laius (C_w) ja lohu sügavus (C_d) on lõikeriista peamised tööea kriteeriumid. Kui tööriista kulum jõeab etteantud piirini, siis selle kulumisvaru on ammendatud.

W_w kulumisjälje laius, mm
 T tööiga, min
 C_w lohu laius, mm
 v_c lõikekiirus, mm/min
 C_d lohu sügavus, mm

Näide:

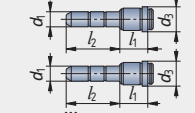
$$T_{v_c, 200W_w, 0.2} = 15 \text{ min}$$

Kasutusiga on 15 minutit, kui lõikekiirus on $v_c = 200$ m/min ja kulumisjälje laius on $W_w = 0.2$ mm

Kasutusiga

$$T_{v_c, 200W_w, 0.2} = 15 \text{ min}$$

Tööriista tükiressurs



Töödeldavate toorikute suurim võimalik arv etteantud kasutusea jooksul.

N toorikute arv kasutusea vältel, tk
 t_{mp} peamine produktiivaeg, min

Näide:

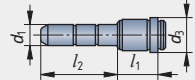
Peamine produktiivaeg $t_{mp} = 1.3$ min, kasutusiga $T = 15$ min

$$N = T/t_{mp} = 15 \text{ min}/1.3 \text{ min} = 11.5; N = 11 \text{ tk}$$

Tükiressurs

$$N = T/t_{mp}$$

Tööriista ettenihkeressurs



Suurim võimalik ettenihke teepikkus, mille tööriist oma tööea jooksul läbib.

L_f ettenihkeressurs, m

v_f ettenihkekiirus, mm/min

f_{th} ettenihke hamba kohta

th hammaste arv

n töösagedus 1/min

Ettenihkeressurs

$$L_f = T \cdot v_f$$

$$L_f = T \cdot n \cdot f_{th} \cdot th$$

Ajapõhised mõisted

Mõiste	Selgitus	Kasutus
Kasutusiga	Periood, mille jooksul tehas või masin on katkestuseta kasutatav.	Masinale ja tehasele antakse töötundides. Autodele antakse kilomeetrites või miilides.
MTTF Keskmine kasutusaeg tõrkeni	Statistikapõhine keskmine kasutusaeg tõrkeni.	Masina või selle osa ohutuse hindamise parameeter (rull-laager) standardi EN ISO 13849-1 kohasel vastavushindamisel.

Tööohutus ja tervisekaitse, dokumentatsioon

Korrigeeriv hooldus

Parandamine pärast tõrget

Tõrkumine vaatamata ajapõhisele ja olekupõhisele hooldusele, nt:

- ebaõige kasutus,
- ülekoormus,
- avastamata kulumine.

Ajapõhise ja olekupõhise hoolduse puudumine, tõrked on aktsepteeritud ning parandatakse ilmnemisel, nt:

- mitte kriitilised komponendid, nt valgustus,
- remondiseisaku edasilükkamine,
- kui ajapõhine ega olekupõhine hooldus ei ole teostatavad või majanduslikult põhjendatud,

Riskipõhine hooldus

RBM
Riskipõhine hooldus

Riskipõhine hooldus on suunatud hooldustoimingute ja -kulude vähendamisele, tagades samas etteantud töökindlus- ja ohutustaseme säilimise, et **vältida tehase seiskumist**.

- Tõrgetega seotud riskide hindamine.
- Tõrgete tõenäosuse prognoosimine.
- Tõhusate hooldusmeetmete määramine.
- Tõrgete prioriteetsuse ja vastavate hooldusmeetmete määramine.

Töökindluskeskne hooldus

RCM
Töökindluskeskne hooldus

Töökindluskeskne hooldus kasutab funktsionaalsete häirete vältimiseks mitmesuguseid hooldusstrateegiaid võimalikult optimaalselt. Rakendatud strateegia sõltub olukorrast ja tehase või masina tüübist.

- Masina või seadme kirjeldus ja selle vastastikune seos tehase teiste osadega.
- Iga masina nõrkade punktide analüüs.
- Hooldusstrateegia määramine.

Tööohutus ja tervisekaitse

APR
Õnnetuste ennetamise eeskirjad

Juhend

Operaatoril, kes pole oma tökohaga vajalikul määral tuttav, on suurem õnnetusoht isegi siis, kui hooldust ja remonti tehakse regulaarselt ja nõuetekohaselt. Personal peab olema kursis töökoha ja tööprotsessidega, muuhulgas ka juhistega ohutusele suunatud käitumise ja tervisekaitse kohta. Dokumenteerimiseks peab operaator juhistega kursisolekut kirjalikult kinnitama.

Eriti tuleks järgida:

- kasutage alati isikukaitsevahendeid, nt. turvajalatsid, kaitsekindad või kõrvakaitsed;
- töökoha korraldus ja korrasolek;
- käitumine vastavalt ohutusnõuetele, nt. ärge kunagi puudutage töötavaid masinaosi ega eemaldage kaitsevarustust ega piirdeid;
- ohtlike materjalide nõuetekohane käitlemine vastavalt kasutusjuhendile;
- raskuste korrektne teisaldus, vajadusel tõsteseadmete kasutamine.

Tehniline dokumentatsioon

Dokumentatsiooni süsteemne käsitlus DIN 6789 (2013-10)

Masina, toote ja tootmise dokumentatsioon

Masin või tehas

- Masina üldine kirjeldus;
- Joonised;
- Paigaldus- ja koostejoonised;
- Ühendamisdeklaratsioonid;
- Kasutusjuhendid;
- EÜ vastavusdeklaratsioon.

Toode ja tootmine

- Joonised ja tootmisdokumentatsioon;
- Tükitaabelid;
- Töölehed;
- Kalenderplaaniid ja tähtajad.

Hoolduse dokumentatsioon

Kõik tõrked, hooldustoimingud, seire ja remont tuleb dokumenteerida garantiinõuete ja kvaliteedijuhtimise tõenditena. Andmed hooldusdokumentatsioonis:

Üldine teave	Seisund	Hooldustööd	Vastuvõtmine	Kinnitus
Masinaosa	Visuaalne vaatlus Müra	Puhastus Osade vahetus	Toimimise kontroll Vastuvõtu aruanne	Kuupäev Allkiri
Hoolduspersonal	...	...	...



Dokumendihaldussüsteem

Arvutipõhine dokumendihaldussüsteem (lihtsustatud)

Elektrooniline andmetöötlus toetab tehnilist dokumentatsiooni. Kõikide masinate üksikasjad salvestatakse andmebaasi koos andmete ja nõuetega hooldustoimingute ja nende täitmise kohta. Seda teavet võiks kasutada ka kvaliteedi tõendamiseks või muudeks hindamisteks.

Masinate nimistu					
Dokument	Nimetus				
MW	Tööpingid				
Nr	Masin	Valmistamise aasta	Tootja	Kulugrupp	Asukoht
MW01	Puurpink	2015	Flott	WB	WB-105
MW02	CNC töötlemiskeskus	2014	Chiron	WB	WB-105

Masina kaart					
Dokument	Nimetus	Valmistamise aasta	Tootja	Kulugrupp	Asukoht
MW01	Puurpink	2015	Flott	WB	WB-105
Jrk nr	Dokumendid	Märkused			
01	Tööriistade nimistu	koos ladustamiskoha äranäitamisega sisaldavad nii montaaži kui ka muid jooniseid sisaldab dokumentide vorme ainult tõekejargsed remondid			
02	Kasutusjuhendid				
03	Hooldusgraafik				
04	Tõrked/remondid				
05	Märkused				
06					

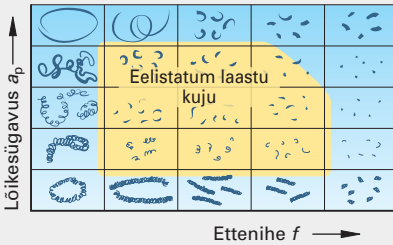
Hooldusgraafik					
Dokument	Nimetus	Valmistamise aasta	Tootja	Kulugrupp	Asukoht
MW 01-03	Puurpink	2015	Flott	WB	WB-105
Välp	Komponent	Hooldustöö		Märkused	
Iga päev	Masin	Puhastus, töökorrasoleku ja ohutuse kontroll		Õli: standard Määre: standard	
Iga nädal	Sammas	Määrimine			
Iga nädal	Töölaua reguleerimine	Määrimine			
Iga nädal	Etteanne	Määrimine			
Iga kuu	Spindli juhik	Määrimine			
Iga kuu	Hülss	Määrimine			
Iga aasta	-	-		-	
Muud	-	-		-	

Hooldusaruanne		
Hooldus iga 6 kuni 8 töötundi järel (iga päev)		
Masin	Nimetus	
MW01	Puurpink	
Puhastus		
Töökorrasoleku ja ohutuse kontroll		
Kuupäev	Nimi	Allkiri

Remondi aruanne	
Masin	Nimetus
MW01	Puurpink
Põhjus:	
Hooldustöötaja nimi:	
Tüüp	Meede
Masina oleku hindamine	
Visuaalne vaatlus	
Müra teke	
Hooldustööd	
Puhastus	
Õlitase	
Osade vahetus	
Kasutuselevõtt	
Toimivuse kontroll	
Kasutatavus	
Kinnitas:	
Kuupäev:	Allkiri:

Töötlusprotsesside optimeerimine. Materjali eemalduskiirus

Laastu murdumise diagramm



Kontrollitud laastumurdumine on oluline kõikide materjali-eemaldusprotsesside puhul. Laastu murdumise diagramm näitab lõikesügavuse a_p ja ettenihke f mõju laastu kujule. Eelistatum laastukujude vahemik määratakse proovitöötlemise teel.

Ettenihke f suurendamine põhjustab:

- puruneva laastu moodustumise;
- lõikejõudude vähenemise (lk 305);
- koormuse vähenemise lõikeservadele;
- seadme võimsuse vajaduse vähenemise.

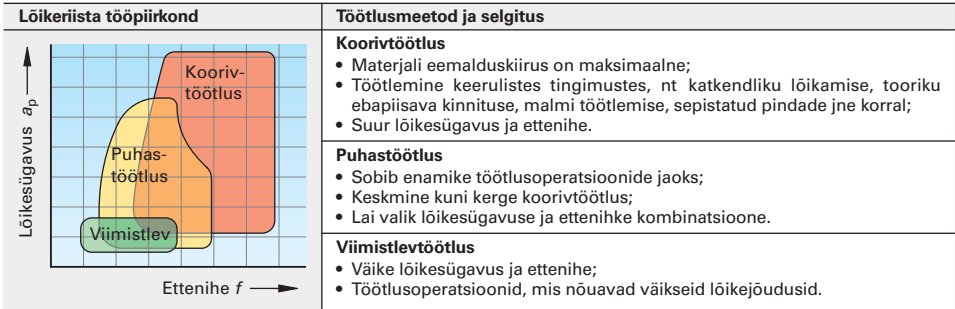
Suurem lõikesügavus a_p põhjustab:

- ebasoodsa kujuga laastu moodustumise.

Lõikesügavuse ja ettenihke diagramm

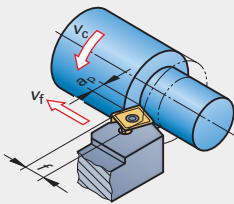
Lõikeriistatootjad jagavad lõikeriistad kolme kategooriasse, mis on ettenähtud koorivtöötluseks, puhastöötluseks ja viimistlevtöötluseks. Iga töötlus kategooria omakorda jagatakse kolmeks vastavalt töötlemistingimustele: stabiilsete, normaalsete või ebastabiilsete töötlemistingimuste jaoks.

Lõikeriistatootjad annavad iga lõikeriista kohta lõikesügavuse - ettenihke diagrammi, kus tuuakse soovituslikud parameetrite vahemike kombinatsioonid, mis tagavad laastu murdumise¹⁾.



Optimeerimise järjekord	Mõju laastu kujule
1. Lõikesügavus a_p	Lõikesügavuse suurenedes laastu geometria halveneb ja laast murdub vähem.
2. Ettenihke f	Ettenihke suurenedes laast kaardub rohkem ja murdub seetõttu paremini.
3. Lõikekiirus v_c	Lõikekiiruse suurenedes laastu geometria halveneb ja laast muutub lühemaks.

Materjali eemalduskiirus



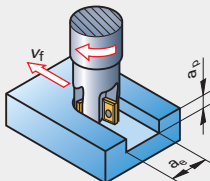
Toorikute eeltöötlusel (koorivtöötlus) on eemaldatava materjali maht üks olulistest parameetritest. Materjali eemalduskiirus Q näitab eemaldatud materjali mahtu, mille ühikuks on cm^3/min .

A	laastu pindala, mm^2
a_p	lõikesügavus, mm
a_e	lõike laius, mm
f	ettenihke, mm
Q	materjali eemalduskiirus, cm^3/min
v_c	lõikekiirus, m/min
v_f	ettenihkekiirus, mm/min

Materjali eemalduskiirus treimiseks

$$Q = A \cdot v_c$$

$$Q = a_p \cdot f \cdot v_c$$



Näide:

Lõikekiirus $v_c = 125 \text{ m}/\text{min}$,
Lõikesügavus $a_p = 5 \text{ mm}$, ettenihke $f = 0.8 \text{ mm}$

Leida: Materjali eemalduskiirus Q treimiseks

Laendus:

$$Q = A \cdot v_c = a_p \cdot f \cdot v_c$$

$$= 0.5 \text{ cm} \cdot 0.08 \text{ cm} \cdot 12500 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 500 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

Materjali eemalduskiirus freesimiseks

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f$$

¹⁾ Muud mõjutegurid on: materjali eemalduskiirus, pinnakvaliteet, lõikeserva stabiilsus, püsivusaeg.



Erilõikejõud

Erilõikejõud k_c on jõud, mis on vajalik laastu eraldamiseks, mille paksus on h ja ristlõige $A = 1 \text{ mm}^2$. Erilõikejõudu võib arvutada, võttes aluseks baasväärtused $k_{c1,1}$ ja m_c või võtta allolevast tabelist, kus väärtused on saadud lõikejõudude ja lõikevõimsuste arvutamisel laastueraldusega töötusprotsessides (lk 323, lk 335, lk 341).

k_c erilõikejõud, N/mm²

h laastu paksus, mm (protsessist sõltuv määramine, lk 323, lk 335, lk 341)

$k_{c1,1}$ erilõikejõu baasväärtus, N/mm²

m_c materjali konstant, ühikuta

h^{m_c} teiseidustegur, ühikuta

Materjal 16MnCr5, laastu paksus $h = 0.44 \text{ mm}$; $k_c = ?$

k_c arvutus:

$$k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}}$$

$k_{c1,1} = 2100 \text{ N/mm}^2$, $m_c = 0.26$ (tabelist)

$$k_c = \frac{2100 \text{ N/mm}^2}{0.44^{0.26}} = 2600 \text{ N/mm}^2$$

k_c vastavalt tabelile:

Laastu paksus h ei ühti tabeli väärtustega → Ümardamise reegel: $h = 0.44 \text{ mm}$ ümardatakse allapoole väärtuseks $= 0.4 \text{ mm}$.

Tabeli väärtus $k_c = 2665 \text{ N/mm}^2$

Erilõikejõud

$$k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}}$$

Erilõikejõu standardväärtused¹⁾

Materjaligrupp	Materjal	Baasväärtus		Erilõikejõud k_c , N/mm ² laastu paksusel h , mm									
		$k_{c1,1}$	m_c	0.05	0.08	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	1.00	1.50	2.00
Konstruktsiooni- teras	S235JR	1780	0.17	2962	2735	2633	2340	2184	2080	2003	1780	1661	1582
	E295	1990	0.26	4336	3838	3621	3024	2721	2525	2383	1990	1791	1662
	E335	2110	0.17	3511	3242	3121	2774	2589	2466	2374	2110	1969	1875
	E360	2260	0.3	5552	4821	4509	3663	3243	2975	2782	2260	2001	1836
Hea lõiketööd. teras	11SMnPb30	1200	0.18	2058	1891	1816	1603	1490	1415	1359	1200	1116	1059
	C15	1820	0.22	3518	3172	3020	2593	2372	2226	2120	1820	1665	1563
Tsementiitudud teras	16MnCr5	2100	0.26	4576	4050	3821	3191	2872	2665	2515	2100	1890	1754
	20MnCr5	2100	0.25	4441	3949	3734	3140	2838	2641	2497	2100	1898	1766
	18CrMo4	2290	0.17	3811	3518	3387	3011	2810	2676	2576	2290	2137	2035
Parendatud süsinikteras	C35	1516	0.27	3404	2998	2823	2341	2098	1942	1828	1516	1359	1257
	C45	1680	0.26	3661	3240	3057	2553	2298	2132	2012	1680	1512	1403
	C60	2130	0.18	3652	3356	3224	2846	2645	2512	2413	2130	1980	1880
Parendatud legeerteras	42CrMo4	2500	0.26	5448	4821	4549	3799	3419	3173	2994	2500	2250	2088
	50CrV4	2220	0.26	4837	4281	4040	3374	3036	2817	2658	2220	1998	1854
Nitriiditav teras	34CrAlMo5-10	1740	0.26	3792	3355	3166	2644	2380	2208	2084	1740	1566	1453
Tööriistateras	102Cr6	1410	0.39	4535	3776	3461	2641	2255	2016	1848	1410	1204	1076
	90MnCrV8	2300	0.21	4315	3909	3730	3225	2962	2788	2660	2300	2112	1988
	X210CrW12	1820	0.26	3966	3510	3312	2766	2489	2310	2179	1820	1638	1520
Roostevabateras	X5CrNi18-10	2350	0.21	4408	3994	3811	3295	3026	2849	2718	2350	2158	2032
	X30Cr13	1820	0.26	3966	3510	3312	2766	2489	2310	2179	1820	1638	1520
	X46Cr13	1820	0.26	3966	3510	3312	2766	2489	2310	2179	1820	1638	1520
Liblegrafiitmalm	GJL-150	950	0.21	1782	1615	1541	1332	1223	1152	1099	950	872	821
	GJL-200	1020	0.25	2157	1918	1814	1525	1378	1283	1213	1020	922	858
	GJL-400	1470	0.26	3203	2835	2675	2234	2010	1865	1760	1470	1323	1228
Keragrafiitmalm	GJS-400	1005	0.25	2125	1890	1787	1503	1358	1264	1195	1005	908	845
	GJS-600	1480	0.17	2463	2274	2189	1946	1816	1729	1665	1480	1381	1315
	GJS-800	1132	0.44	4230	3439	3118	2298	1923	1694	1536	1132	947	834
Deformeeritav alumiiniumisulam	AlCuMg1	830	0.23	1653	1484	1410	1202	1095	1025	973	830	756	708
	AlMg3	780	0.23	1554	1394	1325	1129	1029	963	915	780	711	665
Alumiiniumi- valusulam	AC-AlSi12	830	0.23	1653	1484	1410	1202	1095	1025	973	830	756	708
	AC-AlMg5	544	0.24	1116	997	945	800	726	678	642	544	494	461
Mg defor. sulam	MgAl8Zn	390	0.19	689	630	604	530	490	464	445	390	361	342
Vasesulam	CuZn40Pb2	780	0.18	1337	1229	1181	1042	969	920	884	780	725	689
	CuSn7ZnPb	640	0.25	1353	1203	1138	957	865	805	761	640	578	538
Titaanisulam	TiAl6V4	1370	0.21	2570	2328	2222	1921	1764	1661	1585	1370	1258	1184

¹⁾ Standardväärtused kehtivad tööriistadele, mis lõikavad karbiidkermisega. Tõmbetugevuse kõikumised (isegi standarditele vastavuse korral), materjali puhtustaste ja väljastusolek (nt kuumvaltsitud, külmaltsitud, parendatud...) mõjutavad erilõikejõudu. Tööriista kulumine võib suurendada erilõikejõudu kuni 30%.

Pöörlemissagedus

Seadme spindli pöörlemissagedust n on võimalik määrata kasutades tooriku või tööriista läbimõõtu d ja valitud lõikekiirust v_c järgnevalt:

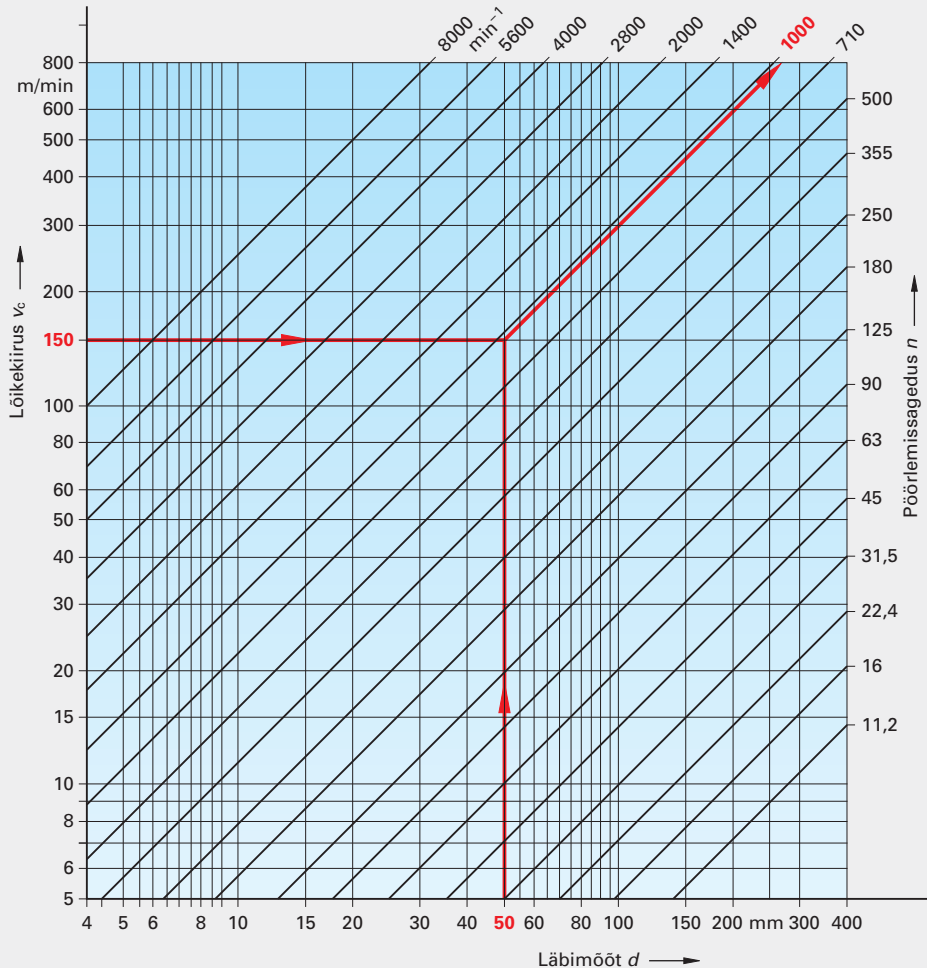
- arvutades, kasutades valemit;
- graafiliselt, kasutades pöörlemissageduse graafikut.

Pöörlemissageduse diagrammil on näidatud pöörlemissageduse väärtused, mida on võimalik seadmel rakendada. Allolevas näites on need tuletatud seeriast R 20/3 (DIN 804). Kasutatakse põhirea R20 iga kolmandat väärtust.

Pöörlemissagedus

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Pöörlemissageduse diagramm logaritmilises koordinaadistikus (nomogramm)

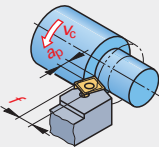


Näide: $d = 50$ mm; $v_c = 150$ m/min; leida pöörlemissagedus n , mida saab rakendada R seeria käigukastis 20/3
Nomogrammilt saab lugeda: abstsissi $d = 50$ mm ja ordinaadi $v_c = 150$ m/min ristumiskoht: lähim või madalam kiirus; valitakse $n = 1000$ min⁻¹.



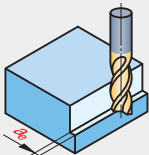
Koorivtöötus, kiirfreesimine, jahutusvedeliku kasutus

Koorivtreimine boomitriidiga (CBN)



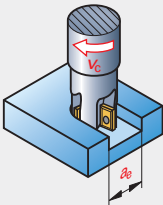
Treimisprotsess	Karastatud teras HRC	Lõikekiirus v_c m/min	Ettenihe f mm/pöördele	Lõikesügavus a_p mm
Välistreimine	45...58	60...220	0.05...0.3	0.05...0.5
Sisetreimine		60...180	0.05...0.2	0.05...0.2
Välistreimine	>58...65	50...190	0.05...0.25	0.05...0.4
Sisetreimine		50...150	0.05...0.2	0.05...0.2

Koorivfreesimine pinnatud karbiidkernisest freesiga



Karastatud teras HRC	Lõikekiirus v_c m/min	Töötlemis-laius $a_{e\max}$ mm	Ettenihe hambale f_z mm freesi läbimõõdu d , mm		
			2...8	> 8...12	> 12...20
kuni 35	80...90	$0.05 \cdot d$	0.04	0.05	0.06
36...45	60...70	$0.05 \cdot d$			
46...54	50...60	$0.05 \cdot d$	0.03	0.04	0.05

Kiirlõikamine (HSC) teemantlõikeriistaga


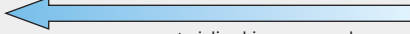


Materjaligrupp	Lõikekiirus v_c m/min	Lõikeriista läbimõõt d , mm			
		10		20	
		a_p mm	f_z mm	a_p mm	f_z mm
Teras $R_m = (850 \dots 1100) \mu\text{m}$ $R_m = (>1100 \dots 1400) \mu\text{m}$	280...360 210...270	0.25	0.09...0.13	0.40	0.13...0.18
Karastatud teras (48...55) HRC (>55...67) HRC	90...240 75...120	0.25 0.20	0.09...0.13	0.40 0.35	0.13...0.18
Keragrafiitmalms >180 HB	300...360	0.25	0.09...0.13	0.40	0.13...0.18
Titaanisulam	90...270	0.20...0.25	0.09...0.13	0.35...0.40	0.13...0.18
Vasesulam	90...140	0.20	0.09...0.13	0.35	0.13...0.18

Jahutusvedeliku kasutus

Töötusprotsess	Lõikeriista materjal ja jahutusvedelik lõigatavale materjalile:				
	Parendatud teras	Rauasulamid	Kõrglegeerteras	Malm	Alumiiniumsulamid
Puurimine	TiN, kuiv	TiAlN ¹⁾ , MQCL	TiN, kuiv	TiAlN, MQCL	TiAlN, MQCL
Hõõritsemine	PCD, MQCL	– ²⁾	PCD, MQCL	TiAlN, PCD, MQCL	TiAlN, MQCL
Freesimine	TiN, kuiv	TiAlN, MQCL	TiN, kuiv	TiAlN, kuiv	TiAlN, MQCL
Saagimine	MQCL	MQCL	– ²⁾	TiAlN, MQCL	TiAlN, MQCL

Jahutusvedeliku minimaalne kogus (MQCL või MQL)³⁾

Jahutusvedeliku minimaalne kogus olenevalt töötlemisviisist	Määrdevedeliku minimaalne kogus olenevalt töödeldavast materjalist
Freesimine Puurimine Lihvimine Plankimine Treimine Hõõritsemine Hoonimine	Cu-sulam Al-valusulam Ferriitteras Mg-sulam Al-deformeeritav sulam Perliitteras Malm Roostevabateras
 jahutusvedeliku vajadus suureneb	 materjali sobivus suureneb

¹⁾ Titaan-alumiiniumnitriid (eriti kõva pinne).

²⁾ Tavaliselt ei kasutata.

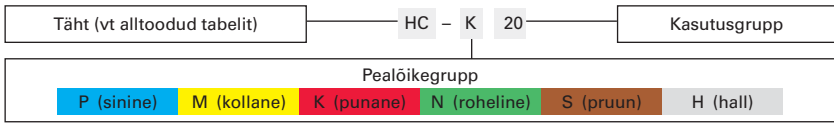
³⁾ Tavaliselt (20 ... 50) ml/h.




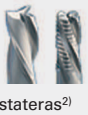
Lõikeriistamaterjalid

Kõvade lõikeriistamaterjalide tähistus

DIN ISO 513 (2014-05)

Näide:



Lõikeriista materjaligrupp	K ¹⁾	Koostis	Omadused	Kasutus
 <p>Kõvasulamid ja karbiidkermised</p>		Pindeta kõvasulam, põhiline koostisosa on volframkarbiid (WC).	Suur kuumkõvadus kuni 1 000 °C, suur kulumiskindlus, suur survetugevus, vibratsioonisummutav.	Vahetatavad lõikeplaadid puuridele, treiteradele, freesidele; samuti kõvasulamitööriistad.
	HW HF	Tera suurus > 1 µm Tera suurus < 1 µm		
	HT	Pindeta karbiidkermis titaankarbiidist (TiC), titaannitriidist (TiN) või mõlemast.	Nagu HW, lisaks lõikeserva suur stabiilsus, keemiliselt vastupidav.	Vahetatavad lõikeplaadid treiteradele ja freesidele puhastöötluks suurte lõikekiirustel.
	HC	HW ja HT, kuid kaetud titaankarbonitriidiga (TiCN).	Kulumiskindluse kasv sitkuse vähenemiseta.	Asendavad pindeta kõvasulamite ja karbiidkermiseid.
 <p>Lõikekeraamika</p>	CA	Alokskeraamika, peamiselt alumiiniumoksiid (Al ₂ O ₃).	Suur kõvadus ja kuumkõvadus kuni 1200 °C, tundlik suurtele temperatuurimuutustele.	Malmi lõikamiseks, tavaliselt jahutusvedelikuta.
	CM	Segakeraamika, alumiiniumoksiidi (Al ₂ O ₃) baasil koos teiste oksiididega.	Sitkem kui puhas keraamika, parem vastupidavus temperatuurimuutustele.	Karastatud terase koortreimiseks suurte lõikekiirustel.
	CN	Siliniit, räniitriidkeraamika, peamiselt räniitriid Si ₃ N ₄ .	Suur sitkus, lõikeserva suur stabiilsus.	Malmi lõikamiseks suurte lõikekiirustel.
	CR	Alokskeraamika, alumiiniumoksiidi (Al ₂ O ₃) baasil, tugevdatud.	Tänu tugevdusele on sitkem kui puhas alokskeraamika, parandatud vastupidavus temperatuurimuutustele.	Karastatud terase koortreimiseks suurte lõikekiirustel.
	CC	Keraamika nagu CA, CM and CN, pinnatud titaankarbonitriidiga (TiCN).	Kulumiskindluse kasv sitkuse vähenemiseta.	Asendavad pindeta keraamikat.
 <p>Boornitriid</p>		Boroniit, kuubiline boornitriid (BN), tähistatud ka kui CBN, PCB või nimetatud ka kui "ülikõva lõikeriistamaterjal".		
	BL BH BC	Madala boornitriidisaldusega. Kõrge boornitriidisaldusega. BL ja BH, kuid pinnatud.	Ülisuur kõvadus ja kuumkõvadus kuni 2000 °C, suur kulumiskindlus, keemiline vastupidavus.	Kõvade materjalide (HRC > 48) kõrge pinnakvaliteediga viimistlevtöötlus.
		Süsiniklõikeriistamaterjal (C)		
	DD DP DM	Polükristalne teemant (PCD), sideaineta. Polükristalne teemant (PCD), sideainega. Monokristalne teemant.	Suur kulumiskindlus, väga habras, termopüsivus kuni 600 °C, reageerib leegerivate elementidega.	Suure ränisaldusega mitteraudmetallide ja alumiiniumisulamite lõikamiseks.
 <p>Tööriistateras²⁾</p>	HS	Kõrgsuutlik kiirlõiketeras (HSS) sisaldab volframi (W), molübdeeni (Mo), vanaadiumi (V) ja koobaltit (Co), tavaliselt pinnatud titaannitriidiga (TiN).	Suur sitkus ja paindetugevus, väike kõvadus, termopüsivus kuni 600 °C.	Suurte muutuvate lõikejõudude korral, plastide töötlemine, alumiiniumi- ja vasesulamite lõikamine.

¹⁾ Tähistus vastavalt standardile DIN ISO 513.²⁾ Tööriistateraste tähistus vastavalt standardile ISO 4957.



Lõikeriistamaterjalid

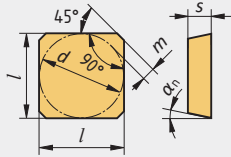
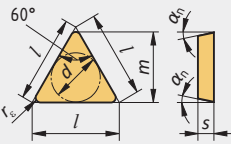
Kõvade lõikeriistamaterjalide liigid ja kasutus				DIN ISO 513 (2014-05)			
Tähtkood Koodi värv	Kasutusgrupp		Tooriku materjal	Lõikeriistamaterjali omadused ¹⁾		Võimalikud lõikeparameetrid ¹⁾	
				Kulumiskindlus	Sitkus	Lõikekiirus	Ettenihe
Teras							
P sinine	P01	P05	Kõik terased s.h valuteras, v.a austeniitsed rooste- vabateras				
	P10	P15					
	P20	P25					
	P30	P35					
	P40	P45					
	P50	P45					
Rooste- vabateras							
M kollane	M01	M05	Austeniitne ja austeniit- ferritiine rooste- vabateras, valuteras				
	M10	M15					
	M20	M25					
	M30	M35					
	M40	M35					
	M40	M35					
Malm							
K punane	K01	K05	Libegrafiit- ja keragrafiit- malm, tempermalm				
	K10	K15					
	K20	K25					
	K30	K35					
	K40	K35					
	K40	K35					
Mitterauasulamid ja mittemetalsed materjalid							
N roheline	N01	N05	Alumiinium ja teised mitterauasulamid (nagu Cu, Mg), mittemetalsed materjalid (nagu GPR, CFRP)				
	N10	N15					
	N20	N25					
	N30	N25					
	N30	N25					
Erisulamid ja titaan							
S pruun	S01	S05	Kõrgtemperatuurised erisulamid raua, nikli, koobalti baasil, titaan ja titaanisulamid				
	S10	S15					
	S20	S25					
	S30	S25					
	S30	S25					
Kõvad materjalid							
H hall	H01	H05	Karastatud teras, karastatud malm, kokillivalumalm				
	H10	H15					
	H20	H25					
	H30	H25					
	H30	H25					

¹⁾ Suurenevalt noole suunas.

Vahetatavate lõikeplaatide tähistus

Vahetatavate lõikeplaatide tähistus (valimik)

DIN ISO 1832 (2014-10)


Tähistuse näide:

Karbiidkermisest ümardatud nurkadega vahetatav lõikeplaat (DIN 4968)

Lõikeplaat DIN 4968 - T N G N 16 03 08 T - P20

Karbiidkermisest vahetatav silelõikeplaat (DIN 6590)

Lõikeplaat DIN 6590 - S P E N 15 04 ED R - P10

Standardi number

①	Lõikeplaadi kuju	⑥	Lõikeplaadi paksus s , mm
②	Normaaltaganurk	⑦	Lõikeplaadi tipunurga raadius, mm
③	Tolerantsiklass	⑧	Lõikeserva kuju
④	Kinnitusviis ja/või laastumurdja kuju	⑨	Lõikesuund
⑤	Lõikeplaadi laius l , mm	⑩	Lõikeplaadi materjal

① Lõikeplaadi kuju võrdkülgne, võrdnurkne ja ümar võrdkülgne ja mittevõrdnurkne mittevõrdkülgne ja võrdnurkne A, B, K mittevõrdnurkne	H	O	P	R	S	T							
	C	D	E	M	V	W							
	L	A	B	K									
② Lõikeplaadi normaaltaganurk α_n	Positiivne					Negatiivne							
	A	B	C	D	E	F	G	P	N				
	3°	5°	7°	15°	20°	25°	30°	11°	0°				
③ Tolerantsiklass	Piirhälve	A		F		C		H		E		G	
	Kontrollmõõde d	± 0.025		± 0.013		± 0.025		± 0.013		± 0.025		± 0.025	
	Kontrollmõõde m	± 0.005				± 0.013				± 0.025			
	Plaadi paksus s	± 0.025				± 0.025				± 0.025		± 0.13	
	Piirhälve	J		K		L		M		N		U	
	Kontrollmõõde d	$\pm 0.05 \dots \pm 0.15$				$\pm 0.05 \dots \pm 0.15$				± 0.16			
	Kontrollmõõde m	± 0.005		± 0.013		± 0.025		$\pm 0.08 \dots \pm 0.20$				± 0.25	
Plaadi paksus s	± 0.025				± 0.13		± 0.025		± 0.13				
④ Kinnitusviis ja/või laastumurdja kuju	N	G			B								
	R	W			H								
	F	T			C								
	A	Q			J								
	M	U			X								
	puudub												
⑦ Lõikeplaadi tipunurga raadius	Koodnumber korrutatuna teguriga 0,1 = tipunurga raadius r_c .												
	1. tähtsümbol - lõikeserva seadenurk α							A	D	E	F	P	
								45°	60°	75°	85°	90°	
2. tähtsümbol - taganurk α'_n					A	B	C	D	E	F	G	N	P
					3°	5°	7°	15°	20°	25°	30°	0°	11°
⑧ Lõikeserva kuju	F	E		T	S		K		P				
	terav	ümar		faasitud	faasitud ja ümar		topeltfaasitud		topeltfaasitud ja ümar				
⑨ Lõikesuund	R			L			N						
	paremakäeline			vasakukäeline			neutraalne						



Lõikeriistade kinnitusvahendid

Lõikeriistade kinnitusvahendeid kasutatakse lõikeriistade kinnitamiseks tööpingi spindlisse. Nad kannavad üle momenti ja tagavad tööriista kontsentriilsuse spindlis.

Kinnitustüübid	Omadused, eelised (+) ja puudused (-)	Kasutus, suurused
Meeterkoonus (ME) ja morskoonus (MK)		DIN 228-1 (1987-05) ja -2 (1987-03)
<p>Meeterkoonus 1: 20; Morskoonus 1: 19.002 ... 1: 20.047</p>	<p>Pöördemomendi ülekanne:</p> <ul style="list-style-type: none"> mööda koonuspinda; <p>+ erinevad üleminekud sobivad erinevate läbimõõtudega koonustega;</p> <p>- ei sobi tööriista automaatseks vahetamiseks.</p>	<p>Kinnitusvahend tavapuuri- miskes ja -freesimiskes.</p> <p>Kinnituskoonuse numbrid:</p> <ul style="list-style-type: none"> ME 4; 6; MT 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; ME 80; 100; 120; (140); 160; (180); 200.
Tööriista kinnituskoonus (STS)		DIN 2080-1 (2011-11) ja -2 (2011-11) ja DIN ISO 7388-1 (2014-07)
<p>Seadme spindlisse kinnitus: Kuju A: tõmbevardaga Kuju B: kinnituspoldiga Koonus 7: 24 (1: 3.429) vastavalt DIN 254</p>	<p>Pöördemomendi ülekanne:</p> <ul style="list-style-type: none"> koonuspinnal olevad sooned tekitavad lukustuse. Kinnituskoonus ei ole mõeldud jõudude ülekandmiseks, vaid lõikeriista tsentreerimiseks. Teljesihiline lukustus tagatakse keerme või rõngassoonne abil; <p>+ DIN ISO 7388-1 järgi sobib automaatseks tööriistavahetuseks;</p> <p>- suhteliselt raske ja ei sobi, kui on vaja kiiret tööriistavahetust, suurt pöörlemis- sagedust või suurt teljesihilist täpsust korduval kinnitamisel.</p>	<p>Kasutatav CNC tööpinkidel, eriti töötlemiskeskustes; ei sobi kiirlõikamiseks (HSC).</p> <p>Kinnituskoonuse numbrid:</p> <ul style="list-style-type: none"> DIN 2080-1 (kuju A): 30; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; DIN ISO 7388-1: 30; 40; 45; 50; 60.
Tööriista õoneskinnituskoonus (HTS)		DIN 69893-1 (2011-04)
<p>koonus 1: 9.98</p>	<p>Pöördemomendi ülekanne:</p> <ul style="list-style-type: none"> mööda koonus- ja kontaktpindu; veovõlli otsas olevad sooned tekitavad lukustuse; <p>+ suhteliselt kerge;</p> <p>+ kõrge staatiline ja dünaamiline jäikus;</p> <p>+ kõrge täpsus korduval kinnitamisel (3 µm);</p> <p>+ suured pöörlemis- sagedused;</p> <p>- kallim kui STS.</p>	<p>Sobib kiirlõikamiseks (HSC).</p> <p>Nimimõõdud: $d_1 = (25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160)$ mm.</p> <p>Kuju A: võimalik automaatne ja manuaalne tööriistavahetus.</p> <p>Kuju C: võimalik ainult manuaalne tööriistavahetus.</p>
Kahanev padrun		
<p>saadaval koos HTS või STS-iga</p>	<p>Pöördemomendi ülekanne nagu HTS.</p> <p>Tööriista kinnitamine toimub kiiresti induktiivse kuumutamise (ligikaudu 340°C) ja jahutamise teel. Kahanev osa läbimõõt on jahutades tööriista läbimõõdust (3...7) µm väiksem;</p> <p>+ suurte momentide ülekanne;</p> <p>+ suur radiaalne jäikus;</p> <p>+ suuremad lõikeriistad;</p> <p>+ lühemad töötusaegad;</p> <p>+ minimaalne viskumine;</p> <p>+ vähem vibratsioone;</p> <p>+ parem pinnakvaliteet;</p> <p>+ kindel tööriistavahetus;</p> <p>- suhteliselt kallis;</p> <p>- nõuab täiendavaid kuumutus- ja jahutus- seadmeid.</p>	<p>Kasutatav kõikidel tööpinkidel erinevate tööriista kinnituskoonustega; sobib ka silindriliste kinnituskoonuste puhul.</p> <p>Padruni läbimõõdud: (6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 25) mm.</p>

Jahutusvedelikud metallide töötlusel

Jahutusvedelike tähistus ja kasutus ¹⁾ (valimik)		DIN 51385 (2013-12)		
Jahutusvedeliku tüüp	Mõju	Grupp	Selgitus	
			Koostis	Kasutus
SCESW Jahutusvedelikud		Lahused/ dispersioonid	Anorgaanilised ained vees.	Lihvimine.
			Orgaanilised ja sünteetilised ained vees.	Töötlemine suurt löikekiirustel.
SCEMW Jahutus-emulsioonid (õli vees)		Emulsioonid	(2 ... 20) % vees emulgeeruv	Hea jahutusefektiga, kuid vähese määrimisvõimega, sobib kasutamiseks lihtsalt töödeldavate materjalide töötlemiseks (treimine, freesimine, puurimine) suurt löikekiirustel ja suurt löiketemperatuuridel; soodustab bakterite või seente tekkimist.
SCN mitte-segunevad jahutusmäärdevedelikud	Määrdevedelikud	Mineraalõlid polaarlianditega (määrdeid või sünteetilised estrid) või EP - lisandid, suurendamaks määrdeõlide toimivust.	Sobib madalamatel löikekiirustel, kõrge pinnakvaliteedi ja rasketöödeldavate materjalide korral; väga hea määrimisvõime ja kaitse korrosiooni vastu.	

¹⁾ Jahutusvedelikud võivad olla ohtlikud tervisele (lk 411) ja on seega kasutatavad vaid väikestes kogustes.

²⁾ EP = sööbekindel (*Extreme Pressure*); manused, mis suurendavad laastu ja löikeriista kontakti lubatavat pindsurvet.

Juhised jahutusvedeliku valikuks

Töötlusprotsess	Teras	Malm	Cu, Cu-sulamid	Al, Al-sulamid	Mg-sulamid
Treimine	Kooriv	emulsioon, lahus	kuiv	kuiv	kuiv, määrdevedelik
	Viimistlev	emulsioon, määrdevedelik	emulsioon, määrdevedelik	kuiv, emulsioon	kuiv, määrdevedelik
Freesimine	emulsioon, lahus, määrdevedelik	kuiv, emulsioon	kuiv, emulsioon, määrdevedelik	määrdevedelik, emulsioon	kuiv, määrdevedelik
Puurimine	emulsioon, määrdevedelik	kuiv, emulsioon	kuiv, määrdevedelik, emulsioon	määrdevedelik, emulsioon	kuiv, määrdevedelik
Hõõritsemine	määrdevedelik, emulsioon	kuiv, määrdevedelik	kuiv, määrdevedelik	määrdevedelik	määrdevedelik
Saagimine	emulsioon	kuiv, emulsioon	kuiv, määrdevedelik	määrdevedelik, emulsioon	kuiv, määrdevedelik
Kammlõikamine	määrdevedelik, emulsioon	emulsioon	määrdevedelik	määrdevedelik	määrdevedelik
Hammasrataste töötlemine	määrdevedelik	määrdevedelik, emulsioon	-	-	-
Keermelõikamine	määrdevedelik	määrdevedelik, emulsioon	määrdevedelik	määrdevedelik	määrdevedelik, kuiv
Lihvimine	emulsioon, lahus, määrdevedelik	lahus, emulsioon	emulsioon, lahus	emulsioon	-
Hoonimine, plankimine	määrdevedelik	määrdevedelik	-	-	-



Jäätmeliigid ja jahutusvedelike käitlus

Kasutatud jahutusvedelikud, kas veega segunevad või mitte segunevad, võivad olla põhjaveele kahjulikud ja mõjutada reovee puhastusseadmete tööd, kui neid nõuetekohaselt ei käidelda. Seetõttu vajavad nad spetsiaalset töötlust. Erinevates maades on selleks erinevad õiguslikud alused ja seadused. Üks võimalik lahendus sellele probleemile on kasutada jahutusvedelikke minimaalselt. Jahutusvedeliku vähene kasutus (20 ml/h ... 50 ml/h) tagab selle, et tööpink, toorik ja laastud jäävad kuivaks ega vaja puhastamist. Pealegi on töötlemist vajava jahutusvedeliku kogus väga väike.

Jäätmeliigid ja jäätmekoodid vastavalt Euroopa Jäätmekatoloogile (EWC) ja Ohtlike Jäätmete Loetelule

Nimetus ¹⁾	Näide	Tähtkood vastavalt DIN 51385	Jäätmekood vastavalt EWC-le
Jahutusvedelikud			
Puurimis-, lõikamis- ja lihvimisjärdevedeliku	Kasutuskõlbmatud või kasutatud segunevad jahutusvedelikud. Kasutuskõlbmatud, segunevad jahutusvedelikud ilma õli-vee segudeta.	SCN SCEM	120106 (sisaldab halogeeni) 120107 (halogeenivaba)
Sünteesilised määrdevedelikud	Kasutuskõlbmatud või kasutatud sünteesilised jahutusvedelikud ilma õli-vee segudeta.	SCES	120110
Määrdevedelikud viimistlevaks töötamiseks Biogeensed vedelikud	Kasutuskõlbmatud või kasutatud määrdevedelikud. Kasutuskõlbmatud taimeõlid.	SCN SCN	120106 (sisaldab halogeeni) 120107 (halogeenivaba) 130207
Puurimis- või lihvimisemulsioonid ²⁾ , emulsioonisegud või muud õli-vee segud	Kasutuskõlbmatud või kasutatud jahutusvedelike emulsioonid, kasutuskõlbmatud või kasutatud jahutusvedelike lahused. Retentaadid ³⁾ membraaneraldusseadmetest, aurustusjäädid aurustusseadmetest.	SCEMW SCESW	120108 (sisaldab halogeeni) 120109 (halogeenivaba) 130505
Muud jäätmed			
Õliseparaatori sisu, õli eraldavate seadmete sete	Sete õli- ja veeseparaatoritest		130502
Õli- või veeseparaatoritest eralduv õli	Õli õli- ja veeseparaatoritest		130506
Viimistlevtöötlemisel tekkiv sete	Hoonimisel, plankimisel ja lihvimisel tekkiv sete, mis pärineb filtritest, tsentrifuugidest või magnetseparaatoritest.		120111 120202

¹⁾ Terminid, mis vastavad õlijääkide käitlemise eeskirjadele ja on praktikas kasutusel.

²⁾ Emulsioon: vedelike segu, mis tavapärastes tingimustes ei segune, nt õli ja vesi.

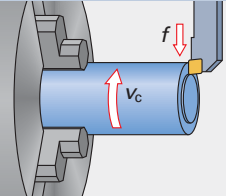
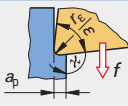
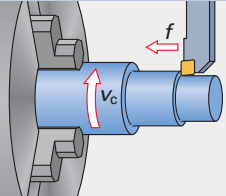
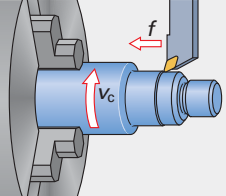
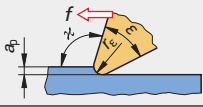
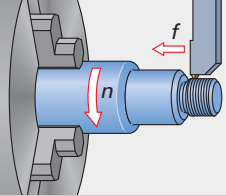
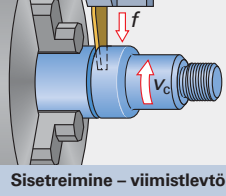
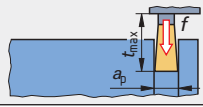
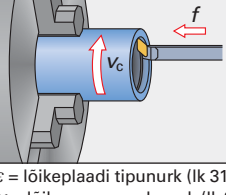


³⁾ Retentaat: vedelik, mis ei läbi membraani eraldamisprotsessis.

Jahutusvedelike ümbertöötus

Veega segunevad jahutusvedelikud	Veega segunematud jahutusvedelikud
<ol style="list-style-type: none"> Töötlemine orgaaniliste lagundavate ainetega (deemulgeerimine) ja jahutusvedeliku eraldamine õlks ja veeks. Eraldusprotsessi kestus: umbes üks päev. Töötlemine membraanfiltrimisega (ristvoolfiltrimisega), jaotatuna vastavalt nende filtrimisvõimele: <ul style="list-style-type: none"> mikrofiltrimine, ultrafiltrimine. Filtrimisprotsessi kestus: umbes üks nädal. Töötlemine aurustamisega vaakumaurustis temperatuuril umbes 35°C. Aurustamisprotsessi kestus: mõned tunnid. Aurustumata jääkide keemiline töötlemine (põletamine) ja filtraadi järeltöötus nanofiltrimisega ja pöördosmoosi abil. 	<ol style="list-style-type: none"> Kui vedelik on tahkiste osakaal väga suur, eemaldatakse metalliosakesed kõigepealt sobivate puhastusprotsesside abil. Kui jahutusvedelik on segunenud veega, tuleb kontrollida, kas seda on võimalik kasutada eelneva töötluseta või on vaja lahutada õlks ja veeks nagu seda tehakse veega segunevate jahutusvedelike puhul.
	Muud õli sisaldavad jäägid
	<ol style="list-style-type: none"> Jäätmete (õlised laastud, lihvimisjäädid) vähendamine kasutades sobilikke tsentrifuuge ja presse õli või vee eraldamiseks jäätmetest. Puhastatud jahutusvedelike korduvkasutus. Ühekordselt kasutatavate ja õlisilaldavate jäätmete kogumine ja käitlemine (lk 412).

Treimisoperatsioonid, ülevaade

Treimisoperatsioonid (valimik)

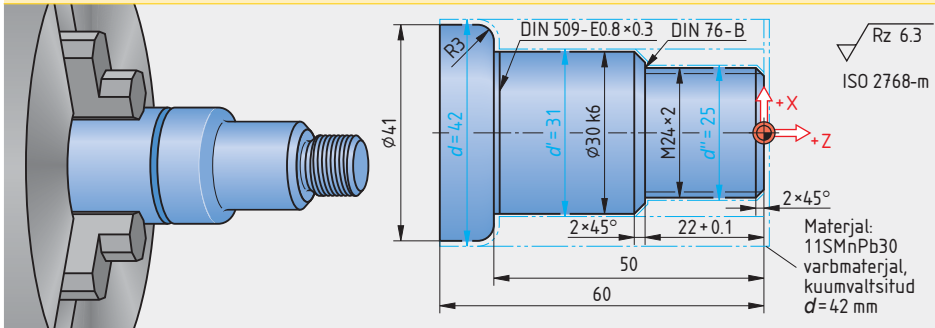
Otspinna treimine				
	Lõikeriist	Lõikeriist otspinna või koorivtöötuseks		
		Vahetatav lõikeplaat (kövasulam)	$\varepsilon = 80^\circ, 90^\circ$ $\alpha = 45^\circ \dots 97^\circ$ $r_e = (0.8 \dots 1.2) \text{ mm}$	
	Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c =$ materjalist sõltuv (lk 320, lk 322)	
		Ettenihe	$f = (0.1 \dots 0.2) \text{ mm/p}$	
		Lõikesügavus	$a_p = (1 \dots 2) \text{ mm}$	
Silindrilise välispinna treimine - koorivtöötus				
	Lõikeriist	Lõikeriist koorivtöötuseks		
		Vahetatav lõikeplaat (kövasulam)	$\varepsilon = 80^\circ, 55^\circ$ $\alpha = 93^\circ \dots 195^\circ$ $r_e = (0.8 \dots 1.2) \text{ mm}$	
	Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c =$ materjalist sõltuv (lk 320, lk 322)	
		Ettenihe	$f = (0.25 \dots 0.6) \text{ mm/p}$ (lk 304)	
		Lõikesügavus	$a_p = (2 \dots 6) \text{ mm}$ (lk 304)	
Silindrilise välispinna treimine, profiiltreimine - viimistlevtöötus				
	Lõikeriist	Lõikeriist viimistlevtöötuseks		
		Vahetatav lõikeplaat (kövasulam)	$\varepsilon = 55^\circ, 35^\circ$ $\alpha = 93^\circ \dots 107.5^\circ$ $r_e = (0.2 \dots 0.8) \text{ mm}$	
	Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c =$ materjalist sõltuv (lk 320, lk 322)	
		Ettenihe	$f = (0.1 \dots 0.25) \text{ mm/p}$ (lk 304)	
		Lõikesügavus	$a_p = (0.2 \dots 2) \text{ mm}$ (lk 304)	
Keermelõikamine				
	Lõikeriist	Lõikeriist keermelõikamiseks		
		Vahetatav lõikeplaat (kövasulam)	Meeterkeere: $\varepsilon = 60^\circ$ Whitworthi keermed: $\varepsilon = 55^\circ$ Trapetskeermed: $\varepsilon = 30^\circ$	
	Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c =$ materjalist sõltuv (lk 321)	
		Ettenihe	$f = P$ (keeme samm, lk 210)	
		Läbimite arv	$i =$ ettenihked + tühikägud (lk 321)	
Mahalõikamine, soonetreimine				
	Lõikeriist	Lõikeriist maha- ja soonte lõikamiseks		
		Vahetatav lõikeplaat (kövasulam)	Lõike laius: $a_p = (0.6 \dots 6) \text{ mm}$ Suurim lõikesügavus: $t_{\text{max}} = (5 \dots 50) \text{ mm}$	
	Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c =$ materjalist sõltuv (lk 322)	
		Ettenihe	$f = (0.05 \dots 0.15) \text{ mm/p}$	
Sisetreimine - viimistlevtöötus				
	Lõikeriist	Lõikeriist sisetreimiseks		
		Vahetatav lõikeplaat (kövasulam)	$\varepsilon = 35^\circ, 55^\circ$ $\alpha = 93^\circ \dots 107.5^\circ$ $r_e = (0.2 \dots 0.8) \text{ mm}$	
	Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c =$ materjalist sõltuv (lk 320, lk 322)	
		Ettenihe	$f = (0.05 \dots 0.2) \text{ mm/p}$	
		Lõikesügavus	$a_p = (0.5 \dots 1) \text{ mm}$	

 $\varepsilon =$ lõikeplaadi tipunurk (lk 310, lk 319); $r_e =$ tipunurga raadius (lk 310, lk 317, lk 319); $\alpha =$ lõikeserva seadenurk (lk 318, lk 319).



Tehnoloogia projekteerimine treimiseks

Tehnoloogiline ülesanne: keermestatud poldi treimine



Keermestatud poldi treimistehnoloogia CNC treipingil¹⁾

Nr	Operatsioon	Lõikeriist ²⁾ , Mööteriist	Lõikeparameetrid	Märkused
10	Tooriku kontroll ja kinnitus	Nihik	–	• Tooriku kinnitamine 3-pakilisse padrunisse.
20	Nullpunkti seadistus	–	–	• Nullpunkti seadistamine vastavalt joonisele.
30	Otspinna treimine (d = 42 mm)	Lõikeriist T1	$v_c = 250$ m/min $f = 0.2$ mm/p $a_p = 1$ mm (n = 1894 1/min) i = 1	• 11SMnPb30: hea lõiketöödeldavusega teras, $R_m \approx 570$ N/mm ² .
40	Silindrilise välispinna koorivtreimine (d = 42 mm, d' = 31 mm, d'' = 25 mm)	Lõikeriist T2	$v_c = 200$ m/min $f = 0.45$ mm/p $a_p = 3$ mm (n = 1515 1/min) i ₁ = 2 i ₂ = 1	• v_c : "normaalsete" tööstustingimuste algväärtus (lk 316, lk 320). • Parameetrid v_c , f ja a_p määratakse tööpingi programmis, pöörlemissagedus arvutatakse automaatselt (lk 359).
50	Profiili viimistlevtöötlemine (d''' = 24 mm)	Lõikeriist T3	$v_c = 300$ m/min $f = 0.1$ mm/p $a_p = 0.5$ mm (n = 3978 1/min) i = 1	• Keermete treimisel pöörlemissagedus n antakse ette.
60	Keerme M24 x 2 treimine (d = 42 mm)	Lõikeriist T4	$v_c = 150$ m/min $f = 2$ mm/p (n = 1989 1/min) i = 12	• Mahalõikamisel parameetrid v_c ja f antakse ette.
70	Detalli mahalõikamine (d = 42 mm)	Lõikeriist T5	$v_c = 155$ m/min $f = 0.05$ mm/p (n = 1174 1/min) i = 1	• Kraatide eemaldmine.
80	Detalli eemaldus ja kontroll	Nihik, sügavusmõõdik, harkkaliiber, kruvik, keermekaliiber		

v_c lõikekiirus

n pöörlemissagedus

f ettenihke

d välisläbimõõt

d_a algläbimõõt

d_e lõpläbimõõt

a_p lõikesügavus

i_z ristiettenihkega

läbimid

i läbimite arv

i_L ristiettenihketa

läbimid

Pöörlemissageduse arvutus keermetreimiseks

Nr 60:

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{150000 \text{ mm/min}}{\pi \cdot 24 \text{ mm}} = 1989 \frac{1}{\text{min}}$$

Pöörlemissageduste arvutus

Nr 30:

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{250000 \text{ mm/min}}{\pi \cdot 42 \text{ mm}} = 1894 \frac{1}{\text{min}}$$

Nr 40:

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{200000 \text{ mm/min}}{\pi \cdot 42 \text{ mm}} = 1515 \frac{1}{\text{min}}$$

Nr 50:

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d'''} = \frac{300000 \text{ mm/min}}{\pi \cdot 24 \text{ mm}} = 3978 \frac{1}{\text{min}}$$

Nr 70:

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{155000 \text{ mm/min}}{\pi \cdot 42 \text{ mm}} = 1174 \frac{1}{\text{min}}$$

Läbimite arv koorivtreimiseks

$$i \geq \frac{d_a - d_e}{2 \cdot a_p} \Rightarrow i_1 \geq \frac{42 \text{ mm} - 31 \text{ mm}}{2 \cdot 3 \text{ mm}} \Rightarrow 2$$

$$i_2 \geq \frac{31 \text{ mm} - 25 \text{ mm}}{2 \cdot 3 \text{ mm}} \Rightarrow 1$$

Läbimite arv keermetreimiseks (lk 321)

$$i = i_z + i_L$$

$$i = 10 \text{ ristiettenihkega} + 2 \text{ ristiettenihketa} = 12 \text{ läbimit}$$

Pöörlemissagedus

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Pöörlemissagedus ümardatakse allapoole täisarvuni.

Läbimite arv koorivtreimiseks

$$i \geq \frac{d_a - d_e}{2 \cdot a_p}$$

Läbimite arv keermetreimiseks

$$i = i_z + i_L$$

Läbimite arv ümardatakse ülespoole täisarvuni.

¹⁾ Treimistehnoloogia ühespindlilisel CNC treipingil jahutusvedelikku kasutamata.

²⁾ Lisateave lõikeriistade kohta on toodud tabelis lk 359.

Tehnoloogia projekteerimine treimiseks

1. etapp: Karbiidkemisest lõikeriistamaterjali gupi määramine töödeldava materjali põhjal (lk 309)

P P10...30	Teras (lk 320, lk 321)	Igat tüüpi terased, ka valuteras, va rooste-va- bateras	N N10...20	Mitteraudmetallid ja plastid (lk 320, lk 321)	Alumiiniumisulamid, vasesulamid, plastid
M M10...30	Roostevabateras (lk 320, lk 321)	Roostevabateras: austeniitne, ferritiitne ja martensitiitne	S S01...20	Kuumuskindlad sulamid ja titaan	Raua-, nikli- ja koobalti baasil erisulamid, titaani-sulamid
K K01...30	Malm (lk 320, lk 321)	Liblegrafiitmalm, kera- grafiitmalm, tempermalm	H H01...15	Kõvad materjalid (lk 322)	Karastatud teras ja malm

2. etapp: Tööstustingimuste ja lõikekiiruse määramine

Lõiketingimused	Masina stabiilsus, jahutusvedeliku kasutus, tooriku kinnitus ja geometria		
	++	+	-
sile, ühtlane lõikamine, eelnevalt töödeldud pind	soodsad tööstustingimused	normaalsed tööstustingimused	normaalsed kuni ebasoodsad tööstustingimused
muutuv lõikesügavus, valandi- või sepisepind	soodsad kuni normaalsed tööstustingimused	normaalsed tööstustingimused	ebasoodsad tööstustingimused
ebaühtlane katkendlõikamine	normaalsed tööstustingimused	ebasoodsad tööstustingimused	väga ebasoodsad tööstustingimused

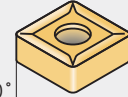

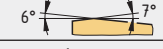

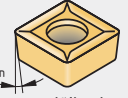
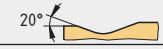

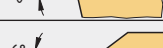

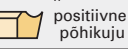

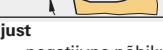
Keermestatud poldi näide (lk 315):

1. Töödeldava materjali (lk 139) ja lõikeriistamaterjali grupi määramine (lk 309);
2. Treimisoperatsiooni valik (lk 314);
3. Lõikekiiruse valik (tabel lk 320):

Algväärtus v_c - "normaalsed" tööstustingimused, väiksem v_c - ebasoodsad tööstustingimused, suurem v_c - soodsad tööstustingimused.

- ⇒ 11SMnPb30: hea lõiketöödeldavusega teras $R_m \leq 570$ N/mm², lõikeriista materjaligrupp P;
- ⇒ Treimisoperatsioon: välispinna koorivtreimine;
- ⇒ Tabel "välispinna koorivtreimine", normaalsed tööstustingimused (CNC tööpink, jahutusvedelikuga töötlemine, ühtlane lõikamine);
- ⇒ Algväärtus $v_c = 200$ m/min

3. etapp: Lõikeplaadi kuju ja lõikeserva valik

Lõikeplaadi põhikuju	Lõikeservade näiteid (sõltuvalt tootjast)	Kasutus	
Koorivtreimine keskmise või suure koormusega töötlemiseks			
 0° vahetatav lõikeplaat negatiivse põhikujuuga (taganurk $\alpha_n = 0^\circ$)		Malmi piki- ja otstreimine.	
		6°	Terase piki- ja otstreimine, sepistatud ja eelnevalt töödeldud toorikute korral, millel on väike töötulusvaru.
		24°	Terase piki- ja otstreimine, suur lõikeserva stabiilsus.
Viimistlevtreimine			
 α_n vahetatav lõikeplaat positiivse põhikujuuga (taganurk $\alpha_n = 3^\circ \dots 30^\circ$)		20°	Terase ja malmi piki- ja otstreimine.
		10°	Kergesti lõigatavate geometriate piki- ja otstreimine väikeste lõikejõudude korral.
		0°	Viimistlevtreimine keskmise koormusega töötlemiseks Malmi piki- ja otstreimine.
		6°	Terase viimistlevtreimine kergesti lõigatavate geometriate ja väikeste lõikejõudude korral.
 positiivne põhikuju		20°	Alumiiniumi ja muude mitteraudmetallide viimistlevtreimine piki- ja otstreimise korral suurtel lõikekiirustel.
		18°	Terase viimistlevtreimine. Piki- ja otstreimine katkendlõikamisega.

Lõikeparameetrite sõltuvus põhikujust

positiivne põhikuju | negatiivne põhikuju, kahepoolne | negatiivne põhikuju, ühepoolne

lõikejõud, lõikesügavus ja ettenihke suureneb



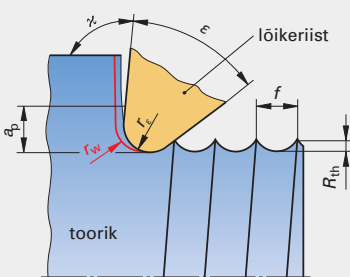
Tehnoloogia projekteerimine treimiseks

4. etapp: Lõikeplaadi geometria valik

Vahetatavate lõikeplaatide kujud	Koorivtöötlus $f = (0.25 \dots 0.6)$ mm	Puhastöötlus $f = (0.2 \dots 0.3)$ mm	Viimistlev töötlus $f = (0.1 \dots 0.25)$ mm	Pikitreimine	Profiltreimine	Ostreimine	Erinevad töötlused	Piiratud võimsus	Võimalik vibratsioon töötlusel	Kõvade materjalide töötlemine	Katkendlõikamine	Nõutud suur lõike-serva seadenurk χ	Nõutud väike lõike-serva seadenurk χ
C $\varepsilon = 80^\circ$	Lõikeplaadi laius l , mm (lk 310) 6...15	●	●	○	●	●	●	○	○	○	●	●	●
W $\varepsilon = 80^\circ$	Lõikeplaadi laius l , mm (lk 310) 6...8	●	●	○	●	●	●	○	●	○	●	●	●
D $\varepsilon = 55^\circ$	Lõikeplaadi laius l , mm (lk 310) 6...15	○	●	●	●	●	●	●	●	○	○	●	●
V $\varepsilon = 35^\circ$	Lõikeplaadi laius l , mm (lk 310) 11...22	○	○	●	●	○	●	●	●	○	○	●	○
T $\varepsilon = 60^\circ$	Lõikeplaadi laius l , mm (lk 310) 11...16	●	●	○	●	●	●	●	●	○	○	●	●
R	Lõikeplaadi läbimõõt d , mm (lk 310) 10...32	●	○	○	○	○	○	○	○	●	●	-	-

● väga sobiv ● sobiv ○ mitesobiv

Pinnakareduse sõltuvus lõikeriista tipunurga raadiusest ja ettenihkest



- CNC treimisel kehtib järgmine tingimus:
 $r_c \leq (r_w - 0.1 \text{ mm})$.
- Pinnakaredust R_z ja lõikeriista tipunurga raadiust r_c saab kasutada ettenihke määramiseks viimistlev-
töötlusel.

R_{th} teoreetiline pinnakaredus
 r_c tipunurga raadius
 r_w töödeldav raadius
 f ettenihke
 a_p lõikesügavus
 ε tipunurk
 χ seadenurk

Teoreetiline pinnakaredus

$$R_{th} = \frac{f^2}{8 \cdot r_c}$$

Näide:

$$R_{th} = 6.3 \text{ } \mu\text{m}; r_c = 0.4 \text{ mm}; f = ?$$

$$f \approx \sqrt{8 \cdot r_c \cdot R_{th}}$$

$$= \sqrt{8 \cdot 0.4 \text{ mm} \cdot 0.0063 \text{ mm}} \approx 0.14 \text{ mm}$$

$$R_{th} \approx R_z$$

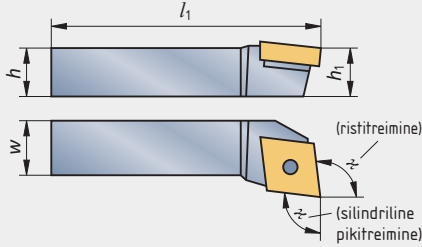
Pinnakaredus R_{th} μm	Tipunurga raadius r_c , mm			
	0.2	0.4	0.8	1.2
1.6	0.05	0.07	0.10	0.12
4	0.08	0.11	0.16	0.20
6.3	0.10	0.14	0.20	0.25
10	0.13	0.18	0.25	0.31
16	0.16	0.23	0.32	0.39

Tehnoloogia projekteerimine treimiseks

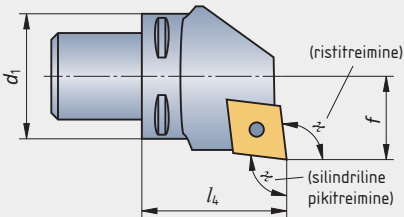
5. etapp: Vahetatava lõikeplaadiga terikuhoidiku valik

DIN 4983 (2004-07) ja ISO 26623 (2008)

Nelikantvarrega terikuhoidik DIN 4984



Hulknurkkoonusvarrega terikuhoidik ISO 26623



1) Vahetatavad lõikeplaadid: lk 310.

Tähistuse näited

DIN 4984 – P C L N L 32 25 M 16

Hoidiku standardi number _____

Kinnituse tüüp _____

Vahetatava lõikeplaadi kjuju¹⁾ _____

Lõikeserva seadenurk ja hoidiku kjuju _____

Lõikeplaadi normaal-taganurk¹⁾ α_n _____

Hoidiku tüüp _____

Lõikeserva kõrgus $h_1 = h$, mm _____

Hoidiku laius w , mm _____

Hoidiku pikkus l_1 , mm _____

Lõikeplaadi laius¹⁾ _____

ISO 26623 – C5 – P C L N L 22 110 – 16
(sama mis DIN 4984)

Hoidiku läbimõõt d_1 _____

Lõikeserva kõrgus f , mm _____

Hoidiku pikkus l_4 , mm _____

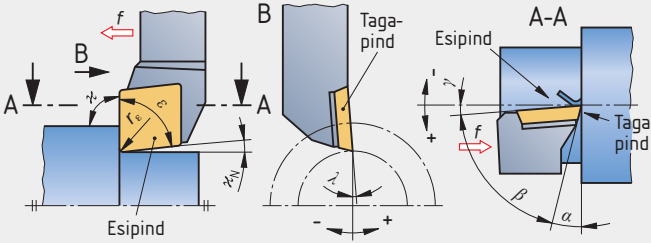
Tähistus	Kinnituse tüüp																					
Lõikeplaadi kinnitusviis	Tähtsümbol	C		D		M		P		S												
	Vahetatava lõikeplaadi kinnitus	kinnitatud pealt		kinnitatud ainult pealt läbi ava		kinnitatud pealt ja avast		kinnitatud ainult avast		kinnitatud kruviga												
Lõikeserva nurk ja terikuhoidiku kjuju nihatatud sirge 	Tähtsümbolid	A	B	D	E	N	V	G	H	J	L	T										
	L.-serva seadenurk α	90	75	45	60	62.5	72.5	90	107.5	93	95	60										
	Hoidiku kjuju	sirge						nihatatud														
	Treimisprotsess	Silindriline pikitreimine																				
Tähtsümbolid	C	F	K	L	S	E	W	Y	Kujud D ja S on saadaval ka ümarate lõikeplaatidega (R)													
L.-serva seadenurk α	90	90	75	95	45	93	60	85														
Hoidiku kjuju	sirge		nihatatud																			
Treimisprotsess	Ristitreimine																					
Hoidiku tüüp	Tähtsümbolid	R parempoolne					L vasakpoolne					N neutraalne (kahepoolne)										
Hoidiku pikkus (ainult DIN 4984)	Tähtsümbolid	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	E	V	W
	l_1 või l_4 , mm	32	40	50	60	70	80	90	100	110	125	140	150	160	170	180	200	250	300	350	400	450
Hoidiku läbimõõt (ainult ISO 26623)	Tähtsümbolid	C3			C4			C5			C6			C8								
	Läbimõõt d_1 , mm	32			40			50			63			80								

⇒ Hoidik DIN 4984 – PCJNL 3225 M 16: Nelikantvarrega terikuhoidik, kinnitatud ainult avast (P), vahetatav lõikeplaat tipunurgaga $\varepsilon = 80^\circ$ (C), lõikeserva seadenurk $\alpha = 95^\circ$ (L), negatiivne põhikuju $\alpha_n = 0^\circ$ (N), vasakpoolne (L), $h_1 = h = 32$ mm (32), $b = 25$ mm (25), $l_1 = 150$ mm (M), lõikeserva laius $l = 16$ mm (16).



Tehnoloogia projekteerimine treimiseks

Nurgad ja pinnad silindriliseks pikitreimiseks



- α taganurk
- β teravnemisnurk
- γ esinurk
- χ lõikeserva seadenurk
- ε lõikeplaadi tipunurk
- χ_N abilõikeserva nurk
- λ lõikeserva kaldenurk
- r_c tipunurga raadius

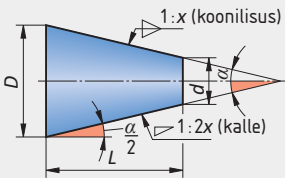
Teras: $\lambda = 0^\circ \dots -4^\circ$ $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$
 Al/Cu sulamid: $\lambda = 0^\circ \dots +4^\circ$ $\alpha \leq 5^\circ$

6. etapp: Silindrilise pikitreimise ja ristitreimise optimeerimine

Probleemid								Võimalikud korrigeerivad meetmed	
Lõikepindade suur kulumine	Lõikeservade deformeerumine	Terakasvaja moodustumine	Lõikeservaga risti tekkinud praod	Lõikeserva murenemine	Lõikeserva murdumine	Pikk spiraalne laast	Vibratsioon		
↓	↓	↑		↑			↓	Muuta lõikekiirust v_c	
↓	↓				↓	↑	↑	Muuta ettenihet f .	
					●		●	Vähendada lõikesügavust.	
●	●							Valida kulumiskindlam karbiidkermise tüüp.	
			●	●	●			Valida sitkem karbiidkermise tüüp.	
●		●		●			●	Valida lõikeplaadi positiivne põhikuju.	

● lahendatav probleem ↑ suurendada lõikeparameetri väärtust ↓ vähendada lõikeparameetri väärtust

7. etapp: Koonuse treimine suporti seadistamisega¹⁾



D koonuse suurem läbimõõt
 d koonuse väiksem läbimõõt
 L koonuse pikkus
 α koonuse nurk
 C koonilisus
 $\frac{\alpha}{2}$ koonuse moodustaja nurk

Näide:

$D = 225 \text{ mm}$, $d = 150 \text{ mm}$, $L = 100 \text{ mm}$;

$\frac{\alpha}{2} = ?$; $C = ?$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2 \cdot L} = \frac{(225 - 150) \text{ mm}}{2 \cdot 100 \text{ mm}} = 0.375$$

$$\frac{\alpha}{2} = 20.556^\circ = 20^\circ 33' 22''$$

$$C = \frac{D-d}{L} = \frac{(225 - 150) \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 0.75 = 1 : 1.33$$

Nurga määramine

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2}$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2 \cdot L}$$

Koonuse nurk

$$\alpha = 2 \cdot \frac{\alpha}{2}$$

Koonilisus

$$C = \frac{D-d}{L}$$

Koonuse suhe

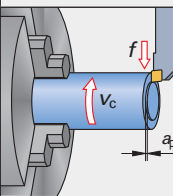
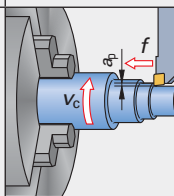
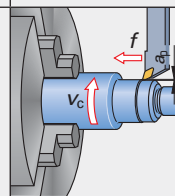
$$C = 1 : x$$

TT

¹⁾ Profiil- ja koonustreimine CNC seadmetega: lk 351, lk 355.

Lõikeparameetrid treimiseks

Standardväärtused treimiseks karbiidkermisest lõikeristaga

Lõikerista materjaligrupp	v_c lõikekiirus n pöörlemissagedus f ettenihe a_p lõikesügavus d välisläbimõõt d_m keskäläbimõõt (lk 324, lk 325)	Ristitreimine		Silindriline pikitreimine			
		Ristitreimine		Kooriv	Vimistlev		
		$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d_m}$					
		Silindriline pikitreimine					
		$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$					
		$a_p = (1 \dots 2) \text{ mm}$		$a_p = (2 \dots 6) \text{ mm}$	$a_p = (0.2 \dots 2) \text{ mm}$		
Tooriku materjal		Ettenihe f , mm/p					
Materjaligrupp		0.2...0.1	0.6...0.25	0.25...0.1			
Keskmine tõmbetugevus $R_{m,r}$ N/mm ² või kõvadus HB		Lõikekiirus $v_c^{1)}$ m/min					
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	210 – 280 – 350	150 – 220 – 300	280 – 340 – 400		
		$R_m > 500$	160 – 230 – 300	100 – 170 – 240	220 – 290 – 350		
	Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 570$	180 – 250 – 320	130 – 200 – 270	240 – 300 – 360		
		$R_m > 570$	130 – 200 – 270	100 – 160 – 220	200 – 250 – 360		
	Tsementiitidut teras	$R_m \leq 570$	200 – 270 – 320	150 – 210 – 260	250 – 320 – 300		
		$R_m > 570$	160 – 220 – 270	110 – 160 – 210	200 – 270 – 340		
	Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 650$	180 – 250 – 320	120 – 190 – 240	220 – 300 – 380		
		$R_m > 650$	110 – 200 – 280	110 – 150 – 200	190 – 250 – 310		
	Parendatud leegerteras	$R_m \leq 750$	100 – 160 – 220	90 – 130 – 180	125 – 185 – 245		
		$R_m > 750$	80 – 130 – 180	70 – 110 – 160	100 – 150 – 200		
	Tööriistateras	$R_m \leq 750$	95 – 145 – 195	85 – 125 – 170	115 – 165 – 215		
		$R_m > 750$	60 – 110 – 160	40 – 80 – 120	100 – 140 – 180		
Valuteras	$R_m \leq 700$	140 – 180 – 220	105 – 155 – 180	160 – 200 – 240			
	$R_m > 700$	100 – 135 – 170	80 – 110 – 140	130 – 160 – 190			
M	Rooste- vabateras	austenitne	$R_m \leq 680$	140 – 170 – 200	90 – 110 – 130	200 – 230 – 260	
			$R_m > 680$	100 – 120 – 140	70 – 90 – 110	130 – 150 – 170	
		ferritne	$R_m \leq 700$	180 – 215 – 240	160 – 180 – 200	230 – 250 – 270	
		martensiitne	$R_m > 500$	130 – 160 – 190	110 – 130 – 150	150 – 190 – 230	
K	Liblegrafiitmalm	$\leq 200 \text{ HB}$	300 – 370 – 440	230 – 280 – 330	380 – 450 – 520		
		$> 200 \text{ HB}$	195 – 250 – 305	140 – 190 – 240	230 – 300 – 370		
	Keragrafiitmalm	$\leq 250 \text{ HB}$	210 – 270 – 330	160 – 210 – 260	250 – 320 – 410		
		$> 250 \text{ HB}$	160 – 200 – 250	140 – 170 – 210	180 – 230 – 300		
Tempermalm	$\leq 230 \text{ HB}$	190 – 235 – 280	140 – 170 – 200	240 – 300 – 370			
	$> 230 \text{ HB}$	150 – 190 – 230	100 – 130 – 160	200 – 260 – 330			
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 300$	350 – 450 – 560	380 – 450 – 520	600 – 700 – 800		
	Vanandatud Al-sulam	$R_m > 300$	200 – 320 – 440	240 – 300 – 360	400 – 500 – 600		
	Alumiiniumi valusulam	$\leq 75 \text{ HB}$	310 – 400 – 490	300 – 360 – 420	450 – 550 – 650		
		$> 75 \text{ HB}$	290 – 330 – 420	200 – 270 – 340	300 – 400 – 500		
	CuZn-sulam (messing)	$R_m \leq 600$	320 – 355 – 390	250 – 270 – 300	400 – 440 – 480		
	CuSn-sulam (pronks)	$R_m \leq 700$	200 – 230 – 260	130 – 150 – 170	280 – 310 – 340		
	Termoplastid, reaktoplastid	–	340 – 430 – 520	270 – 360 – 450	400 – 500 – 600		
Kiudarmeeritud plastid	–	230 – 320 – 410	190 – 220 – 310	340 – 420 – 500			

Lõikekiiruse valik kooriv- ja vimistlevtreimiseks

¹⁾ Lõikekiiruse v_c algväärtus on tähistatud paksult ("normaalset" tööstustingimused).

- Lõikekiiruse v_c väiksem väärtus tähistab "ebasoodsaid" tööstustingimusi.
- Lõikekiiruse v_c suurem väärtus tähistab "soodsaid" tööstustingimusi.

Tööstustingimuste selgitus: lk 316.



Lõikeparameetrid treimiseks

Standardväärtused treimiseks karbiidkermisest lõikeriistaga

Lõikeriista materjaligrupp	v_c lõikekiirus n pöörlemissagedus f ettenihe d välisläbimõõt P keerme samm (lk 210)	Pöörlemissagedus $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$	Mahalõikamine		Keerme treimine	
			Soone treimine		Paremkeere	
Tooriku materjal		Ettenihe f , mm/p		Samm P		Läbimite arv (tühikäikudeta) ²⁾
Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus $R_{m,r}$ N/mm ² või kõvadus HB	0.05...0.15	$f = P$	vahemik		
		Lõikekiirus v_c ¹⁾ m/min				
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	140 – 160 – 180	140 – 155 – 170	vahemik	
		$R_m > 500$	130 – 150 – 170	130 – 145 – 160		
	Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 570$	135 – 155 – 175	135 – 150 – 165		
		$R_m > 570$	125 – 145 – 165	125 – 140 – 155		
	Tsementiitud teras	$R_m \leq 570$	140 – 150 – 160	135 – 145 – 155		
		$R_m > 570$	130 – 140 – 150	125 – 135 – 145		
	Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 650$	115 – 135 – 155	120 – 130 – 140		
		$R_m > 650$	110 – 120 – 130	105 – 115 – 125		
	Parendatud legeerteras	$R_m \leq 750$	105 – 115 – 125	100 – 110 – 120		
		$R_m > 750$	95 – 105 – 115	90 – 100 – 110		
Tööriistateras	$R_m \leq 750$	85 – 95 – 105	85 – 95 – 105			
	$R_m > 750$	55 – 75 – 95	50 – 60 – 70			
Valuteras	$R_m \leq 700$	60 – 80 – 100	60 – 80 – 100			
	$R_m > 700$	50 – 70 – 90	50 – 70 – 90			
M	Roostevabateras	austeniitne	$R_m \leq 680$	110 – 130 – 150	> 1.75	10
		ferriitne	$R_m > 680$	60 – 80 – 100	≤ 2.00	
		martensiitne	$R_m \leq 700$	120 – 140 – 160	> 2.00		11
	$R_m > 500$	60 – 80 – 100	≤ 2.50			
K	Liblegrafiitmalm	≤ 200 HB	215 – 230 – 245	155 – 170 – 185	> 2.50	13
		> 200 HB	180 – 195 – 210	110 – 130 – 150	≤ 3.00	
	Keragrafiitmalm	≤ 250 HB	200 – 220 – 240	100 – 110 – 120	> 3.00	
		> 250 HB	170 – 180 – 190	70 – 80 – 90	≤ 3.50	
Tempermalm	≤ 230 HB	120 – 150 – 180	90 – 100 – 110	> 3.50	15	
	> 230 HB	100 – 130 – 160	80 – 90 – 100	≤ 4.00		
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 300$	500 – 600 – 700	300 – 350 – 400	> 4.00	15
		$R_m > 300$	400 – 500 – 600	200 – 250 – 300	≤ 4.50	
	Alumiiniumi valusulam	≤ 75 HB	250 – 350 – 450	300 – 350 – 400	> 4.50	15
		> 75 HB	150 – 250 – 350	200 – 250 – 300	≤ 5.00	
	CuZn-sulam (messing)	$R_m \leq 600$	200 – 300 – 400	200 – 225 – 250	> 5.00	16
		$R_m > 600$	250 – 200 – 300	160 – 180 – 200	≤ 5.50	
	Termoplastid, reaktoplastid	–	250 – 350 – 450	200 – 225 – 250	> 5.50	16
		–	300 – 400 – 500	180 – 210 – 240	≤ 6.00	

Lõikekiiruse valik mahalõikamiseks, soone treimiseks ja keerme treimiseks

¹⁾ Lõikekiiruse v_c algväärtus on tähistatud paksult ("normaalset" tööstustingimused).

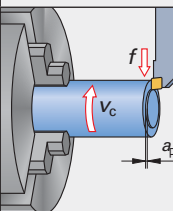
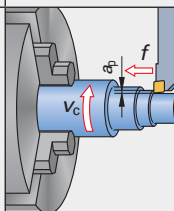
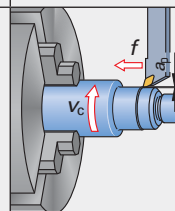
- Lõikekiiruse v_c väiksem väärtus tähistab "ebasoodsaid" tööstustingimusi.
- Lõikekiiruse v_c suurem väärtus tähistab "soodsaid" tööstustingimusi.

Tööstustingimuste selgitus: lk 316.

²⁾ Pärast viimast läbimist toimub keerme töötlemine (2 kuni 4 läbimist) risttiettenihketa.

Lõikeparameetrid treimiseks

Standardväärtused treimiseks kuubilisest boomitriidist ja oksiidkeraamikast lõikeriistaga

Lõikeriista materjaligrupp	v_c lõikekiirus n pöörlemissagedus f ettenihe a_p lõikesügavus d välisläbimõõt d_m keskläbimõõt (lk 324, 325)	Ristitreimine $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d_m}$	Silindriline pikitreimine $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$	Silindriline pikitreimine		
				Ristitreimine	Kooriv	Viimistlev
						
				$a_p = (0.1 \dots 0.4) \text{ mm}$	$a_p = (0.3 \dots 0.7) \text{ mm}$	$a_p = (0.1 \dots 0.3) \text{ mm}$
Tooriku materjal		Ettenihe f , mm/p				
Materjaligrupp	Kõvadus HRC	0.15 ... 0.1	0.2 ... 0.15	0.05 ... 0.1		
		Lõikekiirus $v_c^{(1)}$, m/min				
H	Karastatud teras, parendatud teras	≤ 50 HRC	135 – 175 – 215	110 – 145 – 185	165 – 205 – 220	
		≤ 55 HRC	115 – 140 – 190	95 – 110 – 155	140 – 175 – 210	
		≤ 60 HRC	100 – 120 – 165	80 – 95 – 135	120 – 145 – 180	
		≤ 65 HRC	85 – 100 – 140	70 – 80 – 120	105 – 120 – 160	
	Karastatud malm	≤ 55 HRC	135 – 150 – 170	100 – 110 – 120	170 – 190 – 220	

Standardväärtused treimiseks kiirlõiketerasest lõikeriistaga

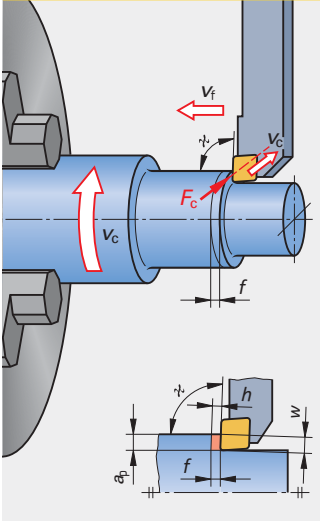
Tooriku materjal		Ristitreimine	Silindriline pikitreimine		Mahalõik., soone treimine	Keerme treimine
Materjaligrupp			Kooriv	Viimistlev		
Keskmine tõmbetugevus R_{mT} , N/mm ² või kõvadus HB		Lõikesügavus a_p , mm				
		0.5...2	2...4	0.5...1	0.6...6	0.05...0.1
		Ettenihe f , mm/p				
		0.2...0.1	0.6...0.3	0.25...0.1	0.02...0.1	$f = P$
Konstruktsiooniteras		Lõikekiirus $v_c^{(1)}$, m/min				
		$R_m \leq 500$	50 – 60 – 70	40 – 50 – 60	60 – 70 – 80	30 – 35 – 40
Hea lõiketöödeldavusega teras		$R_m > 500$	40 – 45 – 50	30 – 40 – 50	50 – 55 – 60	20 – 25 – 30
		$R_m > 570$	23 – 30 – 37	20 – 23 – 26	25 – 30 – 35	16 – 18 – 20
Tsementiitud teras		$R_m \leq 570$	30 – 35 – 40	25 – 30 – 35	35 – 40 – 45	20 – 25 – 30
		$R_m > 570$	25 – 30 – 35	20 – 23 – 25	25 – 30 – 35	16 – 18 – 20
Parendatud süsinikteras		$R_m \leq 650$	30 – 35 – 40	25 – 30 – 35	35 – 40 – 45	20 – 15 – 30
		$R_m > 650$	20 – 25 – 30	18 – 20 – 22	22 – 28 – 34	12 – 16 – 20
Tööriistateras		$R_m \leq 750$	20 – 25 – 30	18 – 20 – 22	22 – 28 – 34	12 – 16 – 20
Valuteras		$R_m > 700$	18 – 21 – 24	14 – 17 – 20	20 – 25 – 30	10 – 13 – 16
		$R_m \leq 680$	19 – 22 – 25	18 – 20 – 22	22 – 26 – 30	11 – 13 – 15
Roosteivabateras – austeniitne, ferritiitne		$R_m > 680$	12 – 16 – 20	10 – 13 – 16	15 – 20 – 25	8 – 10 – 12
		≤ 200 HB	35 – 40 – 45	30 – 35 – 40	40 – 45 – 50	25 – 30 – 35
Liblegrafiitmalm		> 200 HB	18 – 20 – 22	14 – 17 – 20	20 – 27 – 34	12 – 16 – 18
Deformeeritav Al-sulam		$R_m \leq 300$	140 – 160 – 180	120 – 140 – 160	160 – 180 – 200	150 – 175 – 200
Vanandatud Al-sulam		$R_m > 300$	90 – 100 – 110	80 – 90 – 100	100 – 110 – 120	90 – 100 – 110
Alumiiniumi valusulam		≤ 75 HB	70 – 80 – 90	50 – 65 – 80	80 – 90 – 100	50 – 70 – 90
CuZn-sulam (messing)		$R_m \leq 600$	90 – 100 – 110	80 – 90 – 100	100 – 110 – 120	80 – 90 – 100
CuSn-sulam (pronks)		$R_m \leq 700$	70 – 80 – 90	60 – 70 – 80	80 – 90 – 100	60 – 70 – 80
Termoplastid, reaktoplastid		–	225 – 250 – 275	200 – 225 – 250	250 – 275 – 300	150 – 175 – 200
Kiudarmeeritud plastid		–	70 – 80 – 90	60 – 70 – 80	80 – 90 – 100	50 – 90 – 70

¹⁾ Lõikekiiruse v_c algväärtus on tähistatud paksult ("normaalsed" tööstustingimused).



Lõikejõud ja -võimsus treimiseks

Pikitreimine



- F_c lõikejõud, N
 A laastu ristlõige, mm^2
 a_p lõikesügavus, mm
 f ettenihe, mm/p
 h laastu paksus, mm
 w laastu laius, mm
 α lõikeserva seadenurk ($^\circ$)
 C_1 lõikeriistamaterjali parandustegur
 C_2 lõikeserva kulumise parandustegur
 v_c lõikekiirus, m/min
 k_c erilõikejõud, N/mm^2 (lk 305)
 $k_{c1.1}$ erilõikejõud, N/mm^2 , kui $h = 1$ mm ja $b = 1$ mm (lk 305)
 m_c materjali konstant (lk 305)
 P_c lõikevõimsus, kW
 P_1 tööpingi ajami võimsus, kW
 η treipingi efektiivsus

Laastu ristlõige

$$A = a_p \cdot f$$

$$A = w \cdot h$$

Laastu paksus

$$h = f \cdot \sin \alpha$$

Erilõikejõud

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}}$$

Lõikejõud¹⁾

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2$$

Lõikevõimsus

$$P_c = F_c \cdot v_c$$

Ajami võimsus

$$P_1 = \frac{P_c}{\eta}$$

Näide:

Keermestatud poldi koorivtöötlus (lk 315), materjal 11SMnPb30, karbiidkermisest vahetatav lõikeplaat; arvestada lõikeserva kulumist;

$a_p = 3$ mm, $f = 0.45$ mm, $v_c = 200$ m/min, $\alpha = 95^\circ$, $\eta = 0.8$

Leida: A ; h ; $k_{c1.1}$; m_c ; k_c ; C_1 ; C_2 ; F_c ; P_c ; P_1

Lahendus 1

Erilõikejõu k_c arvutus, kasutades baasväärtusi

$$A = a_p \cdot f = 3 \text{ mm} \cdot 0.4 \text{ mm} = 1.2 \text{ mm}^2$$

$$h = f \cdot \sin \alpha = 0.45 \text{ mm} \cdot \sin 95^\circ \approx 0.45 \text{ mm}$$

$$k_{c1.1} = 1200 \text{ N}/\text{mm}^2 \text{ (baasväärtus tabelist lk 305)}$$

$$m_c = 0.18 \text{ (baasväärtus tabelist lk 305)}$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} = \frac{1200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0.45^{0.18}} = 1385 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 1.2 \text{ mm}^2 \cdot 1385 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1.0 \cdot 1.3 = 2161 \text{ N}$$

$$P_c = F_c \cdot v_c = 2161 \text{ N} \cdot 200 \frac{\text{m}}{60 \text{ s}} = 7202 \text{ W} = 7.2 \text{ kW}$$

$$P_1 = \frac{P_c}{\eta} = \frac{7202 \text{ W}}{0.8} = 9003 \text{ W} = 9 \text{ kW}$$

Lahendus 2

Erilõikejõu k_c määramine tabelist lk 305

$$A = 1.2 \text{ mm}^2; h = 0.45 \text{ mm} \text{ (lahendus 1)}$$

$$k_c = 1415 \text{ N}/\text{mm}^2 \text{ (} k_c \text{ tabelist lk 305, } h = 0.4 \text{ mm)}$$

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 1.2 \text{ mm}^2 \cdot 1415 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1.0 \cdot 1.3 = 2207 \text{ N}$$

$$P_c = F_c \cdot v_c = 2207 \text{ N} \cdot 200 \frac{\text{m}}{60 \text{ s}} = 7358 \text{ W} = 7.36 \text{ kW}$$

$$P_1 = \frac{P_c}{\eta} = \frac{7358 \text{ W}}{0.8} = 9198 \text{ W} = 9.2 \text{ kW}$$

Lõikeriistamaterjali parandustegur C_1	
Lõikeriistamaterjal	C_1
Kiirlõiketeras	1.2
Karbiidkermis	1.0
Keraamika	0.9

Lõikeserva kulumise parandustegur C_2	
Lõikeserv	C_2
kulub	1.3
ei kulu	1.0

Treipingi efektiivsus η	
Treipink	η
Universaalne	0.7–0.8
CNC	0.8–0.85

¹⁾ Lihtsustused: Lõikejõu arvutamisel võetakse lõikekiiruse ja lõikeriista materjali mõju arvesse läbi parandusteguri C_1 . Lõikeplaadi esinurka ja taganurka arvesse ei võeta.

Töötusaeg konstantse pöörlemissagedusega treimiseks

Töötusaeg silindrilise välispinna pikitreimiseks ja ristitreimiseks

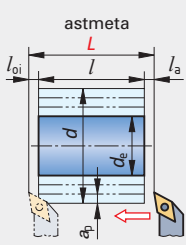
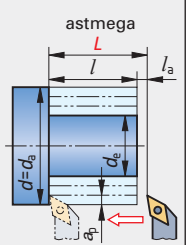
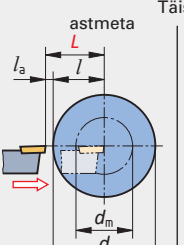
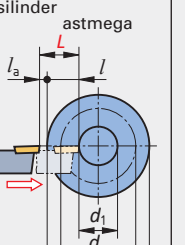
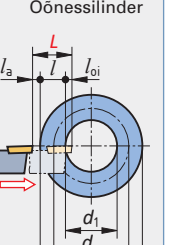
t_p	töötusaeg	l_{oi}	ülejoosku kaugus
d, d_a	välisläbimoot, algläbimoot	L	lõikepikkus
d_1	õlgmiku vähim läbimoot, siseläbimoot	f	ettenihe
d_m	keskläbimoot ¹⁾	n	pöörlemissagedus
d_e	lõpp-läbimoot	i	läbimite arv ²⁾
l	tooriku pikkus	v_c	lõikekiirus
l_a	algasendi kaugus	a_p	lõikesügavus

Töötusaeg

$$t_p = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

$$l_a = l_{oi} = (1 \dots 2) \text{ mm}$$

Lõikepikkuse L , keskläbimõõdu d_m ja pöörlemissageduse n arvutus

Silindrilise välispinna pikitreimine		Ristitreimine		
astmeta	astmega	astmeta	astmega	Õõnessilinder
				
$L = l + l_a + l_{oi}$	$L = l + l_a$	$L = \frac{d}{2} + l_a$	$L = \frac{d - d_1}{2} + l_a$	$L = \frac{d - d_1}{2} + l_a + l_{oi}$
$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$	$i \geq \frac{d_a - d_e}{2 \cdot a_p}$	$d_m = \frac{d}{2}; n = \frac{v_c}{\pi \cdot d_m}$	$d_m = \frac{d + d_1}{2}; n = \frac{v_c}{\pi \cdot d_m}$	

¹⁾ Keskläbimõõdu d_m kasutamine võimaldab rakendada suuremaid lõikekiirusi. See tagab paremad lõiketingimused väikeste läbimõõtude korral (sisepindadel).

²⁾ Viimistleva töötusel kasutatakse ainult ühte läbimit ($i = 1$). Ristitreimisel $i =$ töötusvaru/lõikesügavus a_p . Arvutatud läbimite arv i ümardatakse alati ülespoole täisarvuni.

Näide: Keerme treimine universaaltreipingil (lk 315)

Silindriline välistreimine (kooriv)

Materjal: 11MnPb30 (lk 139)

$v_c = 130 \text{ m/min}$ (lk 320)

$l_a = 2 \text{ mm}; f = 0.3 \text{ mm}; a_p = 3 \text{ mm}$

$d = 42 \text{ mm}; l = 50 \text{ mm}; i = 2$

Leida: $L; n; t_p$

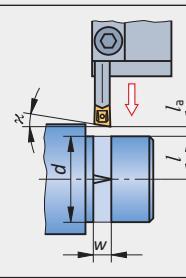
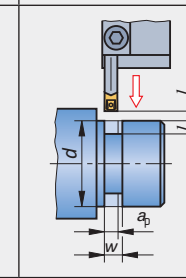
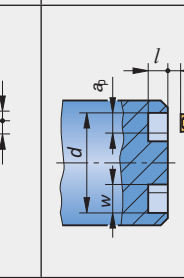
Lahendus: $L = l + l_a = 50 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 52 \text{ mm}$

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{130 \text{ m/min}}{\pi \cdot 0.042 \text{ m}} = 985 \text{ min}^{-1}$$

$$t_p = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{52 \text{ mm} \cdot 2}{985 \text{ min}^{-1} \cdot 0.3 \text{ mm}} = 0.35 \text{ min}$$

Töötusaeg mahalõikamiseks ja soone treimiseks

Lõikepikkuse L ja pöörlemissageduse n arvutus

Mahalõikamine	Soone treimine	Soone treimine otspinnal
		
$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$	$L = l + l_a$	$l_a = (1 \dots 2) \text{ mm}$
		$\alpha = 0^\circ \dots 25^\circ$

Töötusaeg

$$t_p = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

d	välisläbimoot
l	lõikesügavus
l_a	algasendi kaugus
L	lõikepikkus
f	ettenihe
n	pöörlemissagedus
i	läbimite arv
v_c	lõikekiirus
a_p	lõikelaius
w	soone laius
α	lõikeserva seadnurk



Töötusaeg konstantse pöörlemissagedusega treimiseks

Töötusaeg CNC seadmega treimiseks

t_p	töötusaeg	l	tooriku pikkus
d	välisläbimõõt	l_a	algasendi kaugus
d_a	algläbimõõt	l_{oi}	ülejooksu kaugus
d_1, d_2	õlgmike läbimõõdud	L	lõikepikkus ⁴⁾
d'_1, d'_2	õlgmike läbimõõdud töötlusvaruga	f	ettenihe
d_m	keskläbimõõt	i	lähimite arv ³⁾
d_e	lõppläbimõõt	v_c	lõikekiirus
		a_p	lõikesügavus

Töötusaeg

$$t_p = \frac{\pi \cdot d_m \cdot (L \cdot i)}{v_c \cdot f}$$

$$l_a = l_{oi} = (1 \dots 2) \text{ mm}$$

Lõikepikkuse L ja keskläbimõõdu d_m arvutus

Silindrilise välispinna pikitreimine ²⁾		Ristitreimine			
astmeta	astmega	astmeta	Täissilinder	astmega	Õõnessilinder
$L = l + l_a + l_{oi}$	$L = l + l_a$	$L = \frac{d}{2} + l_a$	$L = \frac{d - d_1}{2} + l_a$	$L = \frac{d - d_1}{2} + l_a + l_{oi}$	
$d_m = \frac{d + d_e}{2}$	$i \geq \frac{d_a - d_e}{2 \cdot a_p}$	$d_m = \frac{d}{2}$		$d_m = \frac{d + d_1}{2}$	

Lõikepikkuse L ja keskläbimõõdu d_m arvutus astmelise detaili korral

Silindrilise välispinna pikitreimine (kooriv) ²⁾	Profiilitreimine (viimistlev)
<p> $d'_1 = d_1 + 2 \cdot a_p$ viimistlev $i_1 \geq \frac{d - d'_1}{2 \cdot a_p}$ kooriv $L_1 = l_1 + l_a$ </p> <p> $d'_2 = d_2 + 2 \cdot a_p$ viimistlev $i_2 \geq \frac{d'_1 - d'_2}{2 \cdot a_p}$ kooriv $L_2 = l_2 + l_a$ </p>	<p> $l_1 = \frac{d_2}{2}$ $l_3 = \frac{d_1 - d_2}{2}$ $l_5 = \frac{d - d_1}{2}$ </p> <p>$i = 1$</p>
$(L \cdot i) = L_1 \cdot i_1 + L_2 \cdot i_2 + \dots$	$(L \cdot i) = l_a + l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_{oi}$
$d_m = \frac{d + d_e}{2}$	$d_m = \frac{d + d_e}{2}$

¹⁾ Töötusaja lihtsustatud arvutamiseks valitakse keskläbimõõduks silindrilisel välispinna pikitreimisel ja profiilitreimisel kogu detaili keskläbimõõt.

²⁾ Lõikepikkuse arvutamisel koorival pikitreimisel otspindadele jäetud töötlusvarusid ei arvestata.

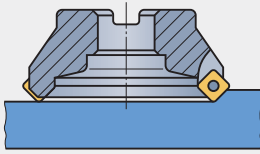
³⁾ Viimistlevtöötlusel kasutatakse ainult ühte lähimit ($i = 1$). Ristitreimisel $i =$ töötlusvaru/lõikesügavus a_p . Arvutatud lähimite arv i ümardatakse alati ülespoole täisarvuni.

⁴⁾ Lõikepikkuse arvutamisel ei arvestata faase, raadiusi ja väljajooksusooni.

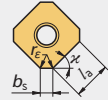
Freesimisoperatsioonid, ülevaade

Freesimisoperatsioonid (valimik)¹⁾

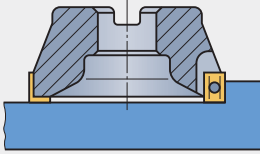
Laupfreesimine



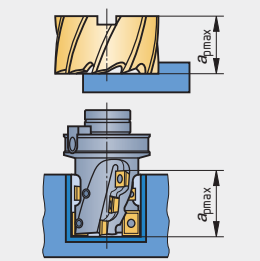
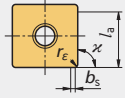
Lõikerist	Vahetatavate lõikeplaatidega laupfrees	
	Vahetatav lõikeplaat (kövasulam)	$\alpha = 10^\circ \dots 75^\circ$ $r_c = (0.8 \dots 2.5) \text{ mm}$ $l_b = 14 \text{ mm}$ $b_s = (1.5 \dots 2.5) \text{ mm}$
Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c = \text{materjalist sõltuv (lk 329)}$
	Ettenihe	$f_t = (0.19 \dots 0.34) \text{ mm}^2$
	Lõikesügavus	$a_{p\text{max}} = 10 \text{ mm}$



Laupfreesimine



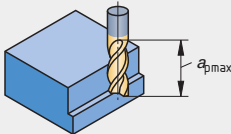
Lõikerist	Vahetatavate lõikeplaatidega laupfrees	
	Vahetatav lõikeplaat (kövasulam)	$\alpha = 90^\circ$ $r_c = (0.8 \dots 2.0) \text{ mm}$ $l_b = 10 \text{ mm}$ $b_s = 1.5$
Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c = \text{materjalist sõltuv (lk 330)}$
	Ettenihe	$f_t = (0.11 \dots 0.14) \text{ mm}^2$
	Lõikesügavus	$a_{p\text{max}} = 15 \text{ mm}$



Lõikerist	Õnesotsfrees (HSS)	
	Hambakuju	Koorivtöötuseks teemantrihveldusega Koorivtöötuseks, viimistlevtöötuseks
Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c = \text{materjalist sõltuv (lk 331)}$
	Ettenihe	$f_t = (0.055 \dots 0.100) \text{ mm}^2$
Lõikerist	Vahetatavate kövasulam lõikeplaatidega õones otsfrees	
Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c = (60 \dots 180) \text{ m/min}^2$
	Ettenihe	$f_t = (0.08 \dots 0.20) \text{ mm}^2$

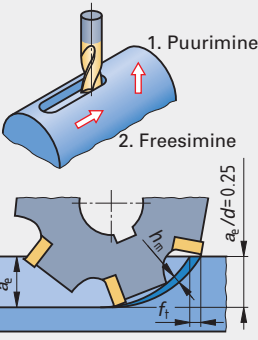


Otsfreesimine



Lõikerist	Otsfrees (HSS)	
Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c = \text{materjalist sõltuv (lk 332)}$
	Ettenihe	$f_t = (0.004 \dots 0.060) \text{ mm}^2$
Lõikerist	Otsfrees (karbiidkermis)	
Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c = \text{materjalist sõltuv (lk 333)}$
	Ettenihe	$f_t = (0.020 \dots 0.120) \text{ mm}^2$

Soonefreesimine



Lõikerist	Otsfrees				
Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c = \text{materjalist sõltuv (lk 332)}$			
	Ettenihe	$f_t = \text{materjalist sõltuv (lk 332)}$ 1. puurimine: $f_t \cdot 0.5$ (parandustegur) 2. freesimine: $f_t \cdot (0.6 \dots 0.7)$ (parandustegur)			
Lõikerist	Vahetatavate kövasulam lõikeplaatidega ketasfrees				
Lõikeparameetrid	Lõikekiirus	$v_c = (100 \dots 300) \text{ m/min}^2$			
	Lõikelaius	$a_p = (2.5 \dots 26) \text{ mm}^2$			
Lõikesügavuse läbimõõdu suhe a_p/d , $h_m = 0.2 \text{ mm}$					
0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.05					
Ettenihe hambale f_t	0.23 mm	0.25 mm	0.28 mm	0.33 mm	0.46 mm



¹⁾ Tuleb jälgida materjalitootjate spetsifikatsioone.

²⁾ Terase jaoks (konstruktsiooni-, hea lõiketöõeldavusega, parendatud, tööriista- ja valuteras).

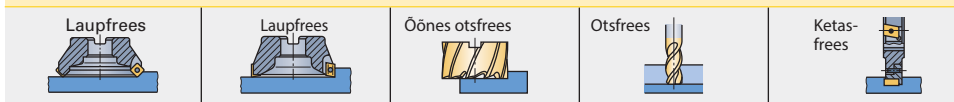


Tehnoloogia projekteerimine freesimiseks

1. etapp: Lõikeriistamaterjali gupi määramine töödeldava materjali põhjal (lk 309)

P P10...40	Teras	Igat tüüpi terased, sh valu-teras, va roostevabateras	N N15...20	Mitteraudmetallid ja plastikud	Alumiiniumsulamid, vasesulamid, plastikud
M M15...40	Roostevabateras	Roostevabateras: austeniitne, ferritne ja martensiitne	S S15...30	Kuumuskindlad sulamid ja titaan	Raua-, nikli- ja koobalti baasil erisulamid, titaanisulamid
K K10...30	Malm	Libegrafiitmalm, kera-grafiitmalm, tempermalm	H H10...25	Kõvad materjalid	Karastatud teras ja malm

2. etapp: Freesimisoperatsiooni ja freesi valik (lk 326 ja 328)



3. etapp: Lõikeplaatide arvu ja sammu määramine

Hõre samm

Tihesamm

Hõre samm:

- freesi suur väljaulatus;
- ebastabiilsed tööstustingimused; väikesed lõikejõud;
- materjaligrupp ISO N.

Tihesamm:

- koorivtöötlus (stabiilsed tööstustingimused) → suur tootlikkus;
- materjaligruppide ISO P-, M- ja S koorivtöötlus.

Väga tihesamm:

- väike lõikelaius a_p → suur tootlikkus;
- materjaligrupi ISO K kooriv- ja viimistlevtöötlus.

4. etapp: Lõikeplaadi kuju valik (lk 310)

Viimistlevtöötlus	Puhastöötlus	Koorivtöötlus
<p>Esinurk $\gamma = 12^\circ \dots 30^\circ$ Väike kiilunurk β</p> <p>Terav lõikeserv, positiivne põhikuju</p>	<p>Esinurk $\gamma = 10^\circ \dots 18^\circ$</p> <p>Positiivne põhikuju erinevateks töötlemisteks</p>	<p>Esinurk $\gamma = 0^\circ \dots 12^\circ$ Suur kiilunurk β</p> <p>Tugevdatud lõikeserv</p>

lõikejõud, lõikesügavus ja ettenihe suureneb

5. etapp: Tööstustingimuste ja lõikekiiruse määramine (lk 329)

Freesi väljaulatus	Masina stabiilsus, tooriku kinnitus ja geometria		
	++	+	-
<p>lühike väljaulatus</p>	soodsad tööstustingimused	normaalsed tööstustingimused	ebasoodsad tööstustingimused
<p>pikk väljaulatus</p>	normaalsed tööstustingimused	ebasoodsad tööstustingimused	väga ebasoodsad tööstustingimused

Näide (lk 335):

- Töödeldava materjaligrupi (lk 137) ja lõikeriista materjaligrupi määramine (lk 309);
- Freesimisoperatsiooni ja freesi valik (lk 326);
- Lõikekiiruse valik (tabel lk 329):
Algväärtus v_c - "normaalsed" tööstustingimused, väiksem v_c - ebasoodsad tööstustingimused, suurem v_c - soodsad tööstustingimused.

- ⇒ 16MnCr5+A: Tsementiitav teras kõvadusega 207HB, $R_m \approx 670$ N/mm² (lk 205), lõikeriista materjaligrupp P;
- ⇒ Operatsioon: Nurga freesimine; Frees: 90° lauprees vahetatavate lõikeplaatidega;
- ⇒ Tabel "lauprees - 90°" (lk 330), normaalsed tööstustingimused (CNC tööpink, hea kinnitus, lühike väljaulatus);
- ⇒ Algväärtus $v_c = 165$ m/min.

Vahetatavate lõikeplaatidega freesid

Vahetatavate lõikeplaatidega freeside kasutus (valimik)

Freesi tüüp	Lõike- sügavus a_p mm	Soonefreesi- mine/Lahti- lõikamine	Kahesuunali- ne freesimine	Astmefreesi- mine	Laupfreesi- mine	Profiilfreesi- mine	Spiraalsots- freesimine
Laupfrees 32...250	6...10	○	○	○	●	○	◐
Laupfrees (tiheda sammuga) 80...500	1...8	○	○	○	●	○	◐
Laupfrees (hõreda sammuga) 100...400	12	○	○	○	●	○	◐
Ümarotsfrees 5...32	2...5	◐	○	○	○	●	●
Laupfrees (astme freesimiseks) 40...250	15	◐	○	●	●	○	◐
Ketasfrees 40...315	6...30	●	●	●	◐	○	○
Soonefrees 80...315	2...6	●	○	○	○	○	○
Otsfrees 12...100	10...18	◐	●	●	◐	◐	●
Õõnesotsfrees 20...100	5...100 ¹⁾	○	○	●	◐	○	◐
Ümarate vahetatavate lõikeplaatidega frees 10...160	1...10	◐	○	◐	●	●	●

¹⁾ Ülemine väärtus kehtib mitteraudmetallide astmefreesimisel ja viimistleva astmefreesimisel.

● väga sobiv ◐ sobiv ○ mitesobiv



Lõikeparameetrid laupfreesimiseks

Standardväärtused laupfreesimiseks karbiidkermisest lõikeplaatidega freesiga (lõikeserva seadnurk 45°)

Lõikeristmaterjali grupid	v_c lõikekiirus n pöörlemissagedus f_t hambaetenihe a_p lõikesügavus a_{pmax} maksimaalne lõikesügavus a_e lõikelaius d freesi läbimõõt α lõikeserva seadnurk ($\alpha = 45^\circ$)	Pöörlemissagedus		Lõikelaius a_e	
		Ettenihkekiirus		Hambaetenihe $f_t^{(1)}$, mm	
Tooriku materjal		Keskmine tõmbetugevus $R_{m,r}$ N/mm ² või kõvadus HB	Lõikekiirus $v_c^{(1)}$ m/min	Lõikelaius a_e	
Materjaligrupp				$a_e = (0.5 \dots 1.0) \cdot d$	$a_e = 0.1 \cdot d$
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	250 – 275 – 300	0.18 – 0.21 – 0.24	0.32 – 0.34 – 0.36
		$R_m > 500$	220 – 235 – 250	0.18 – 0.21 – 0.24	0.32 – 0.34 – 0.36
	Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 570$	230 – 250 – 270	0.18 – 0.21 – 0.24	0.32 – 0.34 – 0.36
		$R_m > 570$	220 – 240 – 270	0.16 – 0.19 – 0.22	0.27 – 0.30 – 0.33
	Tsementiitud teras	$R_m \leq 570$	200 – 230 – 260	0.17 – 0.20 – 0.23	0.32 – 0.34 – 0.36
		$R_m > 570$	150 – 175 – 200	0.16 – 0.19 – 0.22	0.32 – 0.34 – 0.36
	Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 650$	200 – 230 – 260	0.17 – 0.20 – 0.23	0.32 – 0.34 – 0.36
		$R_m > 650$	150 – 175 – 200	0.17 – 0.20 – 0.23	0.32 – 0.34 – 0.36
	Parendatud legeerteras	$R_m \leq 750$	190 – 220 – 250	0.17 – 0.20 – 0.23	0.32 – 0.34 – 0.36
		$R_m > 750$	150 – 175 – 200	0.17 – 0.20 – 0.23	0.32 – 0.34 – 0.36
Tööriistateras	$R_m \leq 750$	120 – 135 – 150	0.17 – 0.20 – 0.23	0.32 – 0.34 – 0.36	
	$R_m > 750$	95 – 105 – 115	0.17 – 0.20 – 0.23	0.32 – 0.34 – 0.36	
Valuteras	$R_m \leq 700$	190 – 210 – 230	0.17 – 0.20 – 0.23	0.32 – 0.34 – 0.36	
	$R_m > 700$	140 – 160 – 180	0.16 – 0.19 – 0.22	0.32 – 0.34 – 0.36	
M	Roostevaba- teras	austenitne $R_m \leq 680$	190 – 210 – 230	0.16 – 0.19 – 0.22	0.32 – 0.34 – 0.36
		austenitne $R_m > 680$	150 – 170 – 190	0.16 – 0.19 – 0.22	0.32 – 0.34 – 0.36
		ferritne $R_m \leq 700$	200 – 220 – 240	0.16 – 0.19 – 0.22	0.32 – 0.34 – 0.36
		martensitne $R_m > 500$	130 – 145 – 160	0.16 – 0.19 – 0.22	0.32 – 0.34 – 0.36
K	Liblegrafiitmalm	≤ 200 HB	220 – 235 – 250	0.25 – 0.29 – 0.33	0.25 – 0.29 – 0.33
		> 200 HB	115 – 130 – 145	0.18 – 0.21 – 0.24	0.18 – 0.23 – 0.28
	Keragrafiitmalm	≤ 250 HB	200 – 215 – 230	0.25 – 0.29 – 0.33	0.25 – 0.29 – 0.33
		> 250 HB	190 – 210 – 230	0.18 – 0.21 – 0.24	0.18 – 0.23 – 0.28
	Tempermalm	≤ 230 HB	190 – 205 – 220	0.18 – 0.21 – 0.24	0.25 – 0.29 – 0.33
		> 230 HB	170 – 190 – 210	0.18 – 0.21 – 0.24	0.18 – 0.23 – 0.28
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 300$	600 – 725 – 850	0.20 – 0.23 – 0.26	0.38 – 0.42 – 0.46
	Vanandatud Al-sulam	$R_m > 300$	400 – 500 – 600	0.20 – 0.23 – 0.26	0.38 – 0.42 – 0.46
	Alumiiniumi valusulam	≤ 75 HB	250 – 350 – 500	0.20 – 0.23 – 0.26	0.38 – 0.42 – 0.46
		> 75 HB	230 – 300 – 370	0.20 – 0.23 – 0.26	0.38 – 0.42 – 0.46
	CuZn-sulam (messing)	$R_m \leq 600$	500 – 550 – 600	0.20 – 0.23 – 0.26	0.38 – 0.42 – 0.46
	CuSn-sulam (pronks)	$R_m \leq 700$	300 – 350 – 400	0.20 – 0.23 – 0.26	0.38 – 0.42 – 0.46
	Termoplastid, reaktoplastid	–	400 – 500 – 600	0.20 – 0.23 – 0.26	0.38 – 0.42 – 0.46
Kiudarmeeritud plastid	–	250 – 350 – 500	0.20 – 0.23 – 0.26	0.38 – 0.42 – 0.46	

¹⁾ Lõikekiiruse v_c ja hambaetenihe f_t algväärtus on tähistatud paksult ("normaalsed" töötustingimused).

- Lõikekiiruse v_c või hambaetenihe f_t väiksem väärtus tähistab "ebasoodsaid" töötustingimusi.
- Lõikekiiruse v_c või hambaetenihe f_t suurem väärtus tähistab "soodsaid" töötustingimusi.

Töötustingimuste selgitus: lk 327.

Lõikeparameetrid astme- ja laupfreesimiseks

Standardväärtused laupfreesimiseks karbiidkermisest lõikeplaatidega freesiga (lõikeserva seadenurk 90°)

Lõikeristmaterjali grupid	Pöörlemissagedus		Ettenihkekiirus		
	v_c lõikekiirus	$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$	v_f lõikelaius	$v_f = n \cdot f_t \cdot N$	
	n pöörlemissagedus				
	f_t hambaettenihke				
	a_b lõikesügavus				
	a_{pmax} maksimaalne lõikesügavus				
	a_e lõikelaius				
	d freesi läbimõõt				
	α lõikeserva seadenurk ($\alpha = 90^\circ$)				
			$a_e = 0.5 \cdot d$	$a_e = 1.0 \cdot d$	$a_e = 0.1 \cdot d$
			$a_{pmax} = 15 \text{ mm}$		
Tooriku materjal		Lõikelaius a_e			
Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus $R_{m, \text{pr}}$ N/mm ² või kõvadus HB	Lõikekiirus $v_c^{(1)}$ mm/min	$a_e = (0.5 \dots 1.0) \cdot d$	$a_e = 0.1 \cdot d$	
			Hambaettenihke $f_t^{(1)}$, mm		
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	200 – 230 – 260	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
		$R_m > 500$	160 – 200 – 240	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 570$	160 – 200 – 240	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
		$R_m > 570$	160 – 200 – 240	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	Tsementiitud teras	$R_m \leq 570$	200 – 235 – 270	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
		$R_m > 570$	140 – 165 – 190	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 650$	150 – 175 – 200	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
		$R_m > 650$	140 – 165 – 190	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	Parendatud legeerteras	$R_m \leq 750$	140 – 165 – 190	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
		$R_m > 750$	140 – 165 – 190	0.08 – 0.12 – 0.16	0.14 – 0.21 – 0.28
Tööriistateras	$R_m \leq 750$	140 – 165 – 190	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31	
	$R_m > 750$	75 – 100 – 125	0.08 – 0.11 – 0.14	0.14 – 0.19 – 0.24	
Valuteras	$R_m \leq 700$	190 – 210 – 230	0.08 – 0.10 – 0.12	0.11 – 0.15 – 0.19	
	$R_m > 700$	130 – 150 – 170	0.08 – 0.10 – 0.12	0.11 – 0.15 – 0.19	
M	Roostevara-austenitne teras	$R_m \leq 680$	180 – 200 – 220	0.10 – 0.13 – 0.16	0.17 – 0.22 – 0.28
		$R_m > 680$	160 – 180 – 200	0.09 – 0.12 – 0.14	0.17 – 0.21 – 0.25
	ferritne	$R_m \leq 700$	190 – 210 – 230	0.10 – 0.13 – 0.16	0.17 – 0.22 – 0.28
		$R_m > 500$	150 – 170 – 190	0.09 – 0.11 – 0.12	0.17 – 0.19 – 0.21
martensitne	$R_m \leq 680$	180 – 200 – 220	0.10 – 0.13 – 0.16	0.17 – 0.22 – 0.28	
	$R_m > 680$	160 – 180 – 200	0.09 – 0.12 – 0.14	0.17 – 0.21 – 0.25	
K	Liblegrafiitmalm	$\leq 200 \text{ HB}$	220 – 240 – 260	0.08 – 0.13 – 0.18	0.14 – 0.23 – 0.32
		$> 200 \text{ HB}$	120 – 140 – 160	0.08 – 0.13 – 0.18	0.14 – 0.23 – 0.32
	Keragrafiitmalm	$\leq 250 \text{ HB}$	200 – 220 – 240	0.08 – 0.13 – 0.18	0.14 – 0.23 – 0.32
		$> 250 \text{ HB}$	110 – 130 – 150	0.08 – 0.13 – 0.18	0.14 – 0.23 – 0.32
	Tempermalm	$\leq 230 \text{ HB}$	120 – 140 – 160	0.08 – 0.13 – 0.18	0.14 – 0.23 – 0.32
		$> 230 \text{ HB}$	100 – 120 – 140	0.08 – 0.13 – 0.18	0.14 – 0.23 – 0.32
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 300$	600 – 700 – 800	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	Vanandatud Al-sulam	$R_m > 300$	400 – 500 – 600	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	Alumiiniumi valusulam	$\leq 75 \text{ HB}$	200 – 350 – 500	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
		$> 75 \text{ HB}$	180 – 300 – 420	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	CuZn-sulam (messing)	$R_m \leq 600$	500 – 600 – 700	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	CuSn-sulam (pronks)	$R_m \leq 700$	300 – 400 – 500	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
	Termoplastid, reaktoplastid	–	400 – 500 – 600	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31
Kiudarmeeritud plastid	–	200 – 350 – 500	0.10 – 0.14 – 0.18	0.17 – 0.24 – 0.31	

¹⁾ Lõikekiiruse v_c ja hambaettenihke f_t algväärtus on tähistatud paksult ("normaalset" tööstustingimused).

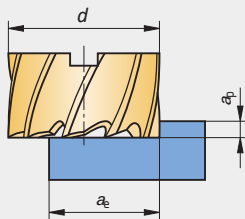
- Lõikekiiruse v_c või hambaettenihke f_t väiksem väärtus tähistab "ebasoodsaid" tööstustingimusi.
- Lõikekiiruse v_c või hambaettenihke f_t suurem väärtus tähistab "soodsaid" tööstustingimusi.

Tööstustingimuste selgitus: lk 327.



Lõikeparameetrid otsfreesimiseks õonesotsfreesiga

Standardväärtused freesimiseks kiirlõiketerasest (HSS) õonesotsfreesiga (pindeta/pindega)



v_c lõikekiirus
 d freesi läbimõõt
 n pöörlemissagedus
 v_f ettenihkekiirus
 f_t hambaettenihe
 N hammaste arv
 a_p lõikesügavus
 a_e lõikelaius

Pöörlemissagedus

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Ettenihkekiirus

$$v_f = n \cdot f_t \cdot N$$

Tooriku materjal		HSS pindeta	HSS pindega	
Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus $R_{m, \text{N/mm}^2}$ või kõvadus HB	Hambaettenihe $f_t^{(1)}$, mm		
		0.055 ... 0.085	0.065 ... 0.100	
		Lõikekiirus $v_c^{(2)}$, m/min		
Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	25 – 30 – 35	60 – 65 – 70	
	$R_m > 500$	25 – 30 – 35	60 – 65 – 70	
Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 570$	25 – 30 – 35	60 – 65 – 70	
	$R_m > 570$	25 – 30 – 35	60 – 65 – 70	
Tsementiitud teras	$R_m \leq 570$	25 – 30 – 35	60 – 65 – 70	
	$R_m > 570$	25 – 30 – 35	60 – 65 – 70	
Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 650$	25 – 30 – 35	60 – 65 – 70	
	$R_m > 650$	15 – 20 – 25	50 – 55 – 60	
Parendatud legeerteras	$R_m \leq 750$	20 – 25 – 30	50 – 55 – 60	
	$R_m > 750$	10 – 15 – 20	35 – 40 – 45	
Tööriistateras	$R_m \leq 750$	25 – 30 – 35	60 – 65 – 70	
	$R_m > 750$	10 – 15 – 20	50 – 55 – 60	
Valuteras	$R_m \leq 700$	20 – 25 – 30	60 – 65 – 70	
	$R_m > 700$	15 – 20 – 25	55 – 60 – 65	
Roostevabateras	austeniidne			
	$R_m \leq 680$	7 – 9 – 11	24 – 27 – 30	
	$R_m > 680$	7 – 9 – 11	24 – 27 – 30	
	ferriidne	$R_m \leq 700$	13 – 15 – 18	40 – 45 – 50
	martensiitne	$R_m > 500$	12 – 14 – 16	35 – 40 – 45
Liblegrafiitmalm	≤ 200 HB	15 – 20 – 25	50 – 55 – 60	
	> 200 HB	12 – 14 – 16	35 – 40 – 45	
Keragrafiitmalm	≤ 250 HB	20 – 25 – 30	50 – 55 – 60	
	> 250 HB	12 – 14 – 16	35 – 40 – 45	
Temperalm	≤ 230 HB	20 – 25 – 30	50 – 55 – 60	
	> 230 HB	12 – 14 – 16	35 – 40 – 45	
Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 300$	180 – 190 – 200	340 – 350 – 360	
Vanandatud Al-sulam	$R_m > 300$	180 – 190 – 200	340 – 350 – 360	
Alumiiniumi valusulam	–	180 – 190 – 200	340 – 350 – 360	
CuZn-sulam (messing)	$R_m \leq 600$	50 – 55 – 60	80 – 85 – 90	
CuSn-sulam (pronks)	$R_m \leq 700$	–	–	
Termoplastid, reaktoplastid	–	160 – 180 – 200	300 – 325 – 350	

¹⁾ Koorival: f_t kui $a_e = 0.75 \cdot d$ ja $a_p = 0.2 \cdot d$; viimistlevel: $f_t \cdot 0.9$ (parandustegur).

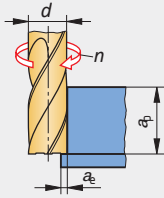
²⁾ Lõikekiiruse v_c ja hambaettenihke f_t algväärtus on tähistatud paksult ("normaalsed") tööstustingimused).

• Lõikekiiruse v_c või hambaettenihke f_t väiksem väärtus tähistab "ebasoodsaid" tööstustingimusi.

• Lõikekiiruse v_c või hambaettenihke f_t suurem väärtus tähistab "soodsaid" tööstustingimusi.

Tööstustingimuste selgitus: lk 327.

Lõikeparameetrid otsfreesimiseks

Standardväärtused otsfreesimiseks kiirlõiketerasest (HSS) otsfreesiga (pindeta)¹⁾

v_c lõikekiirus
 d freesi läbimõõt
 n pöörlemissagedus
 v_f ettenihkekiirus
 f_t hambaetenihe
 N hammaste arv
 a_p lõikesügavus
 a_e lõikelaius

Pöörlemissagedus

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Ettenihkekiirus

$$v_f = n \cdot f_t \cdot N$$

Tooriku materjal		Koorivtöötus					Viimistlevtöötus				
Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus $R_{m,r}$, N/mm ² või kõvadus HB	Lõikekiirus $v_c^{2)}$, mm/min	Freesi läbimõõt d , mm			Lõikekiirus $v_c^{2)}$, mm/min	Freesi läbimõõt d , mm				
			4.0	12.0	20.0		4.0	12.0	20.0		
			Ettenihe $f_t^{3)}$, mm/p				Ettenihe $f_t^{3)}$, mm/p				
Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	70 – 75 – 80	0.009	0.037	0.060	80 – 85 – 90	0.005	0.022	0.044		
	$R_m > 500$	60 – 65 – 70	0.007	0.032	0.053	65 – 70 – 75	0.004	0.019	0.039		
Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 570$	65 – 70 – 75	0.007	0.032	0.053	70 – 75 – 80	0.004	0.019	0.031		
	$R_m > 570$	60 – 65 – 70	0.007	0.032	0.053	65 – 70 – 75	0.004	0.019	0.031		
Tsementiitud teras	$R_m \leq 570$	50 – 55 – 60	0.007	0.032	0.053	60 – 65 – 70	0.004	0.019	0.031		
	$R_m > 570$	40 – 45 – 50	0.009	0.037	0.060	45 – 50 – 55	0.005	0.022	0.035		
Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 650$	60 – 65 – 70	0.007	0.032	0.053	65 – 70 – 75	0.004	0.019	0.031		
	$R_m > 650$	40 – 45 – 50	0.007	0.032	0.053	45 – 50 – 55	0.004	0.019	0.031		
Parendatud legeerteras	$R_m \leq 750$	40 – 45 – 50	0.007	0.032	0.053	45 – 50 – 55	0.004	0.019	0.031		
	$R_m > 750$	35 – 40 – 45	0.009	0.037	0.060	40 – 45 – 50	0.005	0.022	0.035		
Tööriistateras	$R_m \leq 750$	30 – 35 – 40	0.007	0.024	0.053	35 – 40 – 45	0.004	0.019	0.031		
	$R_m > 750$	25 – 30 – 35	0.009	0.037	0.060	25 – 30 – 35	0.005	0.022	0.035		
Valuteras	$R_m \leq 700$	40 – 45 – 50	0.007	0.024	0.053	45 – 50 – 55	0.004	0.019	0.031		
	$R_m > 700$	35 – 40 – 45	0.007	0.024	0.053	40 – 45 – 50	0.004	0.019	0.031		
Roosteavabateras	austeniitne $R_m \leq 680$	20 – 25 – 30	0.007	0.032	0.053	25 – 30 – 35	0.004	0.019	0.031		
	austeniitne $R_m > 680$	15 – 20 – 25	0.007	0.032	0.053	15 – 20 – 25	0.004	0.019	0.031		
	ferritiitne $R_m \leq 700$	25 – 30 – 35	0.007	0.032	0.053	25 – 30 – 35	0.004	0.019	0.031		
martensiitne $R_m > 500$	10 – 15 – 20	0.009	0.037	0.060	10 – 15 – 20	0.005	0.022	0.035			
Liblegraafitmal	≤ 200 HB	30 – 55 – 60	0.007	0.032	0.053	55 – 60 – 65	0.004	0.019	0.031		
	> 200 HB	25 – 45 – 55	0.007	0.032	0.053	50 – 55 – 60	0.004	0.019	0.031		
Keragraafitmal	≤ 250 HB	35 – 40 – 45	0.007	0.032	0.053	40 – 45 – 50	0.004	0.019	0.031		
	> 250 HB	25 – 30 – 35	0.007	0.032	0.053	30 – 35 – 35	0.004	0.019	0.031		
Tempermalm	≤ 230 HB	35 – 40 – 45	0.007	0.032	0.053	40 – 45 – 50	0.004	0.019	0.031		
	> 230 HB	25 – 30 – 35	0.007	0.032	0.053	30 – 35 – 35	0.004	0.019	0.031		
Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 300$	180 – 200 – 220	0.010	0.049	0.085	220 – 230 – 240	0.006	0.036	0.050		
Vanandatud Al-sulam	$R_m > 300$	100 – 120 – 140	0.014	0.062	0.094	130 – 140 – 150	0.008	0.041	0.055		
Alumiiniumi valusulam	≤ 75 HB	90 – 100 – 110	0.018	0.069	0.102	100 – 110 – 120	0.011	0.028	0.060		
	> 75 HB	80 – 90 – 100	0.018	0.069	0.102	90 – 100 – 110	0.011	0.028	0.060		
CuZn-sulam (messing)	$R_m \leq 600$	80 – 85 – 90	0.014	0.062	0.094	90 – 95 – 100	0.008	0.036	0.055		
CuSn-sulam (pronks)	$R_m \leq 700$	40 – 50 – 60	0.014	0.062	0.094	50 – 60 – 70	0.008	0.036	0.055		
Termoplastid	–	50 – 55 – 60	0.014	0.062	0.094	55 – 60 – 65	0.008	0.036	0.055		

¹⁾ Pindeta otsfrees (HSS): $v_c \cdot 0.35$ (parandustegur).

²⁾ Lõikekiiruse v_c ja hambaetenihe f_t algväärtus on tähistatud paksult ("normaalset" töötustingimused).

• Lõikekiiruse v_c või hambaetenihe f_t väiksem väärtus tähistab "ebasoodsaid" töötustingimusi.

• Lõikekiiruse v_c või hambaetenihe f_t suurem väärtus tähistab "soodsaid" töötustingimusi.

Töötustingimuste selgitus: lk 327.

³⁾ Koorival: f_t kui $a_e = 0.5 \cdot d$ ja $a_p = 1.0 \cdot d$; viimistlev: f_t kui $a_e = 0.1 \cdot d$ ja $a_p = 1.0 \cdot d$.



Lõikeparameetrid otsfreesimiseks

Standardväärtused otsfreesimiseks kiirlõiketerasest (HSS) otsfreesiga (pindega)

Lõikeristmaterjali grupid			v_c lõikekiirus d freesi läbimõõt n pöörlemissagedus v_f ettenihkekiirus f_t hambaetenihe N hammaste arv a_p lõikesügavus a_n lõikelaius		Pöörlemissagedus $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$			Ettenihkekiirus $v_f = n \cdot f_t \cdot N$			
	Tooriku materjal		Koorivtöötus			Viimistlevtöötus					
	Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus R_m , N/mm ² või kõvadus HB	Lõikekiirus $v_c^{(1)}$ mm/min	Freesi läbimõõt d , mm			Lõikekiirus $v_c^{(1)}$ mm/min				
			4.0	12.0	20.0		4.0	12.0	20.0		
			Ettenihe $f_t^{(2)}$, mm/p				Ettenihe $f_t^{(2)}$, mm/p				
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	130 – 140 – 150	0.023	0.080	0.120	170 – 190 – 210	0.032	0.080	0.107	
		$R_m > 500$	110 – 120 – 130	0.023	0.080	0.120	150 – 170 – 190	0.032	0.080	0.107	
	Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 570$	110 – 120 – 130	0.023	0.080	0.120	150 – 170 – 190	0.032	0.080	0.107	
		$R_m > 570$	90 – 100 – 110	0.023	0.080	0.120	125 – 140 – 155	0.023	0.063	0.100	
	Tsementiitud teras	$R_m \leq 570$	110 – 120 – 130	0.014	0.045	0.080	150 – 170 – 190	0.032	0.080	0.107	
		$R_m > 570$	70 – 80 – 90	0.013	0.040	0.065	90 – 100 – 110	0.020	0.060	0.080	
	Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 650$	110 – 120 – 130	0.023	0.080	0.120	150 – 170 – 190	0.032	0.080	0.107	
		$R_m > 650$	90 – 100 – 110	0.014	0.045	0.080	145 – 160 – 175	0.032	0.080	0.107	
	Parendatud legeerteras	$R_m \leq 750$	75 – 85 – 95	0.014	0.045	0.080	110 – 120 – 130	0.023	0.063	0.100	
		$R_m > 750$	60 – 70 – 80	0.013	0.040	0.065	85 – 95 – 105	0.020	0.060	0.080	
Tööriistateras	$R_m \leq 750$	75 – 85 – 95	0.014	0.045	0.080	110 – 120 – 130	0.023	0.063	0.100		
	$R_m > 750$	55 – 65 – 75	0.013	0.040	0.065	80 – 90 – 100	0.020	0.060	0.080		
Valuteras	$R_m \leq 700$	75 – 90 – 105	0.014	0.045	0.080	110 – 125 – 140	0.023	0.063	0.100		
	$R_m > 700$	60 – 75 – 90	0.013	0.040	0.065	85 – 100 – 115	0.020	0.060	0.080		
M	Roostevaba- teras	austenitne	$R_m \leq 680$	75 – 85 – 95	0.015	0.050	0.090	100 – 110 – 120	0.023	0.063	0.115
		ferriitne	$R_m > 680$	75 – 85 – 95	0.012	0.045	0.075	80 – 90 – 100	0.020	0.060	0.100
		martensiitne	$R_m \leq 700$	80 – 90 – 100	0.015	0.050	0.090	100 – 110 – 120	0.023	0.063	0.115
			$R_m > 500$	55 – 65 – 75	0.012	0.045	0.075	65 – 75 – 85	0.020	0.060	0.100
K	Liblegrafiitmalm	≤ 200 HB	115 – 130 – 145	0.020	0.060	0.100	135 – 150 – 165	0.020	0.089	0.125	
		> 200 HB	90 – 100 – 110	0.020	0.060	0.100	110 – 120 – 130	0.020	0.089	0.125	
	Keragrafiitmalm	≤ 250 HB	95 – 105 – 115	0.020	0.060	0.100	110 – 120 – 130	0.020	0.089	0.125	
		> 250 HB	80 – 90 – 100	0.020	0.060	0.100	105 – 115 – 130	0.020	0.089	0.125	
	Tempermalm	≤ 230 HB	75 – 85 – 95	0.020	0.060	0.100	90 – 100 – 110	0.020	0.089	0.125	
		> 230 HB	70 – 80 – 90	0.020	0.060	0.100	80 – 90 – 100	0.020	0.089	0.125	
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 350$	320 – 350 – 380	0.020	0.070	0.120	750 – 800 – 850	0.024	0.079	0.126	
	Al-sulam	–	270 – 300 – 330	0.020	0.070	0.120	550 – 600 – 650	0.024	0.079	0.126	
	Alumiiniumi valusulam	–	200 – 220 – 240	0.020	0.070	0.120	360 – 400 – 440	0.024	0.079	0.126	
	CuZn-sulam (messing)	$R_m \leq 600$	250 – 280 – 310	0.020	0.070	0.120	290 – 320 – 350	0.024	0.079	0.126	
	CuSn-sulam (prons)	$R_m \leq 700$	250 – 280 – 310	0.020	0.070	0.120	290 – 320 – 350	0.024	0.079	0.126	
	Termoplastid	–	225 – 240 – 265	0.015	0.070	0.120	260 – 280 – 300	0.024	0.079	0.126	
	Reaktoplastid	–	70 – 80 – 90	0.015	0.070	0.120	135 – 150 – 165	0.024	0.079	0.126	

¹⁾ Lõikekiiruse v_c ja hambaetenihe f_t algväärtus on tähistatud paksult ("normaalsed") töötustingimused).

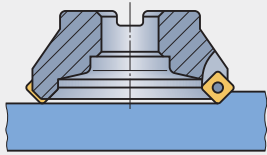
- Lõikekiiruse v_c või hambaetenihe f_t väiksem väärtus tähistab "ebasoodsaid" töötustingimusi.
- Lõikekiiruse v_c või hambaetenihe f_t suurem väärtus tähistab "soodsaid" töötustingimusi.

Töötustingimuste selgitus: lk 327.

²⁾ Koorival: f_t kui $a_n = 0.5 \cdot d$ ja $a_p = 1.0 \cdot d$; viimistleva: f_t kui $a_n = 0.1 \cdot d$ ja $a_p = 1.0 \cdot d$.

Tõrked freesimisel, jagamispeaga jagamine

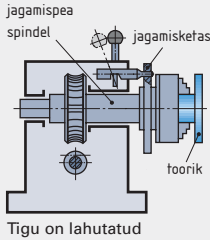
Tõrgete analüüs ja kõrvaldus freesimisel

Probleemid								Võimalikud korrigeerivad meetmed	
Loikepindade suur kulumine	Loikeservade deformeerumine	Terakasvaja moodustumine	Loikeservaga risti tekkinud praod	Loikeserva murenemine	Loikeserva murdumine	Halb pinnakvaliteet	Vibratsioon		
↓	↓	↑	↓	↑					Muuta loikekiirust v_c
↑		↑		↑	↓	↓	↑		Muuta hambaaeteniheit f_t
	●					●			Valida kulumiskindlam karbiidkermise tüüp
			●	●	●				Valida sitkem karbiitkermise tüüp
							●		Kasutada hõredama sammuga freesi
						●	●		Muuta freesi asendit tooriku suhtes
		●	●	●					Freesida jahutusvedelikuta

● lahendatav probleem ↑ suurendada lõikeparameetri väärtust ↓ vähendada lõikeparameetri väärtust

Jagamispeaga jagamine

Otsene jagamine



Otsese jagamise korral pööratakse jagamispea spindlit koos jagamisketta ja toorikuga soovitud järgmise sammu võrra. Tigu on tigurattast lahutatud.

D jaotuste arv
 n_h jagamisketta aukude arv
 n_l jagamise samm; jagamisaukude intervall
 α jaotuste nurk

Näide:

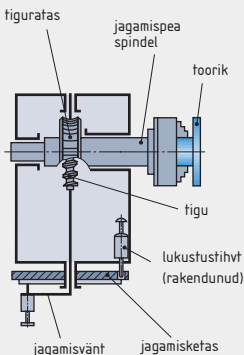
$$n_h = 24; D = 8; n_l = ? \qquad n_l = \frac{n_h}{D} = \frac{24}{8} = 3$$

Jagamise samm

$$n_l = \frac{n_h}{D}$$

$$n_l = \frac{\alpha \cdot n_h}{360^\circ}$$

Kaudne jagamine



Kaudse jagamise korral pööratakse jagamispea spindlit teo ja tiguratta abil.

D jaotuste arv α jaotuste nurk
 i jagamispea ülekandearv
 n_c jagamise samm; jagamisvānda (teo) pöõrete arv ühe jaotuse kohta

Näide 1:

$$D = 68; i = 40; n_c = ? \qquad n_c = \frac{i}{D} = \frac{40}{68} = \frac{10}{17}$$

Näide 2:

$$\alpha = 37.2^\circ; i = 40; n_c = ?$$

$$n_c = \frac{i \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{40 \cdot 37.2^\circ}{360^\circ} = \frac{37.2}{9} = \frac{186}{9 \cdot 5} = 4 \frac{2}{15}$$

Jagamise samm

$$n_c = \frac{i}{D}$$

$$n_c = \frac{i \cdot \alpha}{360^\circ}$$

Jagamisketta aukude arv

15	16	17	18	19	20
21	23	27	29	31	33
37	39	41	43	47	49

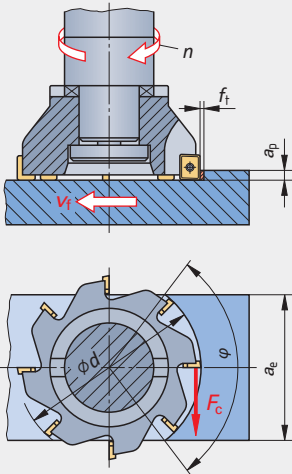
või

17	19	23	24	26	27
28	29	30	31	33	37
39	41	42	43	47	49
51	53	57	59	61	63



Lõikejõud ja võimsus freesimiseks

Laupfreesimine



- F_c lõikejõud hambale, N
- A laastu ristlõige hamba kohta, mm²
- a_p lõikesügavus, mm
- a_e lõikelaius (freesimise laius), mm
- h laastu paksus, mm
- f_t hambaettenihe, mm
- d freesi läbimõõt mm
- v_c lõikekiirus, m/min
- v_f ettenihkekiirus, mm/min
- N hammaste arv
- N_e lõikavate hammaste arv
- φ hambumisnurk (°)
- k_c erilõikejõud, N/mm² (lk 305)
- $k_{c1.1}$ erilõikejõu baasväärtus, N/mm², kui $h = 1$ mm ja $b = 1$ mm (lk 305)
- m_c materjali konstant (lk 305)
- C_1 lõikeriistamaterjali parandustegur
- C_2 lõikeserva kulumise parandustegur
- P_c lõikevõimsus, kW
- P_1 ajami võimsus, kW
- η freespingi efektiivsus

Ettenihkekiirus

$$v_f = N \cdot f_t \cdot n$$

Laastu paksus, kui $d/a_e = (1.2 \dots 1.6)^{1)}$

$$h \approx f_t$$

Erilõikejõud

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}}$$

Laastu ristlõige hamba kohta

$$A = a_p \cdot f$$

Lõikejõud hambal²⁾

$$F_c = k_c \cdot A \cdot C_1 \cdot C_2$$

Lõikavate hammaste arv

$$N_e = N \cdot \frac{\varphi}{360^\circ}$$

Lõikevõimsus

$$P_c = N_e \cdot F_c \cdot v_c$$

Ajami võimsus

$$P_1 = \frac{P_c}{\eta}$$

Lõikeriistamaterjali parandustegur C_1

Lõikeriistamaterjal	C_1
Kiirlõiketeras	1.2
Karbiidkermis	1.0
Keraamika	0.9

Lõikeserva kulumise parandustegur C_2

Lõikeserv	C_2
kulub	1.3
ei kulu	1.0

Näide:

Materjal 16MnCr5; 90° karbiidkermisest lõikeplaadidega laupfrees; arvestada lõikeserva kulumist; $d = 180$ mm; $N = 8$; $a_e = 120$ mm; $a_p = 6$ mm; $f_t = 0.12$ mm; $v_c = 165$ m/min; $\eta = 0.8$.

Leida: h ; $k_{c1.1}$; m_c ; k_c ; A ; C_1 ; C_2 ; F_c ; φ ; N_e ; P_c ; P_1

Lahendus:

$$\frac{d}{a_e} = \frac{180 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} = 1.5; h \approx f_t; h \approx 0.12 \text{ mm}$$

$$k_{c1.1} = 2100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; m_c = 0.26 \text{ (tabel lk 305)}$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} = \frac{2100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0.12^{0.26}} = 3644.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(k_c tabelist lk 305: $h = 0.12$ mm, ümardatult = 0.10 mm
Tabelist: $k_c = 3821$ N/mm²)

$$A = a_p \cdot f_t = 6 \text{ mm} \cdot 0.12 \text{ mm} = 0.72 \text{ mm}^2$$

$$C_1 = 1.0; C_2 = 1.3$$

$$F_c = k_c \cdot A \cdot C_1 \cdot C_2 = 3644.4 \text{ mm} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0.72 \text{ mm}^2 \cdot 1.0 \cdot 1.3 = 3411.2 \text{ N}$$

$$\frac{d}{a_e} = \frac{180 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} = 1.5; \varphi = 83^\circ \text{ (alolev tabel)}$$

$$N_e = N \cdot \frac{\varphi}{360^\circ} = 8 \cdot \frac{83^\circ}{360^\circ} = 1.84$$

$$P_c = N_e \cdot F_c \cdot v_c = 1.84 \cdot 3411.2 \text{ N} \cdot \frac{165 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 17260.7 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 17.3 \text{ kW}$$

$$P_1 = \frac{P_c}{\eta} = \frac{17.3 \text{ kW}}{0.8} = 21.6 \text{ kW}$$

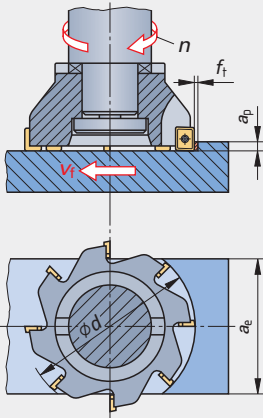
Hambumisnurk φ

d/a_e	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60
φ°	113	106	100	96	91	87	83	80	77

¹⁾ Soodsate tööstustingimuste tagamiseks tuleks freesi läbimõõt valida vahemikus $d/a_e = (1.2 - 1.6)$.

²⁾ Lihtsustused: Lõikejõu arvutamisel võetakse lõikekiiruse ja lõikeriistamaterjali mõju arvesse läbi parandusteguri C_1 . Lõikeplaadi esinurka ja teisi mõjutegureid (laastumurdja, pinne jne) arvesse ei võeta.

Töötusaeg freemiseks



t_p töötusaeg
 l tooriku pikkus
 a_p lõikesügavus
 a_e lõikelaius
 l_a lähenemise kaugus
 l_{oi} ülejooksu kaugus
 l_{st} algasendi kaugus
 L lõikepikkus
 d freesi läbimõõt
 n pöörlemissagedus
 f ettenihke
 f_t hambaettenihke
 N hammaste arv
 v_c lõikekiirus
 v_f ettenihkekiirus
 i läbimite arv

Töötusaeg

$$t_p = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

$$t_p = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

Freesi ettenihke

$$f = f_t \cdot N$$

Ettenihkekiirus

$$v_f = n \cdot f$$

$$v_f = n \cdot f_t \cdot N$$

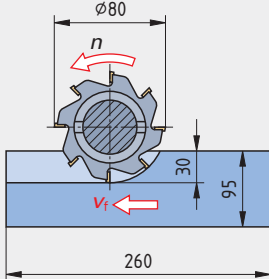
Pöörlemissagedus

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Lõikepikkuse L ja algasendi l_{st} suhe freemiseks

Laupfreemimine

Päriefreemimine	Vastufreemimine		Silinderlaupfreemimine
	$a_e > 0.5 \cdot d$	$a_e < 0.5 \cdot d$	
$L = l + 0.5 \cdot d + l_a + l_{oi} - l_{st}$	$L = l + 0.5 \cdot d + l_a + l_{oi}$	$L = l + l_a + l_{oi} + l_{st}$	
$l_{st} = 0.5 \cdot \sqrt{d^2 - a_e^2}$		$l_{st} = \sqrt{a_e \cdot d - a_e^2}$	



Näide:

Laupfreemimine (vt joonist vasakul), $N = 10$, $f_t = 0.08$ mm/p, $v_c = 30$ m/min, $l_a = l_{oi} = 1.5$ mm, $i = 1$

Leida: n ; v_f ; L ; t_p

$$\text{Lahendus: } n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{\pi \cdot 0.08 \text{ m}} = 119 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = n \cdot f_t \cdot N = 119 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0.08 \text{ mm} \cdot 10 = 95.2 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$\frac{a_e}{d} = \frac{30 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.375, \text{ siit järeldub: } a_e < 0.5 \cdot d$$

$$L = l + l_a + l_{oi} + l_{st};$$

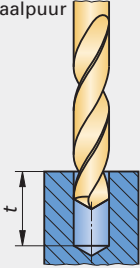
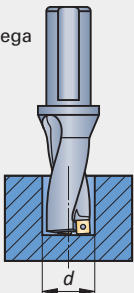
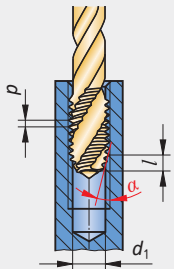
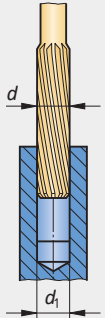
$$l_{st} = \sqrt{a_e \cdot d - a_e^2} = \sqrt{30 \text{ mm} \cdot 80 \text{ mm} - (30 \text{ mm})^2} = 38.7 \text{ mm}$$

$$L = 260 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm} + 38.7 \text{ mm} = 301.7 \text{ mm}$$

$$t_p = \frac{L \cdot i}{v_f} = \frac{301.7 \text{ mm} \cdot 1}{95.2 \frac{\text{mm}}{\text{min}}} = 3.2 \text{ min}$$

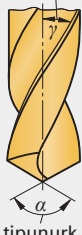


Puurimine, keermestamine ja hõõritsemine

Puurimine				
Spiraalpuur  Lõike- plaatidega puur 	Valiku kriteeriumid	Spiraalpuur		Karbiidkermisest lõikeplaatidega puur
	Puuri materjal	Kiirlõiketeras HSS	Karbiidkermis SC	
	Puuri läbimõõt d	(0.2 ... 20) mm	(1 ... 20) mm	(12 ... 60) mm
	Puurimissügavus t	$(2 \dots 10) \cdot d$	$(2 \dots 12) \cdot d$	$(2 \dots 4) \cdot d$
	Puurimistäpsus	IT10	IT8	± 0.1 mm
	Omadused	Standardpuur, väikesed lõikeparameetrid, lõikeserva jahutus, madal kulumiskindlus, odav.	Suur jäikus, hea tsentreerimine, suurem lõikekiirus kui HSS-iga, hea laastueemaldus, pikem püsivusaeg, sobib ka karastatud terasele.	Puuri kuju ja pikkus on konstantsed, eelistatavam puur, ei ole teritatav.
Pind	Tüüp	Töödeldavad materjalid		
	TiN	kõrglegeerteras, hea lõiketöödeldavusega teras, paren-datud teras, konstruktsiooniteras, roostevabateras, malm, alumiiniumi valusulamid		
	TiAlN	kõrglegeerteras, roostevabateras		
	Puudub	deformeeritav Al-sulam, CuZn-sulamid		
Jahutusvedeliku kasutus	Väline jahutusvedeliku etteanne Hea laastu moodustumise ja väikese ava sügavuse korral. Tööriistasine jahutusvedeliku etteanne Kasutatakse laastu eemaldamiseks avast, mille sügavus $t > 3 \cdot d$ ja/või vedeliku surve $p > 10$ bar.			
Keermestamine				
 l lõikeosa p keermes samm	Töö- etapid	<ul style="list-style-type: none"> Ava puurimine (lk 210); Ava süvistamine 90° koonussüvistiga; Ava keermestamine. 		
	Keermete kasutus			
	Kuju/ α	Lõikeosa l	Laastusooone kuju	Kasutus
	A/5°	$\approx 7 \cdot P$	sirge	Läbivad
	B/8°	$\approx 4.5 \cdot P$	sirge + spiraalpunkt	Läbivad, voolavlaastuga materjalid
	C/15°	$\approx 2.5 \cdot P$	sirge/spiraal	Läbivad/umbavad, murdelaastuga materjalid
D/8°	$\approx 4.5 \cdot P$	sirge/spiraal	Umbavad pika väljajooksuonega	
E/23°	$\approx 1.75 \cdot P$	sirge/spiraal	Umbavad lühikese väljajooksuonega	
Hõõritsemine				
	Töö- etapid	<ul style="list-style-type: none"> Ava puurimine (töötlusvarud lk 339); Hõõritsemine. 		
	Ava kujud	Soone kuju	Kasutus	
		Sirge	Siledad puuritud avad, põhjani töötlemist vajavad umbavad, kôvad ja haprad materjalid, nt teras, mille $R_m > 700$ N/mm ² , malm, CuZn-sulamid.	
		Vasakukäeline krurvijoon < 15°	Parema pinnakvaliteedi saavutamine; puuritud avad, kus võib esineda pilusid, sooni, jne; vertikaalavad.	
	Vasakukäeline krurvijoon $\approx 45^\circ$	Parema pinnakvaliteedi saavutamine, suured ettenihked pehmete materjalide töötluks.		
Tolerantsiklass	Võimalik saavutada tolerantsiklass kuni IT6, nt H6.			

Lõikeparameetrid puurimiseks

Spiraalpuur, puuride tüübid, nurgad

krvivjoone tõusunurk	Tüüp ¹⁾	Kasutus	Tõusunurk γ ²⁾	Tipunurk α ³⁾
 tipunurk	N	Materjalide puurimiseks, mille tõmbetugevus $R_m \approx 1000 \text{ N/mm}^2$, nt konstruktsiooniteras, tsementiitudud ja parendatud teras.	19°– 40°	118°
	H	Hapraste, murdelaastuga mitteraudmetallide ja plastide puurimiseks, nagu CuZn-sulamid ja PMMA (pleksiklaas).	10°– 19°	118°
	W	Pehmete, voolava laastuga mitteraudmetallide ja plastide puurimiseks, nagu Al- ja Mg-sulamid, PA (polüamiid) ja PVC.	27°– 47°	130°

¹⁾ Tööriista kasutusegrupp HSS tööriistadele vastavalt standardile DIN 1836.

²⁾ Sõltub puuri läbimõõdust ja sammust. ³⁾ Standardväärtus.

Standardväärtused puurimiseks kiirlõiketerasest spiraalpuuriga ja karbiidkermisest puuriga

1)	Tooriku materjal		Lõikekiirus v_c ^{2),4)} m/min		Puuri läbimõõt d mm					
	Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus R_m , N/mm ² või kõvadus HB ³⁾	HSS spiraalpuur pindega	Karbiidkermis spiraalpuur pindega	2	5	8	12	16	
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	38 – 50 – 63	70 – 85 – 100	0.05	0.13	0.22	0.27	0.32	
		$R_m > 500$	31 – 37 – 44	70 – 85 – 100	0.05	0.13	0.22	0.27	0.32	
	Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 550$	31 – 37 – 44	70 – 85 – 100	0.05	0.13	0.22	0.27	0.32	
		$R_m > 550$	25 – 31 – 38	60 – 75 – 85	0.03	0.08	0.11	0.17	0.22	
	Tsementiitudud süsinikteras	$R_m > 550$	31 – 37 – 44	70 – 85 – 100	0.03	0.08	0.11	0.17	0.22	
	Tsementiitudud legeerteras	$R_m \leq 750$	19 – 22 – 25	60 – 75 – 85	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15	
		$R_m > 750$	10 – 12 – 15	50 – 65 – 80	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15	
	Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 650$	31 – 37 – 44	70 – 85 – 100	0.03	0.08	0.11	0.17	0.22	
		$R_m > 650$	25 – 27 – 31	60 – 75 – 85	0.02	0.06	0.10	0.15	0.19	
	Parendatud legeerteras	$R_m \leq 750$	19 – 21 – 25	60 – 75 – 85	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15	
$R_m > 750$		10 – 12 – 15	50 – 65 – 80	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15		
Tööriistateras	$R_m \leq 750$	13 – 16 – 19	60 – 75 – 85	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15		
	$R_m > 750$	10 – 12 – 15	40 – 55 – 70	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15		
M	Roosteava-teras	austeniitne	$R_m \leq 680$	13 – 19 – 25	30 – 40 – 50	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15
		martensiitne	$R_m > 680$	10 – 15 – 19	25 – 35 – 45	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15
			$R_m > 500$	8 – 10 – 13	25 – 30 – 35	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15
K	Liblegrafiitmalm	$\leq 200 \text{ HB}$	25 – 31 – 38	80 – 105 – 130	0.05	0.13	0.22	0.27	0.32	
	Keragrafiitmalm	$\leq 250 \text{ HB}$	31 – 37 – 44	70 – 85 – 100	0.05	0.13	0.22	0.27	0.32	
		$> 250 \text{ HB}$	23 – 25 – 28	70 – 85 – 100	0.04	0.11	0.17	0.22	0.27	
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 350$	50 – 87 – 125	180 – 240 – 300	0.05	0.15	0.19	0.24	0.32	
	Al-sulam, murdelaast	$R_m \leq 700$	38 – 56 – 75	120 – 170 – 230	0.05	0.15	0.19	0.24	0.32	
	Alumiiniumi valusulam	–	38 – 50 – 63	120 – 170 – 230	0.03	0.09	0.15	0.22	0.27	
	CuZn-sulam	murdelaast	$R_m \leq 600$	75 – 100 – 125	120 – 170 – 230	0.09	0.19	0.27	0.32	0.28
		voolavlaast	$R_m \leq 600$	44 – 56 – 75	120 – 170 – 230	0.05	0.16	0.22	0.27	0.28
	CuSn-sulam	murdelaast	$R_m \leq 600$	31 – 50 – 63	120 – 170 – 230	0.05	0.09	0.15	0.22	0.27
		voolavlaast	$R_m \leq 850$	19 – 29 – 44	90 – 135 – 180	0.05	0.09	0.15	0.22	0.27
	Termoplastid	–	20 – 30 – 40	–	0.05	0.08	0.14	0.20	0.25	
Reaktoplastid	–	10 – 15 – 20	–	0.05	0.08	0.14	0.20	0.25		

¹⁾ Lõikeriistamaterjali grupp vastavalt DIN 513, lk 309; kehtib ainult kõvade materjalide korral nagu nt karbiidkermis.

²⁾ Lõikekiiruse valiku kriteeriumid: (töötustingimuste selgitus, lk 316)

- Lõikekiiruse v_c algväärtus on tähistatud paksult ("normaalsed") töötustingimused).
- Lõikekiiruse v_c väiksem väärtus tähistab "ebasoodsaid" töötustingimusi.
- Lõikekiiruse v_c suurem väärtus tähistab "soodsaid" töötustingimusi.

³⁾ Kõvadusarvude ja tõmbetugevuse teisendustabel lk 205, kõvadusarvud väljastusolekus lk 137.

⁴⁾ Pindeta lõikeriistad 70%.



Lõikeparameetrid tsentriava puurimiseks, süvistamiseks, hõõritsemiseks

Standardväärtused tsentriava puurimiseks/süvistamiseks HSS ja karbiidkermisest tsentripuuriga

3)	Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus R_m , N/mm ² või kõvadus HB ⁴⁾	Lõikekiirus $v_c^{2)}$ m/min		Tsentripuuri läbimõõt d , mm				
			HSS tsentripuur pindega	Karbiidkermis tsentripuur pindega	4	6	10	16	20
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	38 – 50 – 63	80 – 90 – 100	0.08	0.11	0.14	0.14	0.14
		$R_m > 500$	31 – 37 – 44	60 – 80 – 90	0.08	0.11	0.14	0.14	0.14
	Tsementiitidud süsinikteras	$R_m \leq 750$	25 – 30 – 35	60 – 80 – 90	0.07	0.10	0.12	0.12	0.12
		$R_m > 950$	19 – 22 – 25	50 – 65 – 70	0.07	0.10	0.12	0.12	0.12
	Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 670$	31 – 37 – 44	60 – 80 – 90	0.08	0.11	0.14	0.14	0.14
$R_m \leq 950$		19 – 21 – 25	45 – 55 – 65	0.06	0.09	0.12	0.12	0.12	
Tööriistateras	$R_m \leq 800$	13 – 16 – 19	50 – 60 – 65	0.06	0.10	0.12	0.12	0.12	
M	Roostevabateras austeniitne	$R_m \leq 700$	13 – 19 – 25	20 – 25 – 30	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
		$R_m = 700 \dots 850$	10 – 15 – 19	20 – 25 – 30	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
	martensiitne	$R_m \leq 1100$	7 – 10 – 13	25 – 35 – 45	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
K	Liblegrafiitmalm	≤ 250 HB	25 – 31 – 38	80 – 90 – 100	0.08	0.11	0.12	0.12	0.12
		> 250 HB	25 – 31 – 38	80 – 90 – 100	0.07	0.10	0.11	0.11	0.11
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 350$	50 – 87 – 125	220 – 260 – 300	0.03	0.04	0.07	0.07	0.07
	CuZn-sulam murdelaast	$R_m \leq 600$	75 – 100 – 125	180 – 200 – 240	0.02	0.03	0.06	0.06	0.06
		voolavlaast	$R_m \leq 600$	44 – 56 – 75	150 – 180 – 200	0.02	0.03	0.06	0.06	0.06
	CuSn-sulam murdelaast	$R_m \leq 600$	31 – 50 – 63	130 – 140 – 160	0.02	0.03	0.06	0.06	0.06
		voolavlaast	$R_m \leq 850$	19 – 29 – 44	110 – 130 – 150	0.02	0.03	0.06	0.06	0.06

Standardväärtused hõõritsemiseks HSS ja karbiidkermisest hõõritsaga¹⁾

3)	Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus R_m , N/mm ² või kõvadus HB ⁴⁾	Lõikekiirus $v_c^{2)}$ m/min		Hõõritsa läbimõõt d mm				
			HSS hõõrits pindeta	Karbiidkermis hõõrits pindeta	5	8	10	15	20
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	10 – 11 – 12	30 – 35 – 38	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30
		$R_m > 500$	6 – 7 – 8	25 – 30 – 35	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30
	Tsementiitidud süsinikteras	$R_m \leq 750$	6 – 7 – 8	20 – 25 – 30	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30
		$R_m > 950$	4 – 5 – 6	12 – 15 – 18	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30
	Parendatud süsinikteras	$R_m \leq 670$	8 – 9 – 10	25 – 30 – 35	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30
$R_m \leq 950$		3 – 4 – 5	12 – 15 – 18	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30	
Tööriistateras	$R_m \leq 800$	6 – 7 – 8	15 – 20 – 25	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30	
M	Roostevabateras austeniitne	$R_m \leq 700$	6 – 7 – 8	12 – 15 – 18	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30
		$R_m = 700 \dots 850$	4 – 5 – 6	12 – 15 – 18	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30
	martensiitne	$R_m \leq 1100$	4 – 5 – 6	10 – 12 – 15	0.12	0.15	0.15	0.18	0.20
K	Liblegrafiitmalm	≤ 250 HB	8 – 9 – 10	10 – 12 – 15	0.15	0.18	0.20	0.25	0.30
		> 250 HB	4 – 5 – 6	8 – 10 – 12	0.12	0.15	0.20	0.25	0.30
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 350$	15 – 18 – 20	20 – 25 – 30	0.20	0.26	0.30	0.35	0.40
	Al-sulam, murdelaast	$R_m \leq 700$	10 – 11 – 12	15 – 20 – 30	0.20	0.26	0.30	0.35	0.40
	CuZn-sulam murdelaast	$R_m \leq 600$	12 – 13 – 14	20 – 25 – 30	0.20	0.26	0.30	0.35	0.40
		voolavlaast	$R_m \leq 600$	10 – 11 – 12	20 – 25 – 30	0.20	0.26	0.30	0.35	0.40
	CuSn-sulam murdelaast	$R_m \leq 600$	12 – 13 – 14	20 – 25 – 30	0.20	0.26	0.30	0.35	0.40
voolavlaast		$R_m \leq 850$	10 – 11 – 12	15 – 20 – 25	0.20	0.26	0.30	0.35	0.40

¹⁾ Töötulusvaru terase korral: $d < 20$ mm: 0.2 mm, $d > 20$ mm: 0.3 mm.

Töötulusvaru mitteraudmetallide korral: $d < 20$ mm: 0.3 mm, $d > 20$ mm: 0.4 mm.

²⁾ Lõikekiiruse valiku kriteeriumid lk 338.

³⁾ Lõikeriistmaterjali grupid vastavalt DIN 513, lk 309; kehtib ainult kõvade lõikematerjalide korral (nt karbiidkermis).

⁴⁾ Kõvadarvude ja tõmbetugevuse teisendustabel lk 205, kõvadarvud väljastusolekuk lk 137.

⁵⁾ Terase korral vähendatakse ettenihet HSS hõõritsate ja HSS tsentripuuridega töötlemisel umbes $\frac{1}{3}$ võrra.

Lõikeparameetrid süvistamiseks

Kasutusnäide: puurimine

n pöörlemissagedus, $1/\text{min}$
 v_c lõikekiirus, m/min

f ettenihe, mm/p
 v_f ettenihkekiirus, mm/min
 d puuri läbimõõt, mm

Pöörlemissagedus

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Näide:

Karbiidkernisest puur, pindega, puuri läbimõõt $d = 12 \text{ mm}$
 Materjal: 42CrMo4+A (sferoidiseeritud)

Leida: lõikeparameetrid n , f , v_f , v_c

Lahendus: 42CrMo4+A → parentatud legeerteras, kõvadus väljastusolekus
 HBW = 241 (lk 138) → $R_m = 770 \text{ N}/\text{mm}^2$ (lk 205)

lõikeparameetrid (lk 338): $v_c = 65 \text{ m}/\text{min}$ (algväärtus), $f = 0.13 \text{ mm}/\text{p}$

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{65 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{\text{m}}}{\pi \cdot 12 \text{ mm}} = 1724 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f \cdot n = 0.13 \text{ mm} \cdot 1724 \frac{1}{\text{min}} = 224.1 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Ettenihkekiirus

$$v_f = f \cdot n$$

Standardväärtused kooniliseks süvistamiseks

Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus R_{m1} , N/mm^2 või kõvadus HB ¹⁾	Lõikekiirus ²⁾ v_c , m/min kiir lõikekerasest koonussüvisti		Ettenihe f , mm koonussüvisti läbimõõdul d , mm					
		pindeta	pindega	6	10	16	20	25	
Konstruktsiooniteras	$R_m < 500$	26 – 28 – 30	31 – 34 – 36	0.09	0.12	0.14	0.16	0.20	
	$R_m > 500$	25 – 27 – 28	30 – 32 – 36	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	
Hea lõiketöödeldavusega teras	$R_m \leq 800$	25 – 27 – 28	30 – 32 – 36	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	
	$R_m > 800$	18 – 22 – 25	22 – 26 – 30	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	
Tsementiitidud	süsinikteras	$R_m \leq 750$	25 – 27 – 28	30 – 32 – 34	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18
	legeerteras	$R_m \leq 980$	18 – 22 – 25	21 – 26 – 30	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
		$R_m > 980$	6 – 8 – 10	7 – 10 – 12	0.04	0.05	0.07	0.08	0.10
Parentatud	süsinikteras	$R_m \leq 1030$	25 – 27 – 28	30 – 32 – 34	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18
	legeerteras	$R_m = 1030 \dots 1150$	18 – 22 – 25	22 – 26 – 30	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18
		$R_m = 850 \dots 980$	18 – 22 – 25	22 – 26 – 30	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
Tööriistateras		$R_m = 1030 \dots 1200$	6 – 8 – 10	7 – 10 – 12	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
		$R_m \leq 850$	18 – 22 – 25	22 – 26 – 30	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
Roostevabateras	austeniidne	$R_m < 850$	4 – 7 – 10	5 – 9 – 12	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
	martensiidne	$R_m < 1100$	4 – 7 – 10	5 – 9 – 12	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
Liblegrafiitmalm		$< 190 \text{ HB}$	11 – 16 – 20	15 – 20 – 24	0.10	0.12	0.16	0.20	0.25
Keragrafiitmalm		$\leq 260 \text{ HB}$	9 – 12 – 15	11 – 14 – 18	0.07	0.08	0.12	0.16	0.20
		$> 260 \text{ HB}$	9 – 12 – 15	11 – 14 – 18	0.07	0.08	0.12	0.16	0.20
Deformeeritav Al-sulam		$R_m < 350$	50 – 70 – 90	60 – 65 – 110	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26
Alumiiniumi valusulam		–	10 – 20 – 30	15 – 30 – 35	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22
CuZn-sulam	murdelaast	$R_m < 600$	50 – 65 – 80	60 – 70 – 90	0.12	0.14	0.14	0.20	0.24
	voolavlaast	$R_m < 600$	30 – 40 – 50	35 – 50 – 60	0.12	0.14	0.18	0.20	0.24
CuSn-sulam	murdelaast	$R_m < 600$	50 – 65 – 80	60 – 70 – 90	0.12	0.14	0.18	0.20	0.24
	voolavlaast	$R_m < 850$	30 – 40 – 50	35 – 50 – 60	0.12	0.14	0.18	0.20	0.24
Termoplastid		–	10 – 30 – 50	10 – 30 – 50	0.12	0.14	0.18	0.20	0.24
Reaktoplastid		–	10 – 35 – 60	10 – 35 – 60	0.12	0.14	0.18	0.20	0.24

¹⁾ Kõvadusarvude ja tõmbetugevuse teisendustabel lk 205, kõvadusarvud väljastusolekus lk 137.

²⁾ Lõikekiiruse v_c algväärtus on tähistatud paksult ("normaalsed" tööstustingimused).



Lõikeparameetrid keermestamiseks, lõikejõud ja võimsus

Standardväärtused keermestamiseks HSS ja karbiidkermisest keermelõikuriga¹⁾

3)	Materjaligrupp	Keskmine tõmbetugevus R_m , N/mm ² või kõvadus HB ⁴⁾	Lõikekiirus v_c ²⁾ mm/min		Jahutus	
			HSS pindeta	Karbiidkermis pindeta		
P	Konstruktsiooniteras	$R_m \leq 500$	14 – 15 – 16	30 – 40 – 50	Emulsioon	
		$R_m > 500$	10 – 11 – 12	28 – 35 – 42	Emulsioon	
P	Tsementiitud, süsinikteras	$R_m \leq 750$	8 – 12 – 15	28 – 35 – 42	Emulsioon	
	Parendatud leegerteras	$R_m > 950$	6 – 9 – 12	25 – 30 – 35	Emulsioon	
K	Malm	Liblegrafiit	≤ 180 HB	20 – 25 – 30	Õli	
			> 180 HB	6 – 8 – 10	20 – 25 – 30	Õli
		Keragrafiit	≤ 250 HB	10 – 12 – 14	10 – 15 – 20	Õli
N	Deformeeritav Al-sulam	$R_m \leq 300$	12 – 16 – 20	40 – 50 – 60	Emulsioon	
	Cu-sulam, murdelaast	$R_m \leq 600$	14 – 16 – 18	25 – 30 – 35	Emulsioon	
	CuZn-sulam, voolavlaast	$R_m \leq 600$	10 – 12 – 14	25 – 30 – 35	Emulsioon	
	CuSn-sulam, voolavlaast	$R_m \leq 850$	8 – 10 – 12	25 – 30 – 35	Emulsioon	

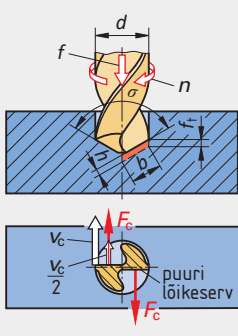
¹⁾ Puuri läbimõõt keermestamiseks lk 210. ²⁾ Lõikekiiruse valiku kriteeriumid lk 241.

³⁾ Lõikeriista materjaligrupid vastavalt DIN 513 lk 309; kehtib ainult kõvade lõikematerjalide korral (nt karbiidkermis).

⁴⁾ Kõvadusarvude ja tõmbetugevuse teisendustabel lk 205, kõvadusarvud väljastusolekus lk 137.

Lõikejõud ja võimsus puurimiseks

Puurimine spiraalpuuriga



F_c lõikejõud lõikeserva kohta, N
 N lõikeservade arv (spiraalpuuril $z = 2$)
 A laastu ristlõige, mm²
 d puuri läbimõõt, mm
 f ettenihe, mm/p
 f_t hambaaettenihe, mm
 σ puuri tipunurk (°)
 h laastu paksus, mm
 C_1, C_2 parandustegurid
 v_c lõikekiirus, m/min
 k_c erilõikejõud, N/mm²
 $k_{c1.1}$ erilõikejõu baasväärtus, N/mm²
 P_c lõikevõimsus, kW
 P_1 tööpingi ajami võimsus, kW
 η tööpingi efektiivsus
 m_c materjali konstant (lk 305)

Laastu ristlõige lõikeserva kohta

$$A = \frac{d \cdot f}{4}$$

Erilõikejõud

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \quad (\text{lk 305})$$

Lõikejõud lõikeserva kohta¹⁾

$$F_c = k_c \cdot A \cdot C_1 \cdot C_2$$

Laastu paksus

$$h = \frac{f}{2} \cdot \sin \frac{\sigma}{2}$$

Lõikevõimsus

$$P_c = \frac{N \cdot F_c \cdot v_c}{2}$$

Ajami võimsus

$$P_1 = \frac{P_c}{\eta}$$

Lõikeriistamaterjali parandustegur C_1

Lõikeriistamaterjal	C_1
Kiirlõiketeras	1.2
Karbiidkermis	1.0

Lõikeserva kulumise parandustegur C_2

lõikeserv	C_2
kulub	1.3
ei kulu	1.0

Näide:

Materjal 42CrMo4, HSS spiraalpuur ($\sigma = 118^\circ$), arvestada lõikeserva kulumist, puuri läbimõõt $d = 16$ mm, $v_c = 17$ m/min, $f = 0.14$ mm

Leida: h ; $k_{c1.1}$; m_c ; k_c ; A ; C_1 ; C_2 ; F_c ; P_c

Lahendus: $h = \frac{f}{2} \cdot \sin \frac{\sigma}{2} = \frac{0.14 \text{ mm}}{2} \cdot \sin 59^\circ = 0.06 \text{ mm}$

$$k_{c1.1} = 2.500 \text{ N/mm}^2; m_c = 0.26 \text{ (tabel lk 305)}$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} = \frac{2.500 \text{ N/mm}^2}{0.06^{0.26}} = 5.195 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{d \cdot f}{4} = \frac{16 \text{ mm} \cdot 0.14 \text{ mm}}{4} = 0.56 \text{ mm}^2$$

$$C_1 = 1.2; C_2 = 1.3 \text{ (parandustegurite tabel } C_1 \text{ ja } C_2)$$

$$F_c = k_c \cdot A \cdot C_1 \cdot C_2 = 5.195 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.56 \text{ mm}^2 \cdot 1.2 \cdot 1.3 = 4.538 \text{ N}$$

$$P_c = \frac{z \cdot F_c \cdot v_c}{2} = \frac{2 \cdot 4.538 \text{ N} \cdot 17 \text{ m}}{60 \text{ s} \cdot 2} = 1.286 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1.286 \text{ W} = 1.3 \text{ kW}$$

¹⁾ Lihtsustused: Lõikejõu arvutamisel võetakse lõikekiiruse ja lõikeriista materjali mõju arvesse läbi parandusteguri C_1 . Lõikeserva kulumine võetakse arvesse läbi parandusteguri C_2 . Muid mõjutegureid ei arvestata.

Töötusaeg puurimiseks, hõõritsemiseks ja süvistamiseks. Tõrked puurimisel

Töötusaeg puurimiseks, hõõritsemiseks ja süvistamiseks

t_p	töötusaeg	L	lõikepikkus
d	lõikeriista läbimõõt	f	ettenihet
l	lõikesügavus	n	pöörlemissagedus
l_a	algasendi kaugus	v_c	lõikekiirus
l_{oi}	ülejooksu kaugus	i	lähimite arv
l_{st}	lõikeosa pikkus	σ	puuri tipunurk

Lõikeosa pikkus l_{st}	
σ	l_{st}
80°	$0.6 \cdot d$
118°	$0.29 \cdot d$
130°	$0.23 \cdot d$
140°	$0.18 \cdot d$

Töötusaeg

$$t_p = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

Pöörlemissagedus

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

Lõikepikkuse L arvutus

Puurimine ja hõõritsemine

Läbiv ava	Umbava	Süvistamine
$L = l + l_{st} + l_a + l_{oi}$	$L = l + l_{st} + l_a$	$L = l + l_a$

Näide:

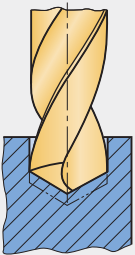
Umbava puurimine $d = 30$ mm;
 $l = 90$ mm; $f = 0.15$ mm;
 $n = 450$ min; $i = 15$ (15 ava); $l_{si} = 1$ mm;
 $\sigma = 130^\circ$; $L = ?$; $t_p = ?$

$$L = l + l_{st} + l_a = 90 \text{ mm} + 0.23 \cdot 30 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = \mathbf{98 \text{ mm}}$$

$$t_p = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{98 \text{ mm} \cdot 15}{450 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0.15 \text{ mm}} = \mathbf{21.78 \text{ min}}$$

Tõrked ja korrigeerivad meetmed puurimisel

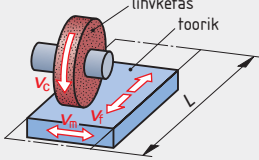
Probleem	Korrigeerivad meetmed
Lõikeserva kulumine	Suurendada taganurka; vähendada lõikekiirust ja ettenihet f ; teritada puuri sagedamini.
Sideserva kulumine	Korrigeerida lõikeserva taganurka kogu lõikeserva pikkuses; vähendada ettenihet f , vähendada puuri töö pikkust.
Juhtserva kulumine	Vähendada puuri töö pikkust; teritada puuri sümmeetriliselt, suurendada puuri tipunurka.
Lõikeserva purunemine	Vähendada taganurka, puuri töö pikkust ja ettenihet f , kasutada puure, millel on väiksem juhtserva faas.
Puuri tipu purunemine	Vähendada ettenihet f ja lõikekiirust v_c , vähendada juhtserva faasi laiust, teritada puuri sagedamini.
Lapergune ava	Vähendada puuri töö pikkust, teritada puuri sümmeetriliselt.
Laastu kinnijäämine laastusoonde	Vähendada ettenihet f , suurendada jahutusvedeliku etteannet, vähendada lõikekiirust v_c , kasutada laiemat laastusoonega puuri.
Defektid ava välisläbimõõdul	Vähendada ettenihet f , teritada puuri sümmeetriliselt, vähendada servade raadiust.
Püsivusaeg liiga lühike	Suurendada jahutusvedeliku etteannet, vähendada puuri töö pikkust, kontrollida lõikeparameetreid ja tooriku materjali.
Vibratsioon	Vähendada ettenihet f , puuri töö pikkust, kontrollida lõikeparameetreid.



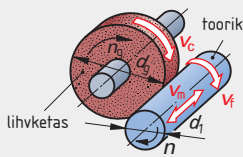


Lihvimine

Tasalihvimine



Ümarlihvimine



v_c lõikekiirus
 d_g lihvketta läbimõõt
 n_g lihvketta pöörlemissagedus
 v_w risttiettenihkekiirus
 v_f ettenihkekiirus
 L käigupikkus
 n_s käikude arv
 d_1 tooriku läbimõõt
 n tooriku pöörlemissagedus
 q ülekandesuhe

Lõikekiirus

$$v_c = \pi \cdot d_g \cdot n_g$$

Ettenihkekiirus

$$v_f = L \cdot n_s$$

$$v_f = \pi \cdot d_1 \cdot n$$

Tasalihvimine

Ümarlihvimine

Näide:

$$v_c = 30 \text{ m/s}; v_f = 20 \text{ m/min}; q = ?$$

$$q = \frac{v_c}{v_f} = \frac{30 \text{ m/s} \cdot 60 \text{ s/min}}{20 \text{ m/min}} = \frac{1800 \text{ m/min}}{20 \text{ m/min}} = 90$$

Ülekandesuhe

$$q = \frac{v_c}{v_f}$$

Lõikekiiruse v_c , ettenihkekiiruse v_f ja ülekandesuhte q standardväärtused

Tooriku materjal	Tasalihvimine						Ümarlihvimine					
	perifeerlihvimine		külgkäiguga lihvimine				välislihvimine			siselihvimine		
	v_c m/s	v_f m/min	q	v_c m/s	v_f m/min	q	v_c m/s	v_f m/min	q	v_c m/s	v_f m/min	q
Teras	30	10...35	80	25	20...25	65	35	12...20	130	25	16...22	80
Malm	25	10...35	70	25	20...30	60	25	10...18	110	25	20...25	65
Kövasulamid	10	4...6	120	8	4...6	95	8	4...6	95	8	6...10	60
Al-sulamid	20	15...40	45	20	25...45	35	20	20...35	45	18	30...40	30
Cu-sulamid	25	15...40	55	20	20...40	40	30	15...25	90	25	25...35	50

Lihvimise parameetrid terase ja malmi lihvimiseks ränikarbid- või korundlihvkettaga

Lihvimisprotsess	Töötusvaru, mm	Terasuurus	Lõikesügavus, mm	R_z , μm
Koorivlihvimine	0.5...0.2	14...36	0.1...0.02	25...6.3
Viimistlevlihvimine	0.2...0.2	46...60	0.02...0.05	6.3...2.5
Peenviimistlevlihvimine	0.02...0.01	80...220	0.005...0.003	2.5...1
Täppislihvimine	0.01...0.005	800...1200	0.003...0.001	1...0.4

Lihvketta maksimaalne lõikekiirus

DIN EN 12413 (2011-05)

Lihvketta kuju	Lihvimisseadme tüüp	Juhtimisviis ¹⁾	Suurim kiirus v_c , m/s sõltuvalt sideainest ²⁾							
			B	BF	E	MG	R	RF	PL	V
Sirge lihvketas	statsionaarne	pd või ho	50	63	40	25	50	-	50	40
	käes hoitav	manuaalne	50	80	-	-	50	80	50	-
Sirge lõikeketas	statsionaarne	pd või ho	80	100	63	-	63	80	-	-
	käes hoitav	manuaalne	-	80	-	-	-	-	-	-

¹⁾ pd - sundliikumisega lihvketas: ettenihke mehaaniliselt; manuaalne: lihvimismasinat juhitakse täielikult käsitsi.

ho - käsijuhtimisega: ettenihke operaatorit; ²⁾ Sideaine tüüp: lk 344.

Lihvketta kasutuspiirangud³⁾BGV D12⁴⁾ (2001-10)

RU	Tähendus	RU	Tähendus
RU1	Ei ole lubatud kasutada käsijuhtimise- või käsilihvimise korral.	RU6	Ei ole lubatud kasutada külgkettaga lihvimisel.
RU2	Ei tohi kasutada manuaalse abrasiivlõikamise korral.	RU7	Ei ole lubatud kasutada käsilihvimise korral.
RU3	Ei tohi kasutada märglihvimise korral.	RU8	Ei ole lubatud kasutada ilma lihvklotsita.
RU4	Tohib kasutada ainult suletud töötooni korral.	RU10	Ei ole lubatud kasutada kuivilhvimise korral.
RU5	Ei tohi kasutada vaakumväljatõmbeta.	RU11	Ei ole lubatud kasutada käsilihvimise või käsiaabrasiivlõikamise korral.

³⁾ Kui piirangut pole toodud, siis lihvketas sobib kõikidele kasutusvaldkondadele.

Värvitriibud maksimaalselt lubatavale lõikekiirusele $\geq 50 \text{ m/s}$ BGV D12⁴⁾ (2001-10)

Värvitriip	sinine	kollane	punane	roheline	sinine/kollane	sinine/punane	sinine/roheline
$v_{c, \max}$ m/s	50	63	80	100	125	140	160
Värvitriip	kollane/punane	kollane/roheline	punane/roheline	sinine/sinine	kollane/kollane	punane/punane	roheline/roheline
$v_{c, \max}$ m/s	180	200	225	250	280	320	360

⁴⁾ BGV Berufsgenossenschaftliche Vorschrift (Töandjate Vastutuskindlustuse Assotsiatsiooni sätted).

Abrasiivid, sideained

Abrasiivid					DIN ISO 525 (2015-02)
Sümbol	Abrasiivid	Keemiline koostis	Knoopi kõvadus	Kasutus	
A	normaalkorund	Al ₂ O ₃ + lisandid	18 000	Süsinikteras, karastamata teras, valuteras, tempermalm.	
	vääriskorund	kristalse struktuuriga Al ₂ O ₃	21 000	Kõrg- ja madallegeerteras, karastatud teras, tsementiitud teras, tööriistateras, titaan.	
Z	tsirkoonkorund	Al ₂ O ₃ + ZrO ₂	–	Roostevabateras.	
C	ränikarbiid	SiC + lisandid	24 800	Kõvad materjalid: kõvasulam, malm, kiirlõiketeras, keraamika, klaas; pehmed materjalid: vask, alumiinium, plastid	
BK	boorkarbiid	kristalse struktuuriga B ₄ C	47 000	Karbiidkermise ja karastatud terase plankimine ja poleerimine.	
CBN	boornitriid	kristalse struktuuriga BN	60 000	Kiirlõiketeras, kuum- ja külm tööriistateras.	
D	teemant	kristalse struktuuriga C	70 000	Karbiidkermised, malm, klaas, keraamika, kivi, mitteraasulamid; lihvketaste teritamine; NB! Mitte terase puhul.	
Kõvadusklass					DIN ISO 525 (2015-02)
Nimetus	Kõvadusklass	Kasutus	Nimetus	Kõvadusklass	Kasutus
ülipehme	A B C D	Kõvade materjalide sügav- ja külglhvimine	kõva	P Q R S	Välisümarlihvimine; pehmed materjalid
väga pehme	E F G		väga kõva	T U V W	
pehme	H I J K	Tavametalli lihvimine	ülikõva	X Y Z	
keskmise	L M N O				
Terasuurus					DIN ISO 525 (2015-02)
Seotud abrasiivide teralisus					
Terasuurus		jäme	keskmise	peen	väga peen
Terasuuruse tähis		F4, F5, F6, ..., F24	F30, F36, F40, ..., F60	F70, F80, F90, ..., F220	F230, ..., F2000
Saavutatav Rz, µm		≈ (10 ... 5)	≈ (5 ... 2.5)	≈ (2.5 ... 1.0)	≈ (1.0 ... 0.4)
Struktuur					DIN ISO 525 (2015-02)
Koodnumber	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14, jne kuni 99				
Struktuur	← tihe (mittepoorne)		→ hõre (poorne)		
Sideaine					DIN ISO 525 (2015-02) ja VDI 3411 (2000-08)
Sümbol	Sideaine tüüp	Omadused	Kasutus		
B BF	sünteesiline vaik, fibertugevdatud	Mittepoorne või poorne, elastne, vastupidav õhile, jahutusega lihvimine.	Kooriv- või mahalõikelihvimine, kujulihvimine teemandi ja boornitriidiga, kõrgsurvelihvimine.		
E	shellaksideaine	Tundlik temperatuurile, sitke, elastne, löögikindel.	Saehammaste lihvimiseks, kju-lihvimiseks, reguleeretas tsentriteta lihvimisel.		
G	galvaaniline sideaine	Hea haardumine tänu väljaulatavatele teradele.	Karbiidkermislihvimine, käsilihvimine.		
M	metallsideaine	Mittepoorne või poorne, sitke, mittetundlik survele ja kuumusele.	Tööriista- ja kujulihvimine, kasutades teemanti või boornitriidi; märglihvimine.		
MG	magnesiitsideaine	Pehme, elastne, veetundlik.	Kuivlihvimine, nt nugade lihvimine.		
PL	plastsideaine	Pehme, elastne sõltuvalt plastist ja kõvenemisest.	Plastne abrasiivmaterjal viimistlustöötuseks, täppsviimistlustöötuseks, poleerimiseks.		
R RF	kummisideaine, fibertugevdatud	Elastne, külmlihvimine, õli- ja kuumustundlik.	Mahalõikelihvimine.		
V	keraamikasideaine	Poorne, habras, ei ole vee-, õli- ega kuumustundlik.	Terase kooriv- ja viimistlevlihvimine kasutades korund- ja ränikarbiide.		
⇒	Lihvketas ISO 603-1 1 N-300 x 50 x 76.2 – A/F 36 L 5V – 50: Kuju 1 (sirge lihvketas), ketta ots N, välisläbimõõt 300 mm, laius 50 mm, ava läbimõõt 76.2 mm, abrasiiv A (normaalkorund või vääriskorund), terasuurus F36 (keskmise), kõvadus L (keskmise), struktuur 5, klaasistatud (keraamiline) sideaine (V), maksimaalne lõikekiirus 50 m/s.				



Lihvketta valik

Standardväärtused lihvketta valikuks

Ümarlihvimine

Materjal	Abrasiiv	Koorivtöötus		Viimistlevtöötus ketta läbimõõdul				Peenviimistlevtöötus	
		Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus
Teras, karastamata	A	54	M...N	80	M...N	60	L...M	180	L...M
Teras, karastatud, süsinik ja legeer	A	46	L...M	80	K...L	60	J...K	240...500	H...N
Teras, karastatud, kõrglegeer	A, C	80	M...N	80	N...O	60	M...N	240...500	H...N
Karbiidkermis, keraamika	C	60	K	80	K	60	K	240...500	H...N
Malm	A, C	60	L	80	L	60	L	100	M
Mitteraudmetallid, nt Al, Cu, CuZn	C	46	K	60	K	60	K	-	-

Siseümarlihvimine

Materjal	Abrasiiv	Lihvketta läbimõõt, mm							
		kuni 20		20 kuni 40		40 kuni 80		üle 80	
		Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus
Teras, karastamata	A	80	M	60	L...M	54	L...M	46	K
Teras, karastatud, süsinik ja legeer	A	80	K...L	120	M...N	80	M...N	80	L
Teras, karastatud, kõrglegeer	A, C	80	J...K	100	K	80	K	60	J
Karbiidkermis, keraamika	C	80	G	120	H	120	H	80	G
Malm	A, C	80	L-M	80	K-L	60	M	46	M
Mitteraudmetallid, nt Al, Cu, CuZn	C	80	I...J	120	K	60	J...K	54	J

Perifeertasalihvimine

Materjal	Abrasiiv	Kuppelketas D < 300 mm		Sirge lihvketas				Abrasiiv-segment	
		Terasuurus	Kõvadus	D ≤ 300 mm		D > 300 mm		Terasuurus	Kõvadus
				Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus
Teras, karastamata	A	46	J	46	J	36	J	24	J
Teras, karastatud, süsinik ja legeer	A	46	J	60	J	46	J	36	J
Teras, karastatud, kõrglegeer	A	46	H...J	60	I...J	46	I...J	36	I...J
Karbiidkermis, keraamika	C	46	J	60	J	60	J	46	J
Malm	A, C	46	J	46	J	46	J	24	J
Mitteraudmetallid, nt Al, Cu, CuZn	C	46	J	60	J	60	J	36	J

Tööriista lihvimine

Materjal	Abrasiiv	Sirge lihvketas			Kaussketas			Kuppelketas	
		D ≤ 225		D > 225	D ≤ 100		D > 100	Terasuurus	Kõvadus
		Terasuurus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus
Tööriistateras	A	80	60	M	80	60	M	46	K
Kiirlõiketeras	A	60	46	K	60	46	K	46	H
Karbiidkermis	C	80	54	K	80	54	K	46	H

Lõikamine statsionaarse seadmega

Materjal	Abrasiiv	Sirge lihvketas, v _c kuni 80 m/s				Sirge lõikeketas, v _c kuni 100 m/s			
		D ≤ 200 mm		D > 200 mm		D ≤ 500 mm		D > 500 mm	
		Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus
Teras, karastamata	A	80	Q...R	46	Q...R	24	U	20	Q...R
Malm	A	60	Q...R	46	Q...R	24	U...V	20	U...V
Mitteraudmetallid, nt Al, Cu, CuZn	A	60	Q...R	46	Q...R	30	S	24	S

Käsilõikeristaga lihvimine ja lõikamine

Materjal	Abrasiiv	Lõikeketas v _c kuni 80 m/s		Koorivtöötuslihvketas				Otsak-lihvseade	
		Terasuurus	Kõvadus	v _c kuni 45 m/s		v _c kuni 80 m/s		Terasuurus	Kõvadus
				Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus	Terasuurus	Kõvadus
Teras, karastamata	A	30	T	24	M	24	R	36	Q-R
Teras, roostevaba	A	30	R	16	M	24	R	36	S
Malm	A, C	30	T	20	R	24	R	30	T
Mitteraudmetallid, nt Al, Cu, CuZn	A, C	30	R	20	R	-	-	-	-

Teemant- ja boornitriidlihvimine

Terasuuruse tähistus		DIN ISO 6106 (2015-11)			
Kasutus	Koorivlihvimine	Viimistlevlihvimine	Peenviimistlevlihvimine	Plankimine	
Terasuuruse teemant tähistus ¹⁾ boornitriid	D251 ... D151 B251 ... B151	D126 ... D76 B126 ... B76	D64, D54, D46 B64, B54, B46	D20, D15, D7 B30, B6	
Saavutatav Ra, µm	≈ (0.55...0.50)	≈ (0.45...0.33)	≈ (0.18...0.15)	≈ (0.05...0.025)	

¹⁾ Võrgusilma suurus testsõelal, µm; terasuurus < D46, B46, ei ole standardis ISO 6106.

Lõikekiiruse standardväärtused									
Protsess	Abrasiiv	Lõikekiirus v_c , m/s sõltuvalt sideainest ¹⁾							
		B		M		G		V	
		kuiv	märg	kuiv	märg	kuiv	märg	kuiv	märg
Tasalihvimine	CBN	–	30...50	–	30...60	–	30...60	–	30...60
	D	–	22...50	–	22...27	20...30	22...50	–	25...50
Välisümarlihvimine ²⁾	CBN	–	30...50	–	30...60	–	30...60	–	30...60
	D	–	22...40	–	20...30	20...30	22...40	–	25...50
Siseümarlihvimine	CBN	27...35	30...60	–	30...60	24...40	30...50	–	30...50
	D	12...18	15...30	8...15	18...27	12...20	18...40	–	25...50
Tööriista lihvimine	CBN	27...35	30...50	22...30	30...40	27...35	30...50	–	30...50
	D	15...22	22...50	15...22	15...27	15...30	22...35	–	–
Mahalõikamine	CBN	27...35	30...50	–	30...60	27...40	30...60	–	–
	D	12...18	22...35	–	22...27	18...30	22...40	–	...

¹⁾ Sideaine tüüp: lk 344. ²⁾ Kiirlihvimisel (HSG) keskmiselt neljakordne väärtus.

Lõikesügavuse ja ettenihke standardväärtused teemantkettaga lihvimiseks					
Protsess	Käigu sügavus, mm sõltuvalt terasuurusest			Ettenihke m/min	Ristettenihke suhtena ketta laiusesse w
	D181	D126	D64		
Tasalihvimine ¹⁾	0.02...0.04	0.01...0.02	0.005...0.01	10...15	(¹ / ₄ ... ¹ / ₂) · w
Välisümarlihvimine ¹⁾	0.01...0.03	0.0...0.02	0.005...0.01	0.3...2.0	–
Siseümarlihvimine	0.002...0.007	0.002...0.005	0.001...0.003	0.5...2.0	–
Tööriista lihvimine	0.01...0.03	0.005...0.015	0.002...0.005	0.3...4.0	–
Soonte lihvimine	–	1.0...5.0	0.5...3.0	0.01...2.0	–

Lõikesügavuse ja ettenihke standardväärtused CBN-lihvkettaga lihvimiseks					
Protsess	Käigu sügavus, mm sõltuvalt terasuurusest			Ettenihke m/min	Ristettenihke suhtena ketta laiusesse w
	B252/B181	B151/B126	B91/B76		
Tasalihvimine	0.03...0.05	0.02...0.04	0.01...0.015	20...30	(¹ / ₄ ... ¹ / ₃) · w
Välisümarlihvimine	0.02...0.04	0.02...0.03	0.015...0.02	0.5...2.0	–
Siseümarlihvimine	0.005...0.015	0.005...0.01	0.002...0.005	0.5...2.0	–
Tööriista lihvimine	0.002...0.1	0.01...0.005	0.005...0.015	0.5...4.0	–
Soonte lihvimine	1.0...10	1.0...5.0	0.5...3.0	0.01...2.0	–

¹⁾ Kiirlihvimisel (HSG) keskmiselt kolmekordne väärtus.

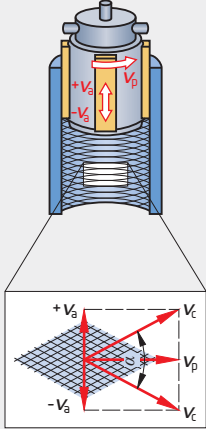
Kõrgtootlik lihvimine CBN-lihvkettaga VDI 3411 (2000-08)

Lihvimisprotsessid, kus eemaldatava materjali kogus on väga suur, kasutades eriseadmeid ja erilõikeriistu, suuri lõikekiirusi (> 80 m/s) ja sobilikke jahutusvedelikke. Kasutatakse peamiselt tasa- ja silinderpinna välislihvimisel metallsete materjalide korral.

Lihvketta ettevalmistus					
Töötlemise etapp	Rihtimine		Puhastamine		
	Profileerimine	Teritus			
Tegevus	Terade ja sideaine eemaldus	Sideaine vähendamine	Abrasiivkihi juures muutust ei teki		
Eesmärk	Kettaprofiili ja kontsentrilisuse tagamine	Lihvketta pinna struktuuri loomine	Laastu eemaldus pooridest		
Suurim lubatav lõikekiirus kõrgtootlikul lihvimisel					
Sideaine tüüp ¹⁾		B	V	M	G
Suurim lubatav lõikekiirus, m/s		140	200	180	280

¹⁾ Sideaine tüübid: lk 344.

Hoonimine



- v_c lõikekiirus
 v_a tangentsiaalkiirus
 v_p radiaalkiirus
 α töötusjälgede lõikumisnurk
 p pindsurve
- A hooniluisu kontaktpind
 F_r radiaalettenihkejõud
 n hooniluisude arv
 w hooniluisu laius
 l hooniluisu pikkus

Lõikekiirus

$$v_c = \sqrt{v_a^2 + v_p^2}$$

Lõikumisnurk

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{v_a}{v_p}$$

Pindsurve

$$p = \frac{F_r}{A}$$

$$p = \frac{F_r}{n \cdot w \cdot l}$$

Näide:

Karastatud teras, viimistlevhoonimine, $v_p=?$; $v_a=?$; $v_c=?$; $\alpha=?$
 $v_p = 25$ m/min; $v_a = 12$ m/min (alolevast tabelist)

$$v_c = \sqrt{v_a^2 + v_p^2} = \sqrt{12 \frac{\text{m}}{\text{min}}^2 + 25 \frac{\text{m}}{\text{min}}^2} \approx 28 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{v_a}{v_p} = \frac{12 \text{ m/min}}{25 \text{ m/min}} = 0.48$$

$$\alpha = \arctan 0.48 = 51.28^\circ = 51.3^\circ$$

Lõikekiirus ja töötusvarud

Materjal	Radiaalkiirus v_p , m/min		Tangentsiaalkiirus v_a , m/min		Töötusvaru, mm ava läbimõõdul, mm		
	Kooriv	Puhas	Kooriv	Puhas	2...15	15...100	100...500
Teras, karastamata	18...40	20...40	9...20	10...20	0.02...0.05	0.03...0.15	0.06...0.3
Teras, karastatud	14...40	15...40	5...20	6...20	0.01...0.03	0.02...0.05	0.03...0.1
Legeerteras	23...40	25...40	10...20	11...20	0.02...0.05	0.03...0.15	0.06...0.3
Malm	23...40	25...40	10...20	11...20			
Alumiiniumisulamid	22...40	24...40	9...20	10...20			

Teemantpulbriga hoonimisel v_p kuni 40 m/min ja v_a kuni 60 m/min; $\alpha = 60^\circ \dots 90^\circ$.

Hooni pindsurve

Hoonimisprotsess	Pindsurve p , N/cm ²			
	Keraamiline hooniluis	Plastsidaainega hooniluis	Teemant-hoonivarras	Boornitriid-hoonivarras
Koorivhoonimine	50...250	200...400	300...700	200...400
Viimistlevhoonimine	20...100	40...250	100...300	100...200

Korund-, ränikarbiid-, boornitriid- ja teemanthooniluisu valik

Materjal	Tõmbetugevus N/mm ²	Protsess	Pinnakaredus Rz μm	Hooniluisu materjal korund ja ränikarbiid ²⁾					CBN või teemant
				Hooni abrasiiv	Teras-suurus	Kõvadus	Sideaine	Struktuur	
Teras	< 500 (karastamata)	koorivhoonimine kesk. hoonimine viimistlevhoonimine	8...12	A	700	R	B	1	D126
			2...5		400	R		5	D54
	500...700 (karastatud)	koorivhoonimine kesk. hoonimine viimistlevhoonimine	0.5...1.5		1200	M		2	D15
			5...10	A	80	R	3	B76	
		koorivhoonimine kesk. hoonimine viimistlevhoonimine	2...3		400	O	B	5	B54
			0.5...2		700	N		3	B30
Malm	-	koorivhoonimine viimistlevhoonimine platoohoonimine ¹⁾	5...8	C	80	M	V	3	D91
			2...3		120	K		7	D46
			3...6		900	H		8	D25
Mitteraudmetallid	-	koorivhoonimine kesk. hoonimine viimistlevhoonimine	6...10	A	80	O	V	3	D64
			2...3	A	400	O		1	D35
			0.5...1	C	1000	N		5	D15

¹⁾ Platoohoonimisel on pinna harjad eemaldatud. ²⁾ lk 344.

Teemant- ja kuup-boornitriidist (CBN) hooniluisu valik

Abrasiiv	Naturaalne teemant	Süntetiline teemant	CBN
Materjal	Teras, karbiidkermis	Malm, nitriiditud teras, mitteraudmetallid, klaas, keraamika	Karastatud teras



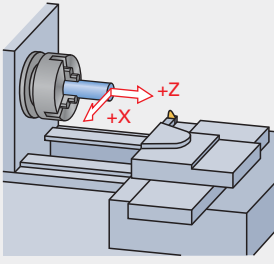
CNC töötus DIN-i järgi

Koordinaatsüsteem ja koordinaatteljed

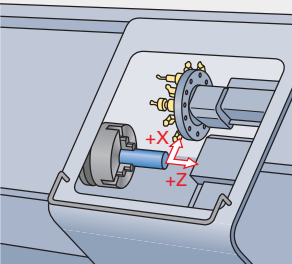
DIN 66217 (1975-12)

CNC treipingi koordinaatteljed

Lõikeriist asetseb pöörlemistelje ees



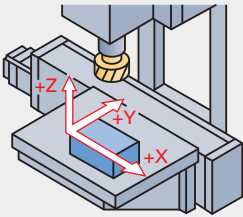
Lõikeriist asetseb pöörlemistelje taga



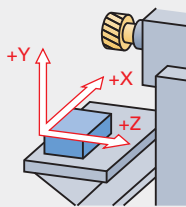
- Koordinaatsüsteem on seotud tööpin-ki kinnitatud tooriku nullpunktiga.
- CNC tööpingi koordinaatteljed ja neile vastavad liikumissuunad on põhiliste juhikutega paralleelsed.
- Z-telg on paralleelne peaspindliga.
- Programmeerimise lihtsustamiseks eeldatakse alati, et töödeldav toorik on liikumatu ja liigub ainult lõikeriist.
- Koordinaatteljed X, Y ja Z asetsevad ristkoordinaatsüsteemis üksteise suhtes risti.

CNC freespingi koordinaatteljed

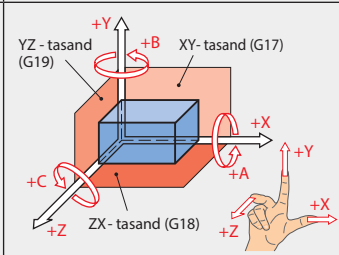
Vertikaalfreespink



Horisontaalfreespink

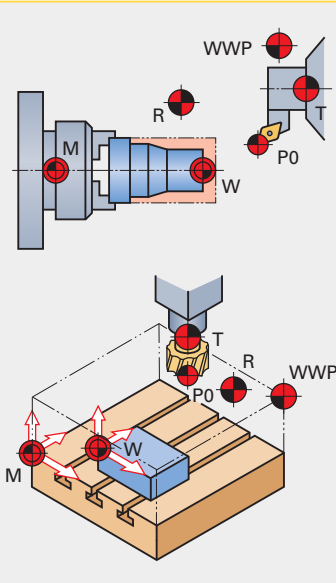


Ristkoordinaatsüsteem¹⁾



Nullpunktid ja referentspunktid

DIN ISO 2806 (1996-04)



Tööpingi nullpunkt M

Tööpingi koordinaatsüsteemi nullpunkt, seadistatud tööpingi tootja poolt.



Tooriku nullpunkt W

Detaili koordinaatsüsteemi nullpunkt, määratakse programmeerija poolt vastavalt tööstustehnoloogiale.



Lõikeriistahoidiku nullpunkt T

Asub lõikeriistahoidiku otspinna keskmes. Freespinkidel on selleks spindli otspind, treipinkidel revolverpease oleva lõikeriistahoidiku otspind.



Referentspunkt R

Suhtelise asendi mõotesüsteemi lähtepunkt, asub teatud kaugusel pingi tootja poolt määratud nullpunktist.



Lõikeriista programmeeritav nullpunkt P0²⁾

Punkti koordinaadid, kus lõikeriist enne programmeeritud tsükli alustamist asub.



Lõikeriista vahetuse nullpunkt TCP²⁾

Punkti koordinaadid, kus toimub lõikeriista vahetus ja kus lõikeriist asub tooriku seadistamisel.

¹⁾ Pöörlemisteljed A, B ja C vastavad koordinaattelgedele X, Y ja Z. Töötlastasandid freesimisel kehtivad 2½ D töötuse korral. Seda paigutust saab kujutada parema käe pöidla, nimetissõrme ja keskmise sõrmeaga.

²⁾ Ei ole standarditud.

Lõikeriista korrektsioonid ja kompensatsioonid

Lõikeriista korrektsioonid

CNC-treimine

Positsioonikoodid lõikeriista punktile P lõikeplaadi tipunurga raadiuse r_c keske M suhtes

CNC-freesimine

Q ristisuunaline korrektsioon X-teljel
 L pikisuunaline korrektsioon Z-teljel
 r_c lõikeplaadi tipunurga raadius
 1...8 positsioonikoodi numbrid
 T lõikeriistahoidiku nullpunkt

E lõikeriista nullpunkt
 M tipunurga raadiuse r_c keske
 P lõikeplaadi tipp

Z lõikeriista pikkus
 R lõikeriista raadius
 T lõikeriistahoidiku nullpunkt
 E lõikeriista nullpunkt
 P teriku tipp

Korrektsiooniregister	
Q	72
L	53
r_c	0.8
Positsiooni number	3

Korrektsiooniregister	
Q	14
L	112
r_c	0.4
Positsiooni number	2

Korrektsiooniregister	
Z	126
R	10

Lõikeriista kompensatsioon¹⁾ DIN 66025 (1988-09) ja PAL

Lõikeriist trajektoorst vasakul ²⁾	Lõikeriist trajektoorst paremal ²⁾	Lõikeriist trajektoorst vasakul ²⁾
Lõikeriist asetseb pöörlemistelje taga		Lõikeriist trajektoorst vasakul ²⁾
		<p>(Otsfreesimine)</p>
Lõikeriist asetseb pöörlemistelje ees		Lõikeriist trajektoorst paremal ²⁾
		<p>(Otsfreesimine)</p>

¹⁾ Lõikeriista kompensatsioone G41 ja G42 saab tühistada funktsiooniga G40.
²⁾ Ültal vaadates asub lõikeriist ettenihke suunas lõiketrajektoorst vasakul või paremal.

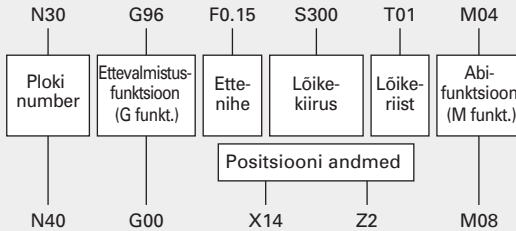


Programmi struktuur, ettevalmistus- ja abifunktsioonid

CNC-programmi ülesehitus vastavalt DIN standardile

DIN 66025-2 (1988-09)

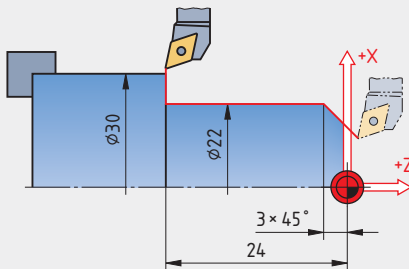
Plokkstruktuur



Selgitused:

N30: Plokk number 30
 G96: Konstantne lõikekiirus
 G00: Kiirpaigutus
 X14: Sihtpunkti koordinaat X suunas
 Z2: Sihtpunkti koordinaat Z suunas
 F0.15: Ettenihe 0.15 mm
 S300: Lõikekiirus 300 m/min
 T01: Lõikeriist number 1
 M04: Spindli pöörlemine vastupäeva
 M08: Jahutusvedeliku etteanne SEES

Programmi struktuur



CNC-programm

% 01					
N10	G90				
N20	G00		X150	Z50	
N30	G96	F0.15	S300	T01	M04
N40	G00		X12	Z2	M08
N50	G42				
N60	G01		X16	Z0	
N70			X22	Z-3	
N...					
N100	G40				
N110	G00		X150	Z50	M09
N120					M30

Programmi algus

Plokid

Programmi lõpp

Ettevalmistusfunktsioonid (G-funktsioonid)

DIN 66025-2 (1988-09)

Ettev-funkts.	Efektiivsus	Tähendus	Ettev-funkts.	Efektiivsus	Tähendus
G00	●	Kiirpaigutamine	G53	●	Koordinaatsüsteemi tühistamine
G01	●	Lineaarinterpolatsioon	G54 ...	●	Tooriku koordinaatsüsteemid 1 ... 6
G02	●	Ringinterpolatsioon päripäeva	... G59		
G03	●	Ringinterpolatsioon vastupäeva	G74	●	Lähenedamine referentspunktile
G04	●	Eelnevalt määratletud paus	G80	●	Standardtsükli tühistamine
G09	●	Täpne seiskumine	G81 ...	●	Standardtsükliid 1 ... 9
G17	●	Tasandi valik XY	... G89		
G18	●	Tasandi valik ZX	G90	●	Absoluutne koordinaatsüsteem
G19	●	Tasandi valik YZ	G91	●	Suhteline koordinaatsüsteem
G33	●	Keermelõikamine, konstantne samm	G94	●	Ettenihe, mm/min
G40	●	Lõikeriista kompensatsiooni tühistamine	G95	●	Ettenihe, mm/p
G41	●	Lõikeriista kompensatsioon, vasakule	G96	●	Konstantne lõikekiirus
G42	●	Lõikeriista kompensatsioon, paremale	G97	●	Spindli pöörlemissagedus, 1/min

● modaalne: Ettevalmistusfunktsioonid, mis kehtivad seni kuni need kirjutatakse üle samatüübilise funktsiooniga.

● mittemodaalne: Ettevalmistusfunktsioonid, mis kehtivad ainult selles ploki, milles nad on programmeeritud.

Abifunktsioonid (M-funktsioonid)

DIN 66025-2 (1988-09)

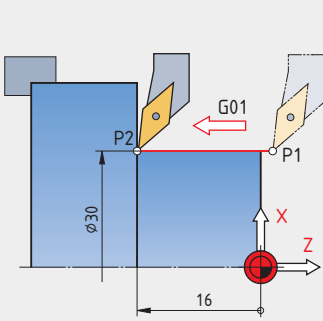
M00	Programmeeritav peatus	M04	Spindli pöörlemine vastupäeva	M08	Jahutusvedeliku etteanne SEES
M02	Programmi lõpp	M05	Spindli seiskamine	M09	Jahutusvedeliku etteanne VÄLJAS
M03	Spindli pöörlemine päripäeva	M06	Lõikeriista vahetamine	M30	Programmi lõpp koos lähtestamisega

Tööriikumised treimisel vastavalt DIN standardile

Tööriikumised CNC-treipingil vastavalt DIN standardile

DIN 66025-2 (1988-09)

G01 Kulgliikumine

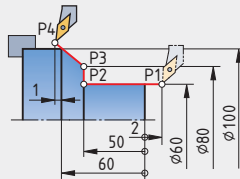


Tähistuse ja töötlemise näide:

N20 G01 X30 Z-16

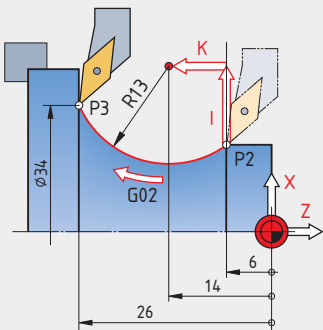
Lineaarinterpolatsioon, tööliikumine programmeeritud ettenihkega

Sihtpunkti koordinaadid
X-telje suunas Z-telje suunas



CNC-programm					
N...					
N10	G00	X60	Z2		(P1)
N20	G01		Z-50		(P2)
N30		X80			(P3)
N40		X104	Z-62		(P4)
N...					

G02 Päripäeva ringliikumine



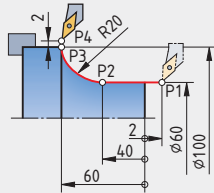
Tähistuse ja töötlemise näide:

N30 G02 X34 Z-26 I10.247 K-8

Päripäeva ringinterpolatsioon, tööliikumine programmeeritud ettenihkega

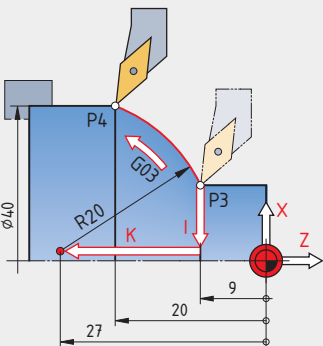
Kaare lõpp-punkti koordinaadid
X-telje suunas Z-telje suunas

Keskme koordinaadid kaare alguspunkti suhtes
X-telje suunas Z-telje suunas



CNC-programm					
N...					
N10	G00	X60	Z2		(P1)
N20	G01		Z-40		(P2)
N30	G02	X100	Z-60	I20	K0
N40	G01	X104			(P4)
N...					

G03 Vastupäeva ringliikumine



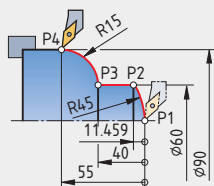
Tähistuse ja töötlemise näide:

N40 G03 X40 Z-20 I-8.718 K-18

Vastupäeva ringinterpolatsioon, tööliikumine programmeeritud ettenihkega

Kaare lõpp-punkti koordinaadid
X-telje suunas Z-telje suunas

Keskme koordinaadid kaare alguspunkti suhtes
X-telje suunas Z-telje suunas



CNC-programm					
N...					
N10	G01	X0	Z0		(P1)
N20	G03	X60	Z-11.459	I0	K-45
N30	G01		Z-40		(P3)
N40	G03	X90	Z-55	I0	K-15
N...					

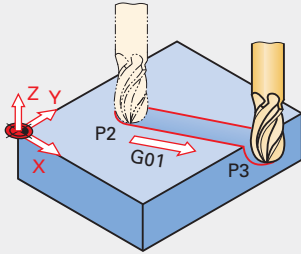


Tööriikumised freesimisel vastavalt DIN standardile

Tööriikumised vertikaalfreesingil vastavalt DIN standardile

DIN 66025-2 (1988-09)

G01 Kulgliikumine



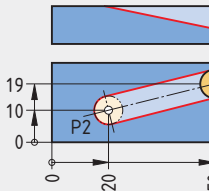
Tähistuse ja töötlemise näide:

N30	G01	X50	Y19	Z-8
-----	-----	-----	-----	-----

Lineaarinterpolatsioon, tööliikumine programmeeritud ettenihkega

Sihtpunkti koordinaadid

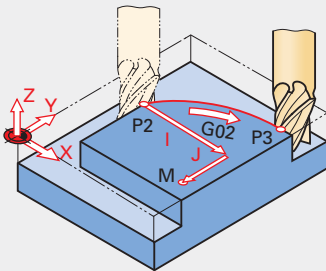
X-telje suunas Y-telje suunas Z-telje suunas



CNC-programm

```
N...
N10 G00 X20 Y10 Z2 (P1)
N20 G01 Z0 (P2)
N30 X50 Y19 Z-8 (P3)
N...
```

G02 Päripäeva ringliikumine



Tähistuse ja töötlemise näide:

N40	G02	X32	Y38	I26	J-10.392
-----	-----	-----	-----	-----	----------

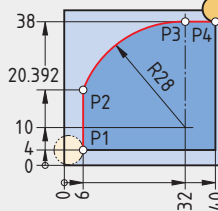
Päripäeva ringinterpolatsioon, tööliikumine programmeeritud ettenihkega

Kaare lõpp-punkti koordinaadid

Keskme koordinaadid kaare alguspunkti suhtes

X-telje suunas Y-telje suunas

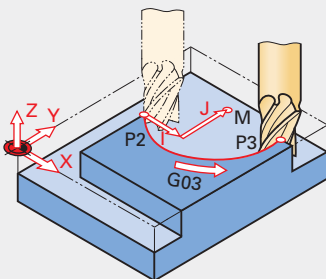
X-telje suunas Y-telje suunas



CNC-programm

```
N...
N10 G41
N20 G01 X6 Y4 (P1)
N30 Y20.392 (P2)
N40 G02 X32 Y38 I26 J-10.392 (P3)
N50 G01 X40 (P4)
N...
```

G03 Vastupäeva ringliikumine



Tähistuse ja töötlemise näide:

N40	G03	X32	Y38	I8	J16.125
-----	-----	-----	-----	----	---------

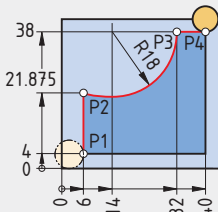
Vastupäeva ringinterpolatsioon, tööliikumine programmeeritud ettenihkega

Kaare lõpp-punkti koordinaadid

Keskme koordinaadid kaare alguspunkti suhtes

X-telje suunas Y-telje suunas

X-telje suunas Y-telje suunas



CNC-programm

```
N...
N10 G41
N20 G01 X6 Y4 (P1)
N30 Y21.875 (P2)
N40 G03 X32 Y38 I8 J16.125 (P3)
N50 G01 X40 (P4)
N...
```

CNC treimine PAL-i järgi

PAL-funktsioonid CNC treipingile

G-funktsioonid – ettevalmistusfunktsioonid ¹⁾					
Interpolatsiooniliigid		(lk 355, lk 356)	Parameetrid	(lk 320 ... lk 322)	
G0	Kiiretenihe/liikumine		G92	Pöörlemissageduse piiramine	
G1	Lineaarinterpolatsioon ettenihkega ¹⁾		G94	Ettenihe, mm/min (tähis: F)	
G2	Päripäeva ringinterpolatsioon		G95	Ettenihe ¹⁾ , mm/p (tähis: F, E ⁴⁾)	
G3	Vastupäeva ringinterpolatsioon		G96	Konstantne lõikekiirus, m/min (tähis: S)	
G4	Viivitusaeg		G97	Konstantne spindli pöörlemissagedus ¹⁾ , 1/min	
G9	Täpne seiskumine		Mootühikud		
G14	Liikumine lõikeriista vahetuspunkti		G70	Tollmöödustrukture seadistamine	
Nullpunktid			(lk 364)	G71	Meetermöödustrukture seadistamine ¹⁾
G50	Suhtelise nullpunkti ja selle pööramise tühistamine		G90	Absoluutne koordinaatsüsteem ¹⁾	
G53	Kõikide nullpunktide ja nende pööramise tühistamine ¹⁾		G91	Suhteline koordinaatsüsteem	
G54... ... G57	Seadistatavad absoluutsed koordinaatsüsteemide nullpunktid		Tsüklid		
G59	Ristkoordinaatsüsteemi suhteline nullpunkt ja selle pööramine		(lk 357 ... lk 359)		
Programmi funktsioonid			(lk 356)	G80	Lõiketöötlustsükli kontuuri kirjelduse ümbervalimine
G22	Alamprogrammi väljakutsumine		G31	Keermetreimistsükkel	
G23	Programmiloigu kordamine		G81	Pikisuunaline koorivtreimise tsükkel	
Töötasandid ja ümberpaigaldus			(lk 357)	G82	Otspinna koorivtreimise tsükkel
G17	Otstöötlustasandid (XY tasand)		G84	Puurimistsükkel	
G18	Pöörliikumistasand ¹⁾		G85	Väljajooksuone lõiketsükkel	
G19	Sisepinna/segmentpinna töötlustasand		G86	Radiaalsoone lõiketsükkel	
G30	Ümberpaigaldamine padrunisse/vastasspindli kasutamine (lk 356)		G88	Aksiaalsoone lõiketsükkel	
G-funktsioonid pöörlevatele lõikeriistadele X-Y või Z-X tasandis²⁾			(lk 361 ... lk 367)	Lõikeriista korrektsioonid	
G1	Lineaarinterpolatsioon ettenihkega		(lk 350)	G40	Tipunurgaraadiuse korrektsiooni tühistamine ¹⁾
G2	Päripäeva ringinterpolatsioon		G41	Korrektsioon programmeeritud kontuurist vasakule	
G3	Vastupäeva ringinterpolatsioon		G42	Korrektsioon programmeeritud kontuurist paremale	
G10	Kiirliikumine polaarkoordinaatides		G48	Tangentsiaalne eemaldumine kontuurist veerandringis	
G11	Lineaarinterpolatsioon polaarkoordinaatides		G72	Nelinurktasku freesimistsükkel	
G12	Päripäeva ringinterpolatsioon polaarkoordinaatides		G73	Ümartasku freesimistsükkel	
G13	Vastupäeva ringinterpolatsioon polaarkoordinaatides		G74	Soone freesimistsükkel	
G45	Lineaarne tangentsiaalne lähenemine kontuurile		G75	Kaarsuone freesimistsükkel	
G46	Lineaarne tangentsiaalne eemaldumine kontuurist		G76	Tsükli kordus sirgjoonel (avade rida)	
G47	Tangentsiaalne lähendamise kontuurile veerandringis		G77	Tsükli kordus ringjoonel (avadering)	
			G79	Tsükli aktiveerimine teatud punktis	
			G81	Puurimistsükkel	
			G82	Sügavpuurimistsükkel samllikumisega	
			G84	Keermetreimistsükkel	
			G85	Hõõritsemistsükkel	
M-funktsioonid¹⁾ – abifunktsioonid				(lk 351)	
M0	Programmeeritav peatumine		M10	Tagapuki pinooli vabastamine	
M3	Spindli pöörlemine päripäeva (CW ³⁾)		M11	Tagapuki pinooli sulgemine	
M4	Spindli pöörlemine vastupäeva (CCW ³⁾)		M17	Alamprogrammi lõpp	
M5	Spindli seiskamine ¹⁾		M30	Programmi lõpp koos lähtestamisega	
M8	Jahutusvedeliku etteanne SEES		M60	Konstantne ettenihe ¹⁾	
M9	Jahutusvedeliku etteanne VÄLJAS ¹⁾				
T-aadressid – Lõikeriista number revolverpeas				(lk 350, lk 359)	
T	Lõikeriista positsiooninumber revolverpesas		TX	X-telje suunalise korrektsiooni väärtus valitud korrektsiooniregistris	
TC	Korrektsiooni registrinumber		TZ	Z-telje suunalise korrektsiooni väärtus valitud korrektsiooniregistris lõiketrajektooriga paralleelse töötusvaru eemaldamisel	
TR	Lõikeriista tipunurga raadiuse korrigeerimine				
TL	Lõikeriista pikkuse korrigeerimine				

¹⁾ CNC-programmi käivitamisel aktiivsed funktsioonid: **G18, G90, G53, G71, G95, G97, G1, G40, M5, M9, M60.**

²⁾ Pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingi ja CNC freesipingi funktsioonid on ühesugused.

³⁾ CW: päripäeva; CCW: vastupäeva. ⁴⁾ E: vähendatud ettenihe üleminekuoleumendi töötlemisel.

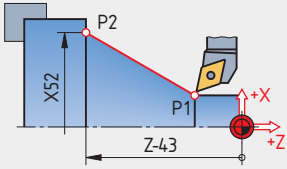


Tööriikumised treimisel vastavalt PAL-ile

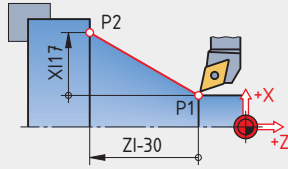
Tööriikumised CNC treipingil

G1 Lineaarinterpolatsioon ettenihkega

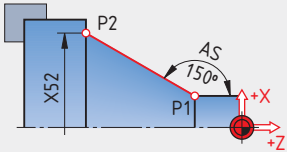
Töötlemise näited (lineaarinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):



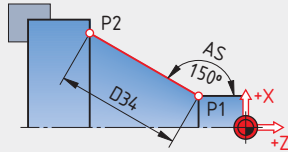
```
N... G1 X52 Z-43
```



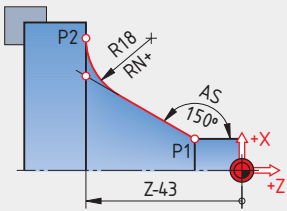
```
N... G1 XI17 ZI-30
```



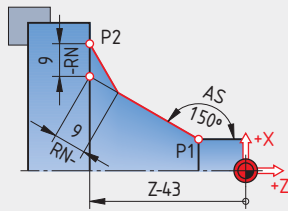
```
N... G1 X52 AS150
```



```
N... G1 D34 AS150
```



```
N... G1 Z-43 AS150 RN18
```



```
N... G1 Z-43 AS150 RN-9
```

Funktsiooni G1 parameetrid

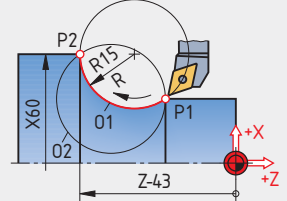
- X/Z sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)
- XA/ZA absoluutsed koordinaadid¹⁾
- XI/ZI suhtelised koordinaadid²⁾
- RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius
- RN- üleminekuelemendi faasi laius
- D lõiketrajektoori pikkus
- AS lõiketrajektoori tõusunurk
- E ettenihe üleminekuelemendi töötlemisel

¹⁾ Koordinaatide XA/ZA kasutus funktsioonide G1/G2/G3 korral on vajalik ainult siis, kui üksikuid plokkse programmeeritakse absoluutkoordinaatides XA/ZA ja funktsioon G91 on aktiveeritud.

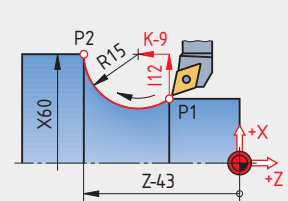
²⁾ Suhteliste koordinaatide XI/ZI kasutusel funktsioonide G1/G2/G3 korral ei tohi funktsioon G91 olla aktiveeritud.

G2 Päripäeva ringinterpolatsioon

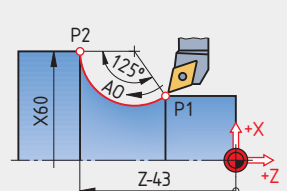
Töötlemise näited (ringinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):



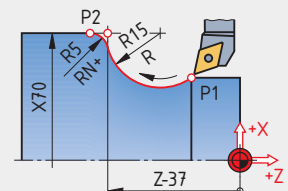
```
N... G2 X60 Z-43 R153)
```



```
N... G2 X60 Z-43 I12 K-9
```



```
N... G2 X60 Z-43 AO125
```



```
N... G2 X70 Z-37 R15 RN5
```

Kohustuslikud parameetrid

- X/Z sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)
- XA/ZA absoluutsed koordinaadid
- XI/ZI suhtelised koordinaadid

Mittekohustuslikud parameetrid

- I/A X-keskme koordinaadid (suhteline/absoluutne)
- K/KA Z-keskme koordinaadid (suhteline/absoluutne)
- R raadius
- AO kaarenurk
- RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius
- RN- üleminekuelemendi faasi laius (vt G1)
- E ettenihe üleminekuelemendi töötlemisel
- O1/O2 lühim/pikim kaar³⁾

³⁾ Vaikimisi väärtus on O1, kui ei ole määratud teisiti.

Tööliikumised treimisel vastavalt PAL-ile

Tööliikumised CNC treipingil		
G3	Vastupäeva ringinterpolatsioon	
<p>Töötlemise näited (ringinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):</p>		<p>Kohustuslikud parameetrid X/Z sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91) XA/ZA absoluutsed koordinaadid XI/ZI suhtelised koordinaadid</p> <p>Mittekohustuslikud parameetrid I/A X-keskme koordinaadid (suhteline/absoluutne) K/KA Z-keskme koordinaadid (suhteline/absoluutne) R raadius AO kaarenurk RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius RN- üleminekuelemendi faasi laius (vt G1) E ettenähtu üleminekuelemendi töötlemisel O1/O2 lühim/pikim kaar</p> <p><small>1) Vaikimisi väärtus on O1, kui ei ole määratud teisiti.</small></p>
<p>N... G3 X50 Z-37 R15¹⁾</p> <p>N... G3 X50 Z-37 I0 K-15</p>		
<p>N... G3 X50 Z-37 AO125</p> <p>N... G3 X50 Z-37 R15 RN8</p>		
G14	Liikumine lõikeriista vahetuspunkti (TCP)	
<p>Töötlemise näide:</p>		<p>Mittekohustuslikud parameetrid H0 eemaldumise nurk H1 eemaldumine X-telje suunas, siis Z-telje suunas H2 eemaldumine Z-telje suunas, siis X-telje suunas</p>
<p>N... G14 H0</p> <p>N... G14 H1</p> <p>N... G14 H2</p>		
G22	Alamprogrammi väljakutsumine	
<p>Töötlemise näide:</p>		<p>Kohustuslikud parameetrid L alamprogrammi number</p> <p>Mittekohustuslikud parameetrid H alamprogrammi korduste arv (M17 alamprogrammi lõpp)</p>
<p>Põhiprogramm %900 N10 G90 N15 F... S... M4 N20 G0 X42 Z6 ;P1 N25 G22 L911 H2 N30... N35... N150 M30</p> <p>Alamprogramm L911 Hüpe N10 G91 N15 G0 Z-16 N20 G1 X-6 N25 G1 X-6 N30 G0 Z-6 N35 G1 X-6 N40 G1 X-6 N45 M17</p> <p>Tagasi hüpe</p>		
G23	Programmilõigu kordamine	
<p>Töötlemise näide:</p>		<p>Kohustuslikud parameetrid N korratava programmilõigu algusploki number N korratava programmilõigu lõpp-ploki number</p> <p>Mittekohustuslikud parameetrid H korduste arv</p>
<p>N10... N15 G0 X58 Z-15 M4 N20 G91 N25 G1 X-11 N30 G1 X11 N35 G0 Z-16 N40 G23 N20 N35 H2 N45 G90 N50...</p>		
G30	Ümberpaigaldus padrunisise	
<p>Töötlemise näide:</p>		<p>Kohustuslikud parameetrid Q1 Tooriku ümberpaigaldamine peaspindlil DE Kinnitusseadme juhtpinna ja ümberpööratud tooriku koordinaatsüsteemi nullpunkti vaheline kaugus</p>
<p>N19 G14 H0 M0 N20 N21 G18 HS N22 G30 Q1 DE15 N23 G59 ZA-1 N24 G96 G95 T1 ... N25 G0 X... Z...</p>		

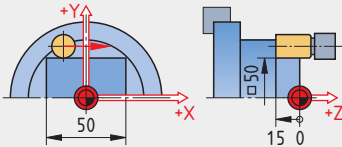


Treimistsüklid vastavalt PAL-ile

Treimistsüklid CNC treipingil

G17 Otstöötlustasand (pöörlevate lõikeriistade töötlustasand)

Töötlemise näide:



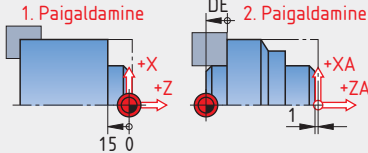
N19	G14	H0
N20	G17	
N21	G97	G94 T5 ...
N22	G0	X55 Y0 Z2
N23	G1	Z-15
N24	G41	G47 X25 Y0 R5
N25	G1	Y-25
N27		X-25
N28		Y25

Mittekohustuslikud parameetrid¹⁾

HS töötlemine peaspindliga¹⁾
 CSM revolverpeas oleva lõikeriistaga töötlemine X-Y-Z koordinaatsüsteemis 180° ümber Y-telje
 (G47: Tangentsiaalne lähendamine kontuurile veerandringis lk 363)

G18 Pöördliikumistasand (pöördliikumistasand tooriku ümberpaigalduseks)

Töötlemise näide:



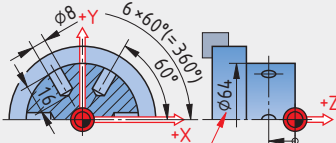
N19	G14	H0
N20		M0
N21	G18	HS
N22	G30	Q1 DE15
N23	G59	ZA-1
N24	G96	G95 T1 ...
N25	G0	X... Z...

Mittekohustuslikud parameetrid¹⁾

HS töötlemine peaspindliga¹⁾
 GS töötlemine abispindliga
 CSM revolverpeas oleva lõikeriistaga töötlemine X-Y-Z koordinaatsüsteemis 180° ümber X-telje
 (G30: ümberpaigaldamine lk 356)

G19 Sisepinna/segmentpinna töötlustasand (pöörlevate lõikeriistade töötlustasand)

Töötlemise näide:



Segmentpinna välisläbimõõt $\phi 64$
 $U = d \cdot \pi = 64 \text{ mm} \cdot \pi = 201.062 \text{ mm}$

$D = U : 6 = 201.062 \text{ mm} : 6 = 33.510 \text{ mm}$

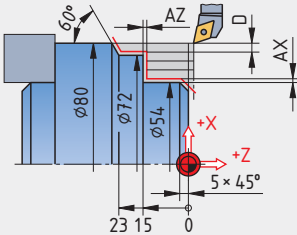
N19	G14	H0
N20	G19	X64
N21	G59	XA32
N22	G97	G94 T8 ...
N23	G0	X6 Z-15
N24	G81	XA-16 V2
N25	G76	X0 Y0 Z-15
		AS0 D33.510 O6
N26	G14	H1
N27	G18	

Mittekohustuslikud parameetrid

B segmentpinna kaldenurk Z-telje suhtes
 C väärtuseta, C-teljes programmeerimine
 X segmentpinna läbimõõt
 (G81: puurimistsüklil lk 367
 G76: tsükli kordus lk 365)

G81 Pikisuunaline koorivtreimise tsüklil

Töötlemise näide:



(Funktsioon G80 lõpetab töödeldava kontuuri kirjelduse)

N19	G14	H0
N20	G96	G95 T1 ...
N21	G0	X80 Z2
N22	G81	D4 AX0.5 AZ0.1
N23	G0	X42
N24	G1	Z0 RN-5
N25		X54 Z-15
N26		X72 Z-23
N27		X82 AS120
N29		G80
N30		G14 H0
N31		G14 H0

Kohustuslikud parameetrid

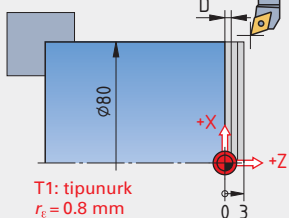
D lõikesügavus

Mittekohustuslikud parameetrid¹⁾

AX töötlusvaru X-telje suunas
 AZ töötlusvaru Z-telje suunas
 H1 koorivtöötlemine, 1x45° faas
 H2 astmeline nurgalõikamine mööda kontuuri
 H3 nagu H1 koos lõppkontuuri väljalõikamisega
 H24 koorivtöötlemine koos H2 ja järgneva viimistleva töötlemisega

G82 Otspinna koorivtreimise tsüklil

Töötlemise näide:



T1: tipunurk
 $r_e = 0.8 \text{ mm}$

(Funktsioon G80 lõpetab töödeldava kontuuri kirjelduse)

N19	G14	H0
N20	G96	G95 T1 ...
N21	G0	X82 Z4
N22	G82	D1 H1
N23	G0	X80 Z0.1
N24	G1	X-1.6 Z3.5
N25		
N26	G80	
N27	G14	H0

Kohustuslikud parameetrid

D lõikesügavus

Mittekohustuslikud parameetrid¹⁾

AX töötlusvaru X-telje suunas
 AZ töötlusvaru Z-telje suunas
 H1 koorivtöötlemine, 1x45° faas
 H2 astmeline nurgalõikamine mööda kontuuri
 H3 nagu H1 koos lõppkontuuri väljalõikamisega
 H24 koorivtöötlemine koos H2 ja järgneva viimistleva töötlemisega

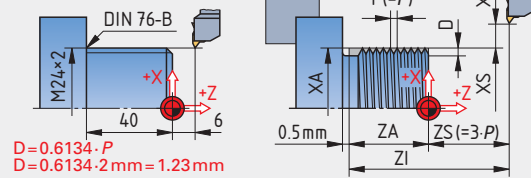
¹⁾ Vajikeparameetrid: HS, AX0, AZ0, H2.

Treimistsüklid vastavalt PAL-ile

Treimistsüklid CNC treipingil

G31 Keermestustsükkel

Töötlemise näide:



$$D = 0.6134 \cdot P$$

$$D = 0.6134 \cdot 2 \text{ mm} = 1.23 \text{ mm}$$

N19 G14 H0
 N20 G97 T4 S1989 M3
 N21 G31 XA24 ZA-39.5 F2 D1.23 XS24 ZS6 Q10 O2 H14
 N22 G14 H0

Kohustuslikud parameetrid

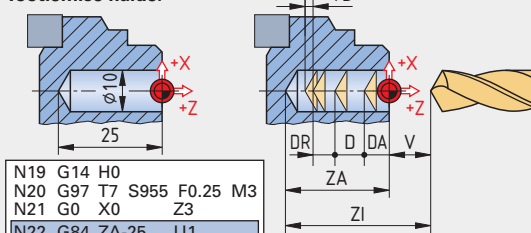
XA/ZA keerne lõpp-punkt, absoluutne
 XI/ZI keerne lõpp-punkt, suhteline

Mittekohustuslikud parameetrid

XS keerne algpunkt, X-teljes absoluutne
 ZS lõikeriista algpunkt, Z-teljes absoluutne
 D keerne profiilikõrgus (lk 210)
 F keermesamm
 Q läbimite arv
 O tühikäikude arv
 H14 vahelduvetenihe, jääksisselõikega

G84 Puurimistsükkel (mittepöörleva lõikeriistaga)

Töötlemise näide:



N19 G14 H0
 N20 G97 T7 S955 F0.25 M3
 N21 G0 X0 Z3
 N22 G84 ZA-25 U1
 N23 G14 H2

Kohustuslikud parameetrid

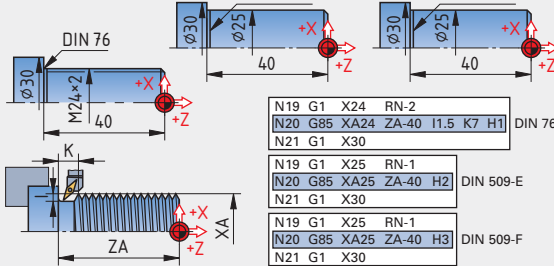
ZA ava sügavus, absoluutne
 ZI ava sügavus, suhteline

Mittekohustuslikud parameetrid

DA tsenterpuurimise sügavus
 D lõikesügavus
 DR väljatoomiste arvu vähendamine
 DM minimaalne ettenihe
 U seisuaeg ava põhjas (sekundites, vaikimisi U0)
 V lõikeriista ohutuskaugus
 VB ohutuskaugus ava põhjast

G85 Väljajooksusooone tsükkel

Töötlemise näide:



N19 G1 X24 RN-2
 N20 G85 XA24 ZA-40 I1.5 K7 H1
 N21 G1 X30
 N19 G1 X25 RN-1
 N20 G85 XA25 ZA-40 H2
 N21 G1 X30
 N19 G1 X25 RN-1
 N20 G85 XA25 ZA-40 H3
 N21 G1 X30

Kohustuslikud parameetrid

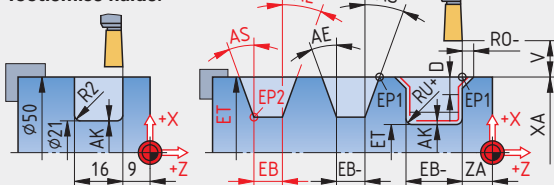
XA/ZA väljajooksusooone koord., absoluutne
 XI/ZI väljajooksusooone koord., suhteline

Mittekohustuslikud parameetrid

I väljajooksusooone sügavus DIN 76 (lk 90)
 K väljajooksusooone laius DIN 76 (lk 90)
 H1 DIN 76 (lk 90)
 H2 DIN 509 E (lk 93, seeria 1)
 H3 DIN 509 E (lk 93, seeria 1)
 SX lihvimisvaru (lk 343)
 E ristettenihe

G86 Radiaalsooone tsükkel

Töötlemise näide:



N19 G14 H0
 N20 G96 T12 S120 F0.1 M4
 N21 G0 X54 Z-17
 N22 G86 XA50 ZA-9 ET21 EB-16 D2 RU2 AK0.1 EP1 H14 V2
 N23 G14 H0

Kohustuslikud parameetrid

XA/ZA soonestuskoordinaadid, absoluutne
 XI/ZI soonestuskoordinaadid, suhteline
 ET soonestussügavuse läbimõõt

Mittekohustuslikud parameetrid

EB soone laius
 D lõikesügavus
 RO/RU ümardamine (+) või faasimine (-)
 AK töötusvaru paralleelselt kontuuriga
 V lõikeriista ohutuskaugus
 H14 kooriv- ja viimistlevtöötlemine
 EP1 lähtepunkt soone ülannurgas
 EP2 lähtepunkt soone alanurgas
 AE/AS soone külgede kaldnurgad

CNC freesimine PAL-i järgi

PAL-funktsioonid CNC freesingil			
G-funktsioonid – ettevalmistusfunktsioonid ¹⁾			
Interpolatsiooniiliidid		Parameetrid	
(lk 361 ... lk 363)		(lk 329 ... lk 333)	
G0	Kiirliikumine ²⁾	G94	Ettenihe, mm/min (tähis: F)
G1	Lineaarinterpolatsioon ettenihkega ¹⁾²⁾	G95	Ettenihe, mm/p (tähis: F)
G2	Päripäeva ringinterpolatsioon ²⁾	G97	Konstantne spindli pöörlemissagedus ¹⁾ , 1/min (address: S)
G3	Vastupäeva ringinterpolatsioon ²⁾	Programmi funktsioonid (lk 356)	
G4	Viivitusae	G22	Alamprogrammi väljakutumine ³⁾
G9	Täpne seiskumine	G23	Programmilõigu kordamine ³⁾
G10	Kiirliikumine polaarkoordinaatides ²⁾	Tsükliid (lk 364 ... lk 367)	
G11	Lineaarinterpolatsioon polaarkoordinaatides ²⁾	G34	Taskufreesimistsükli algus
G12	Päripäeva ringinterpolatsioon polaarkoordinaatides ²⁾	G35	Taskufreesimistsükli koorigtöötus
G13	Vastupäeva ringinterpolatsioon polaarkoordinaatides ²⁾	G37	Taskufreesimistsükli viimistlevtöötus
G45	Lineaarne tangentsiaalne lähenemine kontuurile ²⁾	G38	Taskufreesimistsükli kontuuri kirjeldus
G46	Lineaarne tangentsiaalne eemaldumine kontuurist ²⁾	G80	G38 tsükli lõpetamine
G47	Tangentsiaalne lähenemine kontuurile veerandringis ²⁾	G39	Taskufreesimistsükli aktiveerimine
G48	Tangentsiaalne eemaldumine kontuurist veerandringis ²⁾	G72	Nelinurktasku freesimistsükkel ²⁾
Nullpunktid (lk 364)		G73	Ümardtasku freesimistsükkel ²⁾
G50	Suhtelise nullpunkti ja selle pööramise tühistamine (G59)	G74	Soone freesimistsükkel ²⁾
G53	Kõikide nullpunktide ja nende pööramise tühistamine ¹⁾	G75	Kaarsoone freesimistsükkel ²⁾
G54... ...G57	Seadistatavad absoluutsed koordinaatsüsteemide nullpunktid	G76	Freesimistsükli kordus sirgjoonel (avade rida) ²⁾
G59	Ristkoordinaatsüsteemi suhteline nullpunkt ja selle pööramine	G77	Freesimistsükli kordus ringjoonel (avadering) ²⁾
Lõikeriista korrektsioonid (lk 350)		G78	Freesimistsükli aktiveerimine teatud punktis (polaarkoordinaatides)
G40	Tipunurga raadiuse korrektsiooni tühistamine ¹⁾²⁾	G79	Freesimistsükli aktiveerimine teatud punktis (ristkoordinaatides) ²⁾
G41	Korrektsioon programmeeritud kontuurist vasakule ²⁾	G81	Puurimistsükkel ²⁾
G42	Korrektsioon programmeeritud kontuurist paremale ²⁾	G82	Sügavpuurimistsükkel sammlikumisega ²⁾
Mõõtühikud		G84	Keermestusükskel ²⁾
G70	Tollmõõdustikule seadistamine	G85	Hõõritsemistsükkel ²⁾
G71	Meetermõõdustikule (mm) seadistamine	G88	Sisekeermes freesimistsükkel
G90	Absoluutne koordinaatsüsteem ¹⁾	Töötasandid (lk 364)	
G91	Suhteline koordinaatsüsteem	G16	Töötasandi pööramine ümber telgede Töötasandi valimine ¹⁾
M-funktsioonid¹⁾ – abifunktsioonid (lk 351)			
M0	Programmeeritav peatus	M13	nagu M3 koos jahutusvedeliku etteandega
M3	Spindli pöörlemine päripäeva (CW ⁵⁾)	M14	nagu M4 koos jahutusvedeliku etteandega
M4	Spindli pöörlemine vastupäeva (CCW ⁵⁾)	M15	Spindli ja jahutusvedeliku etteande seiskamine
M5	Spindli seiskamine ¹⁾	M17	Alamprogrammi lõpp
M6	Lõikeriista vahetus	M30	Programmi lõpp koos lähtestamisega
M8	Jahutusvedeliku etteanne SEES	M60	Konstantne ettenihe ¹⁾
M9	Jahutusvedeliku etteanne VÄLJAS ¹⁾	T-aadressid⁴⁾ – lõikeriista number revolverpeas (lk 350, lk 368)	
TR	Lõikeriista tipunurga raadiuse korrigeerimine	T	Lõikeriista positsiooninumber revolverpesas
TL	Lõikeriista pikkuse korrigeerimine	TC	Korrektsiooni registrinumber

¹⁾ CNC-programmi käivitamisel aktiivsed funktsioonid: **G17, G90, G53, G40, G94, G97, G1, M5, M9, M60.**

²⁾ Seda funktsiooni võib kasutada ka pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingil funktsioonide G17 ja G19 korral (lk 357). Funktsiooni G19 XY töötasand muudetakse ZX töötasandiks.

³⁾ Funktsioonide G22 ja G23 parameetrid määratakse sarnaselt CNC treimisega (lk 356).

⁴⁾ Lõikeriistavahetus ja liikumine lõikeriista vahetuspunkti toimub kiirliikumisena.

⁵⁾ CW: päripäeva; CCW: vastupäeva.

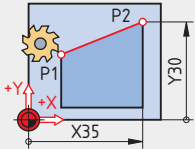


Tööliikumised freesimisel vastavalt PAL-ile

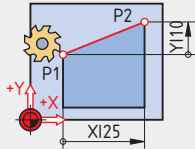
Tööliikumised CNC freesingil

G1 | Lineaarinterpolatsioon ettenihkega¹⁾

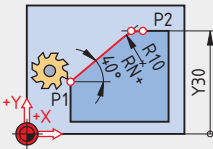
Töötlemise näited (lineaarinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):



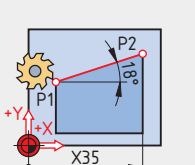
N... G1 X35 Y30



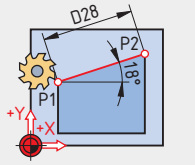
N... G1 X125 Y110



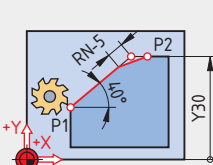
N... G1 Y30 AS40 RN10



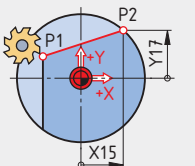
N... G1 X35 AS18



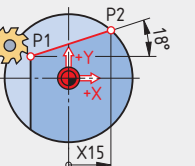
N... G1 D28 AS18



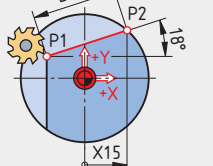
N... G1 Y30 AS40 RN-5



N... G1 X15 Y17



N... G1 X15 AS18



N... G1 D30 AS18

Kohustuslikud parameetrid

X/Y sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)

XA/YA absoluutsed koordinaadid³⁾

XI/YI suhtelised koordinaadid⁴⁾

RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius

RN- üleminekuelemendi faasi laius

D lõiketrajektoori pikkus

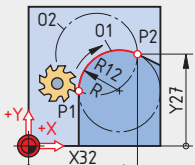
AS lõiketrajektoori tõusunurk

³⁾ Koordinaatide XA/ZA kasutus funktsioonide G1/G2/G3 korral on vajalik ainult siis, kui üksikuid plokkse programmeeritakse absoluutkoordinaatides XA/ZA ja funktsioon G91 on aktiveeritud.

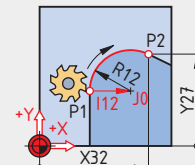
⁴⁾ Suhteliste koordinaatide XI/ZI kasutusel funktsioonide G1/G2/G3 korral ei tohi funktsioon G91 olla aktiveeritud.

G2 | Päripäeva ringinterpolatsioon¹⁾

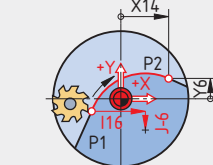
Töötlemise näited (ringinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):



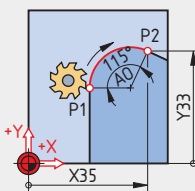
N... G2 X32 Y27 R12²⁾



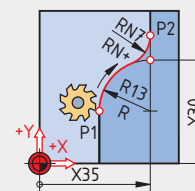
N... G2 X32 Y27 I12 J0



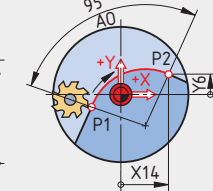
N... G2 X14 Y6 I16 J-6



N... G2 X35 Y33 AO115



N... G2 X35 Y30 R13 RN7



N... G2 X14 Y6 AO95

Kohustuslikud parameetrid

X/Y sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)

XA/YA absoluutsed koordinaadid

XI/YI suhtelised koordinaadid

Mittekohustuslikud parameetrid

I/A X-keskme koordinaadid (suhteline/absoluutne)

J/A Y-keskme koordinaadid (suhteline/absoluutne)

R raadius

AO kaarenurk

RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius

RN- üleminekuelemendi faasi laius (G1)

O1/O2 lühim/pikim kaar²⁾

¹⁾ Seda funktsiooni võib kasutada ka pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingil funktsioonide G17 ja G19 korral (lk 357). Funktsiooni G19 XY töötasand muudetakse ZX töötasandiks.

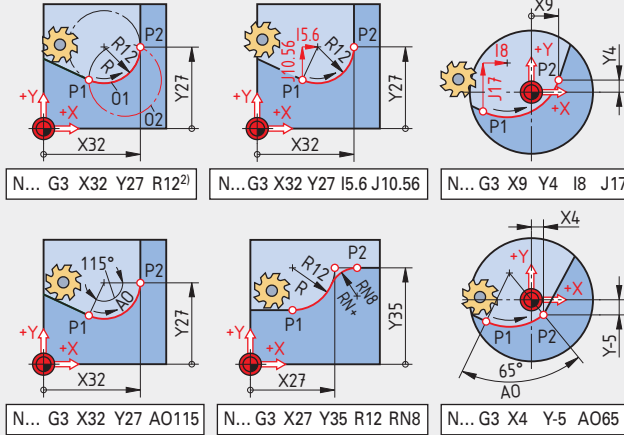
²⁾ Vaikimisi väärtus on O1, kui ei ole määratud teisiti.

Tööliikumised freesimisel vastavalt PAL-ile

Tööliikumised CNC freesingil

G3 Vastupäeva ringinterpolatsioon¹⁾

Töötlemise näited (ringinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):



Kohustuslikud parameetrid

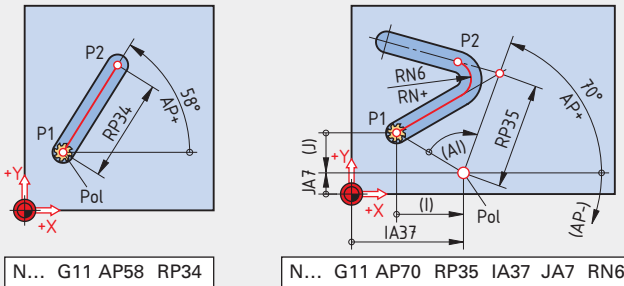
- X/Y sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)
- XA/YA absoluutsed koordinaadid
- XI/YI suhtelised koordinaadid

Mittekohustuslikud parameetrid

- I/A X-keskme koordinaadid (suhteline/absoluutne)
- J/JA Y-keskme koordinaadid (suhteline/absoluutne)
- R raadius
- AO kaarenurk
- RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius
- RN- üleminekuelemendi faasi laius (G1)
- O1/O2 lühim/pikim kaar

G11 Lineaarinterpolatsioon polaarkoordinaatides¹⁾

Töötlemise näited (ringinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):



Kohustuslikud parameetrid

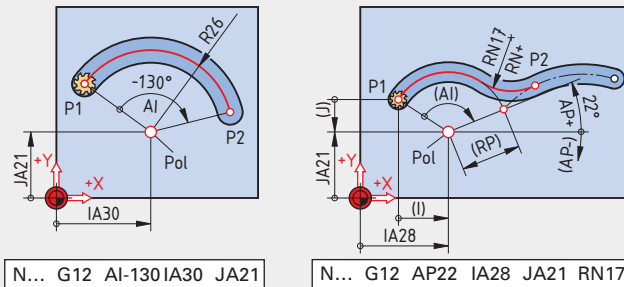
- RP polaarraadius
- AP polaarnurk positiivse X-telje suhtes
- AI suhteline polaarnurk³⁾

Mittekohustuslikud parameetrid

- I/A polaarkeskme X-koordinaadid
- J/JA polaarkeskme Y-koordinaadid
- RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius
- RN- üleminekuelemendi faasi laius

G12 Päripäeva ringinterpolatsioon polaarkoordinaatides¹⁾

Töötlemise näited (ringinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):



Kohustuslikud parameetrid

- AP polaarnurk positiivse X-telje suhtes
- AI suhteline polaarnurk³⁾

Mittekohustuslikud parameetrid

- RP polaarraadius
- I/A polaarkeskme X-koordinaadid
- J/JA polaarkeskme Y-koordinaadid
- RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius
- RN- üleminekuelemendi faasi laius

¹⁾ Seda funktsiooni võib kasutada ka pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingil funktsioonide G17 ja G19 korral (lk 357). Funktsiooni G19 XY töötasand muudetakse ZX töötasandiks.

²⁾ Vaikimisi väärtus on O1, kui ei ole määratud teisiti.

³⁾ Suhteline polaarnurk on seotud lõikeriista hetkeasendiga. Seda parameetrit tohib kasutada ainult siis, kui polaarkeskme koordinaadid erinevad tööriista hetkeasendist.



Tööliikumised freesimisel vastavalt PAL-ile

Tööliikumised CNC freesingil	
G13 Vastupäeva ringinterpolatsioon polaarkoordinaatides ¹⁾	
<p>Töötlemise näited (ringinterpolatsioon punktist P1 punkti P2):</p>	<p>Kohustuslikud parameetrid</p> <p>AP polaarnurk positiivse X-telje suhtes</p> <p>AI suhteline polaarnurk</p> <p>Mittekohustuslikud parameetrid</p> <p>RP polaarraadius</p> <p>I/IA polaarkeskme X-koordinaadid</p> <p>J/JA polaarkeskme Y-koordinaadid</p> <p>RN+ üleminekuelemendi ümardusraadius</p> <p>RN- üleminekuelemendi faasi laius</p>
<p>N... G13 AP-45 IA21 JA51 RN17</p> <p>N... G13 AP-35 IA37 JA45</p>	
G10 Kiirliikumine polaarkoordinaatides ¹⁾	
<p>Töötlemise näide (lähenemine punktile P1 eemaldumine punktist P2):</p>	<p>Kohustuslikud parameetrid</p> <p>RP polaarraadius</p> <p>AP polaarnurk positiivse X-telje suhtes</p> <p>AI suhteline polaarnurk</p> <p>Mittekohustuslikud parameetrid</p> <p>I/IA polaarkeskme X-koordinaadid</p> <p>J/JA polaarkeskme Y-koordinaadid</p> <p>Z/ZA lähenemiskaugus Z-koordinaadis</p>
<p>N... G10 Z2 AP64 RP25 IA40 JA7</p>	
G45/G46 Lineaarse tangentsiaalne lähenemine kontuurile (G45) ja eemaldumine kontuurist (G46) ¹⁾	
<p>Töötlemise näide (lähenemine punktile P1 ja eemaldumine punktist P2):</p>	<p>Kohustuslikud parameetridv (G45)</p> <p>D kauguse esimese kontuuri punktini, märgita</p> <p>X/Y sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)</p> <p>XA/YA absoluutsed koordinaadid</p> <p>XI/YI suhtelised koordinaadid</p> <p>Kohustuslikud parameetrid (G46)</p> <p>D eemaldumislükkumise ulatus, märgita</p>
<p>Funktsioon G45 tuleb aktiveerida koos funktsiooniga G41/G42.</p> <p>Funktsioon G46 tuleb aktiveerida funktsiooni G40 tühistamisel.</p>	<p>N... G0 X20 Y-8 Z2 Z-7</p> <p>N... G41 G45 X0 Y-11 D10</p> <p>N... G1 X-40 X-48 Y0</p> <p>N... G40 G46 D10</p> <p>N... G0 X-70 Y10 Z2</p>
G47/G48 Tangentsiaalne lähenemine kontuurile (G47) ja eemaldumine kontuurist (G48) veerandringis ¹⁾	
<p>Töötlemise näide (lähenemine punktile P1 ja eemaldumine punktist P2):</p>	<p>Kohustuslikud parameetrid (G47)</p> <p>R lähenemislükkumise raadius lõikeriista keskpunkti trajektoori suhtes</p> <p>X/Y sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)</p> <p>XA/YA absoluutsed koordinaadid</p> <p>XI/YI suhtelised koordinaadid</p> <p>Kohustuslikud parameetrid (G48)</p> <p>R eemaldumislükkumise raadius lõikeriista keskpunkti trajektoori suhtes</p>
<p>Funktsioon G47 tuleb aktiveerida koos funktsiooniga G41/G42.</p> <p>Funktsioon G48 tuleb aktiveerida funktsiooni G40 tühistamisel.</p>	<p>N... G0 X24 Y-35 Z2 Z-5</p> <p>N... G41 G47 X0 Y-11 R12</p> <p>N... G1 X-40 X-48 Y0</p> <p>N... G40 G48 R8</p> <p>N... G0 X-70 Y-15 Z2</p>
G54–G57 Seadistatavad absoluutsed nullpunktid	
<p>Funktsioonidega G54, G56, G57 või G58 määratakse töötlemise alguses tooriku nullpunkt, mis määrab ära kauguse masina nullpunktist. Operaator sisestab enne programmi käivitamist nullpunkti väärtused CNC seadme kontrolleri nullpunktiregistrisse.</p>	
<p>¹⁾ Seda funktsiooni võib kasutada ka pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingil funktsioonide G17 ja G19 korral (lk 357). Funktsiooni G19 XY töötasand muudetakse ZX töötasandiks.</p>	

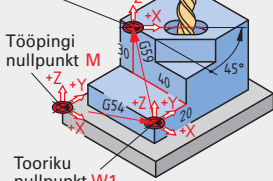
Freesimistsüklid vastavalt PAL-ile

Freesimistsüklid CNC freesingil

G59 Suhtelise nullpunkti nihe ja pööre

Töötlemise näide (nullpunkti nihutamine punktist W1 punkti W2):

Tooriku nullpunkt **W2**



Tööpingi nullpunkt **M**

Tooriku nullpunkt **W1**

```
N... G54
N... T3 S2380 F470 M13
N... G0 X... Y... Z...
N...
N... T4 S4470 F570 M13
N... G59 XA-40 YA20 ZA30 AR45
N... G0 X... Y... Z...
```

Tooriku nullpunkti algasend aktiveeritakse funktsiooniga G54, nihutatakse funktsiooniga G59 ja nihutus tühistatakse funktsiooniga G50.

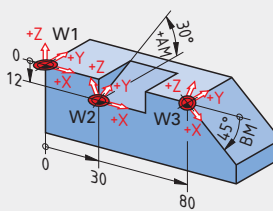
Mittekohustuslikud parameetrid¹⁾

XA uue nullpunkti absoluutne X-koordinaat
 YA uue nullpunkti absoluutne Y-koordinaat
 ZA uue nullpunkti absoluutne Z-koordinaat
 AR pöördenurk ümber Z-telje X-telje suhtes

¹⁾ Nihe ja pööre viitavad tooriku praegusele koordinaatsüsteemile.

G17/G16 Töötasandite valik

Töötlemise näide (töötasandi pööramine funktsiooniga G17):



pöörde positiivne suund:



```
N... G54 ;W1
N... (programmeerimine XY tasandil punktist W1)
N... G59 XA30 ZA-12 ;W2
N... G17 AM30
N... (programmeerimine XY tasandil punktist W2)
N... G22 L100
N... G59 XA80 ;W3
N... G17 BM45
N... (programmeerimine XY tasandil punktist W3)
N... G22 L100
```

L100 (Alamprogramm töötasandi ja nullpunkti lähtestamiseks)

```
N1 G0 Z50 (Alamprogramm töötasandi ja nullpunkti lähtestamiseks)
N2 G17
N3 G50
N4 M17
```

Mittekohustuslikud parameetrid (G17)²⁾

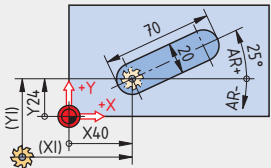
AM absoluutne pöördenurk ümber X-telje
 BM absoluutne pöördenurk ümber Y-telje
 CM absoluutne pöördenurk ümber Z-telje

Mittekohustuslikud parameetrid G16³⁾

AR suhteline pöördenurk ümber X-telje
 BR suhteline pöördenurk ümber Y-telje
 CR suhteline pöördenurk ümber Z-telje

G79 Tsükli aktiveerimine teatud punktis (ristkoordinaatides)⁴⁾

Töötlemise näide (funktsiooni G74 aktiveerimine):



```
N... G74 ZA-8 LP70 BP20 D4 V2
N... G79 X40 Y24 Z0 AR25
N...
```

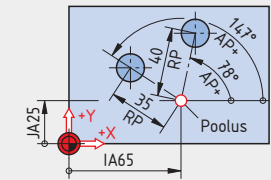
- Aktiveeritud on hetkel aktiivne freesimistsüklitel.
- Lähenedamine toorikule toimub kiirliikumisena ohutuskaugusel V.

Mittekohustuslikud parameetrid

X/Y/Z sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)
 XA/YA/ZA absoluutsed koordinaadid
 XI/YI/ZI suhtelised koordinaadid
 AR elemendi pöördenurk X-telje suhtes
 W absoluutne väljatõmbetasand detaili koordinaadistikus

G78 Tsükli aktiveerimine teatud punktis (polaarkoordinaatides)⁴⁾

Töötlemise näide (funktsiooni G82 aktiveerimine):



```
N... G82 ZA-15 D3 V2
N... G78 Z0 IA65 JA25 RP40 AP78
N... G78 Z0 IA65 JA25 RP35 AP147
N...
```

- Aktiveeritud on hetkel aktiivne freesimistsüklitel.
- Lähenedamine toorikule toimub kiirliikumisena ohutuskaugusel V.

Kohustuslikud parameetrid

I/IA polaarkeskme X-koordinaadid
 J/JA polaarkeskme Y-koordinaadid
 RP polaarraadius
 AP polaarnurk X-telje suhtes

Mittekohustuslikud parameetrid

Z/ZI/ZA ülaserava Z-koordinaadid
 AR pöördenurk
 W absoluutne väljatõmbetasand detaili koordinaadistikus

²⁾ Pööre toimub tööpingi koordinaatsüsteemi vastava telje ümber. Funktsiooniga G17 on võimalik mitu pööret erinevate telgedel ümber (nt N... G17 AM30 CM-45).

³⁾ Pööre toimub tooriku koordinaatsüsteemi vastava telje ümber. Funktsiooniga G16 saab töötasandit pöörata mitu korda suhtelistes koordinaatides. Funktsiooni G16 uuesti aktiveerimine määrab töötasandiks hetketasandi.

⁴⁾ Seda funktsiooni võib kasutada ka pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingil funktsioonide G17 ja G19 korral (lk 357). Funktsiooni G19 XY töötasand muutetakse ZX töötasandiks.

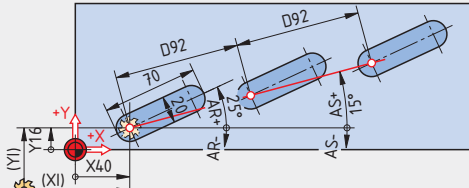


Freesimistsüklid vastavalt PAL-ile

Freesimistsüklid CNC freesingil

G76 Tsükli kordus sirgjoonel (avade sirge)¹⁾

Töötlemise näide (taskufreesimistsükli aktiveerimine sirgjoonel):



N... G74 ZA-8 LP70 BP20 D4 V2
N... G76 X40 Y16 Z0 AS15 D92 O3 AR25

Kohustuslikud parameetrid

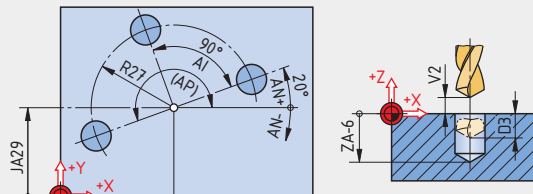
AS sirgjoone nurk X-telje suhtes
D tsükli väljakutsete vahemaa
O väljakutsete arv joonel

Mittekohustuslikud parameetrid

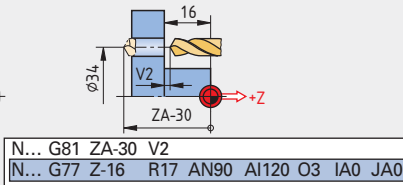
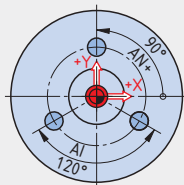
AR elemendi pöördenurk
X/Y/Z sihtkoordinaadid (sõltuvalt G90/G91)
XA/YA/ZA absoluutsed koordinaadid
XI/YI/ZI lõikeriista asukohta suhtelised koordinaadid

G77 Tsükli kordus ringjoonel (avade ring)¹⁾

Töötlemise näited (puurimistsükli aktiveerimine ringjoonel):



N... G82 ZA-6 D3 V2
N... G77 Z0 R27 AN20 AI90 O3 IA37 JA29



N... G81 ZA-30 V2
N... G77 Z-16 R17 AN90 AI120 O3 IA0 JA0

Kohustuslikud parameetrid

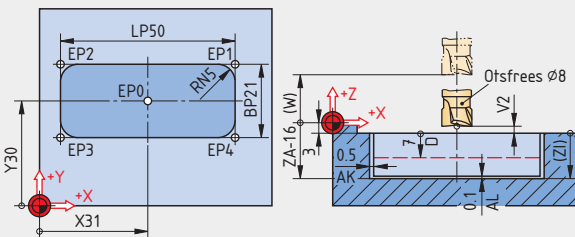
R ringjoone raadius
AN esimese elemendi nurk X-telje suhtes
AP viimase elemendi nurk X-telje suhtes
AI konstantne segmendinurk elementide arv ringjoonel
O ringi keskme X-koordinaadid
I/IA did ringi keskme Y-koordinaadid
J/JA ringi keskme Z-koordinaadid
Z, ZA, ZI ringi keskme Z-koordinaadid

Mittekohustuslikud parameetrid

W absoluutne väljatõmbetasand (kui ei ole määratud, siis $W = V$)
H1 lõikeriist liigub pärast töötuse lõppu ohutuskaugusele V
H2 lõikeriist liigub pärast töötuse lõppu väljatõmbetasandile
AR elemendi pöördenurk (kui ei ole määratud, siis AR0)

G72 Nelinurktasku freesimistsükkel¹⁾

Töötlemise näide:



N... T6 S2380 F760 M13
N... G72 ZA-16 LP50 BP21 D7 V2 RN5 AK0.5 AL0.1 E100
N... G79 X31 Y30 Z-3
N... T...

Kui H ja H1 ei ole määratud, siis kogu tasku tehakse koorivtöötusega.

Kohustuslikud parameetrid

ZI/ZA tasku sügavus
LP tasku pikkus X-telje suunas
BP tasku laius Y-telje suunas
D maksimaalne lõikesügavus
V ohutuskaugus

Mittekohustuslikud parameetrid

RN nurga ümardusraadius
EP lähtepunkt tsükli väljakutsumiseks (kui ei ole määratud, siis EP0)
AK taskuserva viimistlevtöötusvaru
AL taskupõhja viimistlevtöötusvaru
H2 kooriv otsfreesimine
H4 viimistlevtöötus
H14 kooriv- ja viimistlevtöötus
E ettenihe
W absoluutne väljatõmbetasand

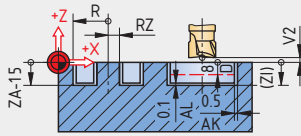
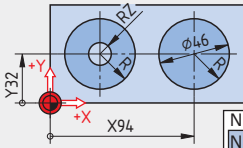
¹⁾ Seda funktsiooni võib kasutada ka pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingil funktsioonide G17 ja G19 korral (lk 357). Funktsiooni G19 XY töötasand muudetakse ZX töötasandiks.

Freesimistsüklid vastavalt PAL-ile

Freesimistsüklid CNC freesingil

G73 Ümartasku freesimistsükel¹⁾

Töötlemise näide:



N...	T6	S2380	F220	M13			
N...	G73	ZA-15	R23	D8	V2	AK0.5	AL0.1
N...	G79	X94	Y32	Z0			

Kohustuslikud parameetrid

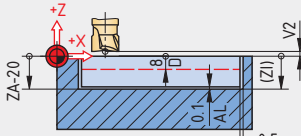
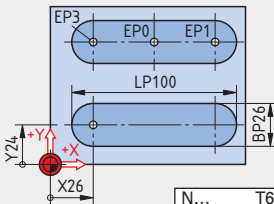
ZI/ZA ümartasku sügavus
R ümartasku raadius
D maksimaalne lõikesügavus
V ohutuskaugus

Mittekohustuslikud parameetrid

RZ sõrmelemendi raadius
AK... W samad, mis funktsiooni G72 korral (lk 365)

G74 Soonefreesimistsükel¹⁾

Töötlemise näide:



N...	T6	S2380	F220	M13				
N...	G74	ZA-20	LP100	BP26	D8	V2	AK0.5	AL0.1
N...	G79	X26	Y24	Z0				

Kohustuslikud parameetrid

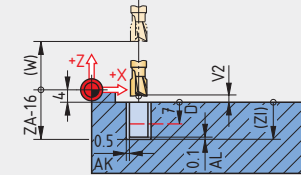
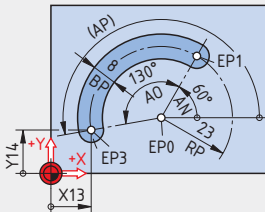
ZI/ZA soone sügavus
LP soone pikkus X-telje suunas
BP soone pikkus Y-telje suunas
D maksimaalne lõikesügavus
V ohutuskaugus

Mittekohustuslikud parameetrid

EP lähtepunkt tsükli väljakutsumiseks (kui ei ole määratud, siis EP3)
AK... W samad, mis funktsiooni G72 korral (lk 365)

G75 Kaarsoone freesimistsükel¹⁾

Töötlemise näide:



N...	T4	S3820	F420	M13						
N...	G75	ZA-16	AN60	AO130	BP8	RP23	D7	V2	AK0.5	AL0.1
N...	G79	X13	Y14	Z-4						
N...	T...									

Kohustuslikud parameetrid

ZI/ZA kaarsoone sügavus
AN²⁾ polaarlähtenurk
AO²⁾ polaaravanurk
AP²⁾ polaarlõppnurk
RP kaarsoone raadius
BP kaarsoone laius
D maksimaalne lõikesügavus
V ohutuskaugus

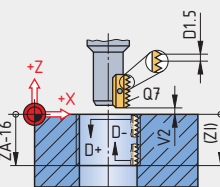
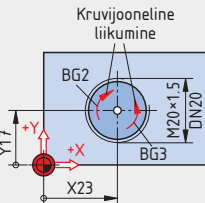
Mittekohustuslikud parameetrid

EP lähtepunkt tsükli väljakutsumiseks (vaikimisi: EP3)
AK... W samad, mis funktsiooni G72 korral (lk 365)

²⁾ Vähemalt kaks polaarnurka peavad olema määratud.

G88 Sisekeeme freesimistsükel

Töötlemise näide:



Paremkeere:
BG2 ja D+
või
BG3 ja D-
Vasakkeere:
BG2 ja D-
või
BG3 ja D+

N...	T13	S2240	F220	M13			
N...	G88	ZA-16	DN20	D-1.5	Q7	V2	BG3
N...	G79	X23	Y17	Z0			

Kohustuslikud parameetrid

ZI/ZA keeme sügavus
DN nominaalläbimõõt
D keermesamm töötlemisel:
D + ülevalt alla.
D - alt ülesse.
Q keermeniite arv lõikeratal
V ohutuskaugus

Mittekohustuslikud parameetrid

BG lõikeriista liikumissuund
BG2 päripäeva
BG3 vastupäeva

¹⁾ Seda funktsiooni võib kasutada ka pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingil funktsioonide G17 ja G19 korral (lk 357). Funktsiooni G19 XY töötasand muudetakse ZX töötasandiks.

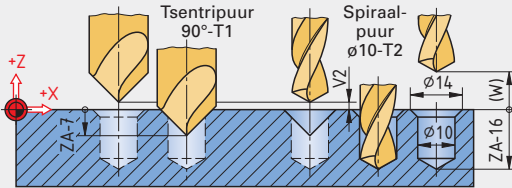


Puurimis-, keermestamis- ja hõõritsemistsükkel vastavalt PAL-ile

Freesimistsüklid CNC freesingil

G81 Puurimistsükkel¹⁾

Töötlemise näide (tsentripuurimine ja puurimine $\phi 10$):



N... T1 S950 F140 M13
N... G81 ZA-7 V2
N... G79 X... Y... Z0

N... T2 S1190 F110 M13
N... G81 ZA-16 V2
N... G79 X... Y... Z0

Kohustuslikud parameetrid

ZA ava absoluutne sügavus
ZI suhteline puurimissügavus materjali pinnast (negatiivne)
V ohutuskaugus

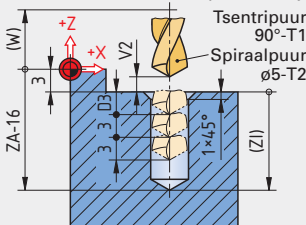
Mittekohustuslikud parameetrid

W väljatõmbetasandi kaugus

Funktsiooni G81 kasutatakse puurimiseks, tsentriava puurimiseks või väikes-te avade tegemiseks laastu tekketa.

G82 Sügavpuurimistsükkel¹⁾

Töötlemise näide (tsentripuurimine ja sügavpuurimine $\phi 5$):



N... T1 S950 F140 M13
N... G81 ZA-6.5 V2
N... G79 X... Y... Z-3
N... T2 S1350 F95 M13
N... G82 ZA-16 D3 V2
N... G79 X... Y... Z-3
N...

Peale igat ettenihet lõikesügavuse võrra eemaldatakse puur 1 mm võrra tagasi ooteajaga 1 pööre (vaikimisi seadistus).

Kohustuslikud parameetrid

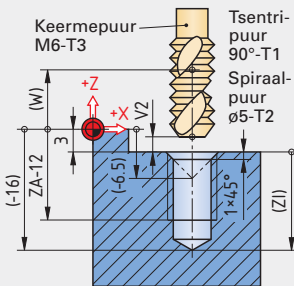
ZA ava absoluutne sügavus
ZI suhteline puurimissügavus materjali pinnast (negatiivne)
D lõikesügavus
V ohutuskaugus

Mittekohustuslikud parameetrid

E tsentripuurimise ettenihe
W väljatõmbetasandi kaugus

G84 Keermestamistsükkel¹⁾

Töötlemise näide (tsentripuurimine, sügavpuurimine ja keermestamine M6):



N... T1 S950 F140 M13
N... G81 ZA-6.5 V2
N... G79 X... Y... Z-3
N... T2 S1350 F95 M13
N... G82 ZA-16 D3 V2
N... G79 X... Y... Z-3
N... T3 S390 M8
N... G84 ZA-12 F1 V2 M3
N... G79 X... Y... Z-3
N...

Jõudes keermestussügavuseni, muutub spindli pöörlemine vastupidiseks

Kohustuslikud parameetrid

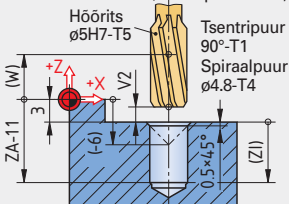
ZA keeme absoluutne sügavus
ZI suhteline keermestussügavus materjali pinnast (negatiivne)
F keeme samm
M pöörlemissuund sisseliikumisel
M3: paremkeere
M4: vasakkeere
V ohutuskaugus

Mittekohustuslikud parameetrid

W väljatõmbetasandi kaugus

G85 Hõõritsemistsükkel¹⁾

Töötlemise näide (tsentripuurimine, sügavpuurimine ja hõõritsemine $\phi 5H7$):



N... T1 S950 F140 M13
N... G81 ZA-6 V2
N... G79 X... Y... Z-3
N... T4 S1350 F95 M13
N... G82 ZA-10 D3 V2
N... G79 X... Y... Z-3
N... T5 S410 F180 M13
N... G85 ZA-11 V2
N... G79 X... Y... Z-3
N...

Kohustuslikud parameetrid

ZA hõõritsemise absoluutne sügavus
ZI suhteline hõõritsemis sügavus materjali pinnast (negatiivne)
V ohutuskaugus

Mittekohustuslikud parameetrid

E ettenihe väljatõmbeliikumisel
W väljatõmbetasandi kaugus

¹⁾ Seda funktsiooni võib kasutada ka pöörlevate lõikeriistadega CNC treipingil funktsioonide G17 ja G19 korral (lk 357). Funktsiooni G19 XY töötasand muudetakse ZX töötasandiks. Puurimis- ja hõõritsemistsükli algpunkt (seadepunkt) on ava kese. See aktiveeritakse järgmist funktsioonidega: G76, G77, G78 või G79 (lk 364, 365).

Freesimistsüklid ja programmi struktuur vastavalt PAL-ile

Freesimistsüklid CNC freespingil

G34/G35/G37/G38/G80/G39

Taskufreesimistsükel (CPC)

Töötlemise näide (pööratud töötasand ja tasku töötlemine):

G34 Taskufreesimistsüklil algus
 Parameetrid
 ZA absoluutne tasku sügavus
 ZI suhteline sügavus materjali pinnast
 AK taskuserva viimistlevtöötlusvaru
 AL taskupõhja viimistlevtöötlusvaru

G35 Taskufreesimistsüklil koorigtöötlus
 Parameetrid
 T lõikeriista number
 D maksimaalne lõikesügavus tööpinnalt
 S pöörlemissagedus/lõikekiirus
 F ettenihke freesimisel
 E ettenihke süvistamisel

G37 Taskufreesimistsüklil viimistlevtöötlus
 Parameetrid
 T lõikeriista number
 H4 põhja/serva viimistlevtöötlus
 D-E samad mis funktsiooni G35 korral

G38 Taskufreesimistsüklil kontuuri kirjeldus
 Parameetrid
 H1 tasku H2 saar
 H3 saar tasku sees

G80 Kontuuri kirjelduse lõpp

G39 Taskufreesimistsüklil aktiveerimine
 Parameetrid
 ZA absoluutne tasku sügavus
 ZI suhteline sügavus materjali pinnast
 V ohutuskaugus

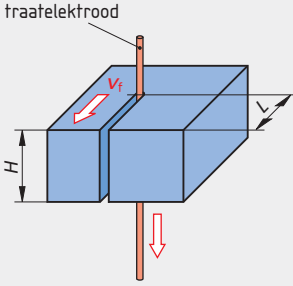
CNC programm (PAL) tasku freesimiseks pööratud töötasandiga

Nr	Ettevalm. funkt.	Koordinaadid			Lisafunktsioonid parameetritega						Abifunkt	Selgitavad märkused
		X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI								
N1	G54											Nullpunkti seadistamine W1
N2					T1	TL0.1	S150	F130			M13	Lõikeriista nr 1 valimine – ø 80
N3	G59	XA10	YA30	ZA30								Nullpunkti seadistamine W2
N4	G17				BM10							Töötasandi pööramine
N5	G0	X35.5	Y-72	Z14								Kiirliikumine toorikuni
N6	G1			Z0								Kaldpinna koorigtöötlemine
N7			Y72									
N8					T2	S150	F80				M13	Lõikeriista nr 2 valimine – ø 80
N9	G0	X35.5	Y-72	Z2								Kiirliikumine toorikuni
N10	G1			Z0								Kaldpinna viimistlevtöötlemine
N11			Y72									
N12					T3							Lõikeriista nr 3 valimine – ø 16
N13	G34			ZA-10	AK0.5	AL0.1						Taskufreesimistsüklil algus
N14	G35				T3	S2380	F760	D6	E100		M13	Tasku koorigtöötlemine
N15	G37				T4	S2380	F470	D6	E100	H4	M13	Tasku viimistlevtöötlemine
N16	G38				H1							Kontuuri kirjeldus
N17	G0	X38	Y25									P1 tasku algpunkt
N18	G3	X16.333	Y12.472		R25							P2
N19	G3	X16.333	Y-12.472		I3.667	J-12.472						P3 kontuuri kirjeldus
N20	G3	X59.667	Y-12.472		R25							P4
N21	G3	X59.667	Y12.472		I-3.667	J12.472						P5
N22	G3	X38	Y25		R25							P1
N23	G80											Kontuuri kirjelduse lõpp
N24	G39			ZA0	V2							Tsükli aktiveerimine
N25	G0			Z50								Kiirliikumine lõikeriista vahetuspunkti
N26	G17											Töötasandi pööramise tühistamine
N27	G50											Funktsiooni G59 tühistamine
N28					T0						M30	Programmi lõpp



Tötlusaeg ja standardväärtused elektroerosioontötluseks

Traaterosioontötlus



t_p tötlusaeg, min
 v_f ettenihe, mm/min
 L löikepikkus, mm
 H löikekõrgus, mm
 T geometriatolerants, μm

Tötlusaeg

$$t_p = \frac{L}{v_f}$$

Näide:

Materjal: teras, $H = 30$ mm; $L = 320$ mm;
 $T = 30$ μm ; $v_f = ?$; $t_p = ?$

$v_f = 1.8$ mm/min (tabelist)

$$t_p = \frac{L}{v_f} = \frac{320 \text{ mm}}{1.8 \text{ mm/min}} = 178 \text{ min}$$

Ettenihe v_f (standardväärtused)¹⁾

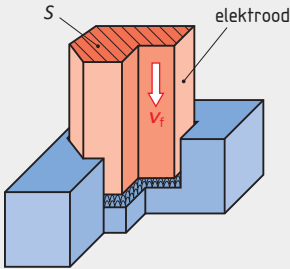
Löikekõrgus H mm	Ettenihe v_f , mm/min											
	Teras erosioon				Vase erosioon				Karbiidkermise erosioon			
	Soovitud geometriatolerants T , μm											
	60	40	30	20	10	40	20	10	80	20	10	
10	9.0	8.5	4.0	3.9	2.1	7.5	3.5	2.0	4.5	0.7	0.6	
20	5.1	5.5	2.5	2.5	1.5	4.7	2.4	1.5	3.1	0.3	0.3	
30	3.7	4.0	1.8	1.8	1.1	4.0	1.9	1.1	2.3	0.2	0.2	
50	2.5	2.5	1.2	1.2	0.8	2.6	1.4	0.7	1.4	0.2	0.2	

¹⁾ Antud standardväärtused on keskväärtused põhilõikamiseks ja täiendavaks lõikamiseks, saavutamaks nõutud tolerantsi. Ebasoodsate uhtmistingimuste puhul langeb ettenihkekiirus tunduvalt.

Enamlevinud traatelektroodide omadused ja kasutus

Traadi materjal	Elektrijuhtivus $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$	Tõmbetugevus N/mm^2	Traadi läbimõõt, mm	Kasutus
CuZn-sulam	13.5	400 ... 900	0.2 ... 0.33	Universaalne
Molübdeen	18.5	1900	0.025 ... 0.125	Väga väike geometriatolerants
Volfram	18.2	2500	0.025 ... 0.125	Kitsad pilud, väiksed nurgaraadiused

Mahterosioontötlus



t_p tötlusaeg, min
 S elektroodi tööpindala, mm^2
 V eemaldatav materjalimaht, mm^3
 V_w materjali eemalduskiirus, mm^3/min

Tötlusaeg

$$t_p = \frac{V}{V_w}$$

Näide:

Teras koorivtötlus; grafiitelektrood,
 $S = 150$ mm^2 ; $V = 3060$ mm^3 ; $V_w = ?$; $t_p = ?$

$V_w = 31$ mm^3/min (tabelist)

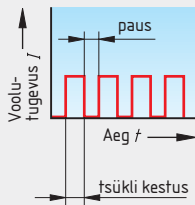
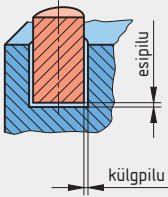
$$t_p = \frac{V}{V_w} = \frac{3060 \text{ mm}^3}{31 \text{ mm}^3/\text{min}} = 99 \text{ min}$$

Materjali eemalduskiirus V_w (standardväärtused)¹⁾

Tooriku materjal	Elektrood	Materjali eemalduskiirus V_w , mm^3/min											
		Koorivtötlus eemaldatav pindala S , mm^2						Viimistlevtötlus soovitud pinnakaredus Rz , μm					
		10 to 50	50 to 100	100 to 200	200 to 300	300 to 400	400 to 600	2 to 3	3 to 4	4 to 6	6 to 8	8 to 10	
Teras	Grafiit	7.0	18	31	62	81	105	-	-	-	2	5	
	Vask	13.3	22	28	51	85	105	0.1	0.5	1.9	3.8	5	
Karbiidker.	Vask	6.0	15	18	28	30	33	-	0.1	0.5	2.2	5.2	

¹⁾ Erinevate tötlusmeetodite mõjust tingituna on tegelikud väärtused varieeruvad laiades piirides; vt lk 370.

Protsessiparameetrid elektroerosioontöötluks



V_W materjali eemalduskiirus, mm^3/min
 V eemaldatav maht, mm^3
 t eemaldusaeg, min
 V_E tööriista absoluutne kulum, mm^3
 V_{rel} tööriista suhteline kulum, %

Eemalduskiirus

$$V_W = \frac{V}{t}$$

Suhteline kulum

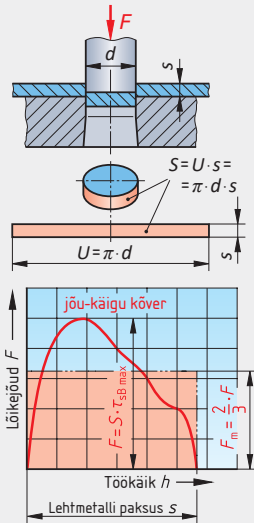
$$V_{\text{rel}} = \frac{V_E}{V} \cdot 100\%$$

Parameeter	Kirjeldus, omadused ja kasutus	
Elektrolüütvask	Universaalkasutus; madal kulumine; suur eemalduskiirus; viimistlev- ja koorivtöötluks; elektroodi tootmine töötuse teel raskendatud; suur soojuspaisumine; puudub servade pragunemine; kõverdumisoht.	
Elektroodi materjal	Grafiit erinevate terasuurustega	Universaalkasutus; väga madal kulumine; suurem voolutihedus võrreldes vasest elektroodiga; elektroodi väike mass; elektroodi valmistamine lihtne töötuse teel; mittekõverduv; väike soojuspaisumine; täpsemad elektroodid tehakse peenteragrafiidist; ei sobi karbiidkerniste töötluks.
	Volfram-vask	Detaileid elektroodid; väga madal kulumine; väga suur materjali eemalduskiirus suhteliselt madala lahendusvooluga isegi suure voolutiheduse korral; võimalik valmistada ainult piiratud suurusega elektroode; elektroodi suur mass.
	Vask-grafiit	Spetsiaalsed kasutusalaad; väiksemõõtmelised elektroodid samaaegselt suure tugevusega; kulumine ja materjali eemalduskiirus mängivad spetsiaalsetes rakendustes teisejärgulist rolli.
Dielektriline vedelik	Süntheetilised õlid , filtreeritud ja jahutatud; kooskõlas seadme valmistajaga Nõuded dielektrilisele vedelikule: <ul style="list-style-type: none"> • madal ja konstantne juhtivus stabiilseks sädemetekkeks; • madal viskoossus, hea filtreeritavus ja läbitungimisvõime kitsastes piludes; • madal aurustumisvõime, vähendades mürgiste aurude teket; • kõrge süttimistemperatuur vältimaks tuleohtu; • kõrge soojusjuhtivus parema jahutuse tagamiseks; • eriti madal tervisekahjustuse oht operaatorile. 	
Uhtmine	Dielektrilise vedeliku asendus erosioonikohas; Erosioonprodukti eemaldus pilust Sõltuvalt nõuetest ja võimalustest saab erinevaid uhtmismeetodeid kasutada stabiilseks erosioonprotsessi alalhoidmiseks: <ul style="list-style-type: none"> • uputamine (kõige enam kasutatud meetod; samaaegne soojuse eemalejuhtimine); • rõhuga uhtmine läbi õõnsate elektroodide või elektroodide kõrvalt; • alarõhuga puhastamine läbi õõnsate elektroodide või elektroodi kõrvalt; • intervallidega uhtmine läbi elektroodi liikumise eemale ja tagasi; • uhtmine elektroodi ja töökeha suhtelise liikumise toimel erosioonsükli katkestamata. 	
Polaarsus	positiivne	Elektrood on positiivse polaarsusega; kasutatakse madala elektroodi põlemisastmega koorivtöötluks korral impulsi pika kestuse ja madala sagedusega.
	negatiivne	Elektrood on negatiivse polaarsusega; kasutatakse impulsi lühikese kestuse ja kõrge sagedusega erosioonil.
Pilu	esipilu	Hoitakse konstantsena kogu ettenihke jooksul (kontrollitakse läbilöögipingega). Kontrollitundlikkus on liiga kõrge: elektrood pulseerub pidevalt sisse ja välja, läbilöögipingega kontrollimine võimatu. Kontrollitundlikkus on liiga madal: ebanormaalsed sädelahendused sagenevad või jääb pilu läbilöögi jaoks liiga suureks.
	kõlgpilu	Määratakse enamasti impulsi kestuse ja suurusega, sõltuvalt materjalide sobivusest ja tühijooksupingest.
Lahendusvool	madal	Madal materjali eemaldusjõudlus, väike tööriistakulum vaskelektroodidel, suur tööriistakulum grafiitelektroodidel.
	kõrge	Kõrge materjali eemaldusjõudlus, suur tööriistakulum vaskelektroodidel, väike tööriistakulum grafiitelektroodidel.
Impulsi kestus	lühike	Elektroodi kulum positiivse polaarsuse korral suurem, materjali eemalduskiirus väiksem.
	pikk	Elektroodi kulum positiivse polaarsuse korral väiksem, materjali eemalduskiirus suurem.



Pressi tööparameetrid

Lõikejõud, lõiketöö



- F lõikejõud
 F_m arvutuslik lõikejõud
 S lõikepind
 $R_{m \max}$ maksimaalne tõmbetugevus
 $\tau_{sB \max}$ maksimaalne nihketugevus
 W lõiketöö
 s lehtmetsali paksus

Lõikejõud

$$F = S \cdot \tau_{sB \max}$$

Maksimaalne nihketugevus

$$\tau_{sB \max} \approx 0.8 \cdot R_{m \max}$$

Näide:

$$S = 236 \text{ mm}^2; s = 2.5 \text{ mm}; R_{m \max} = 510 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Leida: } \tau_{sB \max}; F; W$$

$$\text{Lahendus: } \tau_{sB \max} = 0.8 \cdot R_{m \max} = 0.8 \cdot 510 \text{ N/mm}^2 = 408 \text{ N/mm}^2$$

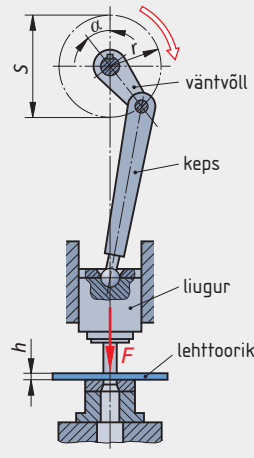
$$F = S \cdot \tau_{sB \max} = 236 \text{ mm}^2 \cdot 408 \text{ N/mm}^2 = 96288 \text{ N} = 96.288 \text{ kN}$$

$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s = \frac{2}{3} \cdot 96.288 \text{ kN} \cdot 2.5 \text{ mm} \approx 160 \text{ kN} \cdot \text{mm} = 160 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Näide:

$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s$$

Ekstsentrisk- ja väntpressi töö



Presside ajamid on tavaliselt projekteeritud nii, et nominaalne pressimisjõud rakendub vända nurga $\alpha = 30^\circ$ korral.

Pidevvežiimil töötavad pressid ilma katkestusteta. Üksikvežiimil saab presse peatada pärast iga töotsükli. Presside puhul, mille käigupikkust saab muuta, on lubatav pressimisjõud väiksem nominaalsest pressimisjõust.

- F lõikejõud või vormimisjõud
 F_n nominaalne pressimisjõud
 F_{all} lubatud pressimisjõud muudetava käigupikkusega pressi puhul
 S käigupikkus; muudetava käiguga pressil käigu maksimaalne pikkus
 S_a reguleeritud käik
 h töövahemik (\approx lehtmetsali paksus s)
 α vääntvõlli tõonurk
 W lõikamiseks või vormimiseks kuluv töö
 W_C töö pidevvežiimis
 W_S töö üksikvežiimis

Töö pidevvežiimis

$$W_C = \frac{F_n \cdot S}{15}$$

Töö üksikvežiimis

$$W_S = 2 \cdot W_C$$

Näide:

Ekstsentriskpress fikseeritud käigupikkusega, $F_n = 250 \text{ kN}$; $S = 30 \text{ mm}$; $F = 207 \text{ kN}$; $s = 4 \text{ mm}$

Leida: W ; W_C . Kas pressi on võimalik rakendada pidevvežiimis?

$$\text{Lahendus: } W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s = \frac{2}{3} \cdot 207 \text{ kN} \cdot 4 \text{ mm} = 552 \text{ kN} \cdot \text{mm} = 552 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W_C = \frac{F_n \cdot S}{15} = \frac{250 \text{ kN} \cdot 30 \text{ mm}}{15} = 500 \text{ kN} \cdot \text{mm} = 500 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kui $F < F_n$, aga $W > W_C$, ei saa pressi rakendada pidevvežiimis.

Tööparameetrid

Fikseeritud käik

$$F \leq F_n$$

$$W \leq W_C \text{ või}$$

$$W \leq W_S$$

Reguleeritav käik

$$F \leq F_{\text{all}}$$

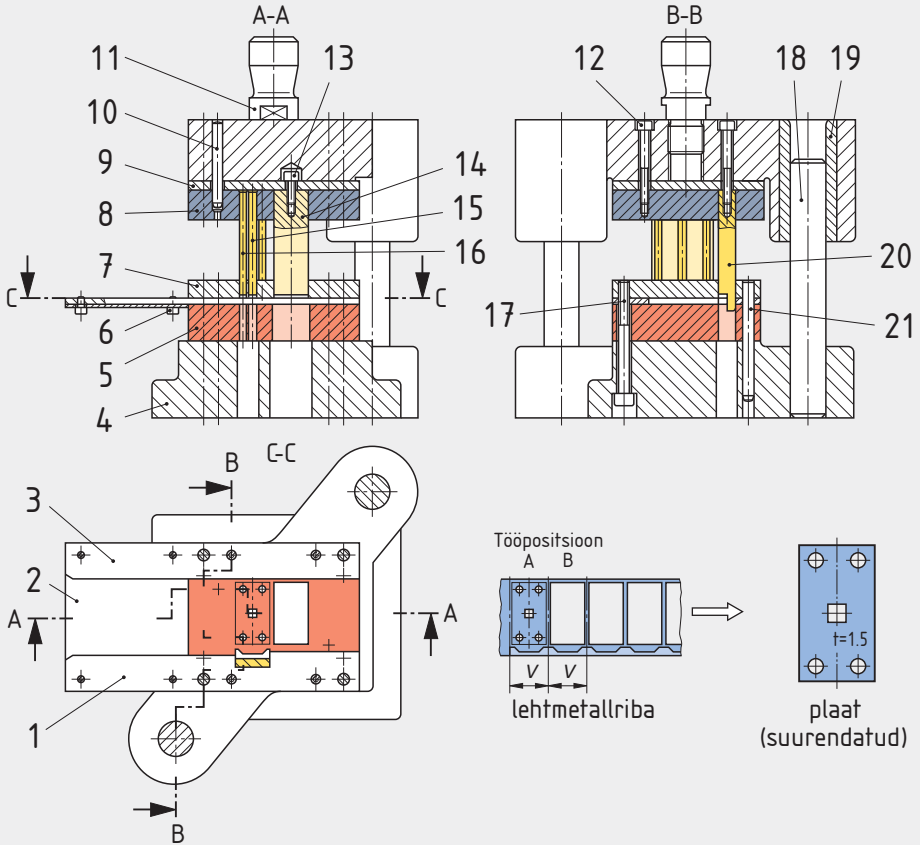
$$F_{\text{all}} = \frac{F_n \cdot S}{4 \cdot \sqrt{S_a \cdot h - h^2}}$$

$$W \leq W_C \text{ või}$$

$$W \leq W_S$$

Lõikestants

Lõikeprotsess: Lehtmetailist detailid valmistatakse juhtsamastega järjestikstantstil. Ribametall antakse ette stantsi vasakult poolt. Positsioonis A lõikavad lõiketemplid neli ümarat (15, 16) ava nurkadesse ja nelikantava keskele ühe löögiga. Samaaegselt lõiketempel (20) märgistab riba ja paneb paika etteande sammu. Positsioonis B lõigatakse lõiketempli (14) abil välja plaadi perimeeter. Peale igat lööki toimub ribametalli etteanne suuruse V võrra.

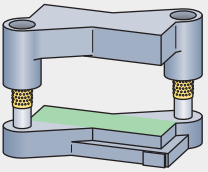
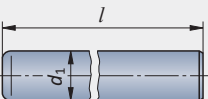
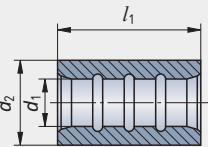
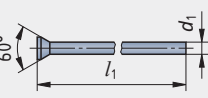
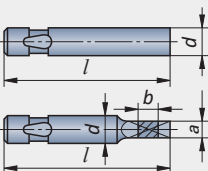
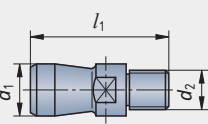


Tükiteabel

Pos.	Nimetus	Standard/materjal	Pos.	Nimetus	Standard/materjal
1	Juhtliist, eesmine	S235JR	12	Sisekuuskantpolt	ISO 4762
2	Etteandeplaat	DC01	13	Sisekuuskantpolt	ISO 4762
3	Juhtliist, tagumine	S235JR	14	Lõiketempel (karastatud)	X210CrW12
4	Alumine plaat	DIN 9819	15	Lõiketempel (karastatud)	S6-5-2
5	Matriits (karastatud)	X210CrW12	16	Lõiketempel (karastatud)	DIN 9861
6	Sisekuuskantpolt	ISO 4762	17	Sisekuuskantpolt	ISO 4762
7	Mahatõmbaja	S235JR	18	Juhtsammas (karastatud)	DIN 9825-2
8	Templihoidik	S235JR	19	Juhtpuks	DIN 9831-1
9	Tugiplaat (karastatud)	90MnCrV8	20	Säikamistempeel (karastatud)	X210CrW12
10	Seadetihvt (karastatud)	ISO 8734	21	Seadetihvt (karastatud)	ISO 8734
11	Templihoidiku saba	DIN ISO 10242			



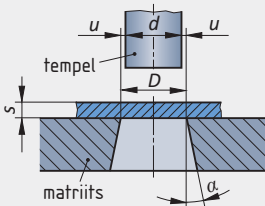
Lõikestantsi standardosad

Joonis	Mõõtmed alates ... kuni, mm	Standard, Materjal	Omadused, kasutus
Tsentreerimissammastega stantsiplokid DIN 9819 (1981-12)			
	DIN 9819: Kuju C Tööpind: $a \times b = 80 \times 63 \dots 315 \times 125$	DIN 9819: diagonaalselt asetsevad juhtsambad. DIN 9812: tsentraalselt asetsevad juhtsambad. Materjalid: teras, malm, alumiinium.	Neikant- või ümar tööpind kahe või nelja juhtsambaga, saadaval nii liuge- kui ka kuullaagerdusega juhtpuksidega.
Stantsi juhtsambad DIN 9825-2 (2013-01)			
	$d_1 \times l = 11 \times 80 \dots 80 \times 560$	DIN 9825-2 Materjalid: Kõvadus 780+40 HV10 Pindkõvendussügavus CHD ≥ 0.8 mm.	Juhtsamba läbimõõt, tolerants h3, täppislihvitud. Ühe juhtsamba läbimõõt peab olema väiksem teistest omast, et tagada stantsikomplekti koostamine õiges asendis.
Stantsi juhtpuksid DIN 9831-1 (2013-01)			
	$d_1 \times d_2 \times l_1 = 11 \times 22 \times 23 \dots 80 \times 105 \times 135$	DIN 9831-1: liugejuhikuga. DIN 9831-2: kuuljuhikuga. Materjalid: nt teras, pronks, valukummi, paagutatud materjal.	Juhtpuks kasutatakse koos juhtsammastega vastavalt standardile DIN 9825-2. Eelised: • täpne juhtimine, • pikk tööiga.
Ümarlõiketemplid sirge sabaga DIN 9861-1 (1992-07)			
	$d_1 = 0.5 \dots 20$ $l_1 = 71, 80, 100$	DIN 9861-1 ISO 6752 Materjalid: Tööriistateras, kiirlõiketeras, soovivalt TiN-pinnatud.	Enamasti kasutatakse augustamiseks. Saba kõvadus: Tööriistateras: HRC 62±2; Kiirlõiketeras: HRC 64±2. Pea kõvadus: Tööriistateras: HRC 50±5; Kiirlõiketeras: HRC 50±5. Pea ja saba viimistletud.
Kiirvahetatavad lõiketemplid DIN ISO 10071-1 (2010-11)			
	Kuju A: $d \times l = 6 \times 63 \dots 32 \times 100$ Kuju BS: $a = 1.6 \dots 22.5$ Kuju BR: $a = 1.6 \dots 12$ $b = 5.9 \dots 31.9$	DIN ISO 10071-1 Sirge saba: Kuju A: silindriline. Astmega sabad: Kuju B: silindriline; Kuju BS: ruut; Kuju BR: ristkülik; Kuju BO: ovaalne.	Lühike vahetusae. Töödeldava lehe paksus: kuni 3 mm. Sobivad lõiketemplid on saadavad standardosadele spetsialiseerunud müüjatelt.
Templihoidiku saba, kuju A DIN ISO 10242-1 (2012-06)			
	$d_1 \times d_2 \times l_1 = 20 \times M16 \times 1.5 \times 58 \dots 50 \times M30 \times 2 \times 108$	Kuju A: DIN ISO 10242-1. Kuju C: DIN ISO 10242-2. Materjalid: E295, C45. Kõvadus min 140 HB.	Templihoidiku saba kasutatakse väikese või keskmise suurusega ülemise plaadi kinnitamiseks pressi kolvi külge. Stantsikomplektid kinnitatakse tavalliselt pressi kolvi külge lisakinnitusvahenditega.

Lõikestantsimise tehnoloogia

Templi ja matriitsi mõõtmed

VDI 3368 (1982-05)



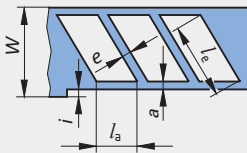
d lõiketempli mõõde
 D lõikematriitsi mõõde
 u stantsi lõtk
 s lehtmetsi paksus
 α taganurk

Protsess	Avalõikamine	Väljalõikamine
Tooriku kuju		
Etteantud mõõde	templi mõõde d	matriitsi mõõde D
Vastastõriista mõõde	matriits $D = d + 2 \cdot u$	tempel $d = D - 2 \cdot u$

Stantsi lõtk u olenevalt materjalist ja lehtmetsi paksusest

Lehtmetsi paksus s mm	Matriitsi ava taganurgaga α				Matriitsi ava taganurgata α			
	nihketugevus τ_{sB} , N/mm ²				nihketugevus τ_{sB} , N/mm ²			
	kuni 250	251...400	401...600	üle 600	kuni 250	251...400	401...600	üle 600
0.4...0.6	0.01	0.015	0.02	0.025	0.015	0.02	0.025	0.03
0.7...0.8	0.015	0.02	0.03	0.04	0.025	0.03	0.04	0.05
0.9...1	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05	0.05
1.5...2	0.03	0.05	0.06	0.08	0.05	0.07	0.09	0.11
2.5...3	0.04	0.07	0.10	0.12	0.08	0.11	0.14	0.17
3.5...4	0.06	0.09	0.12	0.16	0.11	0.15	0.19	0.23

Sidepinna laius, sideserva laius ja ääre mahalõikelaius ribametsi stantsimisel



hulknurksed detailid

a sideserva laius
 e sidepinna laius
 l_e serva pikkus
 l_a sidepinna pikkus
 W riba laius
 i mahalõikelaius

Hulknurksed detailid:

Sidepinna või serva pikkus, olenevalt kumb on suurem, võetakse aluseks sidepinna või sideserva laiuise määramisel.

Ümarad detailid:

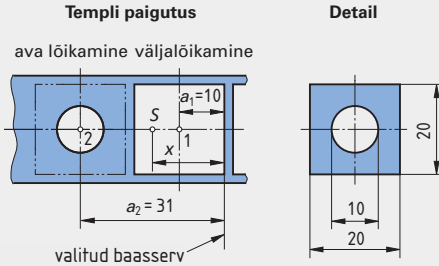
Kõikidele läbimõõtudele kehtivad väärtused, mis on antud hulknurksetele toorikutele mõõtmetega $l_e = l_a = 10$ mm.

Riba laius W mm	Sidepinna pikkus l_e mm	Sidepinna laius e mm	Sideserva laius a mm	Lehtmetsi paksus s , mm											
				0.1	0.3	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	
kuni 100 mm	kuni 10	e a	a	0.8 1.0	0.8 0.9	0.8 0.9	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.1	
	11...50	e a	a	1.6 1.9	1.2 1.5	0.9 1.0	1.0	1.1	1.4	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3	
	51...100	e a	a	1.8 2.2	1.4 1.7	1.0 1.2	1.2	1.3	1.6	1.6	1.8	1.9	2.2	2.5	
	üle 100	e a	a	2.0 2.4	1.6 1.9	1.2 1.5	1.4	1.5	1.8	1.8	2.0	2.1	2.4	2.7	
	mahalõikelaius i				1.5					1.8	2.2	2.5	3.0	3.5	4.5
üle 100 mm kuni 200 mm	kuni 10	e a	a	0.9 1.2	1.0 1.1	1.0 1.1	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3	
	11...50	e a	a	1.8 2.2	1.4 1.7	1.0 1.2	1.2	1.3	1.6	1.6	1.8	1.9	2.2	2.5	
	51...100	e a	a	2.0 2.4	1.6 1.9	1.2 1.5	1.4	1.5	1.8	1.8	2.0	2.1	2.4	2.7	
	101...200	e a	a	2.2 2.7	1.8 2.2	1.4 1.7	1.6	1.7	2.0	2.0	2.2	2.3	2.6	2.9	
	mahalõikelaius i				1.5					1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0



Lõikestantsimise tehnoloogia

Templihoidiku saba asukoht templi masskeskme teadmisel



- $U_1, U_2, U_3 \dots$ templite ümbermõõdud
 $a_1, a_2, a_3 \dots$ kaugus templite masskeskmetest valitud baasservani
 x jõudude keskme S kaugus valitud baasservast

Jõudude keskme asukoht

$$x = \frac{U_1 \cdot a_1 + U_2 \cdot a_2 + U_3 \cdot a_3 + \dots}{U_1 + U_2 + U_3 + \dots}$$

Näide:

Arvutada vasakul joonisel olev jõudude keskme S kaugus x .

Lahendus:

Baasservaks valitakse templi välisserv.

Väljalõiketempel: $U_1 = 4 \cdot 20 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$; $a_1 = 10 \text{ mm}$

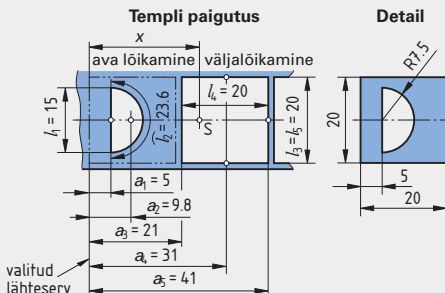
Avalõiketempel: $U_2 = \pi \cdot 10 \text{ mm} = 31.4 \text{ mm}$; $a_2 = 31 \text{ mm}$

$$x = \frac{U_1 \cdot a_1 + U_2 \cdot a_2}{U_1 + U_2}$$

$$x = \frac{80 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} + 31.4 \text{ mm} \cdot 31 \text{ mm}}{80 \text{ mm} + 31.4 \text{ mm}} \approx 16 \text{ mm}$$

Templihoidiku saba asukoht templi masskeskme mitteteadmisel

Jõudude keskme asukoht vastab kõikide lõikeservade ühiskeskme¹⁾ asukohale.



- $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$ lõikeservade pikkused
 $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ servade keskmete kaugused valitud baasservast
 x jõudude keskme kaugus valitud baasservast
 n lõikeservade arv

¹⁾ Joonte keskmed: lk 28.

Jõudude keskme asukoht

$$x = \frac{l_1 \cdot a_1 + l_2 \cdot a_2 + l_3 \cdot a_3 + \dots}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots}$$

$$x = \frac{\sum l_n \cdot a_n}{\sum l_n}$$

Näide:

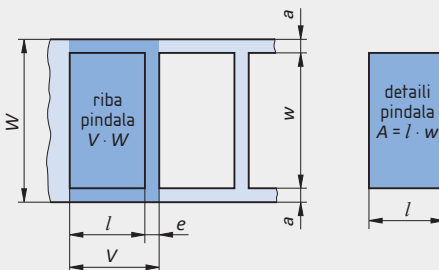
Arvutada templihoidiku saba asukoht järjestikulisel stantsil töödeldava detaili (kujutatud vasakul joonisel) jaoks.

Lahendus:

n	l_n , mm	a_n , mm	$l_n \cdot a_n$, mm ²
1	15	5	75
2	23.6	9.8	231.28
3	20	21	420
4	2 · 20	31	1240
5	20	41	820
Σ	118.6	–	2786.28

$$x = \frac{\sum l_n \cdot a_n}{\sum l_n} = \frac{2786.28 \text{ mm}^2}{118.6 \text{ mm}} = 23.5 \text{ mm}$$

Ribametalli kasutustegur üherealise stantsimise korral



l detaili pikkus

w detaili laius

W riba laius

a sideserva laius

e sidepinna laius

V riba ettenihe

A detaili pindala (avadeaga)

R ridade arv

η kasutustegur

Riba laius

$$W = w + 2 \cdot a$$

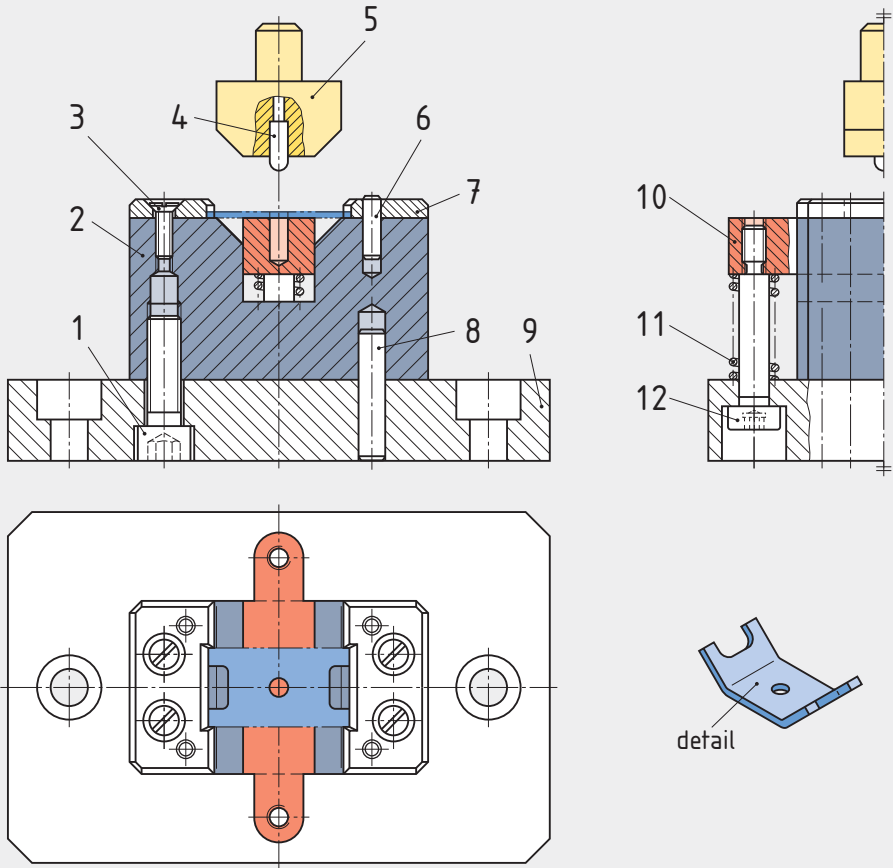
Riba ettenihe

$$V = l + e$$

Kasutustegur

$$\eta = \frac{R \cdot A}{V \cdot W}$$

Painutusstants



Tükitabel

Pos.	Nimetus	Standard/materjal	Pos.	Nimetus	Standard/materjal
1	Sisekuuskantpolt	ISO 4762	7	Fiksaator	C60
2	Matriits	90MnCrV8	8	Seadetihvt (6 x 18)	ISO 2338
3	Peitpeakruvi	ISO 10642	9	Alumine plaat	S235JR
4	Juhtsõrm	C45	10	Surveplaat	C45
5	Painustempel	C45	11	Survedru	DIN 2098
6	Seadetihvt (4 x 8)	ISO 2338	12	Distantspolt	C60



Painutusprotsessid, ülevaade

Joonis	Kirjeldus	Kasutus
Vabapainutus		
	<p>Matriits toetab lehtmaterjali kahes punktis. Tempel surub materjali allapoole, moodustades seeläbi ümarduse, mille kogu sõltub peamiselt matriitsiava laiuusest (w).</p>	<p>On võimalik painutada erinevaid nurki tööriista vahetamata. Seda meetodit kasutatakse ka detaili õgendamiseks.</p>
Vormpainutus		
	<p>Tempel surub lehtmaterjali allapoole, sobitades täpselt matriitsi kujuga, põhjustades materjali püsiva deformatsiooni. Sõltuvalt matriitsi kujust, tehakse vahet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • V-painutuse ja • U-painutuse vahel <p>Surveplaati kasutatakse sageli U-painutuse korral. Jõud F_2 vältib tooriku voltimise põhjas painutusprotsessi käigus.</p>	<p>See meetod on täpsem kui vabapainutus.</p> <p>Täpsemad sisemõõtmised saadakse kasutades liikuvaid pakke, milliseid pressitakse sissepoole nukkide abil.</p> <p>Täpsemate välismõõtude tagamiseks pressitakse painutatavat detaili nukkide abil ka väljaspoolt.</p>
Pöördpainutus		
	<p>Painutatav lehtmaterjal on kinnitatud ülemise ja alumise plaadi vahele. Paindeplaat pöörduv koos lehtmaterjaliga ümber painutusprofiili, kuni vastav painutusnurk on saavutatud. Paindeplaati liigutatakse käsitsi või ajami abil. Laialdaselt kasutatakse CNC-juhtimist keerukate detailide painutamiseks.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Väikeste õlgade painutamine; • Õrnade pindade painutamine kriimustamata (nt vase- ja alumiiniumsulamid, roostevabateras ja pinnatud materjalid).
Rullivainutus		
	<p>Rulliva templi allaliikumisel surutakse materjal selle silindrilise sisselõikesse, moodustades rullitud kuju. Rullimise hõlbustamiseks tuleks toorik eelpainutada. Järjestikstantsimisel toimub eelpainutamine esimeses etapis ja rullimine teises etapis.</p>	<p>Lihtne meetod valmistamiseks:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jäikusribisid, • hingesid, • liigendeid.
Rullpainutus		
	<p>Lehtmaterjal liigub kolme valtsrulli vahel. Valtsimisrullide reguleerimisega saadakse erinevaid painderaadiusi.</p>	<p>Lehtmaterjali painutamine boilerite, anumate ja mahutite valmistamiseks.</p> <p>Analoogne meetod on ka rullõgvendamine. Rullikomplektide abil õgvendatakse lehtmaterjali, vardaid, traati ja torusid.</p>

Painutamise tehnoloogia

Vähim lubatud painderaadius mitteraudmetallidele

DIN 5520 (2002-07)

Materjal	Materjali olek	Lehtmaterjali paksus s , mm							
		0.8	1	1.5	2	3	4	5	6
		Vähim lubatud painderaadius r^1 , mm							
AlMg3-01	sferoidiseeritud	0.6	1	2	3	4	6	8	10
AlMg3-H14	kalestunud	1.6	2.5	4	6	10	14	18	–
AlMg3-H111	kalestunud ja lõõmutatud	1	1.5	3	4.5	6	8	10	–
AlMg4.5Mn-H112	suund-sferoidiseeritud	1	1.5	2.5	4	6	8	10	14
AlMgSi1-T6	tardlahuslõõmutatud ja vanandatud	4	5	8	12	16	23	28	36
CuZn37-R600	kõva	2.5	4	5	8	10	12	18	24

¹⁾ Paindenurgale $\alpha = 90^\circ$, sõltumata valtsimis-suunast.

Vähim lubatud painderaadius külmvormitava terasele

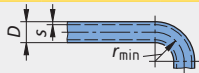
DIN 6935-1 (2011-10)

Terase mark	Painutamise suund valtsimis-suuna suhtes	Minimaalne painderaadius ¹⁾ r paksustele									
		kuni 1	üle 1 kuni 1.5	üle 1.5 kuni 2.5	üle 2.5 kuni 3	üle 3 kuni 4	üle 4 kuni 5	üle 5 kuni 6	üle 6 kuni 7	üle 7 kuni 8	üle 8 kuni 10
S235JR S235J0 S235J2	risti	1	1.6	2.5	3	5	6	8	10	12	16
	piki	1	1.6	2.5	3	6	8	10	12	16	20
S275JR S275J0 S275J2	risti	1.2	2	3	4	5	8	10	12	16	20
	piki	1.2	2	3	4	6	10	12	16	20	25
S355JR S355J0 S355J2	risti	1.6	2.5	4	5	6	8	10	12	16	20
	piki	1.6	2.5	4	5	8	10	12	16	20	25

¹⁾ Väärtused kehtivad paindenurgale $\alpha \leq 120^\circ$. Paindenurga $\alpha > 120^\circ$ korral kasutada tabelist järgmist suurimat väärtust.

Vähim lubatud painderaadius torudele

DIN 25570 (2004-02)



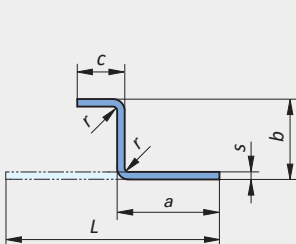
D välisläbimõõt, mm
 s seinapaksus, mm
 r_{min} minimaalne painderaadius, mm

Terastorud E235, X5CrNi18-10 ¹⁾				Alumiiniumtorud AlMgSi ²⁾		Vasktorud Cu-DHP-R250 ²⁾	
$D \times s$	r_{min}	$D \times s$	r_{min}	$D \times s$	r_{min}	$D \times s$	r_{min}
6 x 1	20	22 x 1.5	50	16 x 1.5	80	6 x 1	25
8 x 1		25 x 1.5	55	20 x 1.5	100	8 x 1	35
10 x 1		30 x 1.5	80	25 x 1.5	110	10 x 1.5	40
12 x 1.5	25	40 x 2.5	100	30 x 1.5	125	12 x 1.5	
16 x 2	35	45 x 2.5	125	40 x 3	180	16 x 1.5	60

¹⁾ Pneumo- ja hüdrotorud. ²⁾ Põhiliselt sanitaartehtnikas.

Tooriku mõõtmete arvutus paindenurga 90° korral

DIN 6935-2 (2011-10)



L tooriku pikkus¹⁾
 a, b, c painete pikkused
 s paksus
 r painderaadius
 n painete arv
 v paindevaru (tabel lk 379)

Tooriku pikkus²⁾

$$L = a + b + c + \dots - n \cdot v$$

Näide (vt joonist):

$a = 25$ mm; $b = 20$ mm; $c = 15$ mm; $n = 2$; $s = 2$ mm;

$r = 4$ mm; materjal S235JR; $v = ?$; $L = ?$

$v = 4.5$ mm

$L = a + b + c - n \cdot v = (25 + 20 + 15 - 2 \cdot 4.5)$ mm = 51 mm

¹⁾ Kui suhe $r/s > 5$, võib tooriku pikkuse arvutamiseks kasutada valemit (lk 20 ja 21).

²⁾ Arvutatud tooriku pikkuse väärtus tuleb ümardada allapoole täisarvuks.



Painutamise tehnoloogia

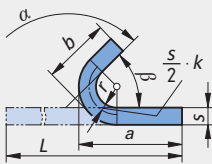
Paindevaru v paindenurga 90° korral

DIN 6935 (2011-10) lisa 2 (tagasi võetud)

Painderaadius r mm	Paindevaru v painutuse kohta, mm lehepaksusele s , mm														
	0.4	0.6	0.8	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	8	10
1	1.0	1.3	1.6	1.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1.6	1.2	1.5	1.8	2.1	2.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2.5	1.5	1.8	2.1	2.4	3.2	4.0	4.8	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	2.4	2.7	3.0	3.7	4.5	5.2	6.0	6.9	–	–	–	–	–	–
6	–	–	3.5	3.8	4.5	5.2	5.9	6.7	7.5	8.3	9.1	9.9	–	–	–
10	–	–	–	5.5	6.1	6.7	7.4	8.1	8.9	9.6	10.4	11.2	12.7	–	–
16	–	–	–	8.1	8.7	9.3	9.9	10.5	11.2	11.9	12.6	13.3	14.8	17.8	21.0
20	–	–	–	9.8	10.4	11.0	11.6	12.2	12.8	13.4	14.1	14.9	16.3	19.3	22.3
25	–	–	–	11.9	12.6	13.2	13.8	14.4	15.0	15.6	16.2	16.8	18.2	21.1	24.1

Tooriku mõõtmete arvutus mistahes painderaadiusega detailile

DIN 6935 (2011-10)

 $\beta \leq 90^\circ$ 

L tooriku pikkus
 a, b painete pikkused
 v paindevaru
 k parandustegur

s lehe paksus
 r painderaadius
 β vabanurk

Tooriku pikkus¹⁾

$$L = a + b - v$$

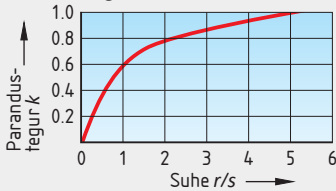
Paindevaru nurgale $\beta = 0^\circ$ kuni 90°

$$v = 2 \cdot (r + s) - \pi \cdot \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \cdot \left(r + \frac{s}{2} \cdot k \right)$$

Paindevaru nurgale β üle 90° kuni 165°

$$v = 2 \cdot (r + s) \cdot \tan \frac{180^\circ - \beta}{2} - \pi \cdot \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \cdot \left(r + \frac{s}{2} \cdot k \right)$$

Parandustegur

Paindevaru nurgale β üle 165° kuni 180° $v = 0$ (ebaoluline)Parandustegur²⁾

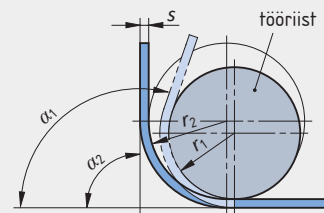
$$k = 0.65 + 0.5 \cdot \log_{10} \frac{r}{s}$$

¹⁾ Kui suhe $r/s > 5$, võib painde pikkuse

arvutada piisava täpsusega, kasutades valemit (lk 20).

²⁾ \log_{10} = kümnendlogaritm.

Elastse järelmõju painutamisel



α_1 paindenurk enne tagasipainet (tööriistal)
 α_2 paindenurk pärast tagasipainet (detailil)
 r_1 tööriista raadius
 r_2 detaili painderaadius
 k_R elastse järelmõju tegur
 s lehe paksus

Tööriista raadius

$$r_1 = k_R \cdot (r_2 + 0.5 \cdot s) - 0.5 \cdot s$$

Paindenurk enne tagasipainet

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_2}{k_R}$$

Painutatava detaili

Elastse järelmõju tegur k_R suhte r_2/s järgi

material	1	1.6	2.5	4	6.3	10	16	25	40	63	100
DC04	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.94	0.91	0.87	0.83
DC01	0.99	0.99	0.99	0.97	0.96	0.96	0.93	0.90	0.85	0.77	0.66
X12CrNi18-8	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.89	0.84	0.76	0.63	–	–
E-Cu-R200	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.93	0.90	0.85	0.79	0.72	0.6
CuZn33-R290	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.89	0.86	0.83	0.77	0.73
CuNi18Zn20-R400	–	–	–	0.97	0.96	0.95	0.92	0.87	0.82	0.72	–
Al99.0	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.93
AlCuMg1	0.92	0.90	0.87	0.84	0.77	0.67	0.57	–	–	–	–
AlSiMgMn	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.90	0.86	0.82	0.76	0.72

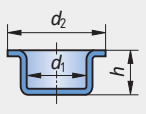
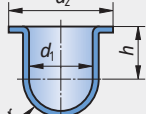
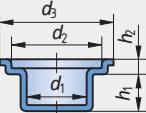
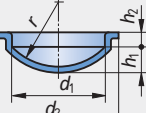
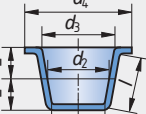
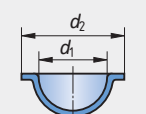


Sügavtõmbamise protsessid, ülevaade

Joonis	Kirjeldus	Omadused, kasutus
Mehaaniline sügavtõmbamine (esimene tõmme ja korduvtõmme)		
<p>Esimene tõmme</p> <p>Korduvtõmme</p>	<p>Sügavtõmbamise operatsioonid:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ümartooriku asetamine fiksaatorisse; • Surverõnga abil surutakse ümartoorik vastu tõmbematriitsi ja lukustatakse; • Tõmbetempel surub ümartooriku tõmbematriitsi, moodustades templi otsa kujulise toote; • Kui tõmbetegur D/d_1 on liiga suur, on vaja täiendavaid tõmbeetappe (lk 383, esimene ja korduvtõmme); • Eeltõmmatud tooriku asetamine stantsi korduvtõmbamiseks; • Korduvtõmbamisega valmistatud tootel on väiksem läbimõõt ja suurem kõrgus. 	<p>Sügavtõmbamiseks sobiv materjal peab taluma korduvtõmbamisi ilma et tekiks materjali lõhestumist.</p> <p>Näiteid:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DC01, DC03, • X15CrNiSi25-20, • CuZn37, • Cu95.5, • Al99.8, • AlMg1. <p>Kasutatakse vannide, pottide, kannude ja autodetailide valmistamiseks.</p> <p>Materjali paksus ei ole sügavtõmbamisel oluline.</p>
Sügavtõmbamine elastse elemendiga		
<p>Tõmmatava tooriku algkuju</p> <p>Tõmmatud detaili lõppkuju</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Jääk tõmbematriits annab nõutava detaili kuju; • Tõmbetempli otsa on kinnitatud elastsest kummist või elastomeerist element; • Allaliikumisel tõmbetempli elastne element surub tooriku tõmbematriitsi süvendisse. 	<ul style="list-style-type: none"> • lihtne ja odav; • väike templi kulumine; • puuduvad kriimustused detaili pinnal; • hea tõmbetegur; • väikeste koguste valmistamiseks; • dekoratiivtoodete valmistamiseks.
Hüdromehaaniline sügavtõmbamine		
<p>Tõmbe algus</p> <p>Tõmbe lõpp</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Toorikut hoiab paigal surverõngas; • Tõmbetempel surub tooriku vedelikku, tekitades kontrollklapi abil ühtlase surve (200 ... 700) bar; • Veesurve surub tooriku vastu tõmbetempli; • Toorik võtab täpselt tõmbetempli kuju. 	<ul style="list-style-type: none"> • väga hea tõmbetegur; • väike templi kulumine; • odav; • nõuab vähem tõmbeid; • sobib keerukate kujude valmistamiseks (nt sfäärilised ja paraboolsed detailid).

Sügavtõmbamise tehnoloogia

Tooriku läbimõõdu arvutus

Tõmmatud detail	Tooriku läbimõõt D	Tõmmatud detail	Tooriku läbimõõt D
	äärikuta d_2 $D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h}$ äärikuga d_2 $D = \sqrt{d_2^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h}$		äärikuta d_2 $D = \sqrt{2 \cdot d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h}$ äärikuga d_2 $D = \sqrt{2 \cdot d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h + (d_2^2 - d_1^2)}$
	äärikuta d_3 $D = \sqrt{d_2^2 + 4 \cdot (d_1 \cdot h_1 + d_2 \cdot h_2)}$ äärikuga d_3 $D = \sqrt{d_3^2 + 4 \cdot (d_1 \cdot h_1 + d_2 \cdot h_2)}$		äärikuta d_2 $D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot h_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h_2}$ äärikuga d_2 $D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot h_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h_2 + (d_2^2 - d_1^2)}$
	äärikuta d_4 $D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_2 \cdot l}$ äärikuga d_4 $D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_2 \cdot l + (d_4^2 - d_3^2)}$		äärikuta d_2 $D = \sqrt{2 \cdot d_1^2} = 1.414 \cdot d$ äärikuga d_2 $D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$

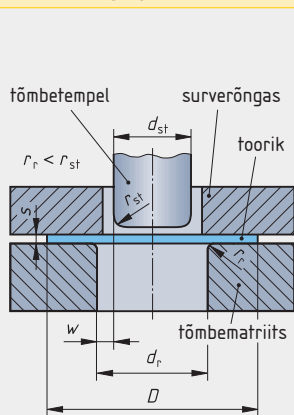
Läbimõõdud $d_1 \dots d_4$ on toodud tõmmatud detailidele.

Näide:

Silindriline sügavtõmmatud detail äärikuga d_2 (vt joonist, ülemine vasakpoolne): $d_1 = 50 \text{ mm}$, $h = 30 \text{ mm}$; $D = ?$

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h} = \sqrt{50^2 \text{ mm}^2 + 4 \cdot 50 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}} = \mathbf{92.2 \text{ mm}}$$

Tõmbetempli ja tõmbematriitsi lõtk ja ümardusraadius



- w lõtk
- s lehtmaterjali paksus
- k materjalitegur
- r_r tõmbematriitsi ümardusraadius
- r_{st} tõmbetempli ümardusraadius
- D tooriku läbimõõt
- d_{st} templi läbimõõt
- d_r matriitsi läbimõõt

Lõtk, mm

$$w = s + k \cdot \sqrt{10 \cdot s}$$

Tõmbematriitsi ümardusraadius, mm

$$r_r = 0.035 \cdot [50 + (D - d_{st})] \cdot \sqrt{s}$$

Igal korduvtõmbel vähendatakse matriitsi ümardusraadiust 20 kuni 40%.

Tõmbematriitsi läbimõõt

$$d_r = 2 \cdot w + d_{st}$$

Tõmbetempli ümardusraadius, mm

$$r_{st} = (4 \dots 5) \cdot s$$

Näide:

Lehtmaterjal; $D = 51 \text{ mm}$; $d_{st} = 25 \text{ mm}$; $s = 2 \text{ mm}$; $w = ?$; $r_r = ?$; $r_{st} = ?$

$k = 0.07$ (tabelist)

$$w = s + k \cdot \sqrt{10 \cdot s} = 2 + 0.07 \cdot \sqrt{10 \cdot 2} = \mathbf{2.3 \text{ mm}}$$

$$r_r = 0.035 \cdot [50 + (D - d_{st})] \cdot \sqrt{2} = 0.035 \cdot [50 + (51 - 25)] \cdot \sqrt{2} = \mathbf{3.8 \text{ mm}}$$

$$r_{st} = 4.5 \cdot s = 4.5 \cdot 2 \text{ mm} = \mathbf{9 \text{ mm}}$$

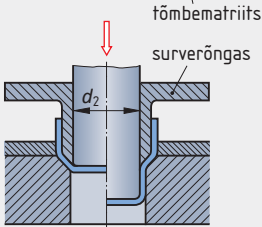
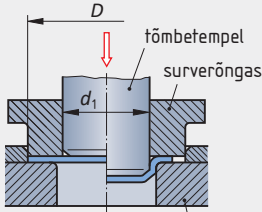
Materjalitegur k

Teras	0.07
Alumiinium	0.02
Teised mitteraudmetallid	0.04



Sügavtõmbamise tehnoloogia

Korduvtõmbamine ja tõmbetegurid



D tooriku läbimõõt
 d_1 tõmmatud detaili siseläbimõõt
 d_1 templi läbimõõt 1. tõmbel
 d_2 templi läbimõõt 2. tõmbel
 d_n templi läbimõõt n -dal tõmbel
 β_1 tõmbetegur 1. tõmbel
 β_2 tõmbetegur 2. tõmbel
 β_{tot} summaarne tõmbetegur
 s lehtmaterjali paksus

Näide:

Äärikuta detail, materjal DC04 (St 14); $d = 50$ mm; $h = 60$ mm; $D = ?$; $\beta_1 = ?$; $\beta_2 = ?$; $d_1 = ?$; $d_2 = ?$

$$D = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h}$$

$$= \sqrt{(50 \text{ mm})^2 + 4 \cdot 50 \text{ mm} \cdot 60 \text{ mm}} \approx 120 \text{ mm}$$

$\beta_1 = 2.0$; $\beta_2 = 1.3$ (vastavalt alltoodud tabelile)

$$d_1 = \frac{D}{\beta_1} = \frac{120 \text{ mm}}{2.0} = 60 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{d_1}{\beta_2} = \frac{60 \text{ mm}}{1.3} = 46 \text{ mm}$$

Kaks tõmmet on piisav, kuna $d_2 < d$.

Tõmbetegur

1. tõmbel

$$\beta_1 = \frac{D}{d_1}$$

2. tõmbel

$$\beta_2 = \frac{d_1}{d_2}$$

Summaarne tõmbetegur

$$\beta_{\text{tot}} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots$$

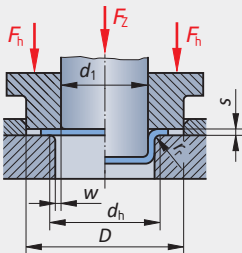
$$\beta_{\text{tot}} = \frac{D}{d_n}$$

Materjal	Maksimaalne tõmbetegur ¹⁾		$R_m^{(2)}$ N/mm ²	Materjal	Maksimaalne tõmbetegur ¹⁾		$R_m^{(2)}$ N/mm ²	Materjal	Maksimaalne tõmbetegur ¹⁾		$R_m^{(2)}$ N/mm ²
	β_1	β_2			β_1	β_2			β_1	β_2	
DC01 (St12)	1.8	1.2	410	CuZn30-R280	2.1	1.3	270	Al99.5 H111	2.1	1.6	95
DC03 (St13)	1.9	1.3	370	CuZn37-R290	2.1	1.4	300	AlMg1 H111	1.9	1.3	145
DC04 (St14)	2.0	1.3	350	CuZn37-R460	1.9	1.2	410	AlCu4Mg1T4	2.0	1.5	425
X10CrNi18-8	1.8	1.2	750	CuSn6-R340	1.5	1.2	350	AlSi1MgMnT6	2.1	1.4	310

¹⁾ Väärtused kehtivad kuni $d_1 : s = 300$; need on määratud läbimõõdul $d_1 = 100$ mm ja lehepaksusel $s = 1$ mm. Muude lehepaksuste ja templi läbimõõtude korral muutuvad väärtused vähe.

²⁾ Maksimaalne tõmbetegur.

Sügavtõmbejõud, tooriku fikseerimisjõud



F_z sügavtõmbejõud

d_1 templi läbimõõt

s lehtmaterjali paksus

R_m tõmbetugevus

β tõmbetegur

β_{max} maksimaalne võimalik tõmbetegur

F_h tooriku fikseerimisjõud

D tooriku läbimõõt

d_h tooriku fikseerimisjõu toetuslääbimõõt

p tooriku fikseerimisurve

r_r tõmbematriitsi ümardusraadius

w lõtk

Sügavtõmbejõud

$$F_z = \pi \cdot (d_1 + s) \cdot s \cdot R_m \cdot 1.2 \cdot \frac{\beta - 1}{\beta_{\text{max}} - 1}$$

Tooriku fikseerimisjõud

$$F_h = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d_h^2) \cdot p$$

Tooriku fikseerimisjõu toetuslääbimõõt

$$d_h = d_1 + 2 \cdot (r_r + w)$$

Tooriku fikseerimisurve p , N/mm²

Teras	2.5
Cu-sulamid	2.0...2.4
Al-sulamid	1.2...1.5

Näide:

$D = 210$ mm; $d_1 = 140$ mm; $s = 1$ mm; $R_m = 380$ N/mm²; $\beta = 1.5$; $\beta_{\text{max}} = 1.9$; $F_z = ?$

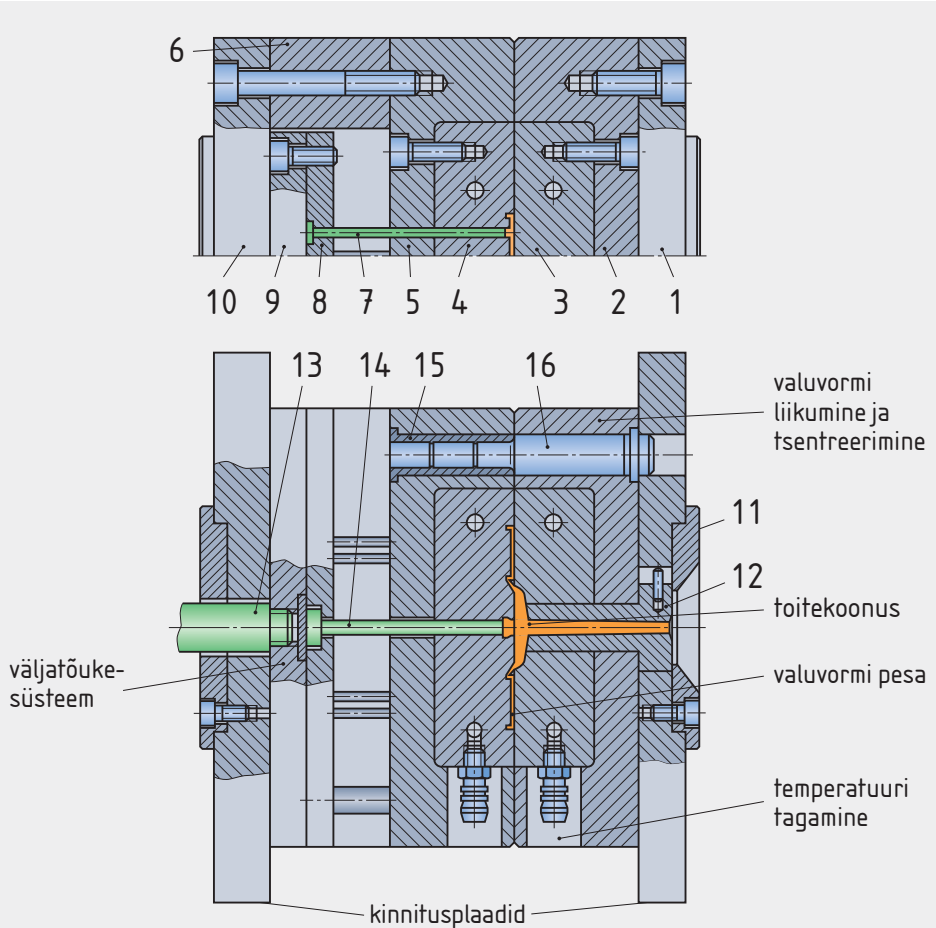
$$F_z = \pi \cdot (d_1 + s) \cdot s \cdot R_m \cdot 1.2 \cdot \frac{\beta - 1}{\beta_{\text{max}} - 1} = \pi \cdot (140 \text{ mm} + 1 \text{ mm}) \cdot 1 \text{ mm} \cdot 380 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1.2 \cdot \frac{1.5 - 1}{1.9 - 1} = 112218 \text{ N}$$

Survevaluvorm

Mitmepealine tunneltoitekanaliga survevaluvorm

Survevaluprotsess

Sulaplast surutakse kõrge surve all läbi toitekoonuse survevaluvormi. Valuvormi pesad täidetakse sulaplastiga. Seejärel sulaplast jahtub rõhu all kontrollitud temperatuuril. Niipea, kui plast on kuju säilitamiseks piisavalt tardenud, avatakse valuvorm ja detail tõugatakse tõukuri abil valuvormist välja.



Tükitabel

Pos.	Nimetus	Standard/materjal	Pos.	Nimetus	Standard/materjal
1	Kinnitusplaat (liikumatu)	DIN 16760	9	Tõukeplaat	DIN 16760
2	Tugiplaat (liikumatu)	DIN 16760	10	Kinnitusplaat (liikuv)	DIN 16760
3	Matriits	X19NiCrMo4	11	Seadeäärik	DIN ISO 10907
4	Matriits	X19NiCrMo4	12	Valusuulis	DIN ISO 10072
5	Tugiplaat (liikuv)	DIN 16760	13	Tõukevarras	S235JR
6	Tõukurvots	DIN 16760	14	Tõukur	DIN 1530
7	Tõukurvarras	DIN 1530	15	Juhtpuks	DIN 16716
8	Tõukuri kinnitusplaat	DIN 16760	16	Juhtsammas	DIN 16761

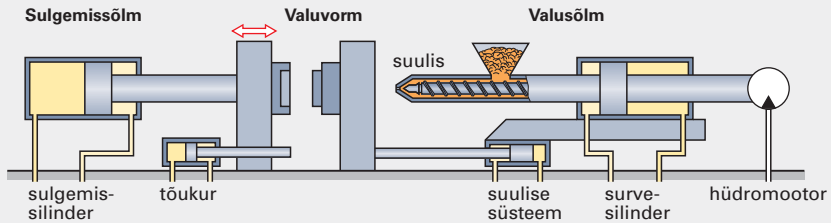


Survevalu vormi standardosad

Survevalu vormide standardosad			
Joonis	Mõõtmed, mm	Standard/materjal	Omadused/kasutus
Avadega või avadeta töödeldud plaadid			
	$w_1 \times l_1 \times t_1$ $w_1 = 96 \dots 896$ $l_1 = 96 \dots 1116$ $t_1 = 12.5 \dots 200$	DIN 16760 C45U 40CrMnMoS8-6	Plaadid kinnitamiseks ja koormuse vastuvõtmiseks: • kinnitusplaadid, • tugiplaadid, • liugurid.
Vardad, tugiklotsid			
	$w_1 \times l_1 \times t_1$ $l_1 = 96 \dots 1116$ $w_1 = 26 \dots 74$ $t_1 = 25 \dots 160$	DIN 16760 C45U	Koormuse ülekandmiseks ja plaatide vahekauguste seadistamiseks: • erinevad kujud.
Juhtsambad			
	$d_1 \times l_1 \times l_2$ $d_1 = 10 \dots 40$ $l_1 = 12.5 \dots 200$ $l_2 = 25 \dots 250$	DIN 16761 Tsementiitudud teras (780+40) HV 10	Juhtimine ja tsentreerimine. Soonelised juhtsambad: • kuju A tsentreeriva astmega; • kuju B tsentreeriva astmeta.
Juhtpuksid			
	$d_1 \times l_1$ $d_1 = 10 \dots 40$ $l_1 = 12.5 \dots 200$	DIN 16716 Tsementiitudav teras (780+40) HV 10	Juhtimine ja tsentreerimine. Soonelised juhtsambad: • kuju C tsentreeriva astmega; • kuju D tsentreeriva astmeta.
Tõukurid			
	$D_1 \times L$ $D_1 = 2 \dots 32$ $L = 100 \dots 1000$	DIN 1530 Kuumtööriistateras 950 HV 0.3	Väljatõukesüsteem. Tõukurid: • silindrilise peaga.
Tõukurhülssid			
	$D_1 \times L$ $D_1 = 2 \dots 12$ $L = 75 \dots 300$	DIN ISO 8405 Kuumtööriistateras 950 HV 0.3	Väljatõukesüsteem. Tõukurid; • silindrilise peaga.
Valusuulised			
	$d_1 \times l$ $d_1 = 12 \dots 25$ $l = 20 \dots 100$	DIN ISO 10072 Tööriistateras (50±5) HRC	Valusüsteem. Valupuksid: • kuju A, raadiusesega ümara suulise jaoks; • kuju B, sirge tasapindse suulise jaoks.
Toitekoonuse kinnituspuksid			
	$D_1 \times l_1$ $D_1 = 12 \dots 25$ $l_1 = 20 \dots 100$	DIN ISO 16915 Tööriistateras 50 HRC	Valusüsteem. Toitekoonuse kinnituspuks.

Survevaluvormimine

Hüdrauliline horisontaalsurvevalumasin



Survevaluvormi tüübid

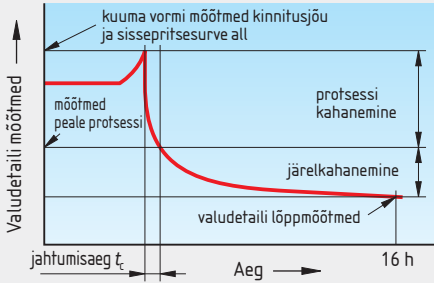
Sõltuvalt vormi pesade arvust, eristatakse ühepesalisi ja mitmepesalisi survevaluvorme. Mitmepesalistel survevaluvormidel on reeglina mitu sümmeetriliselt paigutatud vormipesa, mis võimaldab sulamaterjaliga täita kõik vormipesad üheaegselt ja ühtlaselt. Vahemaad toitekoonuse ja pesade vahel on ühepikkused.

Ühe lahutuspinna valuvorm	Omadused ja kasutus
	<ul style="list-style-type: none"> • Kahe vormipoolega väga lihtsa konstruktsiooniga standardne valuvorm. • Üks lahutuspinna (I). • Lihtsate valudetailide valmistamiseks. • Erijuhud/eritüübid: mahatõmbeplaadiga vorm, lahtikäiva matriitsiga vorm, kiiludega vorm.
	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktsioon sarnaneb ühe lahutuspinna valuvormile, millel on lisavaheplaat. Kasutatakse siis, kui soovitakse jaotuskanalite automaatset eraldamist valandist. • Kaks lahutuspinna (I, II). • Igasuguste valudetailide valmistamiseks; mitu pesa ühes jaotussüsteemis, palju jäätmeid.
	<ul style="list-style-type: none"> • Vormipesad on paigutatud erinevatele tasanditele ja asetsevad vahetult üksteise taga. Kuna vormipesad on ühesuguse projektsioonipindalaga, on valuvormi sulgemisjõud võrdne ühele lahutuspinna vajaliku jõuga. • Kaks või rohkem lahutuspinna (I, II, ...). • Igasuguste tasapindsete valudetailide valmistamiseks suurtes kogustes, tihti-peale kuumkanalitega.
	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktsioon sarnaneb kahe lahutuspinna valuvormile. Vaheplaadis asetseb massiivkanal, mis hoiab sulamaterjali vedelas olekus kogu survevaluprotsessi jooksul. • Kaks lahutuspinna (I, II). • Laia sulamistemperatuuri vahemikuga materjalid ja lühike tsüklaeg.
	<ul style="list-style-type: none"> • Kuumutatava suulise ja jaotuskanalite süsteemiga. • Üks või kaks lahutuspinna (I, II). • Tehniliselt keeruliste ja rasktöödeldavate valudetailide valmistamiseks.



Survevaluvormimise tehnoloogia

Kahanemine

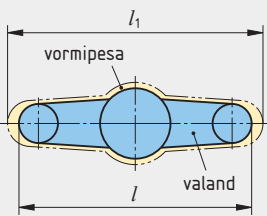


Kahanemine on jahtumisest põhjustatud mahumuutus, nt plastsete materjalide kristallisatsioon. Tehakse vahet protsessikahanemisel ja järelkahanemisel.

Kahanemine põhjustab vormipesa ja valatud toote mõõtmete erinevuse.

Termoplastide valamisel tuleb valatud detaili mõõta 16 tundi peale selle valamist. Reaktoplastide valamisel tuleb valatud detaili mõõta vahemikus 24 kuni 168 tundi peale selle valamist.

Kuumalt ladustamine kutsub esile kristallsetes plastides struktuurimuutusi, mis samuti põhjustab järelkahanemist.



- PS protsessikahanemine, %
- AS järelkahanemine, %
- S kogukahanemine, %
- l valatud detaili mõõde, mm
- l₁ vormipesa mõõde, mm
- l_{PS} valatud detaili mõõde pärast survevalu, mm
- l_x valatud detaili mõõde peale x tundi, mm

Protsessikahanemine

$$PS = \frac{l_1 - l_{PS}}{l_1} \cdot 100\%$$

Vormipesa mõõde

$$l_1 = \frac{l \cdot 100\%}{100\% - S}$$

Jahtumisest tingitud kahanemine (lk 172)

Plast	Kahanemine %	Plast	Kahanemine %
Polüamiid	1.3	Polüpropüleen	1.5
Polüstüreen	0.45	PVC	0.6
Polüetüleen	1.7	Polükarbonaat	0.8

Järelkahanemine peale kuumalt vormist eemaldamist

$$AS = \frac{l_{PS} - l_x}{l_{PS}} \cdot 100\%$$

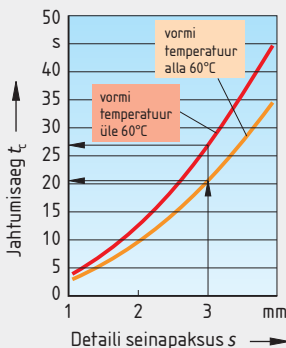
Jahtumine

Survevalu tsükkel

Vormi sulgemine	Sissepritse	Jahtumine			Vormi avamine	Väljatoukamine
		Tihendus	Ettevalmistus	Seisutus		
1 s	2 s	7 s	2 s	12 s	0.8 s	1.4 s
Tsükli aeg = 26.2 s						

Peale sissepritset vähendatakse survet sõltuvalt plastist 30% kuni 70% ja hoitakse survet kuni toitekanal on tardunud. See juhtub umbes siis, kui on möödud 1/3 jahtumisaegast. Järelejäädud jahtumisaeg on vajalik materjali piisavaks tardumiseks, et säilitada detaili kuju. Selle tardumisperioodi ajal valmistatakse ette järgmine kogus materjali sissepritseks.

Vajalik jahtumisaeg määratakse graafikute põhjal. Ka arvutuslik hinnang on piisavalt täpne.



- s detaili seinapaksus, mm
- t_c jahtumisaeg, s
- t_p pressimisjärgne aeg, s
- t_{rc} ülejäänud jahtumisaeg, s
- t_e sissepritse aeg, s

Näide:

Arvutada termoplastist detaili jahtumisaeg (paksus 3 mm ja vormi temperatuur 50°C).

$$t_c = s \cdot (1 + 2 \cdot s)$$

$$t_c = 3 \cdot (1 + 2 \cdot 3) = 21 \text{ s}$$

Kogu jahtumisaeg

$$t_c = t_p + t_{rc}$$

Hinnanguline jahtumisaeg

- Vormi temperatuur ≤ 60°C

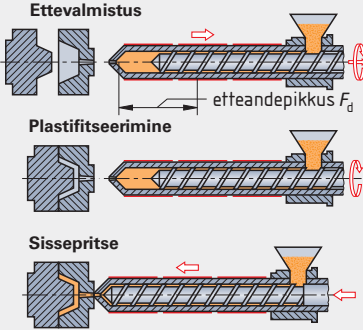
$$t_c = s \cdot (1 + 2 \cdot s)$$

- Vormi temperatuur > 60°C

$$t_c = 1.3 \cdot s \cdot (1 + 2 \cdot s)$$

Survevaluvormimise tehnoloogia

Materjali ettevalmistus



V_i valumaht, cm^3
 V_{mp} valatud detaili maht, cm^3
 V_{sp} toitekoonuse maht, cm^3
 V_b sissepritse maht, cm^3
 V_c lisamaterjali maht, cm^3
 F_d etteande pikkus, mm
 n pesade arv

m_i valumass, g
 m_b sissepritse mass, g
 ρ tihedus, g/cm^3
 Q_i survevalu kiirus, cm^3/s
 Q_b sissepritse kiirus, cm^3/mm
 t_e sissepritse aeg, s

Peale sissepritset ja vormisulgemisjõu rakendumist tuleb uus sissepritsitav materjal nõutavas koguses ette valmistada.

Sissepritse ettevalmistamiseks liigutatakse ekstruuder algasendisse ja täidetakse graanulitega. Pöörlev tigu tekitab **materjalivoo**. Kuumutatavas ekstruuderis materjal soojendatakse, tihendatakse, segatakse ja homogeniseeritakse ümber teo. **Plastifitseeritud materjal** surutakse suulise poole.

Nõutav **sissepritse maht** peab vastama **valatava detaili** ja **toitekoonuse mahule**, arvestades sulamaterjali ja tarunud detaili tiheduse erinevusi. (nt tegur 1.25).

Seisutuse faasis tuleb arvestada **lisamaterjali mahuga**, et kompenseerida kahanemist ja vältida detailis kahanemistühikuid.

Valumaht

$$V_i = n \cdot V_{mp} + V_{sp}$$

Sissepritse maht

$$V_b = 1.25 \cdot V_i + V_c$$

Protsessi parameetrid ja maksimaalne materjali vooletee pikkus

Materjali tähis	Temperatuur, °C		Sissepritse surve, bar	Vooletee pikkus ¹⁾ , mm
	Plast	Valuvorm		
PE	160...300	20...70	500	200...600
PP	170...300	20...100	1200	250...700
PVC	170...210	20...60	300 ²⁾ , 1500 ³⁾	250 ³⁾ , 500 ²⁾
PS	180...250	30...60	1000	400...500
PA	210...290	80...120	700...1200	200...500
ABS	200...240	40...85	800...1800	300

¹⁾ Maksimaalne vooletee pikkus seinapaksusel 2 mm. ²⁾ Pehme PVC. ³⁾ Kõva PVC.

Etteande pikkus

$$F_d = V_b / Q_b$$

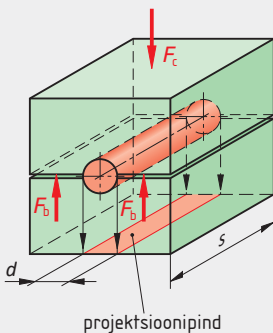
Sissepritse aeg

$$t_e = V_i / Q_i$$

Valumass

$$m_i = \rho \cdot V_i$$

Jõud survevaluvormimiseks



Sissepritsesurve surub plasti valuvormi. Pesades ja toitekoonuses rakendub survejõud, mille suund on risti projektsioonipinnaga (lahutuspinnaga) ja mis tekitab üleslükkejõu F_b . Üleslükkejõust suurem valuvormi sulgemisjõud F_c peab takistama sulplastile lekkimise valuvormist. Valuvormi sulgemisjõud rakendatakse mehaaniliselt, hüdrauliselt või elektromehaaniliselt.

n pesade arv
 A_p projektsiooni pindala, cm^2
 A_{pc} pesade projektsiooni pindala, cm^2
 A_{ps} toitekoonuse projektsiooni pindala, cm^2
 ρ_t valuvormi siserõhk, bar
 F_b üleslükkejõud, kN
 F_c valuvormi sulgemisjõud, kN
 φ varutegur

Näide:

Polüpropüleen (PP), sissepritsesurve $\rho_t = 1200$ bar, 1 bar = 10 N/cm²
 Projektsiooni pindala $A_p = 12.3$ cm², $\varphi = 1.3$
 $F_b = \rho_t \cdot A_p = 1200 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 12.3 \text{ cm}^2$
 $F_b = 147\,600 \text{ N} = \mathbf{147.6 \text{ kN}}$
 $F_c \geq F_b \cdot \varphi = 147.6 \text{ kN} \cdot 1.3 \geq \mathbf{191.9 \text{ kN}}$

Projektsiooni pindala

$$A_p = n \cdot A_{pc} + A_{ps}$$

Üleslükkejõud

$$F_b = \rho_t \cdot A_p$$

Sulgemisjõud

$$F_c \geq F_b \cdot \varphi$$

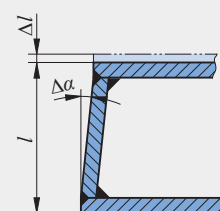
Keevitusprotsessid, keevisõmbuluse asendid, üldtolerantsid

Keevitus, lõikus ja seonduvad protsessid						EN ISO 4063 (2011-03)
N ¹⁾	Protsess, meetod	N ¹⁾	Protsess, meetod	N ¹⁾	Protsess, meetod	
1	Kaarkeevitus	2	Kontaktkeevitus	7	Teised keevitusmeetodid	
111	Käsikaarkeevitus	21	Punktkontaktkeevitus	73	Elektergaaskaarkeevitus	
114	Gravitatsioonkaarkeevitus	22	Joonkontaktkeevitus	74	Induktsioonkeevitus	
11	Metallkaarkeevitus kaitsegaasita	225 23	Fooliumjoonkontaktkeevitus Projektsioonkeevitus	742 78	Induktsioonjoonkontaktkeevitus Vastakkaarkeevitus	
12	Kaarkeevitus räbustis	3	Gaaskeevitus	8	Lõikus	
13	Kaitsegaasmetallkaarkeevitus					
131	Metallinertgaas- (MIG-) keevitus	311	Hapnikatsetüleenkeevitus	81 82	Hapniklõikus Kaarlõikus	
132	MIG-keevitus täidistraatelektroodiga	312	Hapnikpropaankeevitus	83 84	Plasmalõikus Laserlõikus	
		4	Survekeevitus	9	Joode	
135	Metallaktiivgaas- (MAG-) keevitus	41 42	Ultrahelikeevitus Hõõrdkeevitus	912 916	Gaaskövajoode Induktsioonkövajoode	
136	MAG-keevitus täidistraatelektroodiga	46 47	Difusioonkeevitus Gaassurvekeevitus	921 926	Ahikövajoode Sukelduskövajoode	
14	Volfram inertgaas- (TIG-) keevitus	5	Kiirguskeevitus	942	Gaaspehmejoode	
141	TIG-keevitus traatelektroodiga	51 52	Elektronkiirkeevitus Laserkeevitus	943 946	Jooteljoode Induktsioonpehmejoode	
15	Plasmakaarkeevitus	512	Elektronkiirkeevitus atmosfääris	947 953	Ultrahelipehmejoode Ahipehmejoode	
151	Inertgaasplasmakeevitus					

⇒ **ISO 4063-111:** Määratletud keevitusprotsess → käsikaarkeevitus.

¹⁾ Viitenumbrit N kasutatakse keevitusprotsesside tähistamiseks joonistel, töökäskudel jne.

Keevisõmbuluse asendid		EN ISO 6947 (2011-08)					
Peakeevitus- asendid	Lubatud kõrvalekaldeid pea- keevitusasendist sõltuvalt keevisõmbuluse kaldest ja/või pöördedest. Kaldenurk S - Nurk keevisõmbuluse telje ja keevitusasendi vahel. Pöördenurk R - Nurk keevitus- tasandi ja keevitusasendi vahel.	Tähis	Põhilise keevitusasendi nimetus	Maksimaalne kõrvalekalle			
				täidiskeevises		kontaktkeevises	
				S	R	S	R
PA	tasaasend	±15°	±30°	±15°	±30°		
PB	rõhtasend	±15°	±15° -10°	-	-		
PC	põikasend	±15°	±35° -10°	±15°	+60° -10°		
PD	rõhtlaeasend	±80°	±35° -10°	-	-		
PE	laeasend	±80°	±35°	±80°	±80°		
PF PG	alt-üles püstasend ülalt-alla püstasend	kui S = +75° siis R = ±100° kui S = -10° siis R = ±180°					

Keevise üldtolerantsid		EN ISO 13920 (1996-11)								
Täpsus- aste		Piirhälbed								
		pikimõõtmetele Δl, mm						nurkadele Δα° Nominaalmõõtmete vahemik ¹⁾ , mm		
		Nominaalmõõtmete vahemik ¹⁾ , mm								
		kuni 30	üle 30 kuni 120	üle 120 kuni 400	üle 400 kuni 1000	üle 1000 kuni 2000	üle 2000 kuni 4000	kuni 400	üle 400 kuni 1000	üle 1000
A		±1	±1	±1	±2	±3	±4	±20'	±15'	±10'
B		±1	±2	±2	±3	±4	±6	±45'	±30'	±20'
C		±1	±3	±4	±6	±8	±11	±1°	±45'	±30'
D		±1	±4	±7	±9	±12	±16	±1°30'	±1°15'	±1°

¹⁾ / lühem külj.



Servade ettevalmistus, surugaasiballoonid

Servade ettevalmistus

EN ISO 9692-1 (2013-12)

Servade kuju	Servade ettevalmistuse tüüp	S ¹⁾	Detaili paksus t mm	Servade ettevalmistus			Soovituslik keevitusmeetod ²⁾	Märkused
				Pilu b mm	Pilu kõrgus c mm	Nurk α, °		
	I-ömblus		≤ 4	≈ t	–	–	3, 111, 141	servade ettevalmistus puudub, ühepoolne keevitus
			3...8	6...8 ≈ t	–	–	13 141	
			< 15	≤ 1	–	–	52	
	V-ömblus		3...10	≤ 4	≤ 2	40°...60°	3, 111	valikuliselt juuretoega, ühepoolne keevitus
			3...10	≤ 4	≤ 2	40°...60°	13, 141	
			8...12	–	≤ 2	6°...8°	52	
	Y-ömblus		5...40	1...4	2...4	≈ 60°	111, 13, 141	ühepoolne keevitus
	sügav V-ömblus		> 16	5...15	–	5°...20°	111, 13	juuretoega, ühepoolne keevitus
	HV-ömblus		3...10	2...4	1...2	35°...60°	111, 13, 141	ühepoolne keevitus
	nurkõmblus		> 2	≤ 2	–	70°...100°	3, 111, 13, 141	täidisservaga ühepoolne keevitus

1) S sümbol vastavalt ISO 2553-le.

2) Keevitusmeetodid: lk 390.

Surugaaside balloonid

EN 1089-3 (2011-10)

Gaas	Värvidega märgistus ¹⁾			Liitmiku keere	Maht V l	Täiterõhk p _F bar	Täitemaht
	EN 1089-3 järgi korpus	kaelus	eelmise tähis				
Hapnik	hall	valge	sinine	R3/4	40 50	150 200	6 m ³ 10 m ³
Atsetüleen	kastanpruun	kastanpruun	kollane	Kiirühendus	40 50	19 19	8 kg 10 kg
Vesinik	punane	punane	punane	W21.80x1/14	10 50	200 200	2 m ³ 10 m ³
Argoon	hall	tume-roheline	hall	W21.80x1/14	10 50	200 200	2 m ³ 10 m ³
Heelium	hall	pruun	hall	W21.80x1/14	10 50	200 200	2 m ³ 10 m ³
Argoon-süsihappesaasi segu	hall	fluorestsents-roheline	hall	W21.80x1/14	20 50	200 200	4 m ³ 10 m ³
Süsihappagaas	hall	hall	hall	W21.80x1/14	10 50	58 58	7.5 kg 20 kg
Lämmastik	hall	must	tume-roheline	W24.32x1/14	40 50	150 200	6 m ³ 10 m ³

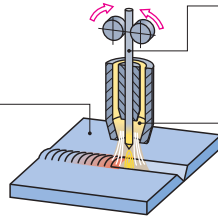
¹⁾ Balloonide sisu kohustuslik märgistus on kooskõlas ohtlike ainete märgistusega (lk 398). Ballooni kaelusel olev värviline märgis peab võimaldama ballooni sisu kindlakstegemist hädaolukorras, nt tulekahju korral.

Kaitsegaaskeevitus

Kaitsegaaskeevitatud keeviste kvaliteet ja keevitusparameetrid sõltuvad keevitustraadi ja kaitsegaasi valikust ning kaare seadistamisest.

Kaitsegaaskeevitus
sulava keevitustraadiga

Põhimetall
Määrav keevitusmeetodi valikult: Teras → MAG-keevitus ; Alumiinium → MIG-keevitus .



Keevitustraad
Mõjutab: • tugevust, • keevitusasendit, • vooluliiki,
• sitkust, • kaitsegaasi tüüpi.
Kaitsegaas
Määrab: • keevise omadused, • soojussisestuse, • kaare seadistuse,
• läbikleepitavuse, • pooride moodustumise.

Kaare tüübid, kaare seadistus¹⁾

Kaare tüüp	Kasutus	Kaare tüüp	Kasutus
Lühike kaar	Fikseeritud- ja laeasendis keevitus, väike keevitusvõimsus, õhukese lehtmaterjali keevitus, MIG- ja MAG-keevitus.	Pihustuskaar	Suur pealekandmise efektiivsus, lehe suur paksus, suurem keevituskiirus, MIG- ja MAG-keevitus.
Ülekantud kaar	Keskmine keevitusvõimsus, keskmise paksusega lehtmaterjali keevitus, MAG-keevitus.	Impulsskaar	Kõikidele MIG- ja MAG-keevituse võimsustele.

¹⁾ Kaare seadistus sõltub:

- lehtmaterjali paksusest;
- kaitsegaasi tüübist;
- keevitusasendist;
- keevituse stabiilsusest.

Mittelegeer- ja madallegeerterase MAG-keevitus

Keevitustraad ja keevismetall mittelegeerterase ja peenterterase MAG-keevituseks EN ISO 14341 (2011-04)

Keevismetalli tugevust ja sitkust mõjutavad elektroodi materjal ja kaitsegaasi tüüp. Keevismetalli tähis annab informatsiooni selle tugevusest, sitkusest, kaitsegaasi tüübist ja elektroodi materjalist. Jagatakse kahte gruppi:

- Keevismetall garanteeritud **voolepiiri R_0** ja **purustustööga 47 J** → tähttähis A;
- Keevismetall garanteeritud **tõmbetugevuse R_m** ja **purustustööga 27 J** → tähttähis B.

Tähistamise näide (Keevismetall garanteeritud voolepiiri R_0 ja purustustööga 47 J):

Standardi number	ISO 14341 – A – G 46 5 M21 G3Si1			Tähttähis • keevismetallile või • keevitustraadile
Tähttähis garanteeritud voolepiiri R_0 ja purustustööga 47 J keevismetallidele	Minimaalse voolepiiri R_0 numbertähis 46 → $R_0 = 10 \cdot 46 = 460 \text{ N/mm}^2$ 42 → $R_0 = 10 \cdot 42 = 420 \text{ N/mm}^2$	Purustustöö temperatuuri piirangu numbertähis 5 → purustustöö 47 J tagatud kuni -50°C	Inertgaasi tähttähis M21 → inertgaas M21 ¹⁾ (lk 393)	Keevitustraadi materjal G3Si1 Si → sisaldab räni

¹⁾ Lühendit M21 kasutatakse, kui inertgaasi M21 tähistus on kooskõlas DIN EN ISO 14175-ga, kuid heeliumita.

Keevitustraad mittelegeerterase ja peenterterase keevituseks EN ISO 14341 (2011-04)

Keevismetall Inertgaas Keevitustraad	Minimaalne voolepiir R_0 , N/mm ²	t ¹⁾ °C	Inert- gaas ²⁾	Kaare tüüp	Sobivus terasele	Omadused, kasutus
G 42 3 C G3Si1	420	-30	C1	Lühike kaar	S235...S355	Väikeste pritsmetega materjali ülekannete lühikese- ja pihustuskaare korral, mitmekülgne kasutus tootmisel ja remondil
G 42 4 M G3Si1		-40	M21	Lühike, pihustuskaar		
G 46 3 C G4Si1	460	-30	C1	Lühike kaar	S235...S460	
G 46 4 M G4Si1		-40	M21	Lühike, pihustuskaar		

¹⁾ Temperatuuri piirang purustustöö 47 J korral.

²⁾ Kaitsegaasid, mis tagavad vajalikud mehaanilised omadused. Kaitsegaasi tüübid lk 393.



Kaitsegaaskeevitus

Kaitsegaasid mittelegerterase MAG-keevituseks

DIN EN ISO 14175 (2008-06)

Tähis ¹⁾	Komponentide sisaldus, % oksüdeeriv (aktiiv)			Omadused, kasutus
	CO ₂	O ₂	Ar	
M12	> 0.5...5	–	ülejä.	Väike aktiivgaasikogus (CO ₂ ja O ₂), väike räbu ja pritsmete moodustumine, sobib kõikidele kaaretüüpidele, tundlik roostele, rübule ja pinnasaastele, eelistatud on puhas õhuke lehtmetsall.
M13	–	> 0.5...3	ülejä.	
M14	> 0.5...5	> 0.5...3	ülejä.	
M21	> 15...25	–	ülejä.	Suurem aktiivgaasi kogus (CO ₂ ja O ₂), suurem räbu ja pritsmete moodustumine, mittetundlik roostele, rübule ja pinnasaastele; sobib kõikidele kaaretüüpidele, suurem lehtmetsalli paksus.
M22	–	> 3...10	ülejä.	
M23	> 0.5...5	> 3...10	ülejä.	M22: vähem pritsmeid, impulsskaar, CO ₂ kogus < 20%.
M24	> 5...15	> 0.5...3	ülejä.	
C1	100	–	–	Suur aktiivgaasi kogus (CO ₂ ja O ₂), suur räbu ja pritsmete moodustumine, mittetundlik roostele, rübule ja pinnasaastele; mittesobiv impulsskaare korral, suurem lehtmetsalli paksus.
C2	ülejäänud	> 0.5...30	–	

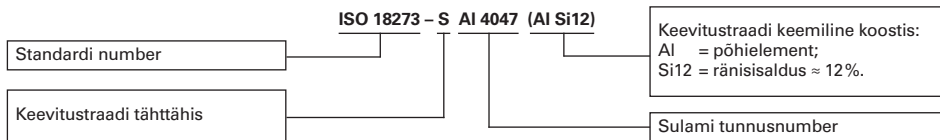
¹⁾ Gaasitarnijad tarnivad firmale omaseid mitmesuguseid kaitsegaasisegusid, mis on ette nähtud teatud kindlate keevitusmeetodite jaoks.

Alumiiniumi ja alumiiniumisulamite MIG-keevitus

Keevitustraat alumiiniumi ja alumiiniumisulamite MIG-keevituseks

DIN EN ISO 18273 (2016-5)

Tähistuse näide:



Keevitustraat alumiiniumi ja alumiiniumisulamite MIG-keevituseks

Tähis	Minimaalne voolepiir R_{eT} , N/mm ²	Inertgaas	Kaar (lk 392)	Sobiv põhimetall
S AI 1450 (AI 99.5Ti)	20	I1	Lühike kaar, pihustuskaar, impulsskaar	AI 99, AI 99.5, AI 99.8, AI Mg0.5
S AI 4043 (AI Si5)	40	I1		AI MgSi0.5, AI MgSi0.7, AI MgSi1
S AI 4047 (AI Si12)	60	I1		G-AI Si11, G-AI Si10Mg(Cu), G-AI Si12(Cu)
S AI 5754 (AI Mg3)	80	I1		G-AI Mg3.5Si, AI Mg2.5, AI Mg3, AI Mg2Mn0.3
S AI 5356 (AI Mg5Cr(A))	110	I1		AI Mg3, AI Mg5, AI Zn4.5Mg1, AI Mg1SiCu

Tugevusomadused saavutatakse kaitsegaasi I1 (70% argoon + 30% heelium) kasutades. Keevitustraadid ja keevitustraadid kasutatakse kaitsegaasiga I3 (inertgaas).

Gaaskeevitusvardad terase liitekeevituseks

DIN EN 12536 (2000-08)

Tähis	Minimaalne voolepiir R_{eT} , N/mm ²	NI ¹⁾ K_{vr} , J	Sobivus terasele	Kasutus, keeviskäitumine
O I	260	30	S235, S275	Lehtmetsall, torud; madal keevivanni viskoossus, palju pritsmeid, kalduvus pooride tekkele.
O II	300	47	S235, S275, P235GH, P265GH	Mahutid, paagid, torujuhtmed; suurem keevivanni viskoossus võrreldes O I-ga, vähem pritsmeid, kalduvus pooride tekkele.
O III	310	47	S235, S275, P235GH, P275GH	Mahutid, paagid, torujuhtmed; viskoosne keevitusvann, pritsmed ja poorid puuduvad.
O IV	260	47	S235, S275, S355, P235, P235GH, P265GH, P295GH, 16Mo3	Kuumuskindlad katlad ja torujuhtmed kuni 450°C; viskoosne keevitusvann, pritsmed ja poorid puuduvad.

¹⁾ NI purustustöö K_v , 20°C juures, katsetatud ISO-V teimikutel.

Kaarkeevitus

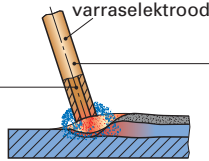
Kattega elektroodid mitteleger- ja peentererasele

DIN EN ISO 2560 (2010-03)

Elektroodil on oluline mõju keevisiilte mehaanilistele omadustele ja käitumisele keevitamisel.

Elektroodi **traadist südamik** mõjutab:

- keevismetalli keemilist koostist;
- tugevust ja sitkust.



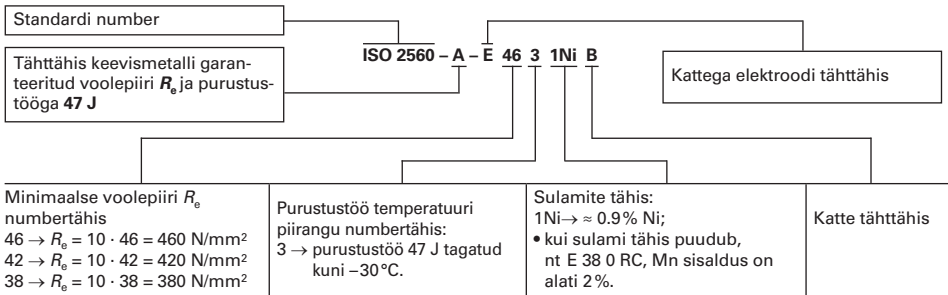
Elektroodi **kate** mõjutab:

- tugevust ja sitkust;
- süttivust ja keevitusomadusi;
- keevise väljanägemist ja läbisulatust;
- kuum- ja külmpugunemist.

Keevismetalli tugevus ja sitkus on keevisiilte kvaliteedi olulised parameetrid. Kattega elektroodide tähistus põhineb järgnevatel kriteeriumitel, mis on jagatud kahte gruppi:

- Elektroodid keevismetalli garanteeritud **voolepiiri R_b** ja **purustustööga 47 J** (ISO 2560-A);
- Elektroodid keevismetalli garanteeritud **tõmbetugevuse R_m** ja **purustustööga 27 J** (ISO 2560-B).

Tähistuse näide: Elektroodid keevismetalli garanteeritud **voolepiiri R_b** ja **purustustööga 47 J** (**kohustuslikud** spetsifikatsioonid ISO 2560 järgi):



Katte tüübid, omadused ja kasutus

Katte tüüp, nimetus	Omadused, kasutus	Keevitusasend (lk 390)
RA rutiil-happeline kate	Peamiselt paksukattelised elektroodid, tasane ja sile keevisõmblus, tundlik tardumispragude tekkele.	PA, PB, PC, PD, PE, PF
RB rutiil-aluseline kate	Peamiselt paksukattelised elektroodid, head mehaanilised omadused, hea keevitavus.	PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG
RC rutiil-tsellulooskate	Hea elektroodimetalli siire, sobib õhukese lehtmetsalli keevitamiseks, ka püstasendis ülalt-alla.	PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG
RR paks rutiilkate	Ühtlane ja sile õmblus, hea kaare taassüttimine, suur tootlikkus.	PA, PB, PC, PD, PE, PF
B aluseline kate	Kõrge sitkus madalatel temperatuuridel, hästi kaitstud pragunemise vastu.	PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG

Kattega elektroodid mitteleger- ja madallegerterase kaarkeevituseks

Tähis	Minimaalne voolepiir R_b , N/mm ²	$t^{(1)}$, °C	Sobivus terasele	Omadused, kasutus
E 38 0 RC	380	0	S235...S355	Tootmises ja töökojas keevitamiseks.
E 42 0 RR	420	0	S235...S355	Suurepärase keevitusomadused, korralikud õmblused.
E 38 2 RB	380	-20	S235...S355	Sobib alg-, täite- ja lõppjäbimiks.
E 38 2 RA	380	-20	S235...S355	Kõrge keevituse efektiivsus.
E 46 6 1Ni	460	-60	S235...S460	Pragudevaba hea külmpapurusega õmblus.

¹⁾ Temperatuuri piirang purustustöö 47 J korral.

Elektroodide tootjad pakuvad mitmesuguseid elektroode, millel on samasugune tähistus ja vastavus erinõuetele.



Keevise kavandus, seadistus ja tootlikkuse näitajad keevitamisel

Keevise kavandus				Seadistusparameetrid				Tootlikkuse näitajad	
Õmbluse tüüp	Õmbluse kõrgus t, a mm	Traadi läbimõõt mm	Läbimite arv	Pinge V	Vool A	Traadi etteandekiirus ¹⁾ m/min	Kaitsegaasi kulu l/min	Täitematerjali kulu g/m	Kaare aeg min/m

Mittelegeerterase MAG-keevitus (standardparameetrid)

Keevitusasend: PB

Keevitraat: ISO 14341-A-G 46 4 M G3Si1

Kaitsegaas: M21

	2	0.8		20	105	7		45	1.5
	3	1.0	1	22	215	11	10	90	1.4
	4	1.0		23	220	11		140	2.1
	5	1.0	1					215	2.6
	6	1.0	1	30	300	10	15	300	3.5
	7	1.2	3					390	4.6
	8	1.2	3	30	300	10	15	545	6.4
			4					805	9.5

Alumiiniumisulamite MIG-keevitus (standardparameetrid)

Keevitusasend: PA

Keevitraat: ISO 18273-A-S Al5754 (AlMg3)

Kaitsegaas: I1

	4	1.2		23	180	3	12	30	2.9
	5	1.6	1	25	200	4	18	77	3.3
	6	1.6		26	230	7	18	147	3.9
	5		1	22	160	6		126	4.2
	6		2	22	170	6	18	147	4.6
	8		2	26	220	7		183	5.0

¹⁾ MIG-keevituse puhul: keevituskiirus.

Kaarkeevitus, V-õmbluse kavandamine

	Õmbluse kõrgus t, a mm	Pilu s mm	Läbimite arv ja tüüp ¹⁾	Elektroodi mõõtmed $d \times l$ mm	Elektroodi erikulu Z_s tk/m	Keevise mass läbimile	
						m_s g/m	kokku m g/m
	4	1	1 R 1 FP	3.2 x 450 4 x 450	3 2	75 80	155
	5	1.5	1 R 1 FP	3.2 x 450 4 x 450	4 2.9	100 110	210
	6	2	1 R 2 FP	3.2 x 450 4 x 450	4 4.7	100 185	285
	8	2	1 R 1 F 1 FP	3.2 x 450 4 x 450 5 x 450	4 3.7 3.5	100 145 215	460
	10	2	1 R	3.2 x 450	4	100	675
			1 F 1 FP	4 x 450 5 x 450	4 6.2	195 380	

Kaarkeevitus, nurkõmbluse kavandamine

	3	–	1	3.2 x 450	3.2	80	80
	4	–	1	4 x 450	3.6	140	140
	5	–	3	3.2 x 450	8.6	215	215
	6	–	3	4 x 450	8	310	310
	8	–	1 R	4 x 450	3	120	550
			2 FP	5 x 450	7	430	
	10	–	1 R	4 x 450	3	120	865
			4 FP	5 x 450	12.3	745	
	12	–	1 R	4 x 450	3	120	1245
			4 FP	5 x 450	18.5	1125	

¹⁾ R algläbim; F täiteläbim; FP lõppläbim.

Jugalõikus. Jugalõikuse standardparameetrid

Standardparameetrid hapnikatsetüleenlõikuseks

Materjal: mitteleegerkonstruktsiooniteras; põlevgaas: atsetüleen

Lehe paksus s mm	Lõike- suudmik mm	Lõike- laius mm	Hapniku rõhk		Atsetüleeni rõhk bar	Hapniku kogukulu m³/h	Atsetüleeni kulu m³/h	Lõikekiirus	
			lõikus bar	kuumutus bar				kvaliteet- lõige m/min	standard lõige m/min
5	3...10	1.5	2.0	2.0	0.2	1.67	0.27	0.69	0.84
8			2.5			1.92	0.32	0.64	0.78
10			3.0			2.14	0.34	0.60	0.74
10	10...25	1.8	2.5	2.5	0.2	2.46	0.36	0.62	0.75
15			3.0			2.67	0.37	0.52	0.69
20			3.5			2.98	0.38	0.45	0.64
25	25...40	2.0	4.0	2.5	0.2	3.20	0.40	0.41	0.60
30			4.3			3.42	0.42	0.38	0.57
35			4.5			3.54	0.44	0.36	0.55

Standardparameetrid plasmalõikuseks¹⁾

Lehe paksus s mm	Materjal: kõrgleegerkonstruktsiooniteras Lõikemeetod: argoon-vesinik							Materjal: alumiinium Lõikemeetod: argoon-vesinik					
	Vool		kvalit. lõige		Gaasikulu			Vool		Lõikekiirus		Gaasikulu	
	kvalit. lõige A	stand. lõige A	kvalit. lõige m/min	stand. lõige m/min	argoon m³/h	vesinik m³/h	lämmastik m³/h	kvalit. lõige A	stand. lõige A	kvalit. lõige m/min	stand. lõige m/min	argoon m³/h	vesinik m³/h
4	70	120	1.4	2.4	0.6	–	1.2	70	120	3.6	6.0	1.2	0.5
5			1.1	2.0	0.6	–	1.2			1.9	5.0		
10			0.65	0.95	1.2	0.24	–			1.1	1.6		
15	70	120	0.35	0.6	1.2	0.24	–	70	120	0.6	1.3	1.2	0.5
20			0.25	0.45	1.2	0.24	–			0.35	0.75		
25			0.35	0.35	1.5	0.48	–			0.2	0.5		

¹⁾ Väärtused kehtivad kaare võimsusel 12 kW ja lõikesuudmiku läbimõõdu 1.2 mm korral.

Standardparameetrid laserlõikuseks¹⁾

M ²⁾	Lehe paksus s mm	Lõike- kiirus v _c m/min	Lõike- gaas	Lõikegaasi rõhk p bar	Lõike- kiirus v _c m/min	Lõike- gaas	Lõikegaasi rõhk p bar	Lõike- kiirus v _c m/min	Lõike- gaas	Lõikegaasi rõhk p bar
Mittelegeerteras	Laseri võimsus 1 kW			Laseri võimsus 1.5 kW			Laseri võimsus 2 kW			
	1 1.5	5.0...8.0 4.0...7.0	O ₂	1.5...3.5	7.0...10 5.5...7.5	O ₂	1.5...3.5	7.0...10 5.6...7.4	O ₂	1.5...3.5
	2 2.5	4.0...6.0 3.5...5.0			4.8-6.2 4.2...5.0			4.8...6.1 4.2...5.0		
	3 4	3.5...4.0 2.5...3.0			3.5...4.2 2.8...3.3			2.8...3.6 2.8...3.4		
5 6	1.8...2.3 1.3...1.6	2.3...2.7 1.9...2.2			2.5...3.0 2.1...2.5					
Roostevabateras	1 1.5	4.0...5.5 2.8...3.6	N ₂	8 10	5.0...7.0 3.5...5.2	N ₂	6 10	4.5...9.0 3.8...6.6	N ₂	12 13
	2 2.5	2.2...2.8 1.6...2.0		14	2.0...4.0 1.9...3.2		10 14	3.4...5.3 2.7...3.8		14
	3 4	1.3...1.4 –		15 –	1.8...2.4 1.0...1.1		14 15	2.2...2.7 1.4...1.8		14 16

¹⁾ Tabeli väärtused on toodud fookuskaugusel $p = 127 \text{ mm}$ (5") ja lõikepilul laiusel $w = 0.15 \text{ mm}$.

²⁾ M materjaligrupp.



Jugalõikuse kasutus ja standardparameetrid

Lõikeprotsesside kasutus									
Materjal	Lehe paksus <i>s</i> , mm								
	1	2	4	6	8	10	20	40	100
Konstruktsiooniteras, mittelegeer- ja legeerteras	Hapnikatsetüleeniõikus								
	Laserõikus								
	Plasmaõikus								
	Vesilõikus								
Kroomnikkelteras	Pulberleekõikus								
	Laserõikus								
	Plasmaõikus								
	Vesilõikus								
Alumiinium, alumiiniumsulamid	Laserõikus								
	Plasmaõikus								
	Vesilõikus								
Titaan, klaas, keraamika, kivi, plast, kummi, vahtmaterjal jne	Vesilõikus								

Termolõike kvaliteet ja tolerantsid DIN EN ISO 9013 (2003-07)

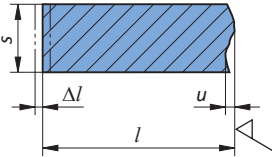
Kirjeldused on rakendatavad:

- hapniklõikusel,
- plasmalõikusel,
- laserlõikusel.

Lõikepindade kvaliteet määratakse:

- ristisuse tolerantsiga *u*;
- konaruste keskmise kõrgusega R_{25} .

- l* nimimõõde
s detaili paksus
u ristisuse tolerants
 R_{25} keskmine pinnakaredus
 Δl nimimõõtmel *l* piirhälve



ISO 9013-342

Standardi number

Lõike kvaliteet

Ristisuse tolerants *u* (klass 3)

Keskmine pinnakaredus R_{25} (klass 4)

Tolerantsiklass 2

Lõikepinna kvaliteet

Klass	Ristisuse tolerants <i>u</i> mm	Keskmine pinnakaredus R_{25} μ m	Märkused
1	$u < 0.05 + 0.003 \cdot s$	$R_{25} < 10 + 0.6 \cdot s$	Detaili paksus <i>s</i> , mm
2	$u < 0.15 + 0.007 \cdot s$	$R_{25} < 40 + 0.8 \cdot s$	
3	$u < 0.4 + 0.01 \cdot s$	$R_{25} < 70 + 1.2 \cdot s$	
4	$u < 1.2 + 0.035 \cdot s$	$R_{25} < 110 + 1.8 \cdot s$	

Nimimõõtmel *l* piirhälbed

Detaili paksus <i>s</i> mm	Nimimõõtmel <i>l</i> piirhälve Δl sõltuvalt nimimõõtmest, mm					
	Tolerantsiklass 1			Tolerantsiklass 2		
	> 35	> 125	> 315	> 35	> 125	> 315
> 1 ≤ 3.15	± 0.3	± 0.3	± 0.4	± 0.7	± 0.8	± 0.9
> 3.15 ≤ 6.3	± 0.4	± 0.5	± 0.5	± 0.9	± 1.1	± 1.2
> 6.3 ≤ 10	± 0.6	± 0.7	± 0.7	± 1.3	± 1.4	± 1.5
> 10 ≤ 50	± 0.7	± 0.8	± 1	± 1.8	± 1.9	± 2.3
> 50 ≤ 100	± 1.3	± 1.4	± 1.7	± 2.5	± 2.6	± 3
> 100 ≤ 150	± 2	± 2.1	± 2.3	± 3.3	± 3.4	± 3.7

Näide: Hapniklõikus, tolerantsiklass 2, *l* = 450 mm
s = 12 mm, lõikepinna kvaliteediklass 4

Määrata: Δl ; *u*; R_{25}

Lahendus: $\Delta l = \pm 2.3$ mm

$u = 1.2 + 0.035 \cdot s = 1.2 \text{ mm} + 0.035 \cdot 12 \text{ mm} = 1.62 \text{ mm}$

$R_{25} = 110 + 1.8 \cdot s = 110 \mu\text{m} + 1.8 \cdot 12 \mu\text{m} = 131.6 \mu\text{m}$

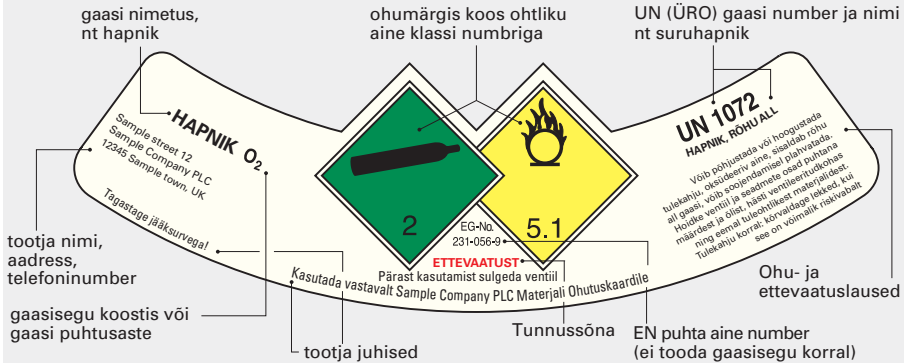
Gaasiballoonide märgistus

Ohtlike ainete märgistus

DIN EN ISO 7225 (2013-01)

Iga gaasiballoon tuleb varustada ohtlike ainete märgisega tema koostise ja tema koostisosadest tulenevate ohtude identifitseerimiseks. Kuni kolm ohumärgist hoiatamaks peamiste ohtude eest.

Näide:



Ohumärgis



Värvidega tähistamine

DIN EN 1089-3 (2011-10)

Balloonni kaeluse värviga tähistamist kasutatakse täiendava infona gaaside koostise kohta. Värvidega tähistatud ballooni kaelusel võimaldab ballooni sisu ohu korral juba kaugemalt kindlaks teha. Värvidega tähistamist ei kasutata veeldatud gaaside, külmutusseadmete gaaside ja gaasiballoonide paketi korral.

Üldine ohtlike omaduste värvtähistus

võimaliku riski vähenemine			
kollane	punane	helesinine	fluorestsents-roheline
mürgine (ja/või söövitav)	süttiv	oksüdeeriv	inertne ¹⁾
Ammoniaak, kloor, fluor, süsinikmonoksiid, süsinikdioksiid	Vesinik, metaan, etüleen	Hapnik + süsinikdioksiid (> 23,5% hapnikku)	Krüptoon, ksenoon, neon, kaitsegaasisegu, suruõhk (tehniline)

Gaasi värvtähistus enam kui ühe ohtliku omaduse korral²⁾ (valimik)

Etüleenoksiid	Vesinikfluoriid
mürgine (ja/või söövitav) ja süttiv	mürgine (ja/või söövitav) ja oksüdeeriv

Erigaaside värvtähistus (valimik)

Atsetüleen	Hapnik (tehniline)
süttiv	oksüdeeriv

¹⁾ Mittermürgine, mitesöövitav, mitesüttiv, mitteoksüdeeriv.







²⁾ Kui gaasides või gaasisegudes on rohkem kui üks ohtlik gaas, tuleb ballooni kaelusel ära näidata kõige ohtlikuma gaasi värvtähis. Ballooni kaelusel võib ära näidata ka madalama ohuga gaasi värvtähise.



Gaasiballoonide identifitseerimine

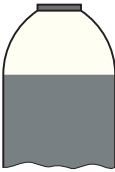

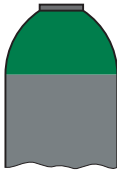

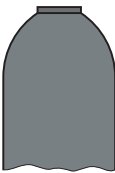
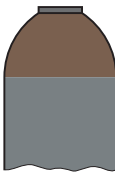
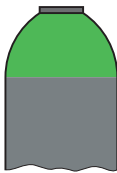

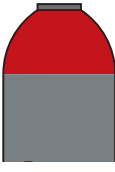
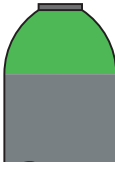
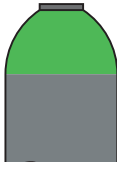
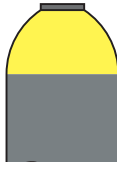
Tavagaaside värvtähistus ballooni kaelusel

DIN EN 1089-3 (2011-10) ja
Tööstuslike Gaaside Assotsiatsiooni (IGA) infoleht

Hapnik  valge	Atsetüleen  kastan- pruun	Argoon  tume- roheline	Lämmastik  must	Süsinikdioksiid  hall	Heelium  pruun
--	---	--	--	--	---


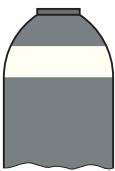
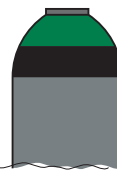
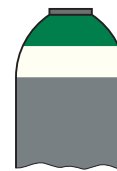
Tööstuslikud puhtad gaasid ja segugaasid Värvtähistus ballooni kaelusel ja küljel¹⁾ (valimik)

Tööstuslike Gaaside Assotsiatsiooni (IGA) infoleht

Hapnik (tehniline)  valge hall	Atsetüleen  kastan- pruun kastan- pruun	Argoon  tume- roheline hall (tume- roheline)	Lämmastik  must hall (must)
Süsinikdioksiid  hall hall	Heelium  pruun hall	Ksenoon/Krüptoon/Neoon  fluores- sents- roheline hall (fluores- sents- roheline)	Vesinik  punane punane
Formeergaas (segugaas lämmastik/vesinik)  punane hall	Segugaas (argoon/süsihappegaas)  fluores- sents- roheline hall	Suruõhk  fluores- sents- roheline hall	Ammoniaak, kloor ... (mürgised gaasid)  kollane hall

Inertsegugaaside värvtähistus (valimik)

Tööstuslike Gaaside Assotsiatsiooni (IGA) infoleht

Süsinikdioksiid/lämmastik  hall must hall	Süsinikdioksiid/hapnik  hall valge hall	Argoon/lämmastik  tume roheline must hall	Argoon/hapnik  tume roheline valge hall
--	--	---	---

¹⁾ Tööstuslike gaaside silindriliste balloonide värv ei ole standarditud. Tööstuslike Gaaside Assotsiatsioon pakub välja järgmise värvtähistuse: ballooni pind on hall või sama värvi nagu ballooni kaelus, kuid mitte valge.

Jootmine. Joodised ja räbustid

Kõvajoodised

DIN EN ISO 17672 (2017-01), asendab DIN EN 1044 (1999-07)

Hõbejoodised		Kasutus ³⁾				
Joodise materjal		Sulami margitähis vastavalt ISO 3677	Jootetemperatuur °C	Joodis	Joodise kasutus ²⁾	Joodetav materjal
Sulami grupp	Tähis ¹⁾					
AgCuZnCd	Ag 345	B-Ag45CdZnCu-605/620	620	S	a, e	Väärismetallid, teras, vasesulamid
	Ag 350	B-Ag50CdZnCu-620/640	640	S	a, e	
	Ag 326	B-Cu30ZnAgCd-605/720	750	S, F	a, e	Teras, tempermalm, vask, nikli- ja titaanisulamid
	Ag 340	B-Ag40ZnCdCu-595/630	610	S	a, e	
AgCuZn(Sn)	Ag 134	B-Cu36AgZnSn-630/730	710	S	a, e	Teras, tempermalm, vask, vasesulamid, niklisulamid
	Ag 145	B-Ag45CuZnSn-640/680	670	S	a, e	
	Ag 225	B-Cu40ZnAg-700/790	780	S	a, e	
	Ag 244	B-Ag44CuZn-675/735	730	S	a, e	
Hõbeda sisaldus < 20%	Ag 205	B-Cu55ZnAg(Si)-820/870	860	S, F	a, e	Teras, tempermalm, vask, nikkel, niklisulamid
	Ag 212	B-Cu48ZnAg(Si)-800/830	830	S	a, e	
	CuP 279	B-Cu92PAg-645/825	710	S, F	a, e	Vask ja niklivabad vasesulamid Ei sobi rauda või niklit sisaldavatele põhimaterjalidele.
	CuP 281	B-Cu89AgP-645/815	710	S, F	a, e	
	CuP 284	B-Cu80PAg-645/800	710	S	a, e	
Erijoodised	Ag 351	B-Ag50CdZnCuNi-635/655	660	S	a, e	Vasesulamid
	Ag 449	B-Ag49ZnCuMnNi-680/705	690	S	a, e	Karbiidkermised terasel, volframi- ja molübdeenisulamid
	Ag 463	B-Ag63CuSnNi-690/800	790	S	a, e	Kroomnikkelteras
Vaskjoodised						
Cu 141		B-Cu100(P)-1083	1100	S	e	Teras
Cu 922		B-Cu94Sn(P)-910/1040	1040	S	e	Raua- ja niklisulamid
Cu 925		B-Cu88Sn(P)-825/990	990	S	e	
Cu 470a		B-Cu60Zn(Si)-875/895	900	S, F	a, e	Teras, tempermalm, vask, nikkel, Cu-Ni-sulamid
Cu 773		B-Cu48ZnNi(Si)-890/920	910	S, F	a, e	Teras, tempermalm, Ni, Ni-sulamid
				F	a	Malm
CuP 180		B-Cu93P-710/820	720	S	a, e	Vask, Fe- ja Ni-vabad vasesulamid
Nikkeljoodised kõrgtemperatuurjootmiseks						
Ni 620		B-Ni82CrSiBFe-970/1000	990	S	a, e	Nikkel, koobalt, Nikli- ja koobaltsulamid, Mittelegeer- ja legeerteras
Ni 630		B-Ni92SiB-980/1040	1030			
Ni 650		B-Ni71CrSi-1080/1135	1130			
Ni 710		B-Ni76CrP-890	890			
Alumiiniumjoodised						
Al 107		B-Al92Si-575/615	610	S	a, e	Alumiinium ja Al-sulamid: AlMn, AlMgMn, G-AlSi; eriti Al-sulamid: AlMg, AlMgSi kuni 2% Mg sisaldusega
Al 110		B-Al90Si-575/590	600	S	a, e	
Al 112		B-Al88Si-575/585	595	S	a, e	

¹⁾ Tähed näitavad sulami gruppi, järgnevad kolm numbrit on järjekorranumbrid.

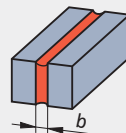
²⁾ a - joodis lisatakse; e - joodis on sees.

³⁾ Vastavalt tootja andmetele.

Joodes

I-joodes:
 $b < 0.25 \text{ mm}$

V-joodes:
 $b > 0.3 \text{ mm}$





Joodised ja rübustid

Pehmejoodised

DIN EN ISO 9453 (2014-12)

Sulami grupp ¹⁾	Sulami nr ²⁾	Sulami margitähis vastavalt ISO 3677 ³⁾	Varasem tähistus DIN 1707	Joote-temperatuur °C	Kasutus
Tina-plii	101	Sn63Pb37	L-Sn63Pb	183	Peenmehaanika, elektroonika, trükiplaadid, kõrgtugev teras
	102	Sn63Pb37E	L-Sn63Pb	183	
	103	Sn60Pb40	L-Sn60Pb	183... 190	
Plii-tina	111	Pb50Sn50	L-Sn50Pb	183... 215	Elektrotehnika, tinatamine Õhukesed pakkematerjalid, metalltooted Pleki- ja torutööd, tsink, tsingisulamid Jahutid/radiaatorid
	114	Pb60Sn40	L-PbSn40	183... 238	
	116	Pb70Sn30	–	183... 255	
	124	Pb98Sn2	L-PbSn2	320... 325	
Tina-plii-antimon	131	Sn63Pb37Sb	–	183	Peenmehaanika Peenmehaanika, elektrotehnika
	132	Sn60Pb40Sb	L-Sn60Pb(Sb)	183... 190	
	134	Pb58Sn40Sb2	L-PbSn40Sb	185... 231	Jahutid/radiaatorid, liigepinnad, pliijootmine
	136	Pb74Sn25Sb1	L-PbSn25Sb	185... 263	
Tina-plii-vismut	141	Sn60Pb38Bi2	–	180... 185	Täppisjootmine Madaltemperatuurne joodis, sulavkaitsemised
	142	Pb49Sn48Bi3	–	178... 205	
Tina-plii-kaadmium	151	Sn50Pb32Cd18	L-SnPbCd18	145	Sulavkaitsemised, elektri kaabli liited
Tina-plii-vask	161	Sn60Pb39Cu1	L-SnPbCu3	183... 190	Elektrotehnikaseadmed, peenmehaanika
	162	Sn50Pb49Cu1	L-Sn50PbCu	183... 215	
Tina-plii-hõbe	171	Sn62Pb36Ag2	L-Sn60PbAg	179	Elektriseadmed, trükiplaadid
Plii-tina-hõbe	182	Pb95Ag5	L-PbAg5	304... 370	Kõrgtemperatuurised jooted elektrimootorites, elektrotehnika
	191	Pb93Sn5Ag2	–	296... 301	

¹⁾ Alumiiniumi lisametallid ei ole enam EN ISO 9453 järgi.

²⁾ Sulami number asendab materjali numbrit DIN 1707 kohaselt.

³⁾ Sisaldavad vähesel määral (< 0.5%) Sb, Bi, Cd, Au, In, Al, Fe, Ni, Zn: lk 120 ja lk 121.

Pehmejoodisjootmise rübustid

DIN EN ISO 9454-1 (2016-07) (DIN EN 29454-1 tagasi võetud)

Rübusti tüüp	Tähistus põhiliste koostisosade järgi			Liigitus mõju järgi		
	Rübusti põhikoostis	Rübusti aktivaator	Halogeenide osakaal %	Tähis	Jääkide mõju	
1 vaik	1 kampil 2 kampilita	1 aktivaatorita 2 aktiveeritud halogeenidega 3 aktiveeritud halogeenideta	1 < 0.01 2 < 0.15 3 0.15... 2.0 4 > 2.0	111 ... 123...	mitte- korrodeeriv	
2 orgaaniline	1 vees lahustuv 2 vees mittelahustuv			122 ... 212 ... 213 ... 311 ... 321 ...		vähe- korrodeeriv
3 anorgaaniline	1 soolad	1 ammoniumkloriidiga 2 ammoniumkloriidita		311 ... 322...	väga korrodeeriv	
	2 happed	1 fosforhape 2 teised happed				
	3 leelised	1 amiin ja/või ammoniaak				
⇒	Rübusti ISO 9454 – 1223: vaigu tüüpi rübusti (1), ilma kampilita (2), aktiveeritud halogeenidega (2), halogeenide sisaldus 0.15% kuni 2.0% (3).					

Kõvajoodisjootmise rübustid

DIN EN 1045 (1997-08)

Rübusti	Töotemperatuur, °C	Kasutus
FH10 FH11 FH12	550 ... 800	Mitmeotstarbeline rübusti; jäägid välja loputada või keemiliselt eemaldada. Cu-Al-sulamid; jäägid välja loputada või keemiliselt eemaldada. Roostevaba- või kõrglegeerteras, karbiidkernised; jäägid keemiliselt eemaldada.
FH20 FH21 FH30 FH40	700 ... 1000 750 ... 1100 > 1000 650 ... 1000	Mitmeotstarbeline rübusti; jäägid välja loputada või keemiliselt eemaldada. Mitmeotstarbeline rübusti; jäägid mehaaniliselt või keemiliselt eemaldada. Vask-ja nikkeljoodistele; jäägid mehaaniliselt eemaldada. Boorivaba rübusti; jäägid välja loputada või keemiliselt eemaldada.
FL10 FL20	400 ... 700 400 ... 700	Kergsulamid; jäägid välja loputada või keemiliselt eemaldada. Kergsulamid; jäägid ei ole korrodeerivad; kaitsta niiskuse eest.

Jooted

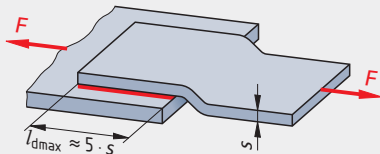
Jooteprotsesside liigitus

Eristav tunnus	Jooteprotsess		
	Pehmejoodisjootmine	Kõvajoodisjootmine	Kõrgtemp. kõvajoodisjootmine
Jootetemperatuur	< 450°C	> 450°C	> 900°C
Energiaallikas	Jootekolb, jootevann, elektritakistuskuumutus	leek, ahi	leek-, laserkiir-, induktsioonkuumutus
Põhimaterjal	Cu-, Ag-, Al-sulamid, roostevabateras, teras, Cu- ja Ni-sulamid	teras, kõvasulamplaadid	teras, kõvasulamid
Joodis või lisamaterjal	Sn-, Pb-sulamid	Cu-, Ag-sulamid	Ni-Cr-sulamid, Ag-Au-Pd-sulamid
Abimaterjalid	räbusti	räbusti, vaakum	vaakum, kaitsegaas

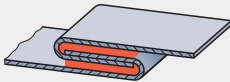
Jootepilu standardväärtused

Põhimaterjal	pehmejoodistele	Jootepilu, mm		
		kõvajoodistele metallide baasil		
		vask	messing	hõbe
Mittelegeerteras	0.05...0.2	0.05...0.15	0.1...0.3	0.05...0.2
Legeerteras	0.1...0.25	0.1...0.2	0.1...0.35	0.1...0.25
Cu, Cu-sulamid	0.05...0.2	–	–	0.05...0.25
Karbiidkermis	–	0.3...0.5	–	0.3...0.5

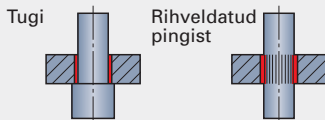
Pehmejoodisjootes kavandamine



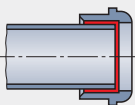
Lõikele töötav joodes



Valtsliitega tugevdatud joodes



Jooteprotsessi hõlbustamine



Teleskoopjoodes

Eeltingimused

- Jootepilu peab olema piisavalt suur, et räbusti ja joodis täidaksid selle täielikult kapillaarjõudude toimele (tabel üleval)
- Kaks joodetavat pinda peavad olema paralleelsed.
- Pinnakaredus lõiketöötusel võib jääda Cu-joodistel vahemikku $Rz = (10 \dots 16) \mu\text{m}$, Ag-joodistel $Rz = 25 \mu\text{m}$.

Koormamise viis

- Jooteliite koormus nihkele (põikjõud), kui see on võimalik. Pehmejoodisjooteid ei koormata tõmbe- või rebendpingetega.
- Ülekatte ulatus $l_d > 5 \cdot s$ ei taga selle usaldusväärset täitmist joodisega. Seega ei saa koormustaluvust parandada ülekatte suurendamisega.
- Jootes koormustaluvust saab parandada nt valtsliidet kasutades.

Valmistusprotsessi hõlbustamine

- Pehmejoodisjootmisel saab seda teha, tagades liidetavate detailide õige positioneerimise, nt detailide sobiva kujuga või rihveldatud pressistu kasutamise.

Kasutus:

- Torud ja liitmikud;
- Lehtmetailid tooted;
- Lõikeriistad joodetud karbiidkermistest terikutega.



Liimimine. Liimid, liitepindade ettevalmistus

Liimide omadused ja kasutus¹⁾

Liim	Kaubamärk	Kövenemine		Maksimaalne töötemperatuur °C	Tõmbe-nihketugevus τ_B N/mm ²	Elastsus	Kasutus, omadused
		Temperatuur °C	Aeg				
Metüül-metakrülaat (MMA)	Agomet, Stability Express	0...30	1 h	80 kuni 150	6...30	madal	Metallid, reaktoplastid, keraamika, klaas
Epoksüvaik (EP)	Araldite, Metallon, Uhu-Plus	20...150	1 h...12 h	50...150	10...35	madal	Metallid, reaktoplastid, klaas, keraamika, betoon, puit; pikk kövenemisaeg
Fenoolvaik (PF)	Bakelite, Pertinax,	120...200	60 s	140	20	madal	Metallid, reaktoplastid, klaas, elastomeerid, puit, keraamika
Polüvinüülkloriid (PVC)	Bostik, Tangit	20	> 24 h	60	60	madal	Metallid, reaktoplastid, klaas, elastomeerid, puit, keraamika
Polüüretaan (PUR)	Delopur, Fastbond, Macroplast	50	> 24 h	40	10...50	saavutatav	Metallid, elastomeerid, klaas, puit, mõned termoplastid
Polüester-vaik (UP)	Leguval, Verstopal	25	1 h	170	60	madal	Metallid, reaktoplastid, klaas, keraamika
Polükloropreen (CR)	Baypren, ContiSecur	50	1 h	110	5	saavutatav	Metallide ja plastide kontaktliim
Tsüaanakrülaat	Perma bond 737, Sicomet 77	20	40 s	120	20...35	madal	Metallide, plastide ja elastomeeride kiirkõvenev liim
Kuumliim	Jet-Melt, Ecomelt, Technomelt, Vestra-Melt	20	> 30 s	50	2...5	saavutatav	Kõik materjalid; liimiv toime läbi jahutuse

¹⁾ Liimide keemilise koostise varieerumisest tulenevalt on toodud väärtused ligikaudsed. Üksikasjaliku info saamiseks pööruda tootja poole.

Liitepindade ettevalmistus

VDI 2229 (1979-06)

Materjal	Töötluste järjestus ¹⁾ koormamise tingimustel ²⁾			Materjal	Töötluste järjestus ¹⁾ koormamise tingimustel ²⁾		
	madal	keskmine	kõrge		madal	keskmine	kõrge
Al-sulamid		1-6-5-3-4	1-2-7-8-3-4	Teras, töötlemata		1-6-2-3-4	1-7-2-3-4
Mg-sulamid	1-2-3-4	1-6-2-3-4	1-7-2-9-3-4	Teras, galvaanitud	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Ti-sulamid		1-6-2-3-4	1-2-10-3-4	Teras, fosfaaditud		1-2-3-4	1-6-2-3-4
Cu-sulamid	1-2-3-4	1-6-2-3-4	1-7-2-3-4	Muud metallid	1-2-3-4	1-6-2-3-4	1-7-2-3-4

¹⁾ Töötluste tunnusnumbrid:

- | | |
|--|---|
| 1 Puhastus mustusest, oksiidist, roostest; | 6 Mehaaniline karestamine lihvimise või harjamisega; |
| 2 Rasvatustamine orgaanilise või vee baasil lahustiga; | 7 Mehaaniline karestamine haaveltöötusega; |
| 3 Loputus puhta veega; | 8 Söövitus 30 min 60°C juures 27,5% väävelhappe lahusega; |
| 4 Kuivatus kuiva õhuga kuni 65°C; | 9 Söövitus 1 min 20°C juures 20% lämmastikhappe lahusega; |
| 5 Rasvatustamine samaaegselt söövitamisega; | 10 Söövitus 3 min 20°C juures 15% vesinikfluoridhappe lahusega. |

²⁾ Liimeste koormamine:

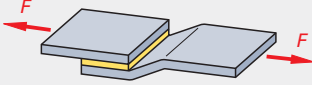
- Madal:** Tõmbe-nihketugevus kuni 5 N/mm²; kuiv keskkond; peenmehaanika- ja elektriseadmed;
Keskmine: Tõmbe-nihketugevus kuni 10 N/mm²; niiske õhk; kontakt õliga; masinaehitus ja transportvahendid;
Kõrge: Tõmbe-nihketugevus kuni 10 N/mm²; otsekontakt vedelikega; lennukid, laevad ja konteinerid.

Liimese kavandamine, katsetusmeetodid

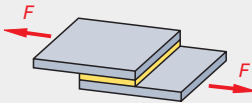
Liimese kavandamine

Võimalusel tuleb liimeseid koormata vaid survele või nihkele. Tuleb vältida tõmbe-, lahtirebimis- ja paindekoormusi.

Katteliide

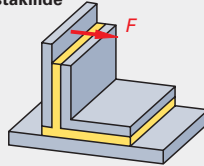


hea, kuna liimes töötab ainult nihkele

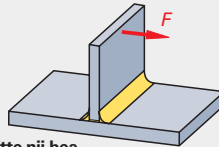


mitte nii hea, kuna koormuse eksentrilisuse tõttu tekib liimeses lahtirebimine

Vastakliide

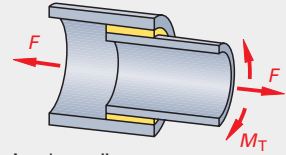


hea, kuna liimes töötab ainult nihkele ja survele



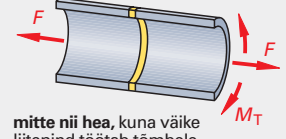
mitte nii hea, kuna liimese tõmbetsoonis tekib lahtirebimine

Teleskoopliide



hea, kuna piisava suurusega liitepind töötab nihkele

Pötkliide



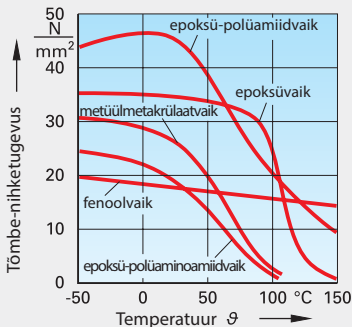
mitte nii hea, kuna väike liitepind töötab tõmbele ja nihkele

Katsetusmeetodid

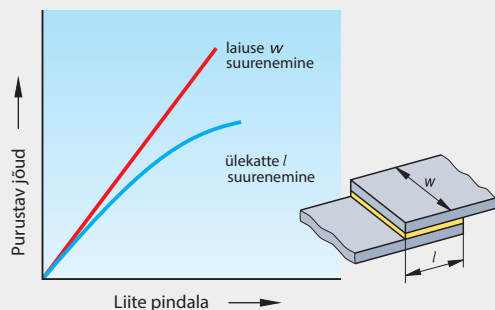
Katsetameetod Standard	Sisu
Painde-rebendkatse DIN 54461	Liimeste katsetamine lahtirebimisele.
Tõmbe-nihkekatsed DIN EN 1465	Kõrgtugevate katteliidete katsetamine nihkele-tõmbele.
Väsimuskatse DIN EN ISO 9664	Konstruksiooniliimide väsimustugevuse katsetamine nihkele-tõmbele.
Tõmbeteim DIN EN 15870	Pötkliidete katsetamine tõmbele risti liitepinnaga.
Rull-rebendkatse DIN EN 1464	Katsetamine lahtirebimisele.
Surve-nihkekatsed DIN EN 15337	Peamiselt anaeroobsete ¹⁾ liimide katsetamine nihkele.

¹⁾ Kõveneb õhu juurdepääsuta.

Liimese tugevus sõltuvalt temperatuurist ja liitepinnast













Katteliite tõmbe-nihketugevus



Liitepinna suuruse mõju tugevusele



Ohud ja ohtlikud ained töökohal, ülevaade

Ohud töökohal (valimik)						BGI/GUV-I 8700
Oht	Näited	Oht	Näited	Oht	Näited	
Mehaaniline, kineetiline energia 	Muljumine, vahelejäamine, sissetõmbamine; teravad servad, löikamine; ümberkukkumine, kukkuvad osad; lendavad laastud; liikumise ohud, kukkumine	Vibratsioon, radiatsioon 	Müra (lk 418), ultraheli, vibratsioon, laserkiirgus, ultraviolettkiirgus, infrapunakiirgus, röntgenkiirgus, gammakiirgus	Psühholoogiline stress 	Töötempo, ajaline surve, stress, ebapiisav töökorraldus, kvalifikatsiooni puudumine, ülekvalifikatsioon	
Elektrivool 	Pinge, vool, elektrihaar, elektriväli, elektrostaatiline laeng	Kliimaseade 	Õhutemperatuur, niiskus, õhu liikumiskiirus (tuuletõmbus)	Tuli ja plahvatus 	Plahvatusohtlik keskkond, lõhkeained, tuleohtlikud ained	
Ohtlikud ained  lk 405	Vedelikud, gaasid, aaurud, udu ¹⁾ , tolm ¹⁾ , suits ¹⁾ , tahkised	Füüsiline stress 	Raske füüsiline töö, ühekülgne füüsiline töö, töö ebamugavas asendis	Muu  	Ülerõhk, alarõhk, kuumad ained, kuumad pinnad, bioloogilised ohud, valgustus	
Töökoha ohtlikud ained (valimik)						
Töö	Ohtlikud ained	Oht		Ohtusmeetmed		
Lõiketöötlamine	Jahutus-määrdeained või neis sisalduvad lisandid	Pihustatud aerosoolide sissehingamine. Kokkupuude nahaga võib põhjustada allergilisi reaktsioone.		Jahutus-määrdeainete kasutus vastavalt TRGS 611 ²⁾ või minimaalsete koguste kasutamine. Nahakaitse vahendid.		
Hooldus/remont	Puhastus, lakibensiin	Väga tuleohtlik. Ärritab nahka. Aaurud põhjustavad peeringlust.		Suitsetamine keelatud, hoida süüteallikad eemal. Kaitsekindad, hea töökoha ventilatsioon.		
Hooldus/remont	Atsetoon	Väga tuleohtlik. Ärritab silmi. Kokkupuutel naha rabeledus. Aaurud põhjustavad peeringlust.		Suitsetamine keelatud, hoida süüteallikad eemal. Hea ventilatsioon, väljatõmme. Kaitsekindad, ventilatsioon ka põrandal.		
Jootmine	Räbustid nt. fluoriühendid neis	Fluoriidid on väga mürgised, korrosiivsed, isegi madalates kontsentratsioonides. Oht silmadele ja limaskestale.		Kaitsekindad. Kaitseprillid. Suitsu äratõmme tekkekohas.		
Keevitamine	Mitmesuguseid metallioksiide sisaldavad keevituselektroodid Aaurud ja suits sisaldavad vingugaasi, süsinikdioksiidi, osooni ja palju muud	Mürgituse oht sissehingamisel. Ärritab hingamisteid. Kantserogeenne. Nn pneumokonioosi haiguse või kopsuturse oht.		Keevitussuitsu vaakumäratõmme tekkekohta lähedal. Tööruumi hea ventilatsioon. Vajadusel eemaldage eelnevalt tooriku kaitsepinded.		
Liimimine	Tööstuslikud liimid, keermeliimid	Ärritab silmi ja hingamisteid. Sissehingamine on tervisele kahjulik.		Vältida kokkupuudet naha ja silmadega. Kaitsekindad. Kaitseprillid. Tööruumi hea ventilatsioon.		
Lihvimine	Metallitolm, fluor, fenool	Kantserogeenne. Kahjulik mõju. Allergiline reaktsioon.		Märg- ja kuivilhvimise ajal tolmu vaakumäratõmme tekkekohta lähedal.		

¹⁾ On kokkuvõtlikult aerosoolid.

²⁾ TRGS – Ohtlike ainete tehnilised eeskirjad (Technical rules for hazardous substances).

Tööohutuse ja keskkonnakaitse tagamine

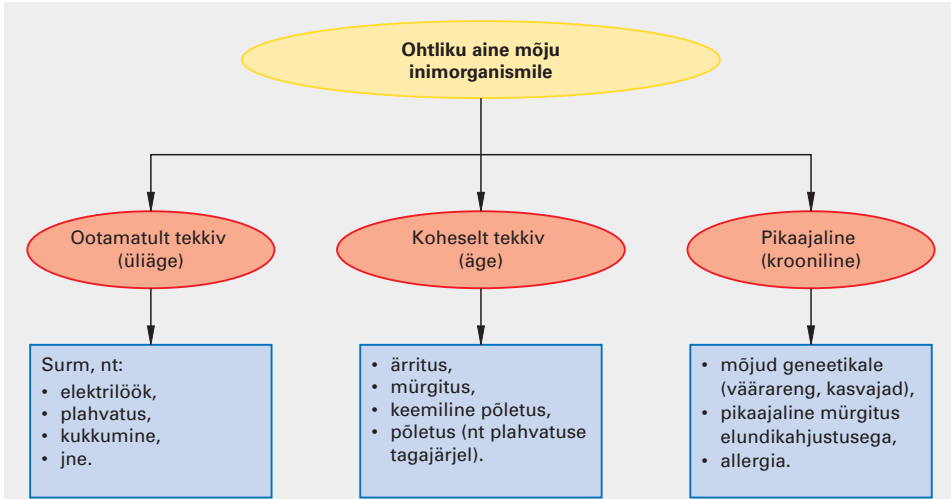
Ohtlike ainete määrus (Saksamaa)

GefStoffV: 2010-01

Kaitse ohtude ja stressi eest töökohal

Töötajate kaitset töökohal tekkivate ohtude eest reguleerib alates 1993. aastast Ohtlike ainete määrus (GefStoffV). Tööandjal on kohustus tagada Ohtlike ainete määruise sätete järgimine.

Töötaja jaoks on oluline teada, milliste ohtudega ta töökohal kokku puutub ja kuidas end nende eest kaitsta.



Ohtlike ainete määruise sisu (väljavõte)

GefStoffV: 2010-01










Väljavõte	Sisu
Ohtlikud omadused § 3	Enne uue aine kasutuselevõttu peab tööandja kontrollima, kas tegemist on ohtlike ainete-ga Ohtlike ainete määruise tähenduses, kui jah, siis kaaluma selle asendamise võimalikkust vähem ohtlikuainega. Kui aine on plahvatusohtlik, oksüdeeriv, tuleohtlik, mürgine, kahjulik, söövitav, ärritav, sensibiliseeriv, kantserogeenne, reproduktiivtoksiline, mutageenne või keskkonnale ohtlik, siis on see aine ohtlik Ohtlike ainete määruise tähenduses.
Mürgistamise nõue § 4	Ohtlikud ained, valmistised või tooted peavad kasutamise ajal olema asjakohaselt märgistatud. Mürgistus tähendab alati ohtu!
Materjali ohutuskaart § 5	Tootjad või importijad peavad esitama üksikasjaliku teabe oma toodete kõigi koostisosade ohtlikkuse kohta. Vähemalt esimese tarne puhul peab tarnija ohutuskaardi esitama ilma kliendi poolt esitatud nõudeta. Ohutuskaardid on tavaliselt allalaaditava tootjate veebilehtedel.
Ohtude hindamine § 6	Tööandjal on kohustus kontrollida, kas töötaja tervis on ohus ja kas tema turvalisus on tagatud. Ta peab kontrollima, kas ohtlikku ainet saab asendada vähem ohtliku ainega. Tööandja peab määrama ka töökeskkonna piirnormid (lühidalt: OEL = <i>Occupatioanl exposure limits</i>). Neid nimetati varem MAC-väärtusteks (MAC = maksimaalne töökoha kontsentratsioon).
Ohutusmeetmed § 8–§ 11	Kui ohtlike ainete ja valmististe käitlemist ei saa vältida, peab tööandja tagama kaitsemeetmed järgnevas prioriteetsuse järjekorras : • Ohtlike ainete eraldumise vältimine (nt hermetiseerimine); • Ohtlike ainete kõrvaldamine tekkekohas (nt väljatõmme / väljapuhumine); • Asjakohaste kaitsemeetmete rakendamine (nt ruumi hea ventilatsioon); • Isikukaitsevahendite ettenägemine.
Kohustus pakkuda koolitust § 14	Tööandja peab töötajaid töökohal esinevatest ohtudest teavitama, koostama kasutusjuhendid ja selgitama kaitsemeetmeid. Nende täiendamiseks võib anda ka kasutusjuhendil põhinevaid suulisi juhiseid. Kasutusjuhend on alati seotud konkreetse töökohaga ja seda tuleb järjepidevalt ajakohastada.



Ohtlike ainete ja segude ühtlustatud süsteem (GHS) CLP¹⁾ määrus (EÜ) nr 1272/2008

Määrused ja eesmärgid	Süsteemi omadused
<p>2009 jõustus Saksamaal rahvusvaheliselt standarditud ohtlike ainete märgistamise süsteem. Pesuvahendid, hooldusvahendid, pestitsiidid ja kemikaalid, mis kujutavad endast tervisele ohtu, on rahvusvaheliselt tähistatud hoiatussümboliga (punane musta sümboliga romb).</p> <p>EÜ määrus nr 1272/2008 on siduv alates 01.01.2010 ainetest ja alates 06.01.2015 keemiliste segude kohta. Vanade ohumärgistuste suhtes kohaldatai kaheaastast üleminekuperioodi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Üheksa ohupiktogrammi, igaühel kood (nt GHS01, all olev tabel); • Sümbol on ohu piltkujutis ja kirjeldus; • Tunnussõna Ettevaatust hoiatab tõsiste ohtude eest; • Tunnussõna Hoiatus näitab väiksemaid riske; • Ohulaused (lk 408), nn H-koodid²⁾, annavad ohu kohta täpsemat teavet (nt. "Põhjustab tõsist silmade ärritust"); • Hoiatuslaused (lk 409, 410), nn P-koodid³⁾ annavad teavet selle kohta, millised riskid eksisteerivad ja kuidas need toimivad (nt. õige reageerimine mürgistusele).

Ohupiktogrammid koodi, sümboli, tunnussõna ja selgitusega

<p>GHS01 Plahvatav pomm</p>  <p>Ettevaatust plahvatusohtlik</p>	<p>GHS02 Leek</p>  <p>Ettevaatust tuleohtlik / eriti tuleohtlik</p>	<p>GHS03 Leek ringi kohal</p>  <p>Ettevaatust oksideeriv</p>
<p>GHS04 Gaasiballoon</p>  <p>Hoiatus rõhu all olev gaas</p>	<p>GHS05 Söövitav</p>  <p>Ettevaatust söövitav (kahjustab metalle ja nahka)</p>	<p>GHS06 Pealuu ja ristatud sääreluud</p>  <p>Ettevaatust äge mürgisus (võib isegi lõppeda surmaga)</p>
<p>GHS07 Hüüumärk</p>  <p>Hoiatus tervisele ohtlik (ärritus, allergia)</p>	<p>GHS08 Terviseoht</p>  <p>Ettevaatust tervisele kahjulik (võib olla kantserogeenne)</p>	<p>GHS09 Keskkond</p>  <p>Hoiatus keskkonnoaht</p>

¹⁾ CLP = keemiatoodete klassifitseerimine, märgistus ja pakendamine (Classification, Labelling and Packaging).

²⁾ Ohulause (Hazard Statement). ³⁾ Hoiatuslause (Precautionary Statement).

Ohulaised – H-koodid

CLP määrus (EÜ) nr 1272/2008

H-kood	Tähendus	H-kood	Tähendus
Füüsikaliste ohutegurite ohulaised		H311	Nahale sattumisel mürgine
H200	Ebapüsiv lõhkeaine	H312	Nahale sattumisel kahjulik
H202	Plahvatusohtlik; osade ja tükkide suur laialipaiskumisoht	H314	Põhjustab rasket nahasöövitust ja silmakahjustusi
H203	Plahvatusohtlik; süttimis-, plahvatus- või laialipaiskumisoht	H315	Põhjustab nahaärritust
H204	Süttimis- või osade ja tükkide laialipaiskumisoht	H317	Võib põhjustada allergilist nahareaktsiooni
H205	Süttimise korral massiplahvatusoht	H318	Põhjustab raskeid silmakahjustusi
H220	Eriti tuleohtlik gaas	H319	Põhjustab tugevat silmade ärritust
H221	Tuleohtlik gaas	H330	Sissehingamisel surmav
H222	Eriti tuleohtlik aerosool ¹⁾	H331	Sissehingamisel mürgine
H223	Tuleohtlik aerosool.	H332	Sissehingamisel kahjulik
H224	Eriti tuleohtlik vedelik ja aur	H334	Sissehingamisel võib põhjustada allergia- või astmasümptomeid või hingamisraskusi
H225	Väga tuleohtlik vedelik ja aur	H335	Võib põhjustada hingamisteede ärritust
H226	Tuleohtlik vedelik ja aur	H336	Võib põhjustada unisust või peapööritust.
H228	Tuleohtlik tahkis	H340	Võib põhjustada geneetilisi defekte ²⁾
H240	Kuumenemisel võib plahvatada	H341	Arvatavasti põhjustab geneetilisi defekte ²⁾
H241	Kuumenemisel võib süttida või plahvatada	H350	Võib põhjustada vähktõbe ²⁾
H242	Kuumenemisel võib süttida	H351	Arvatavasti põhjustab vähktõbe ²⁾
H250	Kokku puutel õhuga süttib iseenesest	H360	Võib kahjustada viljakust või loodet ²⁾
H251	Isekuumenev, võib süttida	H361	Arvatavasti kahjustab viljakust või loodet ²⁾
H252	Suurtes kogustes isekuumenev, võib süttida	H362	Võib kahjustada rinnaga toidetavat last
H260	Kokku puutel veega eraldab tuleohtlikke gaase, mis võivad isesüttida	H370	Kahjustab elundeid ^{2) 3)}
H261	Kokku puutel veega eraldab tuleohtlikke gaase	H371	Võib kahjustada elundeid ^{2) 3)}
H270	Võib põhjustada süttimise või soodustada põlemist; oksüdeerija	H372	Kahjustab elundeid pikaajalisel või korduval kokku puutel ^{2) 3)}
H271	Võib põhjustada süttimise või plahvatus; tugev oksüdeerija	H373	Võib kahjustada elundeid pikaajalisel või korduval kokku puutel ^{2) 3)}
H272	Võib soodustada põlemist; oksüdeerija	Ohulaised keskkonnoahtude kohta	
H280	Sisaldab rõhu alla olevat gaasi, kuumenemisel võib plahvatada	H400	Väga mürgine veeorganismidele
H281	Sisaldab külmutatud gaasi; võib põhjustada külmapõletusi või -kahjustusi	H410	Väga mürgine veeorganismidele, pikaajaline toime
H290	Võib söövitada metalle	H411	Mürgine veeorganismidele, pikaajaline toime
Ohulaised terviseohtude kohta		H412	Ohtlik veeorganismidele, pikaajaline toime
H300	Allaneelamisel surmav	H413	Võib avaldada veeorganismidele pikaajalist kahjulikku toimet
H301	Allaneelamisel mürgine		
H302	Allaneelamisel kahjulik		
H304	Allaneelamisel või hingamisteedesse sattumisel võib olla surmav		
H310	Nahale sattumisel surmav		

¹⁾ Tahkise või vedeliku osakeste ja gaasi segu.

²⁾ Märkida kokku puuteviisi, kui on veenvalt tõestatud, et muud kokku puuteviisid ei ole ohtlikud.
Kokku puude = Organismi kontakt väliste, tavaliselt kahjulike, mõjudega (nt bakterid).

³⁾ Või märkida kõik mõjutatud elundid, kui need on teada.



Hoiatuslaused – P-koodid

CLP määrus (EÜ) nr 1272/2008

P-kood	Tähendus	P-kood	Tähendus
Üldised hoiatuslaused		P282	Kanda külmakaitsekindaid/kaitsemaski/kaitseprille
P101	Arsti poole pöördudes võtta kaasa toote pakend või etikett	P283	Kanda tule-/leegikindlat/tule levikut aeglustavat rõivastust
P102	Hoida lastele kättesaamatus kohas	P284	Kanda hingamisteede kaitsevahendeid
P103	Enne kasutamist tutvuda etiketil oleva infoga	P285	Ebapiisava ventilatsiooni korral kanda hingamisteede kaitsevahendeid
Ohtu ennetavad hoiatuslaused		P231 + P232	Käidelda inertgaasis. Hoida niiskuse eest
P201	Enne kasutamist tutvuda erijuhistega	P235 + P410	Hoida jahedas. Hoida päikesevalguse eest
P202	Mitte käidelda enne ohutuseeskirjadega tutvumist ja nendest arusaamist	Hoiatuslaused reageerimise kohta	
P210	Hoida eemal soojusallikast/sädemetest/leegist/kuumadest pindadest – mitte suitsetada	P301	ALLANEELAMISE KORRAL:
P211	Mitte pihustada leeki või muusse süüteallikasse	P302	NAHALE SATTUMISE KORRAL:
P220	Hoida eemal rõivastest ja muust süttivast materjalist	P303	NAHALE (või juustele) SATTUMISE KORRAL:
P221	Rakendada ettevaatusabinõusid, et vältida segunemist põlevainetega	P304	SISSEHINGAMISE KORRAL:
P222	Hoida õhuga kokkupuute eest	P305	SILMA SATTUMISE KORRAL:
P223	Hoida igasuguse kokkupuute eest veega; vastasel juhul reageerib ägedalt ja võib põhjustada hetkpõlemise	P306	RÕIVASTELE SATTUMISE KORRAL:
P230	Niisutada ...ga	P307	Kokkupuute korral:
P231	Käidelda inertgaasis	P308	Kokkupuute või kokkupuutekahtluse korral:
P232	Hoida niiskuse eest	P309	Kokkupuute või halva enesetunde korral:
P233	Hoida mahuti tihedalt suletuna	P310	Võtta viivitamata ühendust MÜRGIKUSKESKUSE või arstiga
P234	Hoida üksnes originaalpakendis	P311	Võtta ühendust MÜRGIKUSKESKUSE või arstiga
P235	Hoida jahedas	P312	Halva enesetunde korral võtta ühendust mürgistuskeskuse või arstiga
P240	Mahuti ja vastuvõtuseade maandada/ühendada	P313	Pöörduda arsti poole
P241	Kasutada plahvatuskindlaid elektri-/ventilatsiooni-/valgustus-/... seadmeid	P314	Halva enesetunde korral pöörduda arsti poole
P242	Mitte kasutada seadmeid, mis võivad tekitada sädemeid	P315	Pöörduda viivitamata arsti poole
P243	Rakendada ettevaatusabinõusid staatilise elektri vastu	P320	Nõuab kiiret eriravi (vt... etiketil)
P244	Hoida reduktsiooniklapid rasvast ja õlist puhtad	P321	Nõuab eriravi (vt...etiketil)
P250	Hoida kriimustamise/põrutuse/.../hõõrdumise eest	P322	Nõuab erimeetmeid (vt...etiketil)
P251	Mahuti on rõhu all: mitte purustada ega põletada isegi pärast kasutamist	P330	Loputada suud
P260	Tolmu/suitsu/gaasi/udu/auru/pihustatud ainet mitte sisse hingata	P331	MITTE kutsuda esile oksendamist
P261	Vältida tolmu/suitsu/gaasi/udu/auru/pihustatud aine sissehingamist	P332	Nahaärrituse korral:
P262	Vältida aine sattumist silma, nahale või riietele	P333	Nahaärrituse või lööbe korral:
P263	Vältida kokkupuudet raseduse/imetamise ajal	P334	Hoida jahedas vees/panna peale niiske kompress
P264	Pärast käitlemist pesta hoolega...	P335	Pühkida lahtised osakesed nahalt maha
P270	Toote käitlemise ajal mitte süüa, juua ega suitsetada	P336	Sulatada külmunud osad leiges vees. Kannatada saanud piirkonda mitte hõõruda
P271	Käidelda üksnes välitingimustes või hästi ventileeritavas kohas	P337	Kui silmade ärritus ei möödu:
P272	Saastunud tööriivaid ei tohiks töökohast välja viia	P338	Eemaldada kontaktläätsed, kui neid kasutatakse ja kui neid on kerge eemaldada. Loputada veel kord
P273	Vältida sattumist keskkonda	P340	Toimetada kannatanu värske õhu kätte ja asetada mugavasse puhkeasendisse, mis võimaldab kergesti hingata
P280	Kanda kaitsekindaid/kaitserõivastust/kaitseprille/kaitsemaski	P341	Hingamisraskuste korral toimetada kannatanu värske õhu kätte ja asetada mugavasse puhkeasendisse, mis võimaldab kergesti hingata
P281	Kasutada vajalikke isikukaitsevahendeid	P342	Hingamisteede probleemide ilmnemise korral:
		P350	Pesta õrnalt rohke vee ja seebiga

Hoiatuslaused – P-koodid

CLP määrus (EÜ) nr 1272/2008

P-kood	Tähendus	P-kood	Tähendus
P351	Loputada mitme minuti jooksul ettevaatlikult veega	P305 + P351 + P338	SILMA SATTUMISE KORRAL: loputada mitme minuti jooksul ettevaatlikult veega. Eemaldada kontaktläätsed, kui neid kasutatakse ja kui neid on kerge eemaldada. Loputada veel kord
P352	Pesta rohke vee ja seebiga	P306 + P360	RÕIVASTELE SATTUMISE KORRAL: saastunud rõivad ja nahk loputada viivitamata rohke veega ning alles seejärel rõivad eemaldada
P353	Loputada nahka veega/duši all	P307 + P311	Kokkupuute korral: võtta ühendust MÜRGI-TUSKESKUSE või arstiga
P360	Saastunud rõivad ja nahk loputada viivitamata rohke veega ning alles seejärel rõivad eemaldada	P308 + P313	Kokkupuute või kokkupuutekahtluse korral: pöörduda arsti poole
P361	Võtta saastunud rõivad viivitamata seljast	P309 + P311	Kokkupuute või halva enesetunde korral: võtta ühendust MÜRGI-TUSKESKUSE või arstiga
P362	Võtta saastunud rõivad seljast ja pesta neid enne järgmist kasutamist	P332 + P313	Nahaärrituse korral: pöörduda arsti poole
P363	Pesta saastunud rõivaid enne järgmist kasutamist	P333 + P313	Nahaärrituse või lööbe korral: pöörduda arsti poole
P370	Tulekahju korral:	P335 + P334	Pühkida lahtised osakesed nahalt maha. Hoida jahedas vees/panna peale niiske kompress
P371	Suure tulekahju ning suurte koguste korral:	P337 + P313	Kui silmade ärritus ei möödu: pöörduda arsti poole
P372	Plahvatusoht tulekahju korral	P342 + P311	Hingamisteede probleemide ilmnemise korral: võtta ühendust MÜRGI-TUSKESKUSE või arstiga
P373	Kui tuli jõuab lõhkeaineni, MITTE teha kustutustöid	P370 + P376	Tulekahju korral: leke peatada, kui seda on võimalik teha ohutult
P374	Kustutustöid teha tavaettevaatusabinõudega ja mõistlikust kaugusest	P370 + P378	Tulekahju korral: kustutamiseks kasutada...
P375	Plahvatusohu tõttu teha kustutustöid eemalt	P370 + P380	Tulekahju korral: ala evakueerida
P376	Leke peatada, kui seda on võimalik teha ohutult	P370 + P380 + P375	Tulekahju korral: ala evakueerida. Plahvatusohu tõttu teha kustutustöid eemalt
P377	Lekkiva gaasi põlemise korral mitte kustutada, välja arvatud juhul, kui leket on võimalik ohutult peatada	P371 + P380 + P375	Suure tulekahju korral ning kui on tegemist suurte kogustega: ala evakueerida. Plahvatusohu tõttu teha kustutustöid eemalt
P378	Kustutamiseks kasutada...		
P380	Evakueerida ala		
P381	Eemaldada kõik süüteallikad, kui seda on võimalik teha ohutult		
P390	Mahavoolanud aine absorbeerida, et ei tekiks kahjusid		
P391	Mahavoolanud aine kokku koguda		
Kombineeritud hoiatuslaused reageerimise kohta		Hoiatuslaused säilitamise kohta	
P301 + P310	ALLANEELAMISE KORRAL: võtta viivitamata ühendust MÜRGI-TUSKESKUSE või arstiga	P401	Hoida...
P301 + P312	ALLANEELAMISE KORRAL: halva enesetunde korral võtta ühendust MÜRGI-TUSKESKUSE või arstiga	P402	Hoida kuivas
P301 + P330 + P331	ALLANEELAMISE KORRAL: loputada suud. MITTE kutsuda esile oksendamist	P403	Hoida hästi ventileeritavas kohas
P302 + P334	NAHALE SATTUMISE KORRAL: hoida jahedas vees/panna peale niiske kompress	P404	Hoida suletud mahutis
P302 + P350	NAHALE SATTUMISE KORRAL: pesta õrnalt rohke vee ja seebiga	P405	Hoida luku taga
P302 + P352	NAHALE SATTUMISE KORRAL: pesta rohke vee ja seebiga	P406	Hoida sööbekindlas/.../sööbekindla sisevooderdisega mahutis
P303 + P361 + P353	NAHALE (või juustele) SATTUMISE KORRAL: võtta saastunud rõivad viivitamata seljast. Loputada nahka veega/duši all	P407	Jätta virnade/kaubaaluste vahele õhuvähe
P304 + P340	SISSEHINGAMISE KORRAL: toimetada kannatanu värske õhu kätte ja asetada mugavasse puhkeasendisse, mis võimaldab kergesti hingata	P410	Hoida päikesevalguse eest
P304 + P341	SISSEHINGAMISE KORRAL: hingamisraskuste korral toimetada kannatanu värske õhu kätte ja asetada mugavasse puhkeasendisse, mis võimaldab kergesti hingata	P411	Hoida temperatuuril mitte üle ...°C/...°F
		P412	Mitte hoida temperatuuril üle 50 °C/122 °F
		P413	Kogust, mis ületab ...kg/...naela, hoida temperatuuril mitte üle ... °C/...°F
		P420	Hoida eemal teistest materjalidest
		P422	Hoida sisu...



Ohtlikud ained

Ohtlike ainete märgistus ja käitlus		CLP määrus (EÜ) nr 1272/2008		
Nimetus Tunnusõna	Piktogramm Kood (lk 407)	Ohulauseid H-koodid (lk 408)	Hoiatuslaused P-koodid (lk 409, 410)	Märkused
Atsetüleen Ettevaatust	 GHS02 GHS04	H220; H280	P210; P377; P403	värvitu, lõhnatu, reaktiivne, tuleohtlik gaas, plahvatusohtlik õhuga ja õhuta
Bensiin Ettevaatust	 GHS02 GHS07 GHS08 GHS09	H225; H304; H336; H411	P201; P210; P260; P262; P281; P301 + P310; P303 + P361 + P353; P405; P501	nahale sattumisel pesta rohke vee ja seebiga, siis eemaldada riided
Vingugaas Ettevaatust	 GHS02 GHS04 GHS06 GHS08	H331; H220; H360; H372; H280	P260; P210; P202; P304 + P340 + P315; P308 + P313; P377; P381; P403; P405	värvitu, väga mürgine, tuleohtlik, lõhnatu gaas, tugev veremürk
Vesinikklooriidhape 25%, 31%, 36% Ettevaatust	 GHS05 GHS07	H314; H355; H290	P102; P280; P301 + P330 + P331; P305 + P351 + P338; P406	kokkupuude nahaga või allaneelamine põhjustab tõsiseid happepõletusi
Hapnik kokkusuritud Ettevaatust	 GHS03 GHS04	H270; H280	P244; P220; P370 + 376; P403	värvitu, lõhnatu gaas; suudab toatemperatuuril rasvu ja õlisid süüdata
Väävelhape 96% Ettevaatust	 GHS05	H290; H314	P102; P280; P305 + P351 + P338; P406; P501	pärast nahale sattumist pesta rohke vee ja seebiga; riided seljast võtta
Trikloroetüleen (Tri) Ettevaatust, Hoiatus	 GHS07 GHS08	Ettevaatust: H341; H350; Hoiatus: H315; H319; H336; H412	P281; P273; P302 + P352 P305 + P351 + P338; P308 + P313; P405	nahale sattumisel loputada veega; sümptomite ilmnemisel pöörduge arsti poole
Vesinik kokkusuritud Ettevaatust	 GHS02 GHS04	H220; H280	P210; P377; P381; P403	värvitu ja lõhnatu tuleohtlik gaas; plahvatab õhu või hapnikuga (paukgaas)
Argoon Hoiatus	 GHS04	H280	P403	suurtes kontsentratsioonides põhjustab lämbumist
Butaan Ettevaatust	 GHS02 GHS04	H220; H280	P201; P210; P281; P308 + P313; P403 + P410	aurud on raskemad kui õhk ja suruvad selle eemale. Hapnikuvaegus võib põhjustada teadvustust ja surma
Propaan Ettevaatust	 GHS02 GHS04	H220; H280	P201; P210; P281; P308 + P313; P377; P381; P403 + P410	
Lämmastik Hoiatus	 GHS04	H280	P403	õhust veidi kergem; suurtes kontsentratsioonides põhjustab lämbumist

Ainete kõrvaldamine*

Jäätmealased õigusaktid

Suletud aineringe ja jäätmekäitluse seadus (Saksamaa) [KrWG] (2012-04)

Seaduse eesmärk:

- Loodusvarade (tooraineallikad) kaitse;
- Inimeste ja keskkonna kaitse.

Jäätmetekke vältimise ja jäätmekäitluse meetmete prioriteetsuse järjekord on järgmine:

1. Jäätmetekke vältimine, nt. vahese jäätmetekkega toodete konstrueerimine;
2. Töötlemine taaskasutuseks (nt ettevalmistav töötus);
3. Ringlussevõtt on energiatootmise (nt põletamise) ees eelistatud;
4. Muu kasutus, nt põletamine, kasutamine soojustusena ja tagasitäiteks (nt karjääride, kruusaaukude täitmine jne);
5. Ladustus (nt ladustamine prügilates).

Näiteid metalli- ja masinatööstuses erilist seiret vajavate jäätmete kohta (ohtlikud jäätmed)¹⁾

Jäätme kood	Jäätmeliigi nimetus	Meetod, kirjeldus Moodustumine	Erijuhised Meetmed
150199D1	Ohtlike aineid sisaldavad või nendega saastunud pakendid	Tünnid, kanistrid, ämbrid ja purgid, mis sisaldavad värvide, lakkide, lahustite, puhastusvahendite, roostetõrjevahendite, rooste- ja silikoonieemaldajate jms jääke. Sisu jääkidega pihustuspurgid	Tühjendatud, tilkumiskindlad, pintsli- või spaatlipuhastusanumad ei ole spetsiaalset järelevalvet vajavad jäätmed. Neid peetakse jaemuügipakenditeks. Kõrvaldamine taaskasutuseks või metalljäätmetena läbi jäätmekäitlusettevõtte. Purgid kuivanud värviga sarnanevad olmeprügiga. Pihustuspurke tuleks võimaluse korral vältida, need tuleb utiliseerida ohtlike jäätmetena.
160602	Ni-Cd-akud	Laetavad akud, nt. tööriista-akud (akutrellid, akukruvi-keerajad jt)	Kõik saasteained sisaldavad patareid on mürgistatud. Müüja peab need tasuta tagasi võtma. Tarbijad peavad need tagastama müüjale või avalikku ringlussevõtukeskusse.
160603	Elavhõbedat sisaldavad patareid	Nööpelemendid, elavhõbedat sisaldavad patareid	
160604	Leelispatareid	Mittelaetavad patareid	
060404	Elavhõbedat sisaldavad jäätmed	Luminofoorlambid (nn "neoonvalgustid")	Saab taaskasutada. Tagastada müüjale või anda jäätmekäitlusele. Mitte panna klaasi taaskasutusmahutisse!
120106	Halogeene sisaldavad mineraalõlipõhised masinaõlijäätmed	Veevabad puurimis-, treimis-, lihvimis- ja lõikamisõlid, nn jahutusmäärdeained	Vältida jahutusmäärdeainete kasutamist nii palju kui võimalik, kasutades nt: • kuivtöötlust, • minimaalset määrimist.
120107	Halogeenivabad mineraalõlipõhised masinaõli-jäätmed	Vananenud, veevaba hoonimisõli	Erinevate jahutusmäärdeainete, emulsioonide, lahustite eraldi kogumine. Uurida tarnijalt ümbertöötlemise või põletamise (energia ringlussevõtt) võimalusi.
120110	Süntheetilised metallitöötlusõlid	Süntheetiliste õlide baasil jahutusmäärdeained	
130202	Mineraalõlipõhised kloorimata mootori-, käigukasti- ja määrdeõlid	Kasutatud õlid ja transmisiiooniõlid, hüdraulikaõlid, kompressoriõlid suruõhu kolb-kompressoritest	Ringlussevõtt tarnija kaudu. Tuntud päritoluga kasutatud õlisid saab ringlusse võtta taasrafineerimise või põletamise teel. Mitte segada teiste ainetega!
150299D1	Ohtlike ainetega saastunud, puhastuskaltsud, filtermaterjalid ja kaitseriietus	Nt kasutatud kaltsud, puhastuslapid; saastunud harjad, absorbendimaterjalid, õli- ja määrdepurgid	Võimalusel kasutada riietuse puhastusteenust
130505	Muud emulsioonid	Kopressorite kondensatsioonivesi	Kasutada emulgeerivate omadustega kompressoriõlisid; võimalusel õlivabade kompressoriite kasutamine.
140102	Muud halogeenitud lahustid ja lahustisegud	Per (tetrakloroeteen), Tri (trikloroetüleen), lahustite segud	Ringlussevõtt tarnijate poolt ja võimaluse korral asendus vesilahustega.

¹⁾ Määrus erikontrolli vajavate jäätmete kohta (Saksamaa) – *BestbÜAbfV* (1999-01), **Lisa 1:** Eriti ohtlikuks peetakse Euroopa jäätmekatoloogis loetletud jäätmeid (EWC jäätmed). **Lisa 2:** EWC jäätmed, mis vajavad erijärelevalvet, ja jäätmeliigid, mis ei ole EWC loendis (täht "D" jäätmekoodis).

* Vastavalt Euroopa standarditele.



Turvamärgistus*































Turvavärvid, ülevaade		DIN EN ISO 7010 (2014-05) ja ASR ¹⁾ A1.3 (2013-02)			
Kategooria	E	F	M	P	W
Värvus	Roheline	Punane	Sinine	Punane	Kollane
Turvasõnum	Päästemärk	Tulekaitse märk	Kohustumärk	Keelumärk	Hoiatusmärk
Registri number ja kujutis	E001 	F001 	M001 	P001 	W001 
Tähendus	Varuväljapääs vasakul	Tulekustuti	Üldine kohustumärk	Üldine keelumärk	Üldine hoiatusmärk
Keelumärgid		DIN EN ISO 7010 (2012-10) ja ASR ¹⁾ A1.3 (2013-02)			
P001 	P002 	P003 	P004 	P005 	P006 
Üldine keelumärk, kasutada ainult koos lisamärkidega	Suitsetamine keelatud	Lahtine leek keelatud; tuli, lahtine süütleilakas ja suitsetamine keelatud	Jalakäijatele läbikäik keelatud	Joogikõlbmatu vesi	Kahveltöstukite ja teiste tööstussõidukitega juurdepääs keelatud
D-P006 	P007 	P010 	P011 	P012 	P013 
Kõrvalistele isikutele juurdepääs keelatud	Südame-implantaatidega ²⁾ inimestele keelatud	Puudutamine keelatud	Veega kustutamine keelatud	Raskkoormused keelatud	Sisselülitatud mobiiltelefonid keelatud
P015 	P017 	P018 	P019 	P020 	P022 
Käe sissepanek keelatud	Lükkamine keelatud	Istumine keelatud	Pealeastumine keelatud	Tulekahju korral lifti kasutamine keelatud	Söömine ja joomine keelatud
P023 	P024 	P027 	P031 	P033 	P034 
Takistuste tekitamine keelatud	Kõndimine ja seismine keelatud	Inimeste transport liftidega keelatud	Lüliti oleku muutmine keelatud	Märglihvimiseks keelatud	Käsitsilhvimiseks keelatud

¹⁾ Töökohtade tehnilised eeskirjad.

²⁾ Seade südame rütmihäirete ennetamiseks.

* Vastavalt Euroopa standarditele.

Hoiatusmärgid*

Hoiatusmärgid		DIN EN ISO 7010 (2014-05) ja ASR ¹⁾ A1.3 (2013-02)			
W001  Üldine hoiatusmärk, kasutada ainult koos lisamärkidega	W002  Hoiatus: plahvatusohtlik aine	W003  Hoiatus: radioaktiivsed ained või ioniseeriv kiirgus	W004  Hoiatus: laserkiir	W005  Hoiatus: mitteioniseeriv kiirgus	W006  Hoiatus: magnetväli
W007  Hoiatus: takistused põrandal	W008  Hoiatus: kukkumisoht	W009  Hoiatus: bioloogiline oht	W010  Hoiatus: madal temperatuur (külumumine)	W011  Hoiatus: libe pind	W012  Hoiatus: elekter
W013  Hoiatus: valvekoer	W014  Hoiatus: kahveltöstukite ja teiste tööstussõidukite liiklus	W015  Hoiatus: peakohal rippuv koormus	W016  Hoiatus: mürgine aine	W017  Hoiatus: kuum pind	W018  Hoiatus: automaatkäivitus
W019  Hoiatus: muljumisoht	W020  Hoiatus: takistus peakohal	W021  Hoiatus: tuleohtlik aine	W022  Hoiatus: terav element	W023  Hoiatus: söövitav aine	W024  Hoiatus: käte muljumise oht
W025  Hoiatus: vastasuunalised rullikud	W026  Hoiatus: akude laadimine	W027  Hoiatus: valguskiirgus	W028  Hoiatus: oksüdeeriv aine	W029  Hoiatus: survestatud balloon	D-W021  Hoiatus: plahvatusohtlik keskkond ²⁾

¹⁾ Töökohtade tehnilised eeskirjad.

²⁾ Standardist DIN 4844-2 (2012-12).

* Vastavalt Euroopa standarditele.



Kohustusmärgid, päästemärgid*

Kohustusmärgid			DIN EN ISO 7010 (2014-05) ja ASR ¹⁾ A.1.3 (2013-02)		
M001  Üldine kohustusmärk	M002  Vaata juhiseid	M003  Kanna kuulmiskaitset	M004  Kanna silmakaitset	M005  Ühenda maandusklemm maandusega	M006  Lahuta toitepistik elektrivõrgust
M007  Kanna läbipaistmatuid silmakaitset	M008  Kanna turvajalaseid	M009  Kanna kaitsekindaid	M010  Kanna kaitseriietust	M011  Pese käsi	M012  Kasuta käsipuud
M013  Kanna näokaitset	M014  Kanna peakaitset	M016  Kanna maski	M017  Kanna hingamisteede kaitset	M018  Kanna turvarakmeid	M019  Kanna keevitusmaski
M020  Kasuta turvavööd	M021  Enne hooldust või remonti ühenda lahti	M022  Kasuta kaitsekreemi	M023  Kasuta ülekaigusilda	M024  Kasuta seda kõnniteed	M026  Kanna kaitsepõlle
Päästemärgid			DIN EN ISO 7010 (2014-05) ja ASR ¹⁾ A.1.3 (2013-02)		
E001  Varuväljapääs (vasakul)	E002  Varuväljapääs (paremal)	E003  Esmaabi	E004  Hädaabitelefon	E007  Evakuatsiooni kogunemispunkt	E008  Juurdepääsu saamiseks purustada
E009  Arst	E010  Automaatne väline südame defibrillaator ²⁾ (AED)	E011  Silmapesu koht	E012  Ohutusdušš	E013  Kanderaam	E018  Avamiseks pöörata vastupäeva

¹⁾ Töökohtade tehnilised eeskirjad.

²⁾ Seade seiskunud südamega inimese elustamiseks.

* Vastavalt Euroopa standarditele.

Turvamärgid*

Tulekaitsemärgid

DIN EN ISO 7010 (2014-05) ja ASR¹⁾ A1.3 (2013-02)

F001



Tulekustuti

F002

Tuletõrjevooliku
rull

F003



Tuletõrjeredel

F004

Tuletõrjevahendite
asukoht

F005

Tulekahjuhäire
väljakutsepunkt

F006

Tuletõrje
hädaabitelefon

Kombineeritud märgid



Töötsoon!

Asukoht: Kuupäev:

Märgise tohib eemaldada
vaid:

Lüliti asendi muutmine keelatud

Kõrgepinge
Surmaoht

Hoiatus kõrgepinge eest

Evakuatsiooniteede või avariiväljapääsude kombineeritud märgid nooltega näidatud vastava suunaga



Esmaabipunkt

Esmaabipunkt

Katusele minek
keelatudKeelatud!
Katusele ei tohi minna

Tuletõrjetekk

Tuletõrjetekk tulekahju
kustutamiseksLülitage mootor
välja!
Mürgituse oht

Mürgiste gaaside oht

¹⁾ Töökohtade tehnilised eeskirjad. * Vastavalt Euroopa standarditele.



Torustike märgistus

DIN 2403 (2014-06)

Kasutusala ja nõuded

Kasutusala: Torustike ühemõtteline märgistamine vastavalt edastatavale vedelikule on vajalik ohutuse, korrektse remondi ja tõhusa tuletorje huvides. Tunnusmärgiste eesmärk on juhtida tähelepanu ohtudele, vältimaks õnnetusi ja tervisekahjustusi.

Torustike märgistamise nõuded:

- Tunnusmärgistus peab olema selgelt nähtav ja kauakestev;
- Tunnusmärgistada võib värvimise, kirjutatud teksti (nt ribakleebised) või siltide abil;
- Eriti töökriitilised ja ohtlikud kohad tuleks tähistada (nt harutorude algus ja lõpp, seinä läbiviigid, liitmikud);
- Märgistamist tuleb korrata vähemalt toru pikkuse iga 10 m järel;
- Näidatake grupi- ja lisavärvus (vt allolevat tabelit).
- Voolu suund tuleb näidata noolega;
- Edastatava aine märgitakse nimetuse (nt vesi) või keemilise valemiga (nt H₂O) abil,
- Ohtlike ainete korral, kui sellega kaasnevad ka üldised ohud, lisatakse ohupiktogramm (lk 407) või hoiatusmärgid (lk 414).

Värvuse määramine vastavalt edastatavale ainele

Edastatav aine	Grupp	Grupi värvus	RAL	Lisa-värvus	RAL	Teksti värvus	RAL
Vesi	1	roheline	6032	–	–	valge	9003
Aur	2	punane	3001	–	–	valge	9003
Õhk	3	hall	7004	–	–	must	9004
Põlevad gaasid	4	kollane	1003	punane	3001	must	9004
Mittepõlevad gaasid	5	kollane	1003	must	9004	must	9004
Happed	6	oranž	2010	–	–	must	9003
Alused	7	purpurne	4008	–	–	valge	9003
Põlevad vedelikud	8	pruun	8002	punane	3001	valge	9003
Mittepõlevad vedelikud	9	pruun	8002	must	9004	valge	9003
Hapnik	0	sinine	5005	–	–	valge	9003

Eritorustike märgistus

Tulekustutustorustikud peavad kandma "punane/valge/punane" värvimärgist. Valge väli sisaldab kustutusainele vastava värviga turvamärki "Tuletõrjevahendite asukoht" (lk 416).

Joogikõlbliku vee torustikud peavad kandma "roheline/valge/roheline" värvimärgist. **Joogikõlbmatu vee torustikud** peavad kandma "roheline/sinine/roheline" värvimärgist. Tähtähised ja nende värvid on toodud allolevas tabelis.

Kirjeldus	Tähtähis	Värvus	Kirjeldus	Tähtähis	Värvus
Joogikõlblik vesi	PW	roheline	Joogikõlblik vesi, kuum, ringlev	PWH-C	purpurne
Joogikõlblik vesi, külm	PWC	roheline			
Joogikõlblik vesi, kuum	PWH	punane	Joogikõlbmatu vesi	NPW	valge

Tunnusmärgiste näited

Kütteõli 	Tulekustutusaine (vesi) 	Joogikõlblik vesi 	Suruõhk
Hapnik (oksüdeeriv) 		Atsetüleen (väga tuleohtlik) 	

Heli ja müra*

Heli mõisted			
Mõiste	Selgitus	Mõiste	Selgitus
Heli	Heli tekitavad mehaanilised vibratsioonid. See levib gaasilistes, vedelates ja tahketes ainetes.	Müra	Soovimatud, tüütud või valu põhjustavad helilained. Kahjustuse määr sõltub mõju tugevusest ja kestusest.
Helirõhutase	Helirõhutase on helitugevuse või heli intensiivsuse mõõt.	Sagedus	Võngete arv sekundis. Ühik: 1 herts = 1 Hz = 1/s. Sageduse suurenemine vastab helikõrguse suurenemisele. Inimese kõrva sagedusvahemik on 16 Hz kuni 20 000 Hz.
Detsibell	Kümnendlogaritmilised võrdlusväärtused esitatakse detsibellides (dB). Mõõdetud helirõhutaset võrreldakse väikseima helirõhuga, mida inimkõrv veel tajub. 0 dB vastab kuulmislävele. 3 dB suurenemine vastab helivõimsuse (energiakulu ajaühiku) kahekordistumisele.	dB(A)	Inimese kõrv tajub sama helirõhutasega, kuid erineva sagedusega toone erinevalt. Kuuldemulje võrreldavaks tegemiseks kasutatakse filtreid, nt. filter A → dB(A) nõrgendab tugevalt madalaid toone ja tugevdab kõrgeid toone. Inimesed tajuvad 10 dB (A) suuremist helitugevuse (psühholoogiline näitaja) kahekordistumisena.

dB(A)-väärtused

Heli tüüp	dB(A)	Heli tüüp	dB(A)	Heli tüüp	dB(A)
Kuulmisetundlikkuse lävi	4	Tavaline kõne 1 m kaugusel	70	Raske press	95...110
Hingamine 30 cm kaugusel	10	Kodumasinad	75...90	Nurklihvmasin	95...115
Sosistamine	30	Keevitus, treipink	85	Klubimuusika	110...115
Vaikne vestlus	50...60	Lööktrell, mootorratas	90	Reaktiivmootor	120...130

Määrus töötajate kaitsmise kohta müra ja vibratsiooni põhjustatud ohtude eest (Saksamaa)

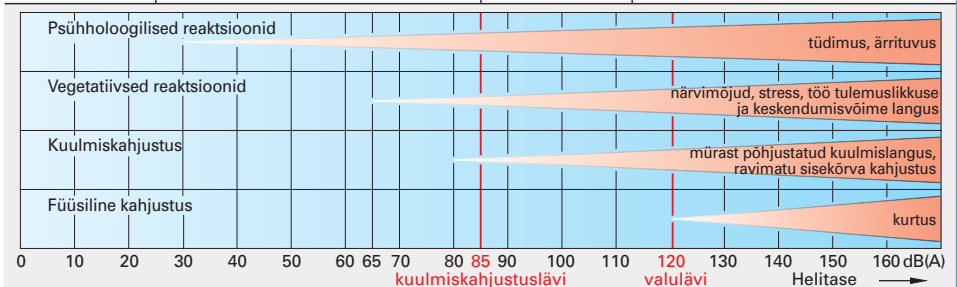
LärmVibrationsArbSchV (2007-03; mod. 2010-07)

Müra mõõtesuurused:

- **Päevane müraga kokkupuute tase:** ekvivalentne müratase (heli energiaekvivalent) tööpäeva jooksul;
- **Müra tipphelirõhutase:** maksimaalne hetkeline helirõhu tase, nt. põhjustatud plahvatusel või paugust.

Meetmed rakendusväärtuse saavutamisel või ületamisel¹⁾

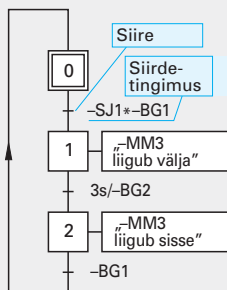
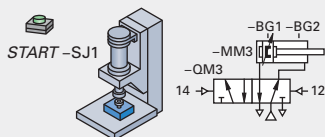
Alumine rakendusväärtus:	Ülemine rakendusväärtus:
päevane müraga kokkupuute tase = 80 dB(A); või müra tipphelirõhutase = 135 dB(C).	päevane müraga kokkupuute tase = 85 dB(A); või müra tipphelirõhutase = 137 dB(C).
Alumine rakendusväärtus on saavutatud	<ul style="list-style-type: none"> • Kohustus pakkuda töötajatele koolitust ja teavet võimalike tervisekahjustuste kohta.
Alumine rakendusväärtus on ületatud	<ul style="list-style-type: none"> • Ülemine rakendusväärtus on saavutatud • Tuleb töötajatele pakkuda kuulmiskaitsevahendeid. • Tuleb läbi viia töötajate tervise ja kuulmise sõeluuringuid.
	<ul style="list-style-type: none"> • Ülemine rakendusväärtus on ületatud • Mürataseme vähendamine. • Tuleb regulaarselt läbi viia terviseuuringuid. • Kuulmiskaitse on kohustuslik. • Tuleb koostada ja läbi viia müra vähendamise programm. • Eesmärk: helirõhutase vähendamine 5 dB (A) võrra.



¹⁾ Piirväärtused, mille ületamisel peab tööandja müra vähendamiseks rakendama vastavaid meetmeid.

* Vastavalt Euroopa standarditele.

7 Automaatika ja infotehnoloogia

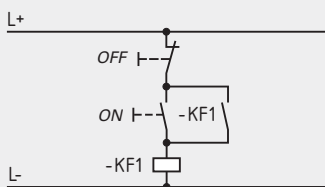


7.1 Pneumaatika, hüdraulika

Tingmärgid	420
Suunaventiilid	421
Proportsionaalventiilid	422
Tööstussüsteemide tähistus	423
Lülitusskeemid	425
Pneumojuhtimine	427
Pneumosilindrid	428
Hüdro-/pneumosüsteemi jõudlus	429
Hüdrovedelikud	430
Hüdro- ja pneumotorud	431

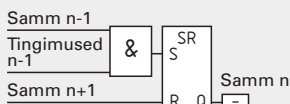
7.2 GRAFCET

Põhiterminoloogia, põhistruktuur	432
Sammud, üleminekud	433
Toimingud	434
Hargnemine	436



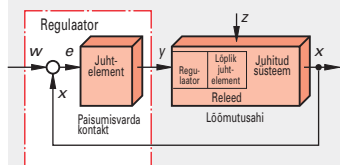
7.3 Elektropneumaatika, elektrohüdraulika

Elektriskeemide tingmärgid	438
Lülitusskeemid	439
Elektrohüdrauliline juhtimine	440
Andurid	441
Elektropneumaatiline juhtimine	442



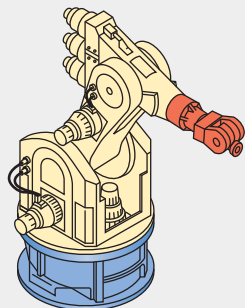
7.4 Programmeeritavad loogikakontrollerid PLC

PLC programmeerimiskeeled	443
Kahendloogika	447
Järjendloogikakontroll PLC-ga	448



7.5 Juhtimissüsteemid

Põhimõisted, tähtkoodid	450
Tingmärgid	451
Analoogregulaatorid	452
Katkestus- ja digitaalregulaatorid	453



7.6 Teisaldus- ja robotsüsteemid

Koordinaatsüsteemid, teljed ja tingmärgid	454
Robotite üldkonstruktsioon	455
Haaratsid	456
Robotsüsteemi ohutus	456

7.7 Mootorid ja ajamid

Elektriohutusmeetmed	457
Elektriseadme kaitseliik ja plahvatuskaitse	458
Elektrimootorid	459

Tingmärgid

Toimeelemendid							
	Hüdrovedeliku vool		Voolusuund		Pöörlemisuund		Vedru
	Suruõhu vool				Reguleeritavus		Voolutakistus
Jõuülekanne							
	Hüdrauliline rõhuallikas		Liinide ühendus		Summutaja		Filter või sõel
	Pneumaatiline rõhuallikas		Ristuvad liinid		Paak		Vee-eraldaja
	Tööliin		Kiirkinnitus		Surveanum		Õhukuivati
	Lekkevoolu juhtliin		Väljalase atmosfääri		Hüdrauliline gaasiakumulaator		Õliti
	Alamkooste ümbritsev kontuur		Väljalase ühendustoruga		Teenindusüksus		
Pumbad, kompressorid, mootorid							
	Ühesuunaline konstantse mahuga hüdropump		Ühesuunaline konstantse mahuga hüdr mootor		Kahesuunaline muutuva mahuga hüdr mootor		Pöördajam, kahesuunaline, konstantse mahuga
	Kahesuunaline muutuva mahuga hüdropump		Ühesuunaline konstantse mahuga pneumo-mootor		Kahesuunaline muutuva mahuga pneumo-mootor		Pöördklapp ühepoolse toimega
	Ühesuunaline (pneumo-) kompressor						Elektrimootor
Ühepoolse toimega silindrid				Kahepoolse toimega silindrid			
	Ühepoolse toimega silinder, õhutus ilma ühendusvõimaluseta, tagasilikumine integreeritud vedruga.		Ühepoolse toimega membraansilinder, ühepoolse amortisaatoriga, õhutus ilma ühendusvõimaluseta.		Kahepoolse toimega silinder ühepoolse kolvi-varrega.		Kahepoolse toimega silinder, ühepoolse kolvi-varrega ja kahepoolse reguleeritava amortisaatoriga, magnetkolb.
Juhtventiilid				Rõhuventiilid		Vooluventiilid	
	Tagasilöögi-klapp		Juhtiv kontrollventiil		Kaitseventiil		Reguleeritav kägiventiil (drossel)
	Tagasilöögi-klapp, vedruga		Ühesuunalise toimega voolu juhtventiil		Järjestikventiil		Kahesuunaline viskoossusest ja rõhuerinevustest sõltumatu vooluventiil
	Süstikventiil (loogiline VÕI funktsioon)		Kaksikrõhuventiil (loogiline JA funktsioon)		Kahesuunaline rõhuventiil		Kolmesuunaline vooluventiil, jaotab sisendvoolu püsivooluks ja jääkvooluks
	Kiirväljalaseventiil				Kolmesuunaline rõhuventiil, kompenseerib ekstreemseid rõhke väljundis		

Tingmärgid. Suunaventiilid

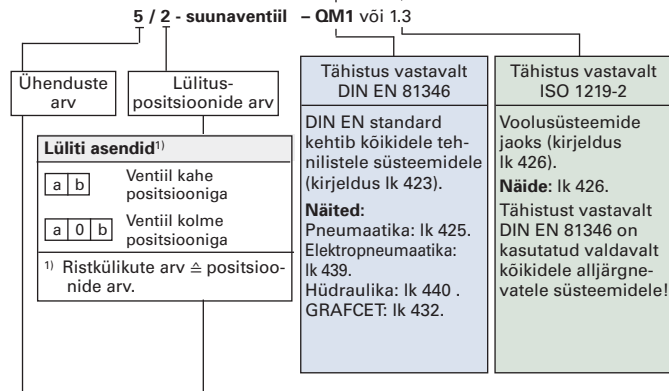
DIN EN 81346 (2010-05), ISO 1219 (2012-09),
DIN ISO 5599 (2005-12), DIN ISO 11727 (2003-10), ISO 9461 (1992-12)

Suunaventiilide tähistus

Näide:

5/2 suunaventiil
tähistatud ühendusteedega
(tähisted vastavalt ISO
1219-1)

Selgitus:



Ühenduste tähisted pneumo- ja hüdroseadmetele		
Ühendus	Pneumo ¹⁾	Hüdro ²⁾³⁾
Sissevooluport	1	P
Tööpordid	2, 4, 6	A, B, C
Ventilatsioon, äravool	3, 5, 7	R, S, T
Lekkeõliport	-	L
Juhtpordid ⁴⁾	12, 14	X, Y, Z

¹⁾ DIN 11727, DIN 5599.

²⁾ ISO 9461.

³⁾ Tähtede järjestus ei vasta tingimata numbrite järjestusele.

⁴⁾ Impulss juhtpordis 12 ühendab nt pordid 1 ja 2.

Suunaventiilide liigid

2/-suunaventiilid	3/-suunaventiilid	4/-suunaventiilid	5/-suunaventiilid
 2/2-DCV, normaalselt suletud 2/2-DCV, normaalselt avatud	 3/2-DCV, normaalselt suletud 3/2-DCV, normaalselt avatud 3/3-DCV, kesk- asendis normaalselt suletud	 4/2 suunaventiil 4/3, kesk- asendis suletud 4/3, ujukiga keskasendis	 5/2 suunaventiil 5/3, keskasendis normaalselt suletud

Vooluteed

	Üks voolutee
	Kaks suletud porti
	Kaks vooluteed
	Kaks vooluteed ja üks suletud port
	Kaks omavahel ühendatud vooluteed
	Üks voolutee moodavoolulülituses ja kaks suletud porti

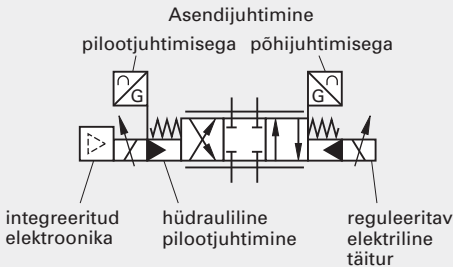
Suunaventiilide käitamine

Lülitus	Mehaanilise juhtimisega	Rõhkjuhtimisega
 a rullikuga käitatud b käitatud Käsijuhtimisega Surunupp Suru- ja tõmbenupp Pöördnupp lukustiga Kang Pedaal Nookur, mõlemas suunas	 Tõukur Magnetiga Vedru Rullikuga tõukur Rullikuga kang, ühesuunaline käitus Mehaanikakomponendid Säik	 Hüdrauliline Pneumaatiline Pneumaatiline kaudne, juhtventiili abil Elektrilise juhtimisega Solenoidiga Samm- mootoriga Kombineeritud juhtimisega Solenoidi ja juhtklapiga

Proportsionaalventiilid

Põhiterminid

Näide: Elektrajamiga, pilootjuhtimisega vedruka kesk-asendisse tagastuv 4/3-ventiil



Proportsionaalventiile juhitakse pidevalt reguleeritava elektromagnetilise täituri abil. Neid kasutatakse peamiselt hüdraulikas. Väljundsignaal, nt rõhk, voolukiirus või voolusuund, on suurus, mis on proportsionaalne sisendsignaaliga (vool). Rõhk, voolukiirus ja voolusuund võimaldavad kiiresti ja täpselt reguleerida hüdrotsilindri kolvijõudu või -kiirust, nt hüdro mootori pöörlemiskiirust või -suunda, või kolvi väljalükkumist ja sisselükkumist. Neid parameetreid saab seadme töötamise ajal programmeeritava loogikakontrolleri (PLC) abil automaatselt reguleerida ja automatiseeritud protsessiga sobitada.

Proportsionaalventiil võib asendada ka ühte või mitut ventiili, nt suunaventiili või vooluventiili.

Tingmärgid (valimik)

DIN ISO 1219-1 (2007-12, tühistatud)

Proportsionaalventiil

	Elektrohüdrauliline pilootjuhitav proportsionaalventiil põhijuhtimis- ja pilootjuhtimisel asendijuhtimisega, integreeritud elektroonika		Elektrohüdrauliline pilootjuhitav juhtklapp asendi juhtimisega põhijuhtimis- ja pilootastmel, integreeritud elektroonika
	Elektrohüdrauliline pilootjuhitav suunaventiiil, mõlemas suunas juhitav piloot toimib pidevalt mõlemas suunas, integreeritud elektroonika		Elektrohüdrauliliselt juhitud suunaklapp prioriteetse asendiga elektrikatkestuse ja elektrilise tagasiside korral, integreeritud elektroonika
	Proportsionaalventiil, otsejuhtimisega täitur		Elektrohüdrauliline lineaarajam, mis sisaldab silindrit ja samm-mootoriga servoventiili, mehaaniline tagasiside silindri asendist

Proportsionaalrõhventiil

	Proportsionaalrõhventiil, otsetäitur, solenoid toimib ventiili koonusele vedru kaudu		Proportsionaalne rõhventiil, otsetäituriga, solenoid toimib ventiili koonusele, integreeritud elektroonika
	Proportsionaalrõhventiil, otsetäitur, solenoidasendi juhtimisega, integreeritud elektroonika		Proportsionaalne rõhventiil, piloodiga juhitud, solenoidi asendi elektrilise detektoriga, õli väljalaske välise juhtimisega

Proportsionaalvooluventiil

	Proportsionaalvooluventiil, otsetäituriga		Proportsionaalvooluventiil, otsekäitur, solenoidasendi juhtimisega, integreeritud elektroonika
	Proportsionaalvooluventiil, pilootjuhitav, põhijuhtimis- ja pilootasemel juhtimisega, integreeritud elektroonika		Vooluventiil, reguleeritava klapi ava viskoossuse kõikumiste kompenseerimiseks, reguleerimine proportsionaalsolenoidi abil

Tööstussüsteemide tähistus

Viitemärgi eesmärk ja paigutus

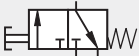
Tähistuse eesmärgid:

- Ühtsus (kehtib kõigis tehnosüsteemides, nt hüdraulikas, pneumatikas, elektroonikaseadmetes jne);
- Süsteemi kogu elutsükli hõlmamine (kavandist ja kasutamises kuni utiliseerimiseni);
- Võimaldab modulaarset protsessi seadistamist (saab integreerida ka olemasolevaid süsteemi osi).

Viitemärk:

- Objekti ainulaadne nimi kogu süsteemis;
- Vähemalt ühte aspekti tähistab algebriline märk;
- Eelis võrreldes standardiga ISO 1219: Komponenti tüüp on eristatav, samuti saab paigaldusasendit ja funktsiooni näidata viitemärgis (näide „Sorteerimiskeskus”, vt allpool).

Näide:

Aspekt (vaade)	Põhiklass	Alamklass	Loenduri number
Märk määratleb põhitähemärgid: – Toode, komponent + Paigaldusasend = Funktsioon	1. kooditäh: S → “manuaalse juhtimise muutmine mõneks teiseks signaaliks”	2. kooditäh: J → “vedeliku / pneumaatilise signaalini”	Järjestikune number identsete komponentide jaoks, nt: –SJ1, –SJ2
	Näites tähis –SJ tähistab käsitsijuhitavat pneumo- või hüdroventiili. Üldine ülevaade, vt lk 424.		–SJ2 

Süsteem, struktuur, objekt ja aspekt

Süsteem: Ühendatud objektide kogu sisend- ja väljundmuutujatega (nt „Sortimiskeskus”).

Struktuur: Süsteemi klassifitseerimine alamsüsteemideks (nt tösteseade) ja nende tähistamine.

Objekt: Määramisel arvesse võetud allsüsteem, nt “Tösteseade”.

	Aspekt: viide objektile vaatamiseks, eristatav märgist		
	Toote aspekt	Asukoha aspekt	Funktsiooni aspekt
Märk	–	+	=
Vaatamisviis	Mis komponent on nimetatud?	Kus nimetatud komponent asub?	Mis on nimetatud komponendi funktsioon?
Näide (“Sortimiskeskus”)	Pneumosilinder	Sissetulevad kaubad, tellimuste vastuvõtmine	Pakendite töstmine
Tähistuse näide	–MM1	+Z1X1	=GM1

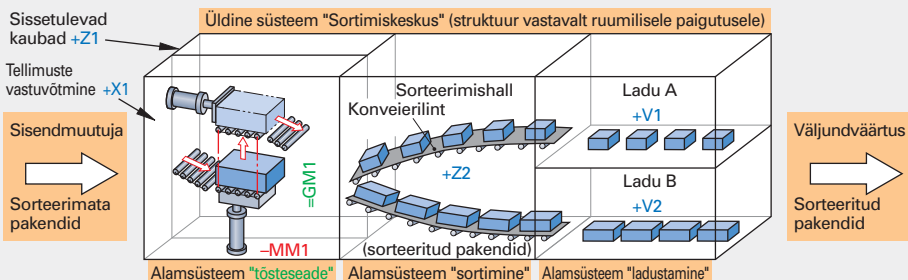
Muud aspektid alles pärast kõigi süsteemiga seotud isikutega konsulteerimist. Sellised täiendavad aspektid on tähistatud märgiga # (räsi). Nt: sõlme aspekt, logistika aspekt (süsteemi ehitamisel).

Näide: “Sortimiskeskus”

Infrastruktuurielemendid: DIN EN 81346-2 (2010-05)

Viitemärgi näide: –MM1 +Z1X1 =GM1.

Selgitus: Pneumosilindri (–MM1) komponent asub sissetuleva kauba tellimuste kogumisel (+Z1X1), selle ülesandeks on pakendite töstmine (= GM1, standardmääratlus: “Tahkiste katkematu voo tekitamine”).



Üldine süsteem “Sortimiskeskus”: tösteseade töstab pakke ülespoole ja pakid läbivad sorteerimise. Väljundmuutuja on suuruse järgi sorteeritud pakendid ladudes A ja B.

Tööstussüsteemide tähistus: liigikoodid

DIN EN 81346-2 (2019-08)

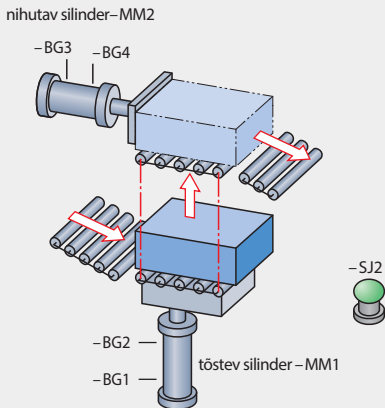
Põhiliik (lühimääratlus)		Alaliik (valim, lühimääratlus)	Komponendid (näide)
B	Objekt teabe hõivamiseks ja taasesitamise pakkumiseks (tajuv objekt)	G: sisend: füüsikaline mõõde P: sisend: rõhk S: sisend: ajaline muutus T: sisend: temperatuur	Asukohaandur, lõpplüli Rõhuandur, manomeeter Liikumisandur, tahhomeeter Temperatuurandur
C	Objekt talletamiseks ja järgnevaks väljavõtmiseks (talletav objekt)	C: elektrokeemiline talletamine M: suletud kohtkindel talletamine Q: mehaanilise energia talletamine	Laetav patareid Karp, paak Vastukaal, hooratas, vedru
E	Objekt emissiooniks (emiteeriv objekt)	A: valgus (indikaatorlamp: põhiliik P!) B: elektriline soojustus Q: soojuslik jahutus	Lamp, lambipirn, laser Elektriboiler, infrapunaahi, saun Külmik, jahutusplaat
F	Objekt kaitsmaks ohtlike mõjude või soovimatute nähtuste eest (kaitsev objekt)	B: kaitse maaühendusvoolu eest C: kaitse liigvoolu eest L: kaitse rõhu eest	Rikkevoolukaitselüli Bi-metalüliit, sular Paisupaak, kaitseklapp
G	Objekt juhitava voolu pakkumiseks (genereeriv objekt)	A: elektrienergia mehaanilisest energiast B: elektrienergia keemilisest energiast F: signaal teabekandjana L: tahkiste (ühikute) pidev ülekanne M: tahkiste (ühikute) tsükliline ülekanne P: vedeliku vool Q: gaasi vool	Generaator, dünamo Elektripatarei, kütuseelement Raadioaasta Lintkonveier, eskalaator Tõsteseade, pöördlaud Ringluspump, vaakumpump Gaasikompressor, ventilaator
H	Objekt aine käsitlemiseks (ainet töötlev objekt)	J: esmavorming L: ühendamine või koostamine Q: segatud ainete mehaaniline eraldamine U: lihvimine ja purustamine W: eri ainete segamine	3D-printer, paagutuspress Koosterobot, jootemasin Filter, sorteerimisvõre Lõikur, purusti, veski Niisuti, mikser
K	Objekt sisendsignaalide käsitlemiseks ja sellekohase väljundi pakkumiseks (teavet töötlev objekt)	E: elektrisignaali töötlus F: elektrisignaali edastus H: vedeliksignaali edastus J: mehaanilise signaali edastus	Arvuti, kaughõivesead, USB-kaart Sidesti, aegrelee Juhtventiil Mehaaniline regulaator
M	Objekt mehaanilise liikumise või jõu pakkumiseks (liigutav objekt)	A: pööramine elektromagnetjõuga B: kulgemine elektromagnetjõuga C: magnetjõuga M: vedeliku ja/või gaasi abil	Elektrimootor Linearmootor, solenoid Püsimagnet Hüdrosilinder, pneumomootor
N	Objekt teise objekti osaliseks või täielikuks (kinni) katmiseks või (endasse) sulgemiseks (kattev objekt)	A: ava täitmine B: ava sulgemine E: ühenduste ja üleminekute peitmine	Kaelustihend, paneel Katteplaat, luugikate Läbiviik, piirliist
P	Objekt tajutava teabe pakkumiseks (esitav objekt)	F: nähtav olekuindikaator G: ühe skalaarmuutuja näidik H: pildid, sümbolid, tekst, numbrid nähtaval moel	Signaallamp, indikatsioonituli Voltmeeter, dünamomeeter Monitor, ekraan, printer
Q	Objekt ligipääsu või voolu ohjamiseks või juhtimiseks (ohjav objekt)	A: elektriline ohje B: elektriline eraldamine M: tihendatud vedeliku ja/või gaasi lülitamine N: tihendatud vedeliku ja/või gaasi muutmine R: tahkise voolu muutmine	Kontaktor, türistor, kaitselüli Lahklüli, sulavkaitse Avamis-sulgemisklapp Juhtimisklapp, juhtimisventiil Doseerimisvasin
R	Objekt piiramiseks või stabiliseerimiseks (piirav objekt)	A: elektrienergia voo piiramine L: liikumise piiramine M: aine tagasivoolu piiramine N: aine suunatud voolu piiramine	Diood, takisti Pidur, löögileevendi Tagasivooluklapp Düüs, reguleeriv klapp
S	Objekt inimtegevuse tuvastamiseks ja sellekohase vastuse pakkumiseks (vastastikuse inimitoime objekt)	G: käe toime J: näpu toime Z: mitmiktoime	Hoob, pöördkäepide Surunupp, klaviatuur, puuteplaat Juhtlaud, juhtpaneel
T	Objekt muundamiseks (muundav objekt)	A: elektrienergia muundamine B: elektrienergia teisendamine M: aine massi vähendamine P: aine kuju muutmine	Sagedusmuundur Alaldi, inverter Treipink, saag, jahvataja Painutuspink, ekstruuder
U	Objekt muude objektide paigaldamiseks (hoidev objekt)	B: hoidmine kandmise teel P: hoidmine ühendamise teel Q: hoidmine kinnitamise teel	Kaablikanal, tugikonsool Veerelaager, liigend Ankruplaat, polt, neet
W	Objekt ühest kohast teise juhtimiseks (suunav objekt)	G: elektrisignaali suunamine Q: mehaanilise energia suunamine	Juhtimiskaabel, andmesiin Kiilrihm, pneumo-/hüdrotoru
X	Objekt objekti liidestamiseks (liidestav objekt)	D: madalpingeline ühendus M: suletud materjali voolu liidestamine	Elektriklemm, pistikupesa Toruliitmik

Näide: RM: Piiramine või stabiliseerimine (R), takistades tagasivoolu (M): Tagasivooluklapp.

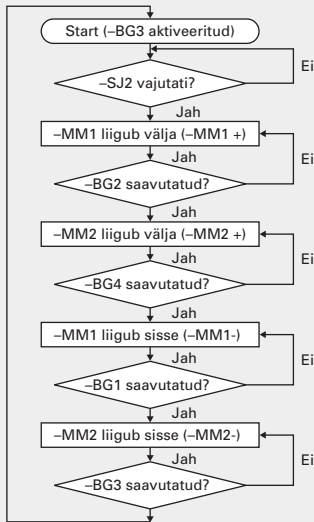
Lülituskeemid

Näide: Tähistus vastavalt standardile DIN EN 81346 (tösteseade)

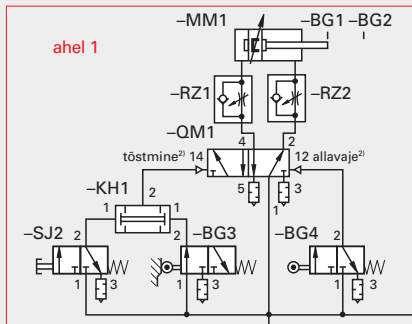
Tösteseade (silindrite asukoht)



Plokkkeem



Pneumosüsteemi paigutus ja tähis vastavalt standardile DIN EN 81346



Tösteseade¹⁾

Ajamielemendid

Lõppkontrolli-

elemendid

Juhtelement

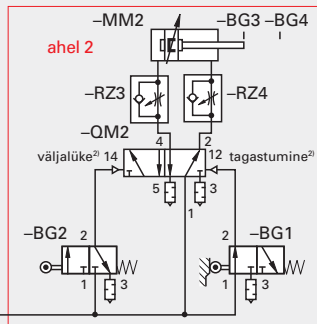
Signaali-

elemendid

Identsed

komponendid³⁾

Tootelemendid



Ainult ühe tähe kasutamine märgistamiseks on võimalik, kui see on üheselt mõistetav, nt vaata lk 426.

¹⁾ Tuleks näidata süsteemi funktsioon.

²⁾ Ventili asendi funktsiooni saab näidata.

³⁾ Sarnased toite-, signaali-, juhtimis- ja ajamielemendid.

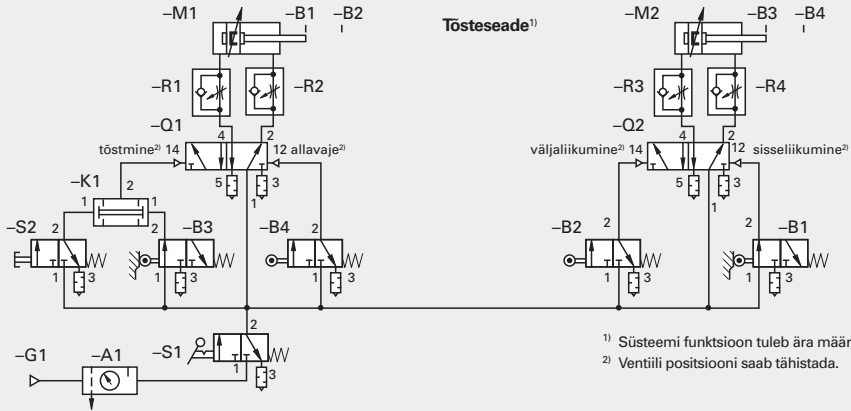
Kooditähed ja komponendid (valimik)

Liigikood	Komponendid	Liigikood	Komponendid
AZ	Hooldusüksus (varasem liigikood)	MM	Pneumosilinder, pneumomootor
BG	Läheduslüliti, piirilüliti	PG	Näidikule kuvatav instrument, nt rõhumõõdik
BP	Rõhulüliti	QM	Suunaventiil, kiirõhutusventiil
GQ	Suruõhu allikas, kompressor	QN	Rõhuventiil
GS	Suruõhuõliti (varasem liigikood)	RP	Summuti (varasem liigikood)
HQ	Filter (käsitsi väljalaskeavaga)	RZ	Ühesuunaline vooluventiil (varasem liigikood)
KH	Vedeliksignaali edastus (JA, VÕI)	SJ	Käsitsijuhitav ventiil (pneumosignaal)

Lülituskeemid

Näide: Lihtsustatud tähistus vastavalt standardile DIN EN 81346 (tõsteseade)

Kui esimesest kooditähtest piisab ja segiajamise ohtu pole, võib teise kooditähe ära jätta.

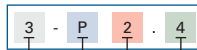


¹) Süsteemi funktsioon tuleb ära määrata.
²) Ventili positsiooni saab tähistada.

Hüdro süsteemide tähistus vastavalt standardile ISO 1219

ISO 1219-2 (2012-09)

Näide: üksikasjalik tähistus

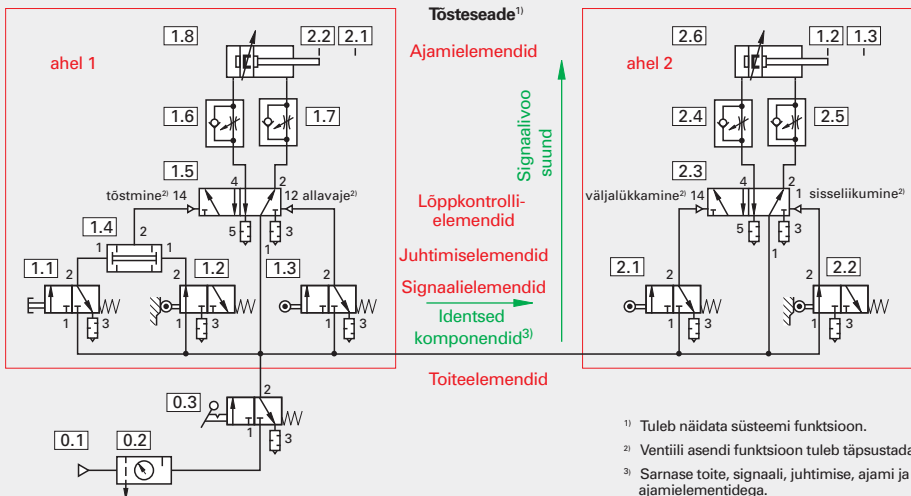


Süsteemi tähistus	Keskonna tähis	Ahela number	Komponendi number
Number või täht. Võib ära jätta, kui on olemas ainult üks süsteem.	Nt: H hüdraulika; P pneumaatika; L määrdeaine. Võib jätta ära kui skeem on üheselt mõistetav.	Alustades 0-st, nt toite jaoks. Muud ahelad märkige järjestikuste numbritega.	Märkige komponendid signaalivoo suunas ja identsed komponendid vasakult paremale järjestikuste numbritega.

Näide: lühendatud tähis (ainult vooluahela ja komponendi number) 2 . 4

Näide: ISO 1219 kohane tähis täispneumosüsteemis (tõsteseade)

Järjestus: 1.8 liigub välja; 2.6 liigub välja; 1.8 liigub sisse; 2.6 liigub sisse.

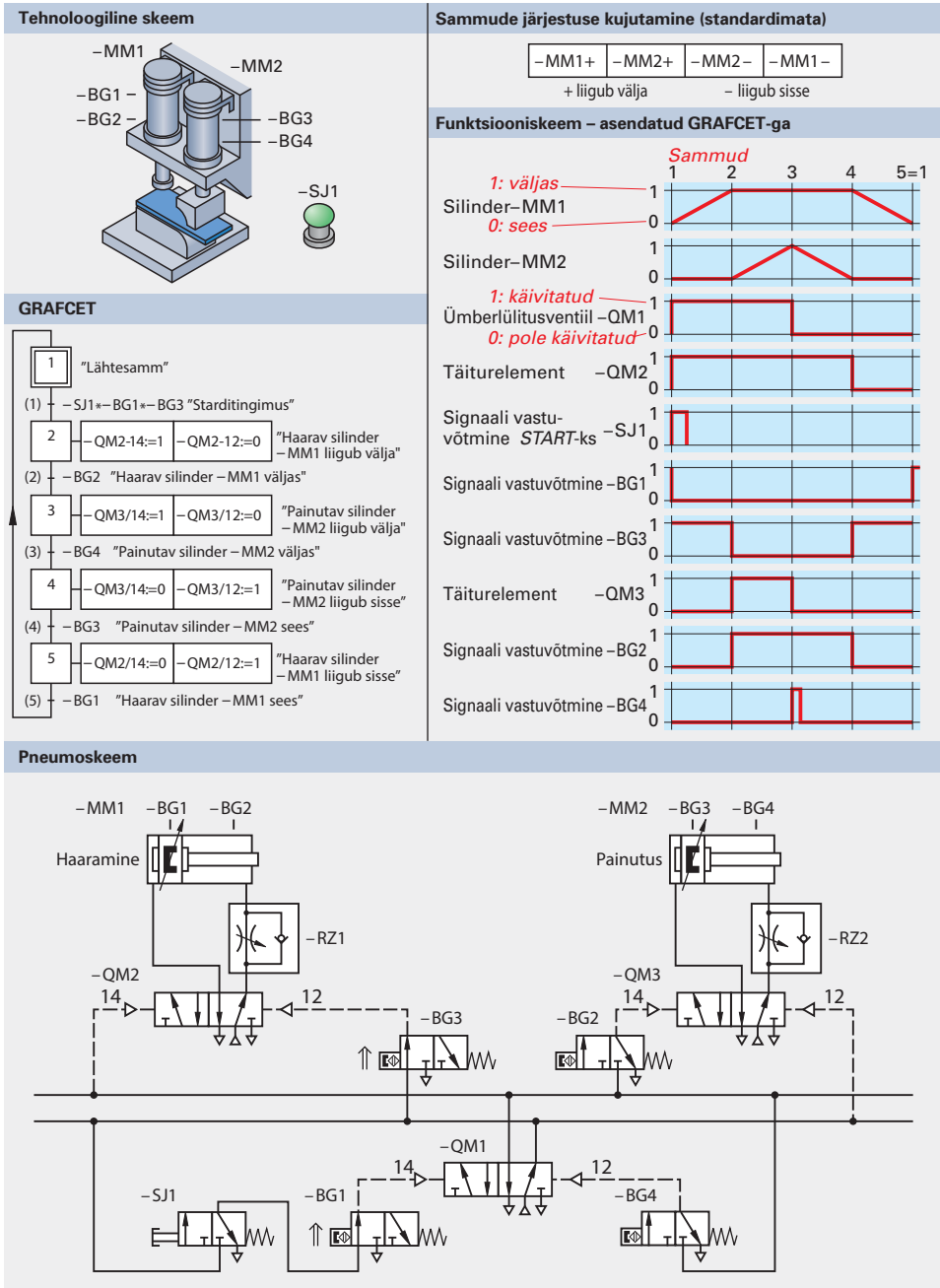


¹) Tuleb näidata süsteemi funktsioon.
²) Ventili asendi funktsioon tuleb täpsustada.
³) Sarnase toite, signaali, juhtimise, ajami ja ajamielementidega.

Pneumojuhtimine (painutusvorm)

Metall-leht antakse painutusvormi kätsi ette. Vorm peaks neid painutama 90° nurga alla. Fikseeriv silinder –MM1 hoiab lehte töoasendis, samal ajal kui painutav silinder –MM2 koos painutustööriistaga liigub välja ja surub lehe soovitud nurga alla. Seejärel tõmmatakse kõigepealt sisse painutussilinder –MM2 ja seejärel kinnitussilinder –MM1.

Eesti Rahvusraamatukogu digitaalarhiiv DIGAR(S)



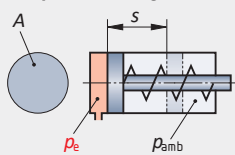
Pneumosilindrid (valimik)

Mõõtmed ja kolvijõud															
Kolvi läbimõõt, mm	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200		
Kolvivarre läbimõõt, mm	6	8	8	10	12	16	20	20	25	25	32	40	40		
Ühenduskeere	M5	M5	G ¹ / ₈	G ¹ / ₈	G ¹ / ₈	G ¹ / ₈	G ¹ / ₄	G ³ / ₈	G ³ / ₈	G ¹ / ₂	G ¹ / ₂	G ³ / ₄	G ³ / ₄		
Survejõud ¹⁾ kui $p_e = 6 \text{ bar}^3$, N	Ühepoolse toimega ²⁾		50	96	151	241	375	644	968	1560	2530	4010	–	–	–
	Kahepoolse toimega		58	106	164	259	422	665	1040	1650	2660	4150	6480	10 600	16 600
Tõmbejõud ¹⁾ kui $p_e = 6 \text{ bar}^3$, N	Kahepoolse toimega		54	79	137	216	364	560	870	1480	2400	3890	6060	9960	15 900
	Ühepoolse toimega		10, 25, 50			25, 50, 80, 100			–						
Käigupikkus, mm	Kahepoolse toimega		kuni 160	kuni 200	kuni 320	10, 25, 50, 80, 100, 160, 200, 250, 320, 400, 500									

¹⁾ Silindri kasutegur $\eta = 0.88$. ²⁾ Vedru tagastusjõudu on arvestatud. ³⁾ 6 bar = 600 kPa = 0.6 MPa.

Õhukulu arvestus

Ühepoolse toimega silinder



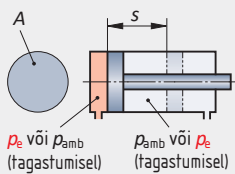
Q õhukulu
 p_e rõhk silindris
 p_{amb} õhurõhk
 n käikude arv

A kolvi ristlõikepindala
 q õhutarve kolvi käigupikkuse cm kohta
 s kolvi käigupikkus

Õhutarve¹⁾ ühepoolse toimega silinder

$$Q = A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$$

Kahepoolse toimega silinder



Näide:

Ühepoolse toimega silinder, kus $d = 50 \text{ mm}$;
 $s = 100 \text{ mm}$; $p_e = 6 \text{ bar}$; $n = 120/\text{min}$;
 $p_{amb} = 1 \text{ bar}$; õhukulu Q , l/min?

$$Q = A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$$

$$= \frac{\pi \cdot (5 \text{ cm})^2}{4} \cdot 10 \text{ cm} \cdot 120 \frac{1}{\text{min}} \cdot \frac{(6 + 1) \text{ bar}}{1 \text{ bar}}$$

$$= 164934 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \approx 165 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Õhutarve¹⁾ kahepoolse toimega silinder

$$Q \approx 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$$

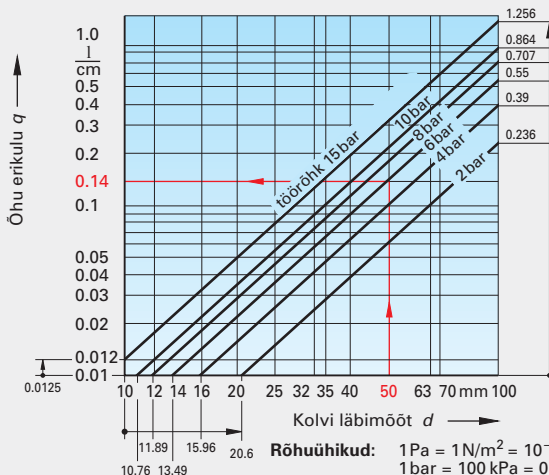
Rõhuühikud:

1 Pa = 1 N/m² = 10⁻⁵ bar
1 bar = 100 kPa = 0.1 MPa

Ümbrisev õhurõhk p_{amb}

$p_{amb} = 1013 \text{ mbar} = 1013 \text{ hPa}$
 $p_{amb} \approx 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 0.1 \text{ MPa}$

Õhutarve määramine diagrammilt



Rõhuühikud: 1 Pa = 1 N/m² = 10⁻⁵ bar
1 bar = 100 kPa = 0.1 MPa

Õhutarve¹⁾ ühepoolse toimega silinder

$$Q = q \cdot s \cdot n$$

Õhutarve¹⁾ kahepoolse toimega silinder

$$Q \approx 2 \cdot q \cdot s \cdot n$$

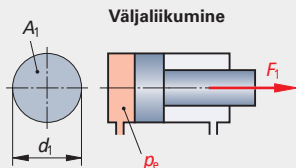
Näide:

Arvutame õhukulu ühepoolse toimega silindritele $d = 50 \text{ mm}$, $s = 100 \text{ mm}$ ja $n = 120/\text{min}$ diagrammilt $p_e = 6 \text{ bar}$. Vastavalt diagrammile õhu erikulu on $q = 0.14 \text{ l/cm}$.
 $Q = q \cdot s \cdot n$
 $= 0.14 \text{ l/cm} \cdot 10 \text{ cm} \cdot 120/\text{min}$
 $= 168 \text{ l/min}$

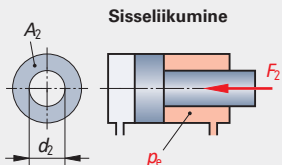
¹⁾ Kui õhk täidab "surnud ruumi", võib õhukulu olla kuni 25% suurem. Surnud ruumi hulka kuuluvad suruõhuliinid suunaventiili ja silindri vahel, samuti kasutamata ruum kolvi lõppasendis. Kolvivarre ristlõikepindala ei võeta arvesse.

Hüdro-/pneumosüsteemi jõudlus

Kolvijõud



Väljalükkumine



Sisseliikumine

p_e nimirõhk
 A_1, A_2 kolvi pindala
 F_1, F_2 kolvi nimijõud
 d_1 kolvi läbimõõt
 d_2 kolvivarre läbimõõt
 η kasutegur

Näide:

Hüdrocilinder, mille $d_1 = 100$ mm;
 $d_2 = 70$ mm; $\eta = 0,85$ ja $p_e = 60$ bar.
 Mis on kolvi nimijõud?

Väljalükkumine:

$$F_1 = p_e \cdot A_1 \cdot \eta = 600 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\pi \cdot (10 \text{ cm})^2}{4} \cdot 0,85 = 40055 \text{ N}$$

Sisseliikumine:

$$F_2 = p_e \cdot A_2 \cdot \eta = 600 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\pi \cdot [(10 \text{ cm})^2 - (7 \text{ cm})^2]}{4} \cdot 0,85 = 20428 \text{ N}$$

Kolvi nimijõud¹⁾

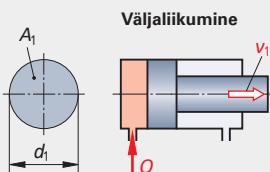
$$F = p_e \cdot A \cdot \eta$$

Rõhuühikud:

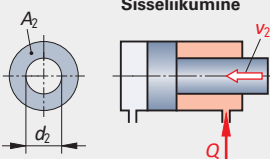
1 Pa = 1 N/m² = 10⁻⁵ bar
 1 bar = 100 kPa
 = 0,1 MPa
 1 bar = 10 N/cm²
 100 kPa = 10 N/cm²
 0,1 MPa = 10 N/cm²

¹⁾ Pneumaatika < 6 bar, vt samuti lk 428 eespool.

Kolvi liikumiskiirus



Väljalükkumine



Sisseliikumine

Q voolukiirus
 A_1, A_2 kolvi kasulik pindala
 v_1, v_2 kolvi liikumiskiirus

Näide:

Hüdrocilinder $d_1 = 50$ mm; $d_2 = 32$ mm ja $Q = 12$ l/min. $v_1 = ?$; $v_2 = ?$

Väljalükkumine:

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{12000 \text{ cm}^3/\text{min}}{\frac{\pi \cdot (5 \text{ cm})^2}{4}} = 611 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 6,11 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

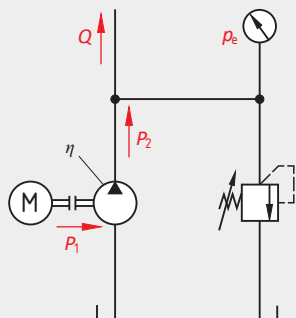
Sisseliikumine:

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{12000 \text{ cm}^3/\text{min}}{\frac{\pi \cdot (5 \text{ cm})^2}{4} - \frac{\pi \cdot (3,2 \text{ cm})^2}{4}} = 1035 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 10,35 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Kolvi liikumiskiirus

$$v = \frac{Q}{A}$$

Pumba võimsus



P_1 sisendvõimsus pumba ajamivõllil
 P_2 väljundvõimsus pumba väljalasketraktis
 Q voolukiirus
 p_e nimirõhk
 η pumba kasutegur
 M pöördemoment
 n pöörlemissagedus

Näide:

Pump $Q = 40$ l/min; $p_e = 125$ bar; $\eta = 0,84$;
 $P_1 = ?$; $P_2 = ?$

$$P_2 = \frac{Q \cdot p_e}{600} = \frac{40 \cdot 125}{600} \text{ kW} = 8,333 \text{ kW}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{8,333}{0,84} \text{ kW} = 9,920 \text{ kW}$$

Sisendvõimsus¹⁾

$$P_1 = \frac{M \cdot n}{9550}$$

Väljundvõimsus¹⁾

$$P_2 = \frac{Q \cdot p_e}{600}$$

Kasutegur

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Võimuste arvutamisel kasutatavad ühikud:

P , kW; M , N · m;
 n , 1/min; Q , l/min;
 p_e , bar.

¹⁾ Numbriline võrrand ühikute teisendamisega.

Hüdrovedelikud

Mineraalõlipõhised hüdrovedelikud

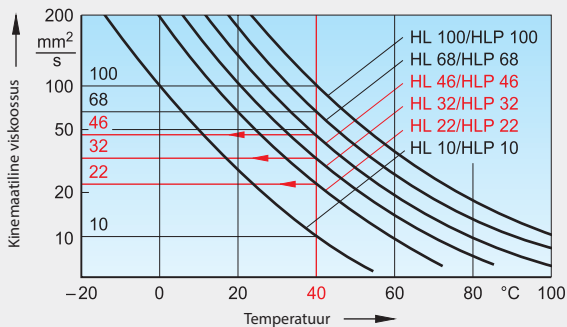
DIN 51524-1 kuni -3 (2006-04)

Liik	Standard	Koostisosade toime	Kasutus					
HL	DIN 51524-1	Korrosioonikindluse suurendamine + Oksüdatsioonikindluse suurendamine	–					Hüdroseadmed kuni 200 bar, kõrgtemperatuurised
HLP	DIN 51524-2		+ Kergsööbest tingitud kulumise vähendamine segahõrde alas.					Hüdroseadmed hüdropumpade ja -mootoritega töörohuga üle 200 bar, kõrgtemperatuurised
HVLP	DIN 51524-3		+ Kergsööbest tingitud kulumise vähendamine segahõrde alas + Viskoossuse temperatuurisõltuvuse parandamine					
Omadused			HL 10 HLP 10	HL 22 HLP 22	HL 32 HLP 32	HL 46 HLP 46	HL 68 HLP 68	HL 100 HLP 100
Kinemaatiline viskoossus [mm ² /s] temperatuuril	–20 °C	600	–	–	–	–	–	–
	0 °C	90	300	420	780	1400	2560	
	40 °C	9 ... 11	19.8 ... 24.2	28.8 ... 35.2	41.4 ... 50.6	61.2 ... 74.8	90 ... 110	
	100 °C	2.4	4.1	5.0	6.1	7.8	9.9	
Hangumispunkt ¹⁾ võrdne või madalam kui	–30 °C	–21 °C	–18 °C	–15 °C	–12 °C	–12 °C	–12 °C	
Leekpunkt kõrgem kui	125 °C	165 °C	175 °C	185 °C	195 °C	205 °C	205 °C	

¹⁾ Hangumispunkt on temperatuur, millel hüdroõli ikka veel gravitatsioonijõu mõjul voolab.

⇒ Hüdroõli DIN 51524 – HLP 46: Hüdroõli liik HLP, kinemaatiline viskoossus = 46 mm²/s temperatuuril 40°C.

HL ja HLP hüdroõlide viskoossuse sõltuvus temperatuurist



Diagrammi lugemise näide:

Hammasrataspump töötab keskmisel töötemperatuuril 40°C. Töötamisel on hüdroõli kinemaatilise viskoossuse lubatud kõikumise vahemikus (20 ... 50) mm²/s. Vastavalt diagrammile leidub 6 sobivat hüdroõli:

- HL 22/HLP 22
- HL 32/HLP 32
- HL 46/HLP 46

Mittesüttivad hüdrovedelikud

Liik	ISO viskoosus-klass	Sobib temperatuuridel °C	Omadused	Kasutus
HFC	VG 15, VG 22 VG 32, VG 46	–20 ... +60	Vesilahusmonomeerid ja/või -polümeerid, hea kulumiskindlus	Kaevandusseadmed, trükmisasinad, keevitusseadmed, sepiustuspressid
HFD	VG 68, VG100	–20 ... +150	Veevabad sünteetilised vedelikud, hea oksüdatsioonikindlus, määrimisomadused laias temperatuurivahemikus	Kõrgtel töötemperatuuridel töötavad hüdroseadmed

Biolagunevad hüdrovedelikud

VDMA 24569 (1994-03)

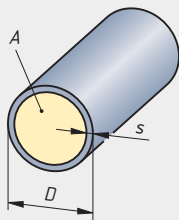
Hüdrovedelik	Sobivus ja omadused						
	Madaltemperatuurne voolavus	Kõrgtemperatuurne oksüdatsioonistabiilsus	Roostekaitse	Sisepinnetega sobivus	Tihenditega sobivus	Kuluefektiivsus	Vedeliku tööiga
Küllastumata estrid	●	●	●	●	●	●	●
Küllastatud estrid	●	●	●	●	●	●	●
Polüglükoolid	●	●	●	●	●	●	●

Sobivus: ● väga hea ● hea ● keskmine ● piiratud/kasin

Hüdro- ja pneumotorud

DIN 2445-1 kuni -2 (2000-09)

Õmbluseta täppisterastorud hüdro- ja pneumosüsteemidele



Materjal	E235 ja E355 vastavalt DIN EN 10025-2			
Mehaanilised omadused	Materjal	Tõmbetugevus R_m N/mm ²	Voolepiir R_e N/mm ²	Katkevenivus A %
	E235	340 ... 480	235	25
	E355	490 ... 630	355	22
Kasutus	Hea külmtoodeldavus, pind fosfaaditud või galvaanitud ja kroonitud.			
	Hüdro- ja pneumosüsteemide torustikes maksimaalsetel nimirõhkudel kuni 500 bar.			

Väljastusolek: Tavaline tootmispikkus: 6 m, normaliseeritud. Torude pinnakaredus $Ra \leq 4 \mu\text{m}$.

⇒ Toru HPL-E235-NBK-20 x 2: Õmbluseta täppisterastoru hüdraulika- ja pneumaatikarakendusteks, valmistatud terasest E235, normaliseeritud, puhtastõmmatud, välisläbimõõt 20 mm, seinapaksus 2 mm.

Välisläbimõõt D mm	Seinapaksus s mm	Voolu ristlõikepindala A cm ²	Välisläbimõõt D mm	Seinapaksus s mm	Voolu ristlõikepindala A cm ²	Välisläbimõõt D mm	Seinapaksus s mm	Voolu ristlõikepindala A cm ²
4	0.8	0.05	20	2.0	2.01	38	2.5	8.55
4	1.0	0.01	20	2.5	1.77	38	4.0	7.07
5	0.8	0.10	20	3.0	1.54	38	5.0	6.16
5	1.0	0.07	20	4.0	1.13	38	7.0	4.52
6	1.0	0.13	22	1.0	3.14	38	10.0	2.55
6	1.5	0.07	22	2.0	2.54	42	2.0	11.34
8	1.0	0.28	22	3.0	2.01	42	5.0	8.04
8	1.5	0.20	22	3.5	1.77	42	8.0	5.31
8	2.0	0.13	25	1.5	3.80	50	4.0	13.85
10	1.0	0.50	25	2.5	3.14	50	5.0	12.57
10	1.5	0.39	25	3.0	2.84	50	8.0	9.08
10	2.0	0.28	25	3.5	2.55	50	10.0	7.07
12	1.0	0.79	25	4.5	2.01	50	13.0	4.52
12	1.5	0.64	25	6.0	1.33	55	4.0	17.35
12	2.0	0.50	28	1.5	4.91	55	6.0	14.52
14	1.0	1.13	28	2.0	4.52	55	8.0	11.95
14	1.5	0.95	28	3.0	3.80	55	10.0	9.62
14	2.0	0.79	28	3.5	3.46	60	5.0	19.64
15	1.0	1.33	28	4.0	3.14	60	8.0	15.21
15	1.5	1.13	30	2.0	5.31	60	10.0	12.57
15	2.5	0.79	30	2.5	4.91	60	12.5	9.62
16	1.0	1.54	30	3.0	4.52	70	5.0	28.27
16	2.0	1.13	30	5.0	3.14	70	8.0	22.90
16	3.0	0.79	30	6.0	2.55	70	10.0	19.64
16	3.5	0.64	35	2.5	7.07	70	12.5	15.90
18	1.0	2.01	35	3.5	6.16	80	6.0	36.32
18	1.5	1.77	35	4.0	5.73	80	8.0	32.17
18	2.0	1.54	35	5.0	4.91	80	10.0	28.27
18	3.0	1.13	35	6.0	4.16	80	12.5	23.76

Nimirõhk sõltuvalt seinapaksusest

Välisläbimõõt D , mm	Nimirõhk p , bar				
	100	160	250	320	400
	Seinapaksus s , mm				
6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
8	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0
10	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0
12	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5
16	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0
20	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
25	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
30	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
38	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
50	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0

Põhiterminoloogia, põhistruktuur

(Seadmete tähistus: lk 424)
DIN EN 60848 (2014-12)

Funktsioonitabel vastavalt GRAFCET-ile on järjestikuse juhtimise graafiline kujunduskeel. Siiski see ei sisalda ühtegi ettekirjutust kasutatavate seadmete tüübi, torustike suuna ja elektriseadmete paigaldamise kohta. Ainult üldine esitus sümbolite kaudu on kohustuslik; mootmed ja muud üksikasjad jäetakse kasutaja otsustada.

Olulised põhiterminid			
GRAFCET	Prantsuse k: <i>Grappe Fonctionnel de Commande Etape Transition</i> (hääldus: grafset) Eesti k: Graafiline funktsionaalne esitus sammude ja üleminekutingimustega	George Boole	Briti matemaatik
Üleminek	Ühelt etapilt järgmisele üleminekutingimus	Boole'i muutuja	TRUE = loogiline väärtus 1 FALSE = loogiline väärtus 0
Muutuja	Muutused	Lähtesamm	Esimene samm
		Makrosamm	Sammuahela tihendatud kujutis

GRAFCETi põhistruktuur	Järjestikune struktuur
GRAFCETi põhistruktuur koosneb:	Sammud ja üleminekud (üleminekutingimused) muutuavad pidevalt. Lineaarsetes järjestustes on korraga aktiivne ainult üks samm ja see võib käivitada mistahes arvu toiminguid.
sammud, nt 2 interaktiivsed ühendused, nt |	Alternatiivsete või paralleelsete hargnemiste korral võivad mitu sammu olla samaaegselt aktiivsed.
tegevused, nt -MM1 üleminekud, nt -BG2	

GRAFCETi näide (järjendloogika skeem)

Struktuuri-osa selgitus

Struktuuri-osa selgitus

- Sisendmuutuja, ühendatud üleminekutingimusega loogilise operaatori "AND" abil
- Väljundmuutuja, määratud toimingule 2. etapis
- Kommentaariid
- 3., 4. ja 5. etapiga seotud pidevad toimingud
- 5. üleminekuga ühendatud üleminekutingimus

Näide: Lintkonveier



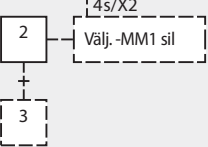
Pärast surunupu -SJ1 aktiveerimist lükkab silinder -MM1 tooriku kaubaalusele ja tõmbub tagasi sisse. Silinder -MM2 lükkab tooriku seejärel lintkonveierile ja tõmbub tagasi sisse.

Pneumoskeem bistabiilsete komponentidega

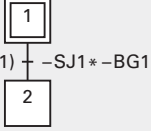
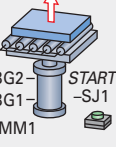
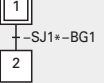
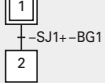
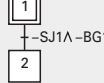
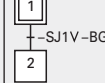
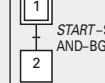
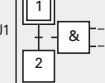
Sammu erinevad kujutamismeetodid interaktiivses osas	Kaks toimingut samas etapis
Sammu selgesõnaline ja lühendatud kirjeldus	
Näide:	
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pneum. väärtus -QM1 aktiveeritud</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pn. väärtus -QM1 des.</div> <div style="margin-left: 20px; border: 1px solid black; padding: 2px;">-QM1</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">-QM3</div> <div style="margin-left: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;">-QM4</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">-QM3</div> <div style="margin-left: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;">-QM4</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">-QM4</div> <div style="margin-left: 20px; border: 1px solid black; padding: 2px;">-QM3</div> <div style="margin-left: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;">-QM4</div> </div>

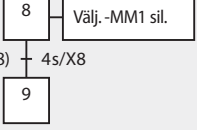
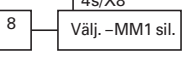
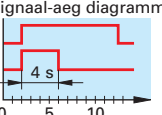
Sammud, üleminekud

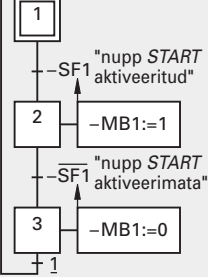
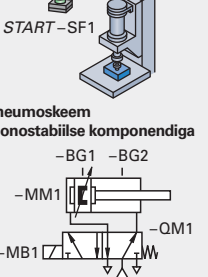
(Seadmete tähistus: lk 424)
DIN EN 60848 (2014-12)

Näide	Selgitus
Sammud	
	Lähtesamm Esiolgne samm tähistab kontrolleri lähteasendit. See on esimene aktiivne samm pärast programmi käivitamist.
	Üldine samm Samm nr 2. Samm on kujutatud ruuduna. Sammu number on märgitud ülalosas tekstivälja keskele. Lineaarsetes järjestustes on korraga aktiivne ainult üks samm. Paralleelsetes järjestusdiagrammides võivad samaaegselt olla aktiivsed mitu sammu.
	Sammu muutuja Sammu muutuja X koosneb tõeväärtusest X ja sammunimest (2). Sammu muutuja võib olla: - kas väärtusega 0 (samm pole aktiivne; FALSE); - või väärtusega 1 (samm on aktiivne; TRUE). Näide: Toiming viiakse läbi 4 sekundit pärast sammu nr 2 aktiveerimist. See vastab sisselülitamise viivitusele.

Üleminekud

	Üldine üleminekutingimus Sulgudes oleva identifitseerimiskoodi saab kirjutada vasakule. Üleminekutingimus on paremal tekstina või <i>Boole'i</i> avaldisena.	Näide: 2. samm on siis aktiivne, kui nupp START -SJ1 on alla vajutatud JA töstesilindri kolb on sisse liikunud (-BG1).			
	Erinevad esitlusmeetodid üleminekutingimuste jaoks				
	GRAFCET DIN EN 60848	Loogiline esitus	Tekst	Graafiline sümbol	
	* vastab loogilisele AND (JA)	Λ vastab loogilisele AND (JA)	V vastab loogilisele OR (VÕI)	& vastab loogilisele AND (JA)	
					

	Ajalisel piiratud üleminekud Sammuga seotud sisselülitamise viivitus Kui 8. etapp on aktiivne, siis juhend „Välj. -MM1 sil.“ täidetakse 4 sekundiks. Kui 8. etapp on aktiivne vähem kui 4 s, juhis "Välj. -MM1 sil." muutub lühemaks.	Ekvivalentne esitus: 
	Signaal-ae diagramm 	Pidev tegevus ajaliselt piiratud

	Üleminekutingimus on alati TRUE Sümbol 1 tähendab selles kontekstis, et üleminekutingimus on alati täidetud (TRUE). Selle tulemuseks on pidev järjestus. Üleminek täidetakse eelmise etapi aktiveerimisega. Näide: Vajutades nuppu START -SF1 aktiveerub, 2. samm on aktiivne ja seega ventiili mähis -MB1 on sisse lülitatud. Kui nupp START -SF1 pole enam alla vajutatud, siis samm 3 on aktiveeritud ja seega klapi mähis -MB1 on välja lülitatud. Silinder -MM1 liigub uuesti sisse.	Pneumoskeem monostaabilsel komponendiga 
---	--	--

Toimingud

(Seadmete tähistus: lk 424)
DIN EN 60848 (2014-12)

Näide	Selgitus
Pidevalt efektiivsed toimingud	
Pidevalt efektiivsed toimingud viiakse läbi seni, kuni samm on aktiivne (võimalusel koos määratlustingimustega).	
	<p>Kuni samm on aktiivne, määratakse muutujale väärtus 1 (TRUE). Kui see pole enam aktiivne, määratakse väärtus 0 (FALSE).</p> <p>Toimingute esitamise variandid (näited):</p> <ul style="list-style-type: none"> -MM1 välj. sil. ⇒ käsuvorm; -MM2 ⇒ ajami tähis; -QM2-14 ⇒ ventiili ühenduse märgistus; -MB2 ⇒ solenoidmähis elektropneumaatiliseks juhtimiseks.
<p>-BG5 on NC kontakt:</p> <p>-BG5 on NO kontakt:</p>	<p>määratlustingimusega</p> <p>Näide: Vajutage ja samm 2, pesa on olemas, -BG5 lülitub. On kaks võimalust: -BG5 on NC-kontakt: määratlustingimus on täidetud, kui -BG5 annab väärtuse 1 (TRUE); -BG5 on NO kontakt: määratlustingimus on täidetud, kui -BG5 annab väärtuse 0 (FALSE). Horisontaalne ülakriips sümboliseerib tingimuse eitust. -MB1 määratakse väärtus 1 (TRUE), -QM1 lülitub ümber ja -MM1 liigub välja.</p> <p>Pneumoskeem monostaabiile komponendiga</p>
	<p>ajapõhise määratlustingimusega</p> <p>Näide: 4. etapiga segaja 2 sekundit pärast täietaseme aktiveerimist andur -BG7 (tõusev serv: 0-st 1-ni) seguri mootor -MA1 on sisse lülitatud. See vastab sisselülitusviivitusele. Pärast -BG7 deaktiveerimist (langev serv: 1 kuni 0) segisti mootor -MA1 jätkab töötamist veel 5 sekundit. See vastab väljalülitusviivitusele.</p>
	<p>Sisselülitus- ja väljalülitusviivitus</p> <p>Sisselülitusviivitus</p> <p>Sisselülitusviivitus</p> <p>Väljalülitusviivitus</p>
	<p>Signaali-aeg diagramm</p> <p>Signaali-aeg diagramm</p> <p>Signaali-aeg diagramm</p>
	<p>viivitusega</p> <p>Kui samm 9 on aktiivne, saab muutuja -MB1 (solenoidmähis -MB1) ainult 4 sekundi möödumisel väärtuse 1 (TRUE). Määramine peatub 9. etapi deaktiveerimisega.</p> <p>Signaali-aeg diagramm</p>
<p>Ekvivalentne esitus:</p> <p>(11) 4s/X11</p>	<p>ajapiiranguga</p> <p>Kui samm 11 on aktiivne, käsk "Solenoidmähis -MB1" täidetakse ajavahemikuks 4 sekundit. Kui samm 11 on aktiivne vähem kui 4 sekundi jooksul siis käsk "Solenoidmähis -MB1" muutub lühemaks. See vastab ajapiirangule.</p> <p>Signaali-aeg diagramm</p>

(Seadmete tähistus: lk 424)
DIN EN 60848 (2014-12)

Toimingud

Näide	Selgitus
Salvestava efektiiviga tegevus	

Kui mõni samm muutub aktiivseks, määratakse toimingu muutujale püsiv väärtus. Väärtus jääb sellele muutujale määratuks hetkel aktiivsest funktsioonisammust alates, kuni see kirjutatakse üle mõne muu toiminguga.

Salvestava efektiiviga tegevustele saab seada loogilise väärtuse „1“ (TRUE) ja hiljem teises etapis lähtestada loogilisele väärtusele „0“ (FALSE).

 	<p>sammu aktiveerimisega</p> <p>Kui 2. samm on aktiveeritud, määratakse klapi mähiselle –MB1 väärtus 1.</p> <p>Kui 6. samm on aktiveeritud, määratakse klapi mähiselle –MB1 väärtus 0.</p> <p>Väärtus jääb aktiivsest sammust alates salvestatuks, kuni mõni teine käsk selle üle kirjutab või kustutab. Kui 8. samm on aktiveeritud, suureneb muutuja praegune väärtus iga tsükliliga järk-järgult 1 võrra.</p>	<p>Näide: tehase värav (olek: AVATUD)</p>
<p>Märkus. Langeva servaga salvestamist saab teostada ainult arvuti või PLC abil.</p>	<p>sammu deaktiveerimisega</p> <p>9. sammu aktiveerimisel ei juhtu midagi.</p> <p>Ainult siis, kui 9. samm on deaktiveeritud, omistatakse muutujale –MB1, väärtus 1.</p> <p>Muutuja –MB1 säilitab selle väärtuse, kuni see kirjutatakse üle mõne muu toiminguga.</p>	<p>GRAFCET</p> <p>Monostaabiilne suunaventiil: uks avaneb elektrikatkestuse korral</p>
	<p>sündmusega</p> <p>Küljlele osutav nool näitab, et salvestustoiming viiakse läbi ainult konkreetses sündmuse toimimisel.</p> <p>Kui samm 10 on aktiivne ja andur „-BG2“ muutub väärtusest „0“ väärtuseks „1“ (tõusev serv↑), omistatakse pneumosilindrile „-MM2“ väärtus „1“. Muutuja –MM2 väärtus salvestatakse alates funktsiooni 10. sammust, kuni see üle kirjutatakse.</p>	
	<p>hilinemisega</p> <p>Kui samm 12 on aktiivne, määratakse muutuva mootori jaoks väärtus „1“ pärast 10 sekundi möödumist.</p> <p>Muutuja –MA1 väärtus salvestatakse alates funktsiooni 12. sammust, kuni see üle kirjutatakse.</p>	<p>Signaal-aeg diagramm</p> <p>Samm 12 -MA1</p>

5/2-suunaventiiliga silindrite käitamine (näited)

<p>Monostaabiilne (vedruga tagastav) 5/2 pneumoventiil</p> <p>Kui samm 16 on aktiveeritud, määratakse suruõhuvastuse ühendus 14 väärtuseks 1. Väärtust salvestatakse alates sammust 16, kuni see mõne muu toiminguga üle kirjutatakse või kustutatakse.</p>	<p>Bistabiilne pidevtoimega 5/2 impulssventiil</p> <p>Väärtuse 1 määramine põhjustab klapi solenoidi –MB3 ümberlülitumise. Isegi kui väärtus muutub 0-ks, jääb ventiil sellesse lülitusasendisse. Seda tüüpi salvestust nimetatakse mehaaniliseks signaalisalvestuseks.</p>	<p>Bistabiilne salvestavtoimega 5/2 impulssventiil</p> <p>Signaalide kattumise vältimiseks tehakse sama solenoidklapi jaoks igal juhul kaks pöördtoimingut.</p>
--	---	--

Hargnemine

(Seadmete tähistus: lk 424)
DIN EN 60848 (2014-12)

Paralleelhargnemine (samaaegne järjestuse lahkumise)

Paralleelhargnemine võimaldab mitme osalise järjestuse samaaegset aktiveerimist. Kui paralleelhargnemise esimene samm muutub aktiivseks, kulgevad osalised järjestused üksteisest sõltumatult.

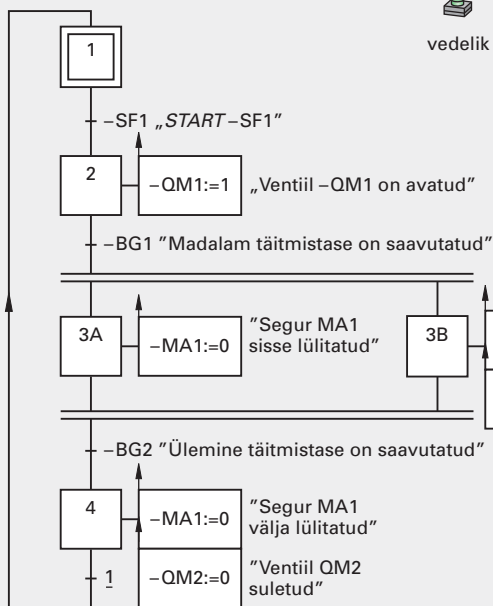
Näide: Kahe vedeliku segamine seguris.

Segamisesse segatakse kaks erinevat vedelikku. Erineva viskoossuse tõttu voolab esimene vedelik 1 ventiili 1 kaudu anumasse. Kui vedeliku tase saavutab täitemärgi –BG2, toimub samaaegselt järgmine:

1. seguri mootor –MA1 on sisse lülitatud ja
 2. klapp –QM1 sulgub ja vedelik 2 voolab ventiili –QM2 kaudu paaki.
- Mõlemat osalist järjestust töödeldakse üksteisest sõltumatult.

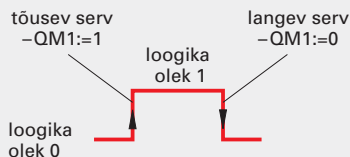
Kui vedeliku tase saavutab täitemärgi –BG2, lülitatakse seguri mootor –MA1 välja ja klapp –QM2 on suletud.

GRAFCET (tõhusate toimingute salvestamisega)

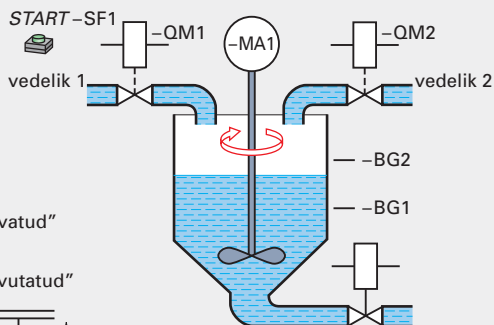


Märkused klapi V1 servade kohta:

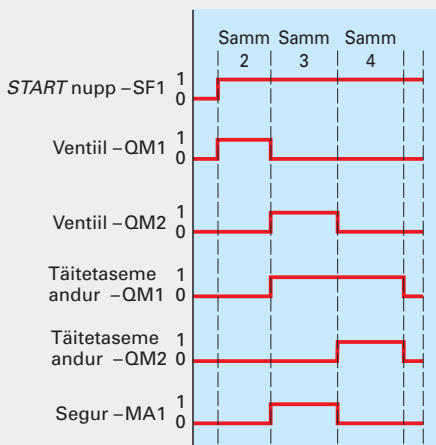
Tõusev serv (positiivne serv) on olekuloogika 0 muutumine loogikaks 1.
Langev serv (negatiivne serv) on olekuloogika 1 muutumine loogikaks 0.



Tehnoloogiline skeem



Signaal-aeg diagramm



Hargnemine

Alternatiivhargnemine (järjestuse valiku lahknemine)

Järjestus võib hargneda mitmeks alternatiivseks järjestuseks. Alternatiivhargnemise korral peab enne ja pärast igat sammu toimima üleminek. Üleminekingimused ei tohi kunagi täita koos ühegi teise üleminekingimusega. Pärast viimast aktiivset üleminekut ühendatakse osalised järjestused ühiseks järjestuseks.

Näide: Tõsteseadmed, toimingud õhukeste ja paksude toorikute valimiseks

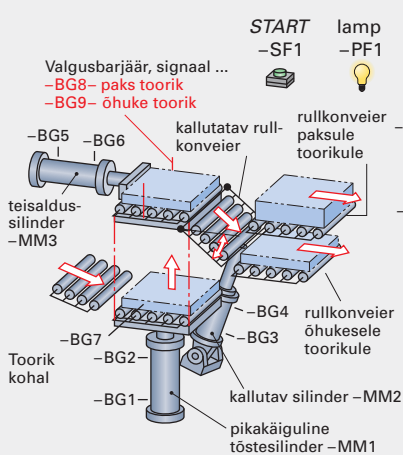
Kui alumise rulli liikumises on toorik (-BG7) ja vajutatakse nuppu *START* (-SF1), liigub pikk tõstesilinder -MM1 kuni -BG2 välja ja asetab tooriku valgustõkke ette. Nüüd on 2 varianti:

Variant 1: Paksu tooriku korral. Signaal võetakse vastu valgustõkke -BG9 kaudu. Pööratav silinder -MM2 liigub välja.

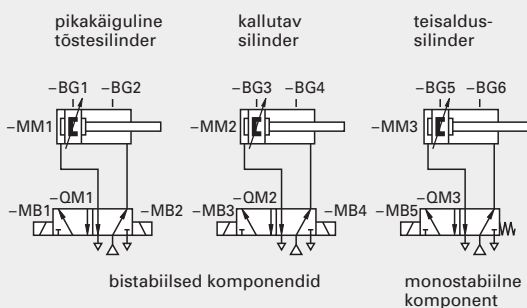
Variant 2: Õhukese tooriku korral. Signaal võetakse vastu valgustõkke -BG8 kaudu. Pööratav silinder -MM2 liigub sisse või jääb sisse.

Seejärel surub ülekandesilinder -MM3 tooriku välja ja liigub samal ajal pärast juhendi täitmist pika tõstesilindriga -MM1 tagasi oma algasendisse.

Tehnoloogiline skeem



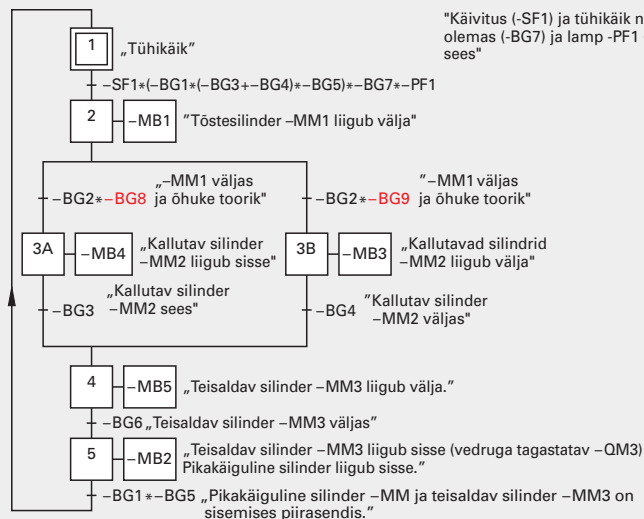
Pneumoskeem



Märkus: kui silindri juhtimiseks kasutatakse bistabiilseid 5/2-suunaventiile, impulssventiil tagab signaali salvestamise.

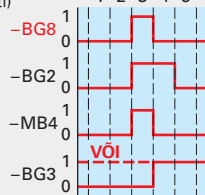
GRAFCET

(pideva toimega tegevused)

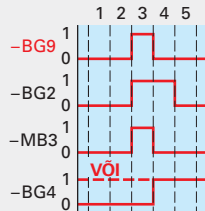


Signaali/sammu skeem hargnemise jaoks

Õhuke toorik
Sammud 1 2 3 4 5



Paks toorik
Sammud 1 2 3 4 5



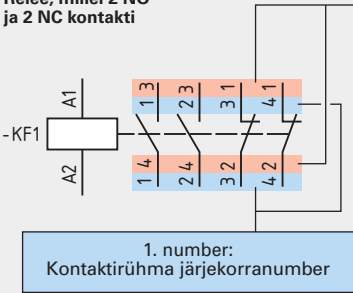


Lülituskeemid

DIN EN 61082 (2015-10)

Klemmitähistised releedel

Näide:
Relee, millel 2 NO
ja 2 NC kontakti



2. number
Kontakti funktsiooninumber

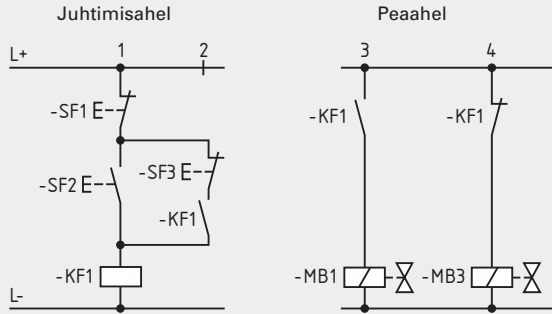
NC kontakt	NC kontakt viitega	NO kontakt	NO kontakt viitega	Ümberlülitus-kontakt	Ümberlülitus-kontakt viitega

Lülituskeemide disain

(Elektriseadmete tähistus: lk 424)

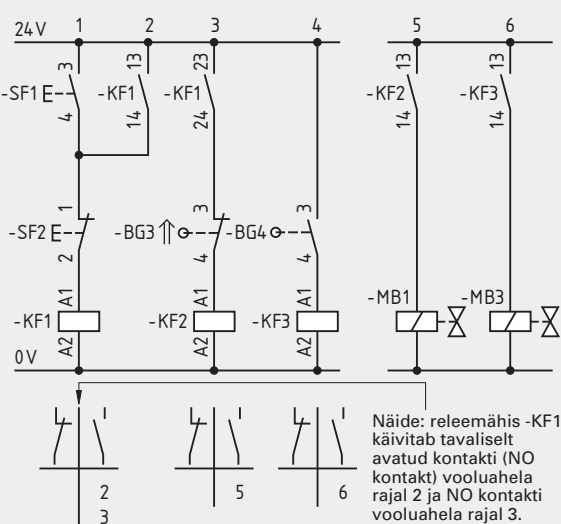
Vooluteed ja elektrialelate jaotus

- Iga elektriseade on näidatud vertikaalse vooluteega sõltumata elementide tegelikust ruumilisest paigutusest.
- Vooluteed on nummerdatud järjestikku vasakult paremale.
- Juhtimisahel hõlmab seadmeid signaali sisestuseks ja signaalitöötlemiseks.
- Peaahel hõlmab tööelementide jaoks vajalikke lõppkontrollielemente.
- Ruumiliselt jagatud seadmeid, nagu relee-mähis ja relee kontakt, pole kujutatud.

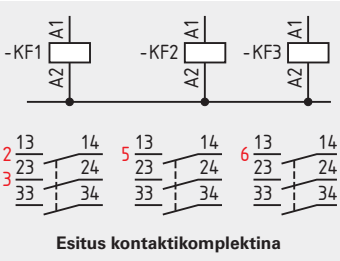


Seadmete tähistus

- Kontaktid ja seotud releemähised on tähistatud samade kooditähistega.
- Näide: Vooluteed 1, 2 ja 3.
- 2 NO kontakti kuuluvad releemähise C1 juurde, mõlemad tähistatud kui C1. Neid kasutatakse releemähise lukustamiseks.
- Kõik releekontaktid sisestatakse tervikliku kontaktikomplektina või tabelina relee voolute all. Mõlemad esitused näitavad vooluteed, millel kontakt paikneb.



Näide: releemähis -KF1 käivitab tavaliselt avatud kontakti (NO kontakt) vooluahela rajal 2 ja NO kontakti vooluahela rajal 3.

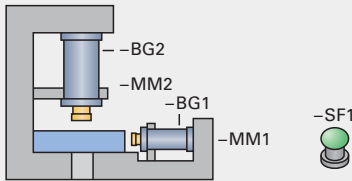


Esitus kontaktikomplektina

Esitus tabelina

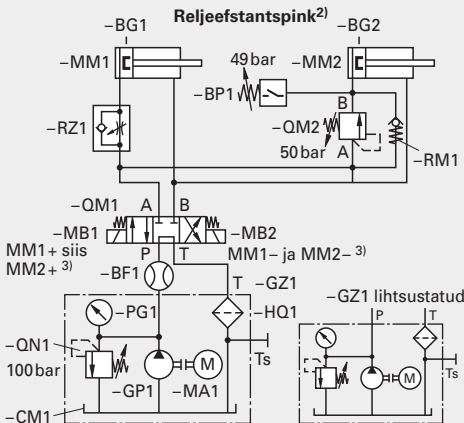
Elektrohüdrauliline juhtimine (järjestikjuhtimisega reljeefstantspink)

Asukohaplaan ja funktsioon

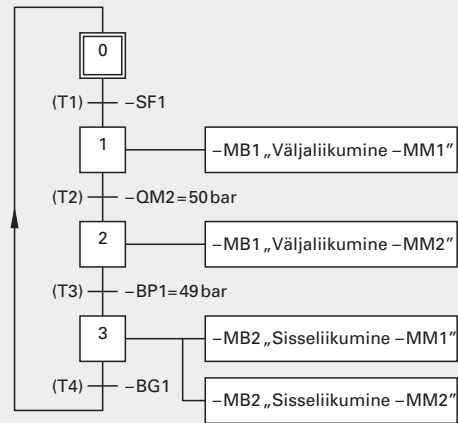


Funktsioon: Nupu *START*–SF1 vajutamine lülitab –QM1 P-st asendisse A ja paindesilinder –MM1 liigub välja. Kui kinnitusrõhk on tõusnud 50 bar-ni, jadaventiil –BP1 ja reljeefsilinder –MM2 liiguvad välja. Kui reljeefsilindri rõhulüliti –BP1 on 49 bar-i, lülitub –QM1 P-st asendisse B ja mõlemad silindrid käivituvad samaaegselt.

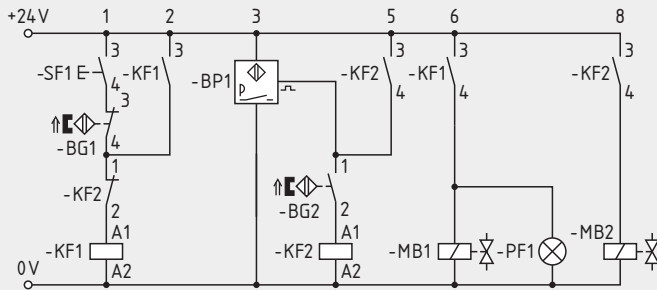
Hüdroseem¹⁾



GRAFSET



Elektriskeem¹⁾



¹⁾ Tähistuse kohta vt ka lk 439.

²⁾ Tuleks näidata süsteemi toimimist.

³⁾ Ventili asendi funktsiooni saab näidata.

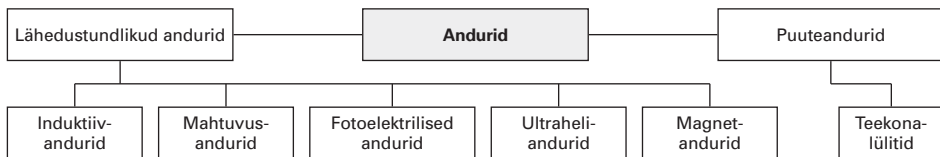
+ tähendab väljalükkumist,
- tähendab sisseliikumist.

Liigikoodid ja komponendid elektrohüdraulilistes süsteemides vastavalt DIN EN 81346 (valimik)

Liigikood	Komponendid	Liigikood	Komponendid
BF	Vooluhulga andur	MM	Hüdrosilinder, hüdro mootor
BG	Läheduslüli, piirlüli	PF	Indikaatorlamp
BP	Rõuandur, rõhulüliti	PG	Näiteinstrument, nt rõhumõõdik
CM	Paak, rõhuakumulaator	RM	Tagasilöögiklapp
GP	Hüdropump	RN	Vooluventiil
GZ	Hüdraulikaseade (varasem liigikood)	RZ	Ühesuunaline vooluventiil (varasem liigikood)
HQ	Filter, õlifilter	SF	Nupp, valikulüliti (elektriline signaal) (varasem liigikood)
KF	Relee, aegrelee	SJ	Käsitsikäivitav ventiil (hüdro signaal)
MA	Elektrimootor	QM	Suunaventiil, jadaventiil, sulgeklapp
MB	Ventiili magnet	QN	Rõhuventiil

Andurid

Andurid (liigid)



Andurite omadused (valimik)

Anduri liik	Tingmärk	Tööpõhimõte	Eelised	Puudused	Objekti kaugus
Induktiivne		Lülitab sisse kui objekt interfereerib anduri vahelduvas magnetlekkväljas.	Kõrge kaitsetase (IP67), väga kõrge lülituspunkti täpsus, saastekindel	Ainult kõrge elektrijuhtivusega objektid, ei sobi kohtades kus on suuremal hulgal metallilaaste.	1 mm ... 150 mm
Mahtuvuslik		Lülitab sisse kui objekt interfereerib anduri vahelduvas elektriväljas.	Kõrge kaitsetase (IP67), detekteerib kõiki materjale; saastekindel	Väikesed objekti kaugused, sarnasest induktiivandurist konstruktsioonilt suurem.	20 mm ... 40 mm
Fotoelektriline		Lülitab sisse kui objekt peegeldab tagasi anduri infrapunavälja.	Detekteerib kõiki materjale, suured kaugused	Tundlik saastele, suitsule ja sekundaarvalgusele, vajalik lisatoide.	ligikaudu 2 m
Ultraheli		Hindab peegeldunud ultrahelisimpulsside levikuaega, et määrata objekti kaugust.	Tolmu-, saaste- ja valguskindel, detekteerib väga väikeseid objekte suurtelt kaugustelt.	Aeglane, kasutatav ainult standardrõhul, ebasobiv plahvatusohtlike ainete ja kõrgsagedushelide alas.	60 mm ... 6 m
Magnetiline		Püsिमagnet käivitab lähedustundliku lüliti (herkonkontakt), kasutades kahte kontaktvedru.	Sobib karmi keskkonda, pikk teenindusiga, sobiv lülititesse kõrgsagedusahelates.	Kontaktkeevituse oht; summutab RC moodulite voolutippe.	-
Mehaaniline		Lülitub sisse käsiaktiveerimise või kangüsteemi kaudu.	Madal maksumus, lihtne, väike, pole mõjutatav häiringuväljadest, välistoide pole vajalik.	Kontakti värin, pole lubatud toidu- ja keemiatöötuses.	-

Lähedustundlike andurite tähistus

DIN EN 60947-5-2 (2014-01)

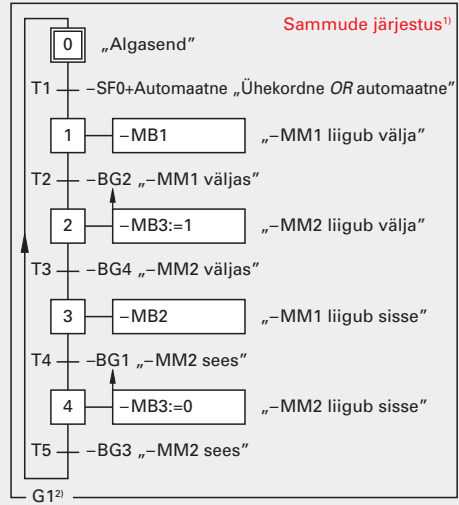
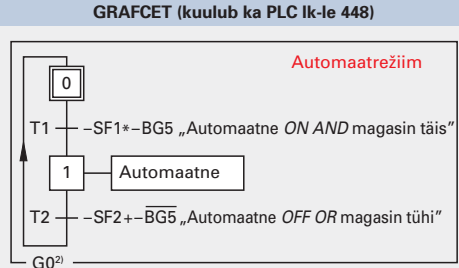
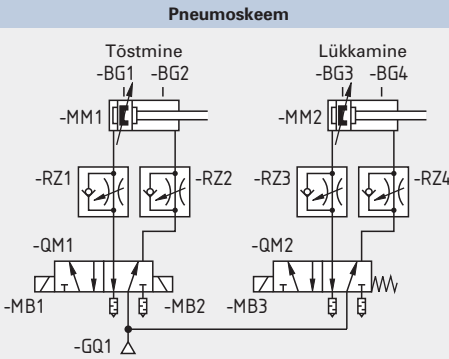
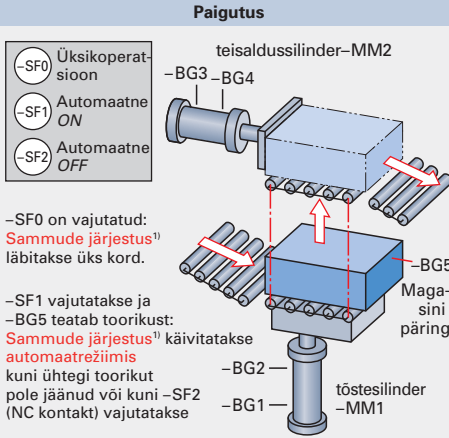
Näide:

U 1 A30 A F 2 N

Detekteerimise liik	Mehaanilise kinnituse võimalus	Kuju ja suurus	Ahela elemendi funktsioon	Väljundi liik	Ühenduse liik	NAMUR funktsioon
I induktiivne C mahtuvuslik U ultraheli D fotoelektriline hajupeegeldunud valguskiir M magnetiline R fotoelektriline peegeldunud valguskiir T fotoelektriline otsene valguskiir	1 süvistus võimalik 2 süvistus pole võimalik 3 spetsiifitseerimata	Kuju: A silindriline keermestatud hüls B sile silindriline hüls C ristkülikukujuline, ruutristlõikega D ruudukujuline, ristkülikristlõikega Suurus: (2 numbrit) läbimõõdu või küljepikkuse jaoks	A NO kontakt B NC kontakt C ümberlülituse kontakt (NO kontakt/ NC kontakt) P kasutaja poolt programmeeritav S muu	P PNP väljund, 3 või 4 DC ühendust N NPN väljund, 3 või 4 DC ühendust D 2 DC ¹⁾ ühendust F 2 AC ²⁾ ühendust U 2 AC või DC ühendust S muu	1 integreeritud ühendus 2 pistikühendus 3 kruviühendus 4 : kasutamata 8 9 teist liiki ühendus	N NAMUR ³⁾ funktsioon Märkus: NAMUR andurid on 2 traadiga andurid, mis on ühendatud välise ümberlülitusvõimendiga.

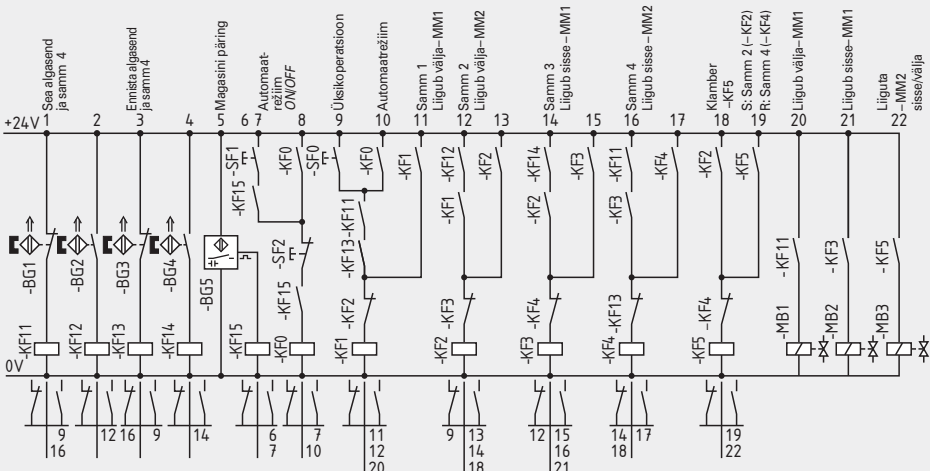
¹⁾ DC = Direct Current (alalisvool).²⁾ AC = Alternating Current (vahelduvvool).³⁾ NAMUR = Mõõte- ja kontrolltehnoloogia standardimiskomitee (Normenarbeitsgemeinschaft für Mess- und Regelungstechnik).

Elektropneumaatiline juhtimine (tõsteseade)



²⁾ Osaline GRAFCET G0 kannab muutuja automaatselt osalisele GRAFCET G1-le.

Lülituskeemid (elektriseadmete tähistus: lk 424)

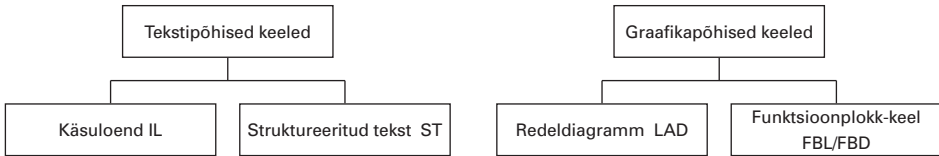


¹⁾ **Sammude järjestus:** tõstesilinder -MM1 liigub välja. Seejärel liigub teiseldussilinder -MM2 välja ja jääb välisesse piirasendisse (seatud hüdrolokustusse -KF5). Tõstesilinder -MM1 liigub nüüd sisse. Lõpuks liigub teiseldussilinder -MM2 sisse (hüdrolokustusse lähtestamine -KF5). Lk 448 olev näide sisaldab sama sammude järjestust.

PLC programmeerimiskeeled

PLC programmeerimiskeeled (ülevaade)

DIN EN 61131 (2014-06)



Ühised elemendid kõikides PLC keeltes (valimik)

Eraldajad (valimik)

DIN EN 61131 (2014-06)

Sümbol	Kasutus	Sümbol	Kasutus
(**)	Kommentaari alguses ja lõpus	:	Sammunime ja muutuja/tüübi eraldaja Käsu märgendi eraldajad (ST) Võrgumärgendi eraldaja (LAD ja FBL)
+	Juhtprefiks kümnendarvudele Liitmisoperaator (ST)	()	Käsu loendi muutmise/tehtemärgi (ST) Funktsiooniargumendi (ST) FBL sisendloendite eraldaja (ST)
-	Juhtprefiks kümnendarvudele Aasta-kuu-päev eraldaja Lahutamine, negatiivne tehtemärk (ST) Horisontaalliin (LAD ja FBL)	;	Tüübi deklaratsiooni eraldaja Käskude eraldaja (ST)
:=	Initsialiseeriv tehtemärk Omistav tehtemärk (ST)	,	Alade eraldaja CASE alade eraldaja (ST)
#	Arvväärtuse eraldaja ajaliteraalis	,	Täpploendid, algväärtuste ja väljaindeksite eraldajad, operandide loendid, funktsiooniargumendite loendid ja CASE väärtuste loendite eraldajad (ST)
,	Märgistringi algus ja lõpp	%	Otseesitlusprefiks ¹⁾
\$	Erimärgi algus märgistringis	| või !	Vertikaalliinid (LAD)
.	Täisarvu/kümnendmurru osa eraldaja Hierarhiliste aadresside ja struktureeritud elementide eraldaja		
e või E	Reaaleksponeendi eraldaja		

Individaalelementmuutjad salvestusasuhtadele

Muutuja	Tähendus	Muutuja	Tähendus	Näide (IL)
I	Salvestuskoha sisend	B	Baidi suurus (8 bitti)	ST %QB5¹⁾: Salvestab antud tulemuse baidi suurusel salvestuskoha 5 väljundisse
Q	Salvestuskoha väljund	W	Sõna suurus (16 bitti)	
M	Salvestuskoha silt	D	Topeltsõna suurus (32 bitti)	
X	(individaalse) biti suurus	L	Pika sõna suurus (64 bitti)	

Tehtemärgid

Elementaarandmetüübid

Nimi	Sümbol	Tähendus	Võtmesõna	Andmetüüp	Bitte
ADD	+	liitmine	BOOL	<i>Boole</i>	1
SUB	-	lahutamine	SINT	lühike täisarv	8
MUL	*	korutamise	INT	täisarv	16
DIV	/	jagamise	DINT	topelttäisarv	32
AND	&	<i>Boole'i</i> JA	LINT	pikk täisarv	64
OR	>= ²⁾	<i>Boole'i</i> VÕI	REAL	reaalarv	32
XOR	---- ³⁾	<i>Boole'i</i> välistav VÕI	LREAL	pikk reaalarv	64
NOT	---- ³⁾	eitus	STRING	muutuva pikk numbrijada	- ⁴⁾
S	---- ³⁾	seab <i>Boole'i</i> operaatori väärtusele "1"	TIME	kestus	- ⁴⁾
R	---- ³⁾	seab <i>Boole'i</i> operaatori väärtusele "0"	DATE	kuupäev	- ⁴⁾
GT	>	võrdlus: suurem kui	BYTE	bitijada pikkusega 8	8
GE	>=	võrdlus: suurem või võrdne	WORD	bitijada pikkusega 16	16
EQ	=	võrdlus: võrdne	DWORD	bitijada pikkusega 32	32
NE	<>	võrdlus: mitte võrdne	LWORD	bitijada pikkusega 64	64
LE	<=	võrdlus: väiksem või võrdne			
LT	<	võrdlus: väiksem kui			

¹⁾ Otse esitatud individaalelementmuutjatel on juhtsümboliks %.

²⁾ See sümbol pole tekstipõhises keeles operaatorina lubatud.

³⁾ Pole sümbol.

⁴⁾ Tootjaspetsiifiline.

PLC programmeerimiskeeled (LAD, FBL/FBD, ST)

Redeldiagramm (LAD)

DIN EN 61131 (2014-06)

Ahelskeem kujutab endast voogu elektromehaanilises releesüsteemis.

Sümbol	Kirjeldus	Sümbol	Kirjeldus	Sümbol	Kirjeldus
Liinid ja plokid		Kontaktid		Mähised	
	Horisontaalliin		NO kontakt loogikatingimus "1"		Mähis, ülesanne, väljund
	Vertikaalliin		NC kontakt loogikatingimus "0"		Negatiivne mähis, eitatud ülesanne, väljund
	Liinide ühenduspunkt		Kontakt pingetõusude tajumiseks, signaal "0" kuni "1"		Lukustuv mähis, salvestab operatsiooni
	Ristumine ilma ühenduseta		Kontakt pingelanguste tajumiseks, signaal "1" kuni "0"		Pool pingetõusude tajumiseks, signaal "0" kuni "1"
	Ühendusliinidega plokid				Pool pingelanguste tajumiseks, signaal "0" kuni "1"
	Vasakpoolne kontaktliin				
	Parempoolne kontaktliin				

¹⁾ Komponenti tähistus.

Funktsioonplokk-keel (FBL/FBD)

DIN EN 61131 (2014-06)

Funktsioonplokk-keel koosneb statistiliste andmetega üksikute funktsioonplokkidest. Need on kasulikud sageli korvivate funktsioonide rakendamisel. Sellist esitust nimetatakse ka funktsioonplokkiskeemiks (FBD).

Sümbol	Kirjeldus	Sümbol	Kirjeldus
	Elementid peavad olema omavahel ühendatud horisontaalsete ja vertikaalsete signaalihoogudega. Vasak külg: sisendparameetrid. Parem pool: väljundparameetrid.		Omistus määrab <i>Boole'i</i> väärtuse B <i>Boole'i</i> väärtusele A. ST: A = B;
	Ploki funktsionaalsus sisestatakse nime või sümboli kujul ploki sisse. Ploki tähistaja ja paikneb ploki kohal.		<i>Boole'i</i> sisend- ja väljundsignaalide eitamist tähistatakse vooluahela sisendis või väljundis.
	Elementide ühendamine horisontaalsete ja vertikaalsete signaaliinide abil. Nt: ülemine vasakpoolne JA operatsioon. Ülemine parem ja alumine vasak: VOI operatsioon.		TON: ON viivitus. Ainult siis, kui signaal A on nt t sekundit, muutub signaal B 0-st 1-ks.
	Enesehoidmine, triger: S: sea väärtus; R: Lähesta; Q: väljund. SR: R on domineeriv. Kasutusnäide: sammulipp. RS: S on domineeriv. Nt: hädaseiskamine.		TOF: OFF viivitus. Ainult siis, kui signaal A on nt t sekundit, muutub signaal B 1-st 0-ks.

Struktuurtekst (ST)

DIN EN 61131 (2014-06)

Struktuurtekst on kõrgtaseme keel ja põhineb ISO-PASCAL süntaksil.

$A := A + B \cdot (B - C);$	Lausung	Tüüp
	:= IF...THEN... CASE FOR WHILE REPEAT EXIT	omistus tinglik väide valikulause iteratsioonilause iteratsioonilause iteratsioonilause väljumine iteratsioonilausest

Funktsiooniplokk-keele (FBL) ja struktuurteksti (ST) võrdlus

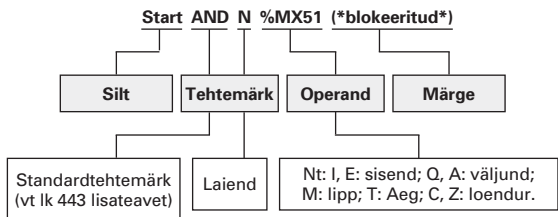
Funktsiooniplokid (näited)	Struktuurtekst (näited)
või	E:= AND (F, G, H); või E:= F & G & H;

PLC programmeerimiskeeled (IL, FBL/FBD ja GRAFCET)

Käsu loend (IL) vastavalt DIN-le ja VDI-le¹⁾

DIN EN 61131 (2014-06), VDI 2880 (tagasi võetud)

Käsu struktuur



Operaatormuutujad

N	Boole'i operandi eitus
C	Korraldus täidetakse vaid siis, kui hinnatud tulemuseks on Boole'i väärtus 1
,	Koma eraldab mitut operandi
(	Operaatori hindamine peatatakse kuni ilmub ")"

Standardoperaatorid

DIN operaator	DIN modifikaator	VDI operaator	Tähendus	DIN operaator	DIN modifikaator	VDI operaator	Tähendus
LD	N	L, U, O	Operandi laadimine	ADD	(	ADD	Liitmine
ST	N	T	Operandi aadressi salvestamine	SUB	(	SUB	Lahutamine
S	-	S	Määrab Boole'i operandi väärtuseks 1	MUL	(	MUL	Korrutamine
R	-	R	Määrab Boole'i operandi väärtuseks 0	DIV	(	DIV	Jagamine
AND	N, (	E	Boole'i JA	JMP	C, N	SP	Hüpe märgendile
&	N, (	O	Boole'i JA	CAL	C, N	BA	Funktsiooniploki väljakutse
OR	N, (	E	Boole'i VÕI	RET	C, N	BE, PE	Tagasihüpe: ploki/programmi lõpp
XOR	N, (	XO	Boole'i välistav VÕI	)	-	-	Seisatud operatsioonide töötlus
=	-	=	Ülesanne (Boole'i)	-	-	NO	Nulloperatsioon
(**)	-	" " //	Kommentaari algus ja lõpp	CAL CTU, CTD	ZV, ZR		Loenda edasi, tagasi

¹⁾ Praktikas leidub palju enam PLC juhtimisi, mida programmeeritakse vastavalt VDI juhistele.

Funktsiooniplokid ja GRAFCET

DIN EN 61131-3 (2014-06), DIN EN 60848 (2014-12)

	GRAFCET	Funktsioonimoodulitega sammude järjestus	Näide
Samm 0 ja samm 1			nt lk 448 võrk 2 nt lk 448 võrk 3
Samm n viivitus puudub			nt lk 448 võrk 4
Samm n viivitusega t sekundites			nt lk 449 võrk 4
Käsu väljundi samm n			nt lk 448 võrk 8

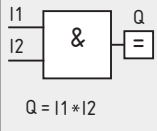
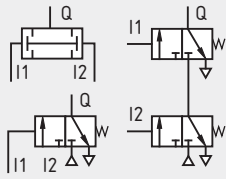
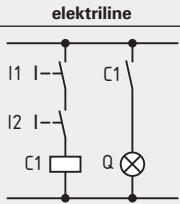
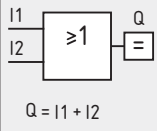

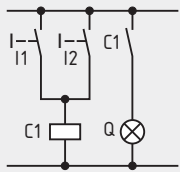
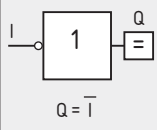
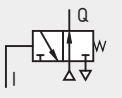
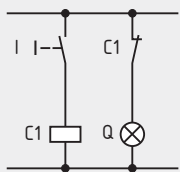
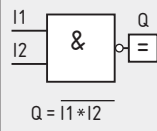
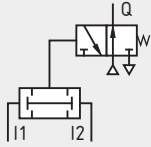
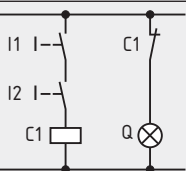
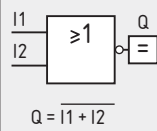
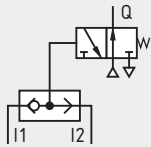
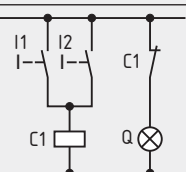
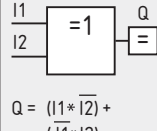
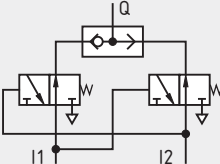
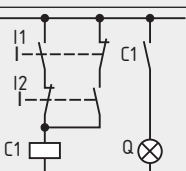
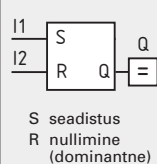
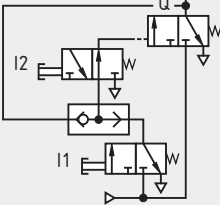
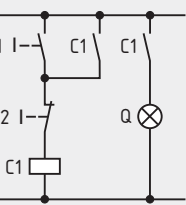
PLC programmeerimiskeeled

Enamlevinud PLC-programmeerimiskeelte võrdlus

Funktsioon kui programmikomponent	Käsuoleud (IL) VDI järgi	Funktsiooniplokk skeem (FBL/FBD)	Redelskeem (LAD)
3 sisendiga AND	A I11 A I12 AN I13 = Q10		
3 sisendiga OR	A I11 O I12 O I13 = Q10		
AND enne OR-i	A I11 A I12 O I13 A I14 = Q10		
OR enne AND-i vahesildiga	A I11 O I12 = M1 A I13 O I14 A M1 = Q10		
Välistav OR (XOR)	A I11 AN I12 O (AN I11 A I12) = Q10		
RS triger Domineerib omistamine	A I12 ¹⁾ R Q11 A I11 S Q11		
RS triger Domineerib lähetestamine	A I11 ¹⁾ S Q11 A I12 R Q11		
Sisselülitus- viivitus (TON)	A I11 = T1 A T1 = Q10		
Lukustus, ON (E 12) domineerib	A I12 O Q10 AN I11 = Q10		

¹⁾ Järgnev kehtib trigeritele: kui S = 1 ja R = 1, siis viimasena programmeeritud funktsioon käsuoleendis domineerib.

Kahendloogika (PLC, pneumaatika, e-pneumaatika)

Funktsoon	PLC (FBL/FBD) Loogikavõrrandid	Funktsoonitabel	Kasutus																
			pneumaatiline	elektriline															
AND	 <p>$Q = I1 * I2$</p>	<table border="1"> <tr><th>I1</th><th>I2</th><th>Q</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I1	I2	Q	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1		
I1	I2	Q																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
OR	 <p>$Q = I1 + I2$</p>	<table border="1"> <tr><th>I1</th><th>I2</th><th>Q</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I1	I2	Q	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1		
I1	I2	Q																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
NOT	 <p>$Q = \bar{I}$</p>	<table border="1"> <tr><th>I</th><th>Q</th></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I	Q	0	1	1	0											
I	Q																		
0	1																		
1	0																		
AND-NOT (NAND)	 <p>$Q = I1 * \bar{I2}$</p>	<table border="1"> <tr><th>I1</th><th>I2</th><th>Q</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I1	I2	Q	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0		
I1	I2	Q																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
OR-NOT (NOR)	 <p>$Q = I1 + \bar{I2}$</p>	<table border="1"> <tr><th>I1</th><th>I2</th><th>Q</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I1	I2	Q	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0		
I1	I2	Q																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	
Välistav OR (XOR)	 <p>$Q = (I1 * \bar{I2}) + (\bar{I1} * I2)$</p>	<table border="1"> <tr><th>I1</th><th>I2</th><th>Q</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I1	I2	Q	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0		
I1	I2	Q																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
Mälu (SR triger)	 <p>S seadistus R nullimine (dominantne)</p>	<table border="1"> <tr><th>I1</th><th>I2</th><th>Q</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>•</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> • muutumatu olek 	I1	I2	Q	0	0	•	0	1	0	1	0	1	1	1	0		
I1	I2	Q																	
0	0	•																	
0	1	0																	
1	0	1																	
1	1	0																	

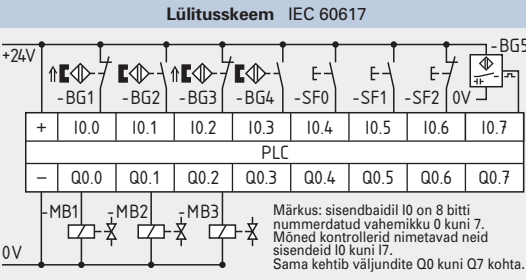
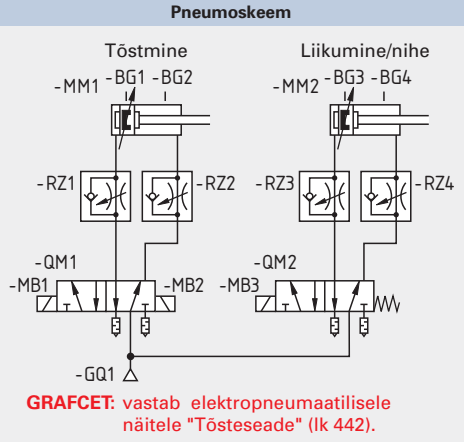
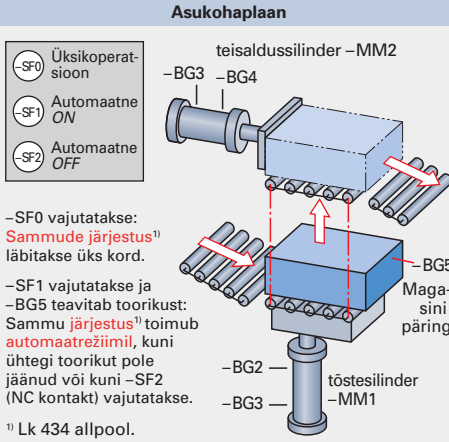
I = sisendid.

Q = väljundid, nt lambid.

C = releed, kontaktid.

Järjendloogikakontroll PLC-ga (tõsteseade)

(Seadmete tähistus: lk 424)



Jaotusloend

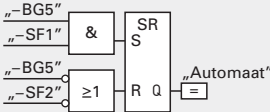
Komponendid	Tähis	Aadress	Märkused
Üksikoperatsiooni algus	-SF0	I0.4	NO kontakt
Automaat ON	-SF1	I0.5	NO kontakt
Automaat OFF	-SF2	I0.6	NC kontakt
Magasini pearing	-BG5	I0.7	Mahtuvuslik (S)
Magnetandurid (herkonid)	-BG1	I0.0	Magnetlüliti, NO kontakt
	-BG2	I0.1	
	-BG3	I0.2	
	-BG4	I0.3	
Ventiilmagnetid	-MB1	Q0.0	MM1 välja
	-MB2	Q0.1	MM2 sisse
	-MB3	Q0.2	MM2 välja

PLC programm

DIN EN 61131-3 (2014-06)

Funktsioonide töörežiimid (FC1)

Vörk 1
 -BG5 teatab silindrist (-BG5 = 1) ja -SF1 (automaatne ON): automatrežiim on seatud (osaline GRFACET G0 lk 442).



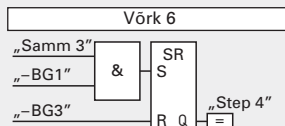
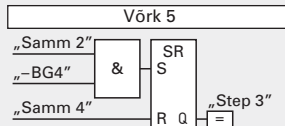
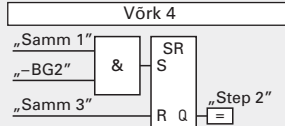
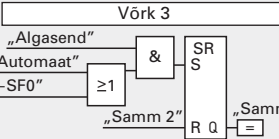
Vörk 2

Kui mõlemad silindrid on tagumises lõppasendis (-BG1 = 1 ja -BG3 = 1), määratakse algasend (samm 0 on osaliselt GRFACET G1 lk 442).



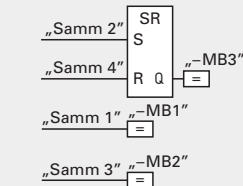
Funktsioonisammude järjestus (FC2)

Sammude järjestus: võrgud 3-6 on osalise GRFACET G1 lk 442 sammud 1 kuni 4. Iga järgmine samm (nt 2. etapp) ei alga enne kui eelmine samm on aktiveeritud (nt samm 1 = 1) ja kui see on lõpetatud (nt -BG2 = 1).



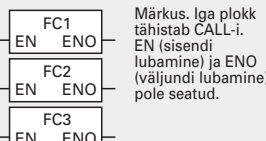
Funktsiooni käsuväljund (FC3)

Vörk 7-9
 Sammud määratakse seotud tegevustele (tegevusväljad on osaliselt GRFACET G1 lk 442). Toimingu salvestuse samm 2 ja samm 4 (tegevusväli noolega) vajavad mälu (trigerelemendid, SR element).



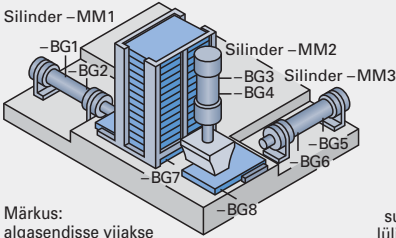
Organisatsiooniplokk (OB1)

Alamfunktsioonid FC1 kuni FC3 on aktiveeritud OB1-s.

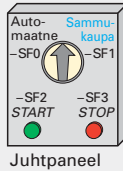


Järjendloogikakontroll PLC-ga (reljeefstantsimispink)

Tehnoloogiline skeem



Märkus: algasendisse viiakse käsirežiimis.



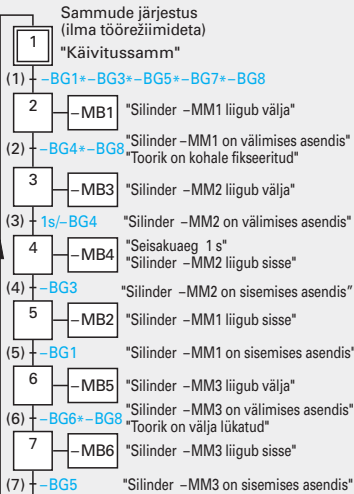
Juhtpaneel

Silindrit juhitakse 5/2 suunaventüüliga, mida lülitavad mõlemalt poolt bistabiilsed elektromagnetid.

Kirjeldus

Toorikud tuleb kokku viia reljeefstantsimisinstrumendi toorikunumbriaga. Andur -BG7 tuvastab, kas toorikuid on vinnanastajast veel saada. Pneumosilinder -MM1 surub tooriku vinnanastajast välja tööasendisse. Pärast seda laiendab ja reljeefib tooriku reljeefsilinder -MM2. Pärast 1 sekundilist viivitust tõmmatakse kõigepealt sisse reljeefsilinder -MM2 ja seejärel etteandesilinder -MM1. Silinder -MM3 on reljeefitava tooriku väljalükkaja. Andur -BG8 tuvastab tooriku väljutamise.

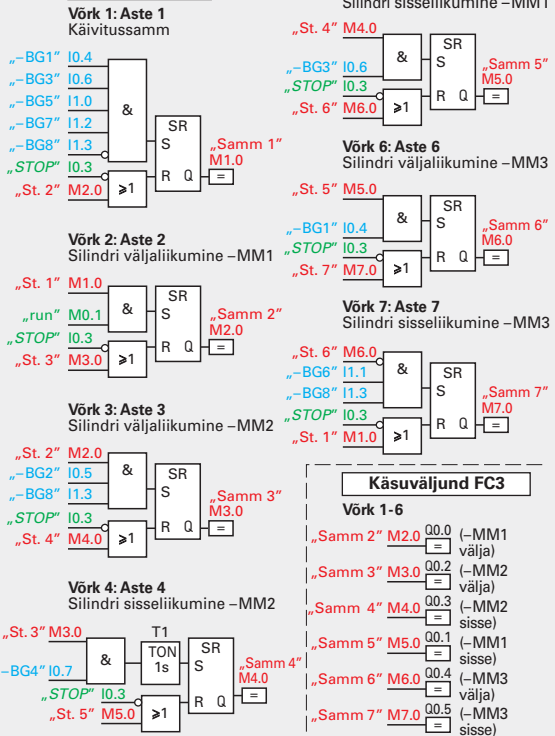
GRAFSET funktsioonikaart



Jaotusloend

Komponent ja tegevus	Komponendi tähistus	Aadress	Märkused
Režiimi lüliti AUTOMAATNE/SAMMUKAUPA	-SF0/-SF1	I0.0/I0.1	NO kontakt
START nupp	-SF2	I0.2	NO kontakt
STOP nupp	-SF3	I0.3	NC kontakt
Lähedusüliliti	-BG1 - -BG4 -BG5 - -BG8	I0.4-I0.7 I1.0-I1.3	NO kontakt
Solenoidventiil (koos sil. -MM1)	-MB1 ja -MB2	Q0.0/Q0.1	-
Solenoidventiil (koos sil. -MM2)	-MB3 ja -MB4	Q0.2/Q0.3	-
Solenoidventiil (koos sil. -MM3)	-MB5 ja -MB6	Q0.4/Q0.5	-

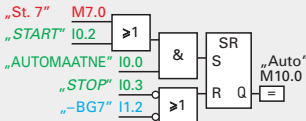
Sammuahel FC2



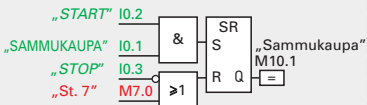
PLC program (OB1-ta, CALL FC1-FC3-ga)

Töörežiimid FC1

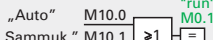
Võrk 1: Automaatrežiim. Samme täidetakse kuni magasin on tühi või kuni kärsuni STOP.



Võrk 2: Sammukaupa. Samme täidetakse ühekaupa kuni viimase sammuni või kuni kärsuni STOP.

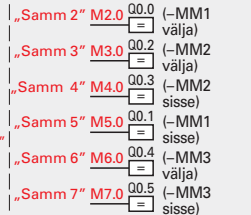


Võrk 3: "Auto" või "Sammukaupa" juhid sammude täitmist käsuga "run".



Käsuväljund FC3

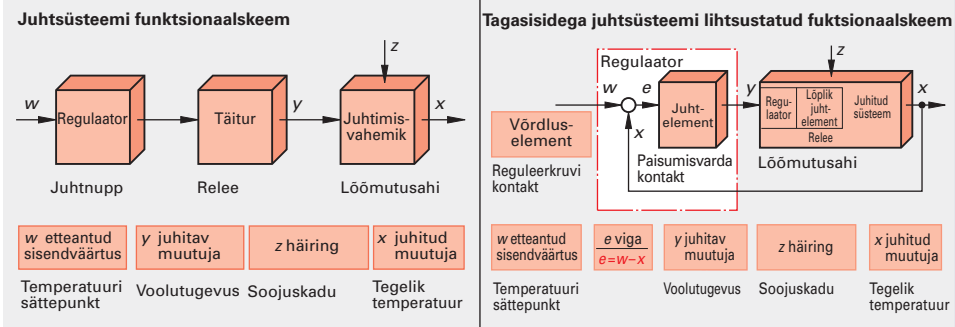
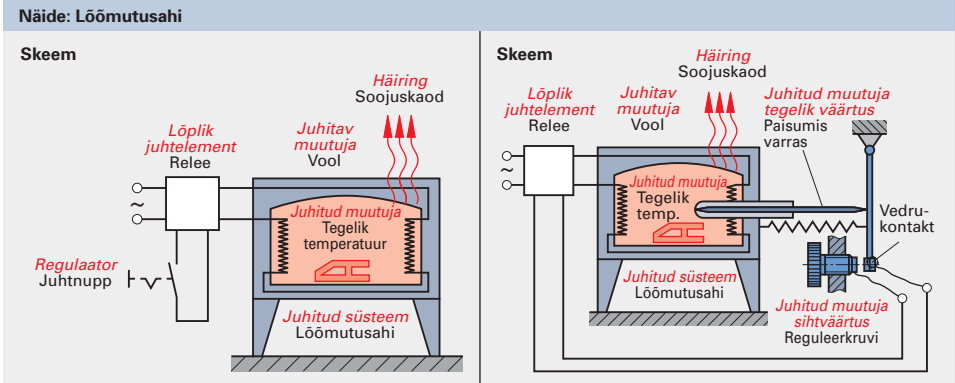
Võrk 1-6



Värvikood: astmelipp punane, üleminekutingimused sinine, otsene/kaudne juhtimine juhtpaneelilt roheline.

Põhimõisted, tähtkoodid

Põhimõisted		DIN IEC 60050-351 (2014-09)
Tagasisideta juhtimine	Tagasisideta juhtimisel mõjutab väljundmuutajat (nt loõmutusahju temperatuur) sisendmuutuja (nt vool küttespiraaalis). Väljundmuutujal pole mõju sisendmuutujale. Tagasisideta juhtimine on avatud kontuuriga tegevuste jada.	Tagasisidega juhtimine
		Tagasisidega juhtimisel monitoritakse juhitavat muutujat (nt tegelik temperatuur loõmutusahjus) pidevalt ja võrreldakse soovitava tasemega (nt soovitud temperatuur), ning kui esineb kõrvalekaldeid, reguleeritakse seadesisendit. Tagasisidega juhtimine on suletud kontuuriga tegevuste jada.



Rakenduspõhine tähtkood DIN EN 62424 (2010-01)

Tähistusnäide:

Esitäh: kategooria

- D tihedus
- E elektripinge
- F voolamine
- G vahemaa, pikkus, positsioon
- H käsisisend/sekumine
- K ajafunktsioon
- L tase
- M niiskus
- P rõhk
- Q kogus
- R kiirgusnäitajad
- S kiirus
- T temperatuur
- W kaal, mass

Järgnevad tähed

- D erinevus
- F suhtarv
- Q summa, integraal

Näide: Rõhuerinevuse tagasisidega juhtimine

Selgitus: P rõhk, D erinevus, I kuvamine, C automaattagasisidega juhtimine

Kõnekeeles: Rõhu tagasisidega juhtimine koos rõhuerinevuse kuvamisega.










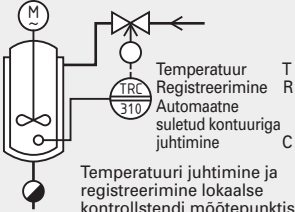




Täiendav info¹⁾

- A veatunnus
- C automaattagasisidega juhtimine
- H ülemine piirväärtus
- I kuvamine
- L alumine piirväärtus
- R registreerimine

¹⁾ Võib olla üksnes ovaalist väljastpool!



















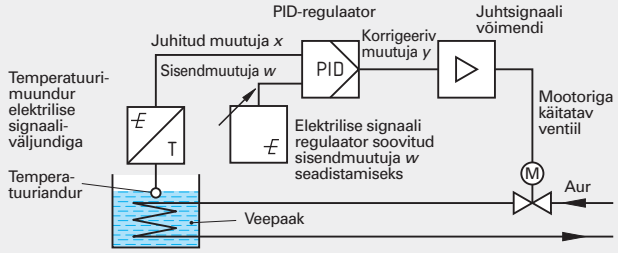


Tingmärgid

DIN EN 62424 (2010-01)

Väljundi & kasutajakontrolli asukoht	Mõju juhitud süsteemile	Möötepunkt, kontrollpunkt
 või  Asukoht, üldine	 Täitur, üldine  Täitur; minimaalse massivoolu või energivoo seaded seatakse välistoite katkemisel.	 Lähtejoon  Möötepunkt, andur  Juhtorgan, kontrollpunkt
 Protsessijuhtimise ruum	 Täitur; maksimaalse massivoolu või energivoo seaded seatakse välistoite katkemisel.	Näide:  Temperatuur Registreerimine T R Automaatne suletud kontuuriga juhtimine C C Temperatuuri juhtimine ja registreerimine lokaalse kontrollistendi möötepunktis 310.
 Lokaalne juhtkonsool	 Täitur; lõppkontrolli seade jääb välistoite katkemisel viimasesse seadistusse.	
 Lokaalne, realiseeritud protsessijuhtimissüsteemiga		
 Lokaalne, realiseeritud protsessiarvutiga		

Seadme lahenduspõhine märgistus

DIN EN 62424 (2010-01)

Tingmärk	Selgitus	Tingmärk	Selgitus	Tingmärk	Selgitus
Andurid		Kontrollerid		Lõppkontrolli & kasutajakontrolli elemendid	
 või  Temperatuuriandur, üldine		 Kontroller, üldine		  Mootoriga käitav ventii	
 Rõhuanur		 Kahepositsioonine kontroller ümberlülitatava väljundiga ja PID käitumisega		 Solenoidiga käitav ventii	
 Ujukiga nivooandur		 Kolmepositsioonine kontroller ümberlülitatava väljundiga		 Elektrilise signaali regulaator	
 Massiandur, kaalud; näiduga		Adapterid		Signaalitähistajad	
		 Rõhuanur pneumaatilise signaaliväljundiga		 Signaal, elektriline  Signaal, pneumaatiline  Analoo signaal  Digitaalsignaal	
Väljundseadmed		Näide: temperatuuriregulaator			
 Displei, üldine tingmärk		 Juhtimissüsteem: Juhtimissüsteem koosneb juhtimisvõimendi, PID-regulaatori, sisendmuutuja w, korregeeriv muutuja y, juhtimissüsteemi väljundmuutuja x, elektrilise signaali reguleeriva seadistamisega, temperatuurianduri, veepaaki, mootoriga käitav ventii ja aur.			
 Analogprint, kanalite arv numbriliselt					
 Monitor					

Analoogregulaatorid

Analoog(pidev)regulaatorid

DIN EN 62424 (2010-01) ja DIN IEC 60050-351 (2014-09)

Analoogregulaatorites võib juhitav muutuja y võtta reguleerimisulatuses mistahes soovitud väärtuse.

Regulaatori tüüp	Nivoo kontrolli näide, kirjeldus	Siirdefunktsioon	Tingmärk ¹⁾ Plokkisitus ²⁾
P-regulaator Proportsionaal-regulaator Väljundmuutuja on proportsionaalne sisendmuutujaga. P-regulaatoritel on püsivead.		x juhitud muutuja y juhitav muutuja e viga 	
I-regulaator Integraalregulaator I-regulaatorid on aeglasemad kui P-regulaatorid, kuid need elimineerivad kõik vead.			
PI-regulaator Proportsionaal-integraalregulaator PI-regulaatorites on P-regulaator ja I-regulaator paralleelselt ühendatud.			
D-regulaator Differentsiaal-regulaator (kiirusliik) D-regulaatorsüsteemid esinevad üksnes koos P- või PI-regulaatorsüsteemidega, kuna puhas D-regulaatori käitumine konstantse veaga ei anna ühtegi juhitavat muutujat ja seetõttu ka tagasisidega juhtimist.			
PD-regulaator Proportsionaal-differentsiaalregulaator PD-regulaator saadakse, kui P-regulaator ning D element on ühendatud paralleelselt. D osa muudab väljundmuutujat proportsionaalselt sisendmuutuja muutusele. P osa muudab väljundmuutujat nii, et see on proportsionaalne sisendmuutuja endaga. PD-regulaatorid toimivad kiiresti.			
PID-regulaator Proportsionaal-integraal-differentsiaalregulaator PID-regulaatorid saadakse P, I ja D-regulaatorite ühendamiseks paralleelselt. Esmalt D osa reageerib juhtsignaalile suure muutusega, seejärel see muutus vähendatakse ligikaudu P elemendi suuruse võrra ja viimaks I elemendi toime põhjustab vastutoime lineaarse tõusu.			

¹⁾ Tingmärk vastavalt DIN EN 62424.

³⁾ Signaalköver juhitud süsteemi sisendis.

²⁾ Ploki esitus vastavalt DIN IEC 60050-351.

⁴⁾ Signaalköver juhitud süsteemi väljundis.

Katkestus- ja digitaalregulaatorid

Lülituv(katkestus)regulaatorid

Regulaatorite ümberlülitus muudab juhitud muutujat y katkeliselt lülitades mitmeastmeliselt.

Regulaatori tüüp	Näide, kirjeldus	Sirdefunktsioon, lülituskäitumine	Tingmärk Plokk-kujtus
Kahepunkti-regulaator			
Kolmepunkti-regulaator	<p>Õhu konditsioneerimissüsteem</p> <p>Õhu konditsioneerimissüsteemis on kolm temperatuurivahemikku jaotatud kolme lülitipositsiooni vahemikku:</p> <ul style="list-style-type: none"> - soojendus ON, - soojendus/jahutus OFF, - jahutus ON. 		

Digitaalregulaatorid (tarkvaralised regulaatorid)

Digitaalse regulaatori töörežiim on teostatud arvutiprogrammi kujul.

Regulaatori tüüp	Näide (lihtsustatud)	Sirdefunktsioon	Selgitus
Arvuti Programmeeritav loogikaregulaator (PLC) Mikroregulaator Mikroprotsessor	<p>Digitaalne PID-regulaator</p>		<p>Arvutiprogrammil on järgmised ülesanded:</p> <ul style="list-style-type: none"> - genereerida viga e - arvutada programmeeritud juhtimisalgoritmide põhjal juhitud muutuja y. <p>Hüppekaja ajal P, D ja I-osad summeeritakse.</p> <p>Analoogsignaale valik kontrolli ja nende teisen-dusel digitaalsetek väärtusteks ja sisemiseks programmeeritavaks põhjustab juhitud muutuja x ajalise viivituse (sarnaselt T-juhitud süsteemiga).</p>

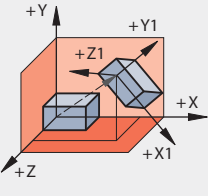
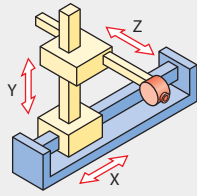
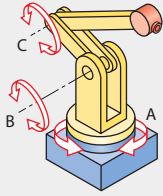
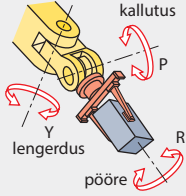
P-juhitud süsteemid ajalise viivitusega (T osa)

Regulaatori tüüp	Näide	Sirdefunktsioon	Selgitus
P-juhitud süsteem 1. järku viivitusega (P-T₁ juhitud süsteem)			Kui surveanum täidetakse gaasijoaga, saavutab rõhk P_1 anum asstmeliselt gaasivoolu rõhu.
P-juhitud süsteem 2. järku viivitusega (P-T₂ juhitud süsteem)			Kui kaks surveanumat on järjestikku ühendatud, kasvab rõhk P_2 teises anum as aeglasemalt kui rõhk P_1 esimeses anum as.

Koordinaatsüsteemid, -teljed ja tingmärgid

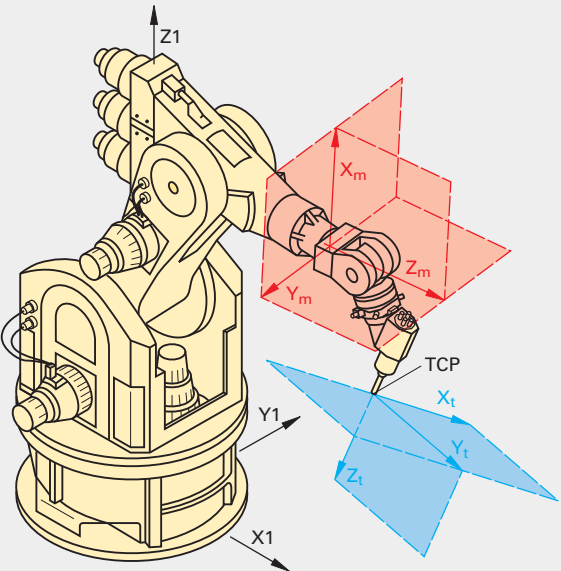
DIN EN ISO 9787 (tühistatud)

Robotiteljed

Koordinaatsüsteem	Roboti põhiteljed positsioneerimiseks		Roboti lisateljed suunistamiseks
			
Toorikute või instrumentide ruumis käsitlemiseks on vajalik järgnev: <ul style="list-style-type: none"> • 3 vabadusastet positsioneerimiseks, ja • 3 vabadusastet suunistamiseks. 	Soovitavasse ruumipunkti jõudmiseks on vaja 3 roboti põhitelge.	Ristkoordinaadistiku robotid	3 roboti lisatelge ruumiliseks suunistamiseks: <ul style="list-style-type: none"> • R (pööre), • P (kallutus), • Y (lengerdus).
	3 translatsioonitelge (T-teljed) tähistatud kui X, Y ja Z	Liigendkäega robotid		3 pöördetelge (R-teljed) tähistatud kui A, B ja C


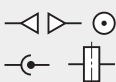
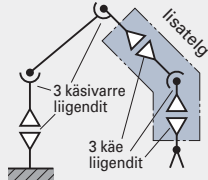


Koordinaatsüsteemid

DIN EN ISO 9787 (tühistatud)

	Baaskoordinaatsüsteem
	Baaskoordinaatsüsteem viitab: <ul style="list-style-type: none"> • monteerimistasandi tase X-Y tasapinnaks; • roboti kesse Z-telje jaoks.
	Ääriku koordinaatsüsteem
	Ääriku koordinaatsüsteem viitab roboti põhitelje lõpptasandile.
	Instrumenti koordinaatsüsteem
	Instrumenti koordinaatsüsteemi algus paikneb instrumenti keskpunktis TCP (<i>Tool Center Point</i>). Instrumenti keskpunkti kiiruseks on roboti kiirus ja instrumenti teerajaks on roboti trajektor.

Robotite esituse tingmärgid (valimik)

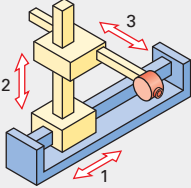
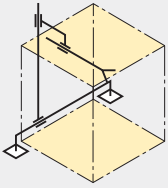
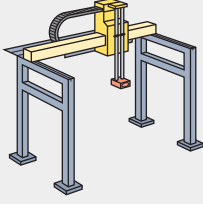
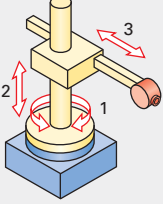
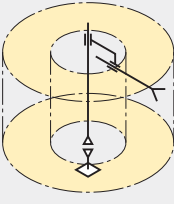
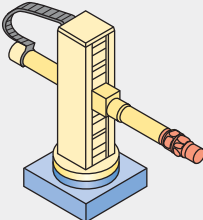
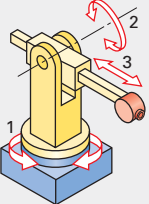
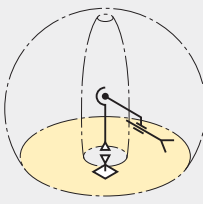
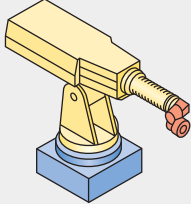
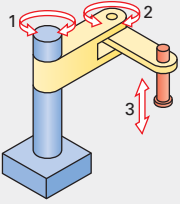
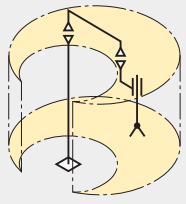
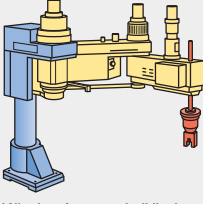
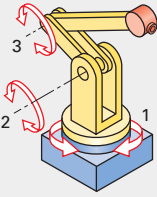
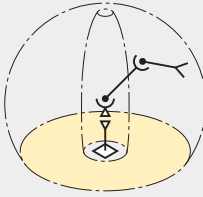
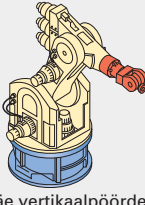
VDI 2861 (1988-05)

Tähistus	Tingmärk	Tähistus	Tingmärk	Näide: RRR robot
Translatsioonitelg (T-telg)¹⁾ Translatsioonitelg (teleskoopfunktsioon) Translatsiooniteljeväliselt		Pöördeteljed (R-teljed)²⁾ Joondatud rotatsioon Joondamata rotatsioon		
Haarats		Lisateljed (nt pööreks, kallutuseks ja lengerduseks)		

¹⁾ Translatsioon = sirgjooneline liikumine.²⁾ Rotatsioon = pöördliikumine.

Robotite üldkonstruktsioon

DIN EN ISO 9787 (tühistatud)

Mehaaniline struktuur ¹⁾	Kinemaatika ²⁾ ja tööruum	Kujunduse näited	Omadused, kasutus
Ristkoordinaadistiku robot 	TTT-kinemaatika 	 Portaalrobot	Põhiteljed: <ul style="list-style-type: none"> • 3 translatsioonitelge Kasutus: <ul style="list-style-type: none"> • suur tööruum, seetõttu tihti ülaportaalid; • instrumentide ja töödeldavate detailide etteandmine tootismoodulitesse; • lehetõttul laser- ja vesilõikusega; • virnastamine.
Silindriline robot 	RTT-kinemaatika 	 Sammasrobot	Põhiteljed: <ul style="list-style-type: none"> • 1 pöördtelg, • 2 translatsioonitelge. Kasutus: <ul style="list-style-type: none"> • sobiv suurte raskuste tõstmiseks; • raskete valtsitud ja valatud detailide laadimiseks; • kaubaaluste ja instrumendi- peade transport; • teisaldus.
Polaarrobot 1 	RRT-kinemaatika 	 Käe vertikaalpöördega robot	Põhiteljed: <ul style="list-style-type: none"> • 2 pöördtelge, • 1 translatsioonitelg. Kasutus: <ul style="list-style-type: none"> • teleskooptüüpi telg 3, vastavalt sügavam tööruum; • punkt- ja lihtteekonnaga keevitus, nt autokered; • teisaldus survevalumasinatega
Polaarrobot 2 Tüüp: SCARA³⁾ robot 	RRT-kinemaatika 	 Käe horisontaalpöördega robot	Põhiteljed: <ul style="list-style-type: none"> • 2 pöördtelge, nt horisontaalne rotatsioonipaar; • 1 translatsioonitelg. Kasutus: <ul style="list-style-type: none"> • peamiselt vertikaalne koostamisala; • punkt- ja lihtsa teekonnaga keevitus; • teisaldustööd.
Liigendkäega robot 	RRR-kinemaatika 	 Käe vertikaalpöördega robot	Põhiteljed: <ul style="list-style-type: none"> • 3 pöördtelge. Kasutus: <ul style="list-style-type: none"> • laadimis- ja koostamisala; • keerukas keevitus; • värvimistööd; • liimliited; • piiratud ruumi tingimus, samas suur tööala.

¹⁾ Teljed on tähistatud numbritega, kus telg 1 on esimese liikumise telg.

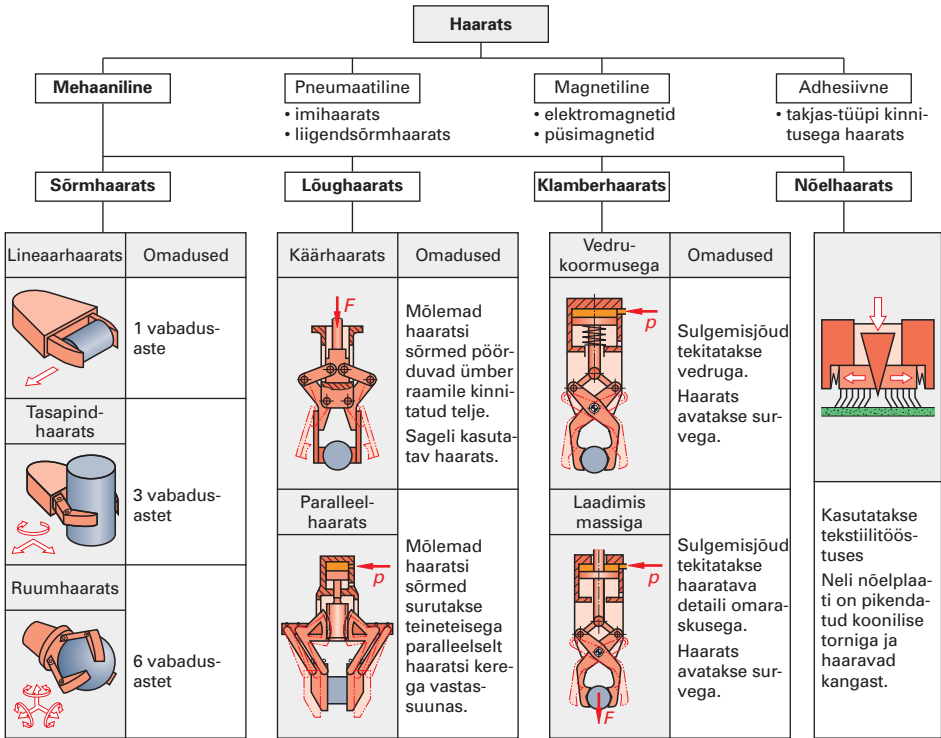
²⁾ R = pöördteljel; T = translatsiooniteljel (tähtsed "R" ja "T" pole standarditud).

³⁾ SCARA = horisontaalse liigendkäega robot (**S**elective **C**ompliance **A**ssembly **R**obot **A**rm).

Haaratsid. Robotsüsteemi ohutus

Haaratsid

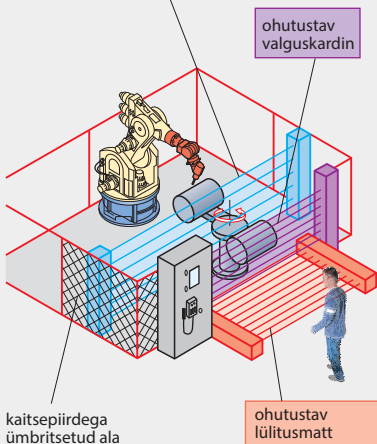
DIN EN ISO 14539 (kehtetu) ja VDI 2740 (1995-04)



Robotsüsteemi ohutus

DIN EN 61496 (2014-05), DIN EN ISO 14120 (2016-05), DIN EN ISO 10218 (2012-01)

kaitsekardin anduritega, mis võivad töödeldava detaili vahetamisel eristada inimest ja robotit



Termin	Selgitus
Maksimaalne ruum	Ala hõlmab: <ul style="list-style-type: none"> • roboti liikuvaid osi; • instrumendi äärikut; • töödeldavat detaili.
Piiratud juurdepääsuga ruum	Osa maksimaalsest ruumist, kuhu ei tohi robotsüsteemi võimaliku rikke korral siseneda.
Eraldav ohutuspiire	Ohjetarad, kaitsed, püskapslid, lukustusseadmed (DIN EN ISO 14120)
Kontaktivaba aktiveerimisega kaitsesüsteem	Ohtliku ala turve: valguskardinad ja valgusbarjäärid. Ala seire: laserskannerid. Juurdepääsukaitsed: valgusvõred ja valgusbarjäärid (DIN EN ISO 61496).
Olulised ohutusstandardid	
DIN EN ISO 12100	Masinate ohutus – riskihindamine
DIN EN 61496	Masinate ohutus – elektritundlik kaitseseadmetistik
DIN EN ISO 13850	Masinate ohutus – avariiväljalülitusfunktsioon
DIN EN ISO 13855	Masinate ohutus – kaitseseadmetistiku paigaldus
DIN EN ISO 7731	Akustilised ohuteavitussignaalid

Elektriohutusmeetmed

Ettevaatusabinõud elektrilöögi vastu

DIN VDE 0100-410 (2007-06)

Kaitse otsese ja kaudse kontakti eest

Kaitse:

- ohutu väikepinge (SELV - *Safety Extra Low Voltage*);
- maandatud kaitsevääkepinge-ahel (PELV - *Protective Extra Low Voltage*);
- talitlusväikepinge (FELV - *Functional Extra Low Voltage*).

Kaitse elektrilöögi eest normaaltingimustel: otsepuute korral

Kaitse:

- aktiivsete osade kaitse-isolatsiooniga, nt kaabel;
- isoleeriva pindega, nt elektriseadmete korpused;
- vahemaaga, nt kaitsekatted, seadme ekraaniümbrised;
- tõkked, nt kaitsepiire, korpus.

Kaitse elektrilöögi eest rikke korral: kaudpuute korral

Kaitse:

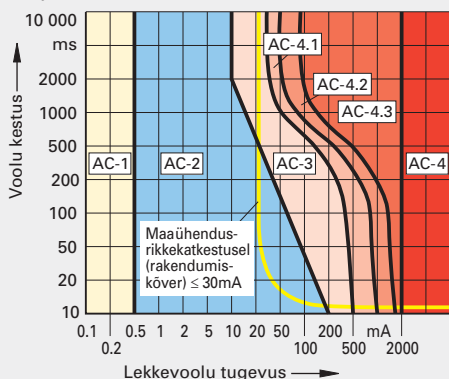
- automaatne väljalülitus või hoiatus, nt rikkevoolukaitsega seade;
- potentsiaalide võrdsustus;
- mittejuhtivad alad; nt isoleerkatted;
- kaitseisolatsioon, nt isolatsioonimaterjaliga korpused.

Täiendav kaitse rikkevoolu kaitselülitiga

Vahelduvvoolu mõju

IEC 60479-1 (2007-05)

Ohutusdiagramm AC 50 Hz tarvis käest käeni või jalast käeni täiskasvanutele.



Tsoon

Füüsiline mõju inimesele

AC-1

Tavaliselt mõju pole

AC-2

Tavaliselt pole vigastavaid füüsilisi mõjusid

AC-3

Tavaliselt organite vigastused puuduvad, hingamisraskused (> 2 s), lihaskrambid

AC-4.1

Ventrikulaarse fibrillatsiooni tõenäosus 5%

AC-4.2

Ventrikulaarse fibrillatsiooni tõenäosus kuni 50%

AC-4.3

Ventrikulaarse fibrillatsiooni tõenäosus üle 50%

AC-4

Südameseiskus, hingamise peatus, ülisuured põletused (suurenevad koos mõjumisaja ja voolutugevusega)

Automaatkaitsemed ja juhtme ristlõikepindala

DIN VDE 0635 (1984-02),
DIN VDE 0298-4 (2013-06)

Kaitsme nimivool I_n , A	Kaitsme värvikood	Minimaalne ristlõikepindala, mm ² Cu juhtme jaoks paigaldusviisi (vt allpool)								Kaitsme nimivool I_n , A	Kaitsme värvikood	Minimaalne ristlõikepindala, mm ² Cu juhtme jaoks paigaldusviisi (vt allpool)							
		A1		B1		B2		C				A1		B1		B2		C	
		2	3	2	3	2	3	2	3			2	3	2	3	2	3	2	3
10 (13)	punane	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	25	kollane	6	4	2.5	4	4	4	2.5	4
16	hall	2.5	2.5	1.5	2.5	1.5	2.5	1.5	1.5	35	must	10	10	6	6	6	10	4	6
20	sinine	4	4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	50	valge	16	16	10	10	10	16	10	10

Kaablite ja isoleerjuhtmete paigaldus

DIN VDE 0298-4 (2013-06)

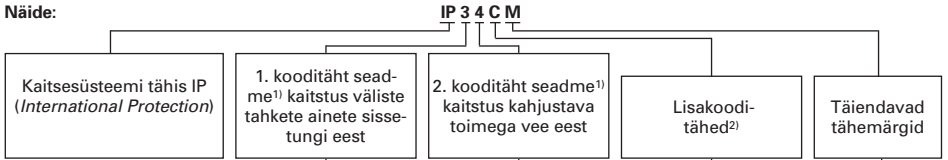
Ühesoone- line kaabel A1		Paigaldus soojusisoleeritud seinas elektrikaabli- karbis.	Mitme- soone- line kaabel B2		Paigaldus elektrikaabli- karbis või seinas sees kaabli- kanalis või aluslaudade taga.
Ühesoone- line kaabel B1		Paigaldus elektrikaabli- karbis või seinas sees või kaablikanalis.	Mitme- soone- line kaabel C		Paigaldus vahetult seinal või selle sees.

Elektriseadme kaitseliik ja plahvatuskaitse

Elektriseadme kaitsesüsteem

DIN EN 60529 (2014-09), DIN EN 60598-1 (2015-10)

Näide:



Koodi nr	1. koodi nr		Koodi nr	2. koodi nr		Lisakooditähed	
	Kaitse juhusliku kontakti eest	Kaitse väliste objektide eest		Veekaitse	Sümbol ³⁾		
0	Kaitset pole	Kaitset pole	0	Kaitset pole	Puudub		
1	Kaitstud käeseljakontakti eest	Kaitstud välisobjektide ($d \geq 50$ mm) läbitungimise eest	1	Kaitse vertikaalsete tilkade eest		A Kaitstud käeseljakontakti eest	
2	Kaitstud sõrmekontakti eest $d = 12$ mm	Kaitstud välisobjektide ($d \geq 12.5$ mm) läbitungimise eest	2	Kaitse veetilkade eest kui seade on kallutatud 15°		B Kaitstud sõrmekontakti eest $d = 12$ mm, pikkus 80 mm	
3	Kaitstud tööriistakontakti eest $d = 2.5$ mm	Kaitstud välisobjektide ($d \geq 2.5$ mm) läbitungimise eest	3	Kaitstud 60° nurgaga veepihustuse eest		C Kaitstud tööriistakontakti eest $d = 2.5$ mm, pikkus 100 mm	
4	Kaitstud kontakti eest traadiga $d = 1$ mm	Kaitstud välisobjektide ($d \geq 1$ mm) läbitungimise eest	4	Kaitstud veepihustuse eest kõikidest suundadest		D Kaitstud traadikontakti eest $d = 1$ mm, pikkus 100 mm	
5	Kaitstud traadikontakti eest $d = 1$ mm	Kaitstud tolmu eest	Sümbol ³⁾ 	5	Kaitstud veejoa eest kõikidest suundadest		Täiendavad tähemärgid
6	Kaitstud traadikontakti eest $d = 1$ mm	Tolmu-kindel		6	Kaitstud tugeva veejoa eest kõikidest suundadest		H Kõrgepingeseadmed
				7	Kaitstud ajutise vette sukeldamise eest		M Testitud vee sisselaske vastu töötavas olekus
				8	Kaitstud pideva vette sukeldamise eest		S Testitud vee sisselaske vastu seisvas olekus
				9	Kaitstud veejoa kõrge rõhu ja kõrge temperatuuri eest	Puudub	W Ilmakiindlus
							"Kõrgsurvepesuri test"

¹⁾ Kui koodi number pole antud, kasutatakse selle asemel tähte X, nt IP X6 või IP 3X.

²⁾ Antakse vaid siis kui kaitse on suurem kui 1. koodi number.

³⁾ Tingmärkide kasutus on vabatahtlik.

Elektriseadmed plahvatusohtlikele keskkondadele

DIN EN 60079-0 (2014-06), ATEX 2014/34/EU (2014-02)

ATEX¹⁾ direktiiv
DIN EN 60079

Lühend	Kaitse liik (valimik)	Grupp II (plahvatusohtlikud gaasid, valim) ²⁾			Lühend	Pinnatemperatuur	Lühend DIN ³⁾	Lühend ATEX ³⁾	Seadme kaitsetase (EPL)
		A	B	C					
o	õlisse kastmine	Metaan, propaan, butaan, propüleen, benseen, toluol, naftaliin, tärpentiin, petroleum, bensiin, masuut, diislikütus, vingugaas, metanool, metalldehüüd, atsetoon, happed, kloriidid	Etüleen, akrüül-niitrit, vesiniksüaniid, dimetüül-eeter, propüleenoksiid, koksigaas, tetrafluoretüleen.	Vesinik, atsetüleen, süsinikdisulfid, etüül-niitrit	T1	450°C	Ga	1G	väga kõrge
px	rõhu all kest				T2	300°C	Gb	2G	kõrge
q	liivatäide				T3	200°C	Gc	3G	laiendatud
d	leegikindel kest suurendatud ohutus				T4	135°C			
e					T5	100°C			
					T6	85°C			

¹⁾ ATEX = „Atmosphère Explosive”. ²⁾ Grupp I: Kaevandamine; Grupp II: Gaasid; Grupp III: Tolm/udemed. ³⁾ Grupp I: B; Grupp II: G; Grupp III: D.

Elektrimootorid

IEC 60034 (2009-11), DIN EN 60617 (1997-08)

Elektrimootor/omadused (valimik)	Tähis	Kasutus
Alalisvoolumootor - välise ergutusega. Kiirus jääb koormusel enam-vähem püsivaks, suur kiirusvahemik suurtel koormustel		Liftid, konveierisüsteemid, klaasitõstukid ja klaasipuhastimootorid söidukites.
Ühefaasiline vahelduvvoolu jadaergutusmootor (universaalne mootor). Töötavad alalis- või vahelduvvooluga. Pöördemoment tõuseb, kui kiirus langeb, st mootor "veab välja". Sisaldab kuluvaid osi, süsinikharjad ja kollektor.		Käsiuurmasinad, tolmuimejad, segistid.
Kolmefaasiline vahelduvvoolu asünkroonmootor (lühisrootoriga). Lihtne struktuur, vastupidav, vähesed hooldusega, väike kiiruse langus koormusel. Kiirust saab reguleerida juhtelektroonika abil.		Tööspindli ajamid, pumpade, kompressorite ja konveierisüsteemide ajamid.
Kolmefaasiline vahelduvvoolu asünkroonmootor (faasirootoriga). Suur käivitusmoment. Sisaldab kuluvaid osi, harjad ja kollektor. Kiirust saab reguleerida juhtelektroonika abil.		Tötesteadmed, suured veevärgipumbad.
Kolmefaasiline vahelduvvoolu sünkroonmootor (püsimagnet-ergutusega). Väga kõrge kasuteguri, suure jõudluse ja kompaktsed suurused. Kiirus sõltub koormusest, sobib seega töomasina ajamiseks. Kiirust saab reguleerida juhtelektroonika abil.		Toiteajamid (servomootor), tööspindli ajamid, robotid.
Sammomootor. Täpne positioneerimine, madalad jõud ja kiirused servomootoritena.		Printerid, plotterid, lineaarajamid.

Asünkroonmootori andmesilt		Asünkroonmootori pöördemomendi tunnusjoon	
vt Masinadirektiiv 2006/42/EÜ ja IEC 60034			
1	Asünkroonmootor	ASM 100L-2	9
2	Motorwerk ETM Industriestr. 12 D-45678 Stadt		10
3	0123456	5.41 A	11
4	Δ 400 V	$\cos \varphi$ 0.87	12
5	3 kW	50 Hz	13
6	2890 1/min	IP 54	14
7	Isul. cl. F	2018	15
8	IE2	Valmistatud Saksamaal	

Andmesildi kirjete selgitus

Nr.	Sümbol	Määratlus	Märkus
1		Masina tüüp	Mootori tüüp, nt asünkroonmootor.
2		Tootja	Tootja nimi ja täielik aadress.
3		Seerianumber	Selle numbri määrab tootja.
4	U	Nimipinge	Toitepinge ja võimalik ühenduse tüüp (nt kolmnurkühendus).
5	P_N	Nimivõimsus	Lubatud püsiv mehaaniline väljundvõimsus (võllil).
6	n	Nimipöörlemissagedus	Pöörlemissagedus, 1/min, nimikoormusel.
7		Isolatsiooniklass	Mähise termostabiilsus ¹⁾ . DIN EN 61558, DIN EN 60085 (2008-08)
8		Kasutusklass	IE2 (kõrge kasutegur): uute mootorite minimaalne kasutusklass. IEC 60034-30
9		Mootori tüüp	Seeria või tüübi tähis. Sageli suurus ja polaarsus.
10		CE-märgis	Näitab, et tootega seotud Euroopa Liidu direktiivide nõuded on täidetud.
11	I	Nimivoolutugevus	Energiatarve nimipingel ja nimikoormusel.
12	$\cos \varphi$	Võimsustegur	Faasinurk nimipingel ja nimikoormusel.
13	f	Nimisagedus	Vahelduvvoolu sagedus.
14		Kaitseüsteem	Kaitstus võõrkehade, kokkupuute ja vee eest ²⁾ . DIN 60529 (2014-09)
15		Valmistusaasta	Tootmise lõpetamise aasta.

¹⁾ Suurim mähise lubatud temperatuur, °C ümbritseva õhu temperatuuril kuni 40°C: Y 90°; A 105°; E 120°; B 130°; F 155°; kuni 60°C: H 180°; C >180°.

Mootori tööiga lüheneb, kui max. ümbritseva õhu temperatuur on ületatud.

²⁾ IP - omadused antakse 2-kohalise numbriga vastavalt tabelile lk 458.

Elektrimootorid

Arvutusnäide

Ühe poolspaariga asünkroonmootor on tähistatud andmesildiga lk 451. Arvutada: libistus s , kasutegur η ja pöörlemisega M_t nimalitlusel.

$$n_s = \frac{50 \frac{1}{s} \cdot 60 \frac{s}{\text{min}}}{1} = 3000 \frac{1}{\text{min}}$$

$$s = \frac{3000 \frac{1}{\text{min}} - 2890 \frac{1}{\text{min}}}{3000 \frac{1}{\text{min}}} \cdot 100\% = 3,7\%$$

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 5,41 \text{ A} \cdot 0,87 = 3260,9 \text{ W}$$

$$\text{kus } P_2 = 3000 \text{ W: } h = \frac{3000 \text{ W}}{3260,9 \text{ W}} \cdot 100\% = 92\%$$

$$M_t = 9550 \cdot \frac{3 \text{ kW}}{2890 \frac{1}{\text{min}}} = 9,91 \text{ Nm}$$

Kaitseklass DIN EN 61140 (2007-03)

Kaitse ohtliku pingest (vt lk 457):

Maandusjuhe **Kaitseisolatsioon** **Ohtu väikepinge**



Korpus on maandatud



Pingestatud komponendid on täiendavalt isoleeritud



Ohtu pinge (patareid, ohtustrafa)

Magnetvälja pöörlemine ja libistus

n_s sünkroonkiirus (elektromagnetvälja pöörlemissagedus), 1/min

f sagedus, Hz

p poolspaaride arv

s libistus, %

n pöörlemissagedus (rootor), 1/min

Elektriline võimsus

P võimsus, W

E pingeline, V

I voolutugevus, A

Sünkroonkiirus

$$n_s = \frac{f \cdot 60 \frac{s}{\text{min}}}{p}$$

Libistus (asünkroonmootor)

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100\%$$

Võimsus (alalisvoolumootor)

$$P = E \cdot I$$

Võimsus (vahelduvvoolumootor)

$$P = E \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Võimsus (kolmefaasiline mootor)

$$P = \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Mootori kasutegur

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

Mootori pöörlemoment

$$M_t = 9550 \cdot \frac{P}{n}$$

Kasutegur ja pöörlemoment

P_2 mootori kasulik võimsus, W

P_1 elektrivõrgust tarbitav võimsus, W

Segaühikutega võrrandis:

M_t pöörlemoment, Nm

P mootori võimsus, kW

n pöörlemissagedus, 1/min

Juhtmete ja ühenduste tähistus

DIN EN 60445 (2018-02)

Juhi liik	Kooditähed	Juhtme värvus	Sümbol	Näide Alaldi lülitus
Vahelduvvooluvõrk	Liinijuht 1	L1	must ¹⁾	
	Liinijuht 2	L2	pruun ¹⁾	
	Liinijuht 3	L3	hall ¹⁾	
	Neutraaljuhe	N	helesinine	
Maandusjuht	PE	rohe-kollane		
PEN-juht (maandusfunktsiooniga neutraaljuht, PE + N)	PEN	rohe-kollane ²⁾		
Maandus	E	roosa ¹⁾		

Seadme ühendus

Ühendus	Tähistus	Näide
Liinijuht 1	U	
Liinijuht 2	V	
Liinijuht 3	W	

¹⁾ Liinijuhtide eelistatud värvid on must, pruun ja hall. Talitusmaandusjuhi eelistatud värv on roosa (üksnes otsastusel ja ühenduspunktid) Rohe-kollast ega sinist ei tohi kasutada.

²⁾ PEN-juhtmetel on pidev rohe-kollane värv. Et vältida segiajamist PE-juhtmetega, on PEN-juhtmetel lisaks markeeritud juhtmelõppudes helesinisega, nt traatklambri või kleplindiga.

Materjalide rahvusvaheline võrdlustabel

Tabel I						
Saksamaa		USA	U. K.	Prantsusmaa	Jaapan	Rootsi
Standard						
DIN, DIN EN	Tunnusnr.	AISI/SAE	BS	AFNOR	JIS	SS
Ehitusterased ja masinaterased						
S185	1.0035	A 283 (A)	1449 15 HR; HS	A 33	-	1300
S235JR	1.0037	1015, A 283	Fe 360 B	E 24-2	STKM 12 A; C	1311
S235JRG1	1.0036	A 283 (C)	Fe 360 B 4360-40 B	-	-	1311, 1312
S235JRG2	1.0038	A550.36	Fe 360 B; 6323-ERW 3; CEW 3	E 24-2 NE	STKM 12A; C	1312
S235J0	1.0114	-	4360-40 C	E 24-3, E 24-4	-	-
S235J2G3	1.0116	A 515 (55)	Fe 360 D 1 FF	E 24-3, E 24-4	-	1312, 1313
S235J2G4	1.0117	1513	A 2	E 36-4	-	-
S275JR	1.0044	1020	Fe 430 B FU	E 28-2	SN 400 B; C; SN 490 B; C	1412
S275J0	1.0143	A 572 (42)	4360-43 C	E 28-3, E 28-4	-	1414-01
S275J2G3	1.0144	A 500 (A; B; D)	Fe 430 D1 FF	E 28-3, E 28-4	SM 400 A; B; C	1411, 1412, 1414
S355JR	1.0045	-	4360-50 B	E 36-2	STK 400	2172
S355J0	1.0553	A 678 (C)	A 3	320-560 M	-	1606
S355J2G3	1.0570	1024; 1524	1449 50/35 HR; HS	E 36-3, E 36-4	STK 500	2132 to 2134, 2174
S355J2G4	1.0577	A 738 (A; C)	Fe 510 D2 FF	A 52 FP	-	2174
S355K2G3	1.0595	A 678 (C)	224-430	-	-	-
S355K2G4	1.0596	A 678 (C)	224-430	-	-	-
E295	1.0050	A 570 (50)	Fe 490-2 FN	A 50-2	SS 490	1550, 2172
E335	1.0060	A 572 (65)	Fe 590-2 FN	A 60-2	SM 570	1650
E360	1.0070	-	Fe 590-2 FN	SM 570	1650	-
Mittelegeer kvaliteetserased						
S275N	1.0490	A 516 (60)	-	-	-	-
S275M	1.8818	A 715 (7)	-	-	-	-
S355N	1.0545	A 714 (III)	4360-50 E	E 355 R	-	2334-01, 2134-01
S355M	1.8823	A 715 (7)	-	-	-	-
Legeerväriterased						
S420N	1.8902	A 633 m	-	E 420 R	-	-
S420M	1.8825	-	-	-	-	-
S460N	1.8901	A 633 m	-	E 460 R	-	-
S460M	1.8827	A 734 (B)	-	-	-	-
Kõrge voolupiiriga parendatud (K+KõN) ehitusterased						
S460QL	1.8906	-	4360-55 F	S 460 Q, T	SM 520 B, C	2143
S500QL	1.8909	-	-	S 500 T	-	-
S620QL	1.8927	-	-	S 620 T	-	-
S960QL	1.8933	-	-	S 960 T	-	-
Tsementiitavad mittelegeerterased						
C10E	1.1121	1010	040 A 10, 045 M 10	C 10, CX 10	S 9 CK, S 10 C	1265
C10R	1.1207	1011	-	E 355 C	-	-
C15E	1.1141	1015	040 A 15, 080 M 15	XC 12	S 15, S 15 CK	1370
C15R	1.1140	1016	080 A 20	-	-	-
Tsementiitavad legeerterased						
16MnCr5	1.7131	5115	527 M 17	16 MC 5, 16 Mn Cr 5	-	2173
16MnCrS5	1.7139	5115	620-440	16 MC 5	-	2127
18CrMo4	1.7243	5120/5120 H	527 M 20	20 MC 5	Scr 420 M	2523
18CrMoS4	1.7244	5120/5120 H	527 M 20	20 MC 5	Scr 420 M	2523
20MoCr4	1.7321	K 12220	-	-	-	-
20MoCrS4	1.7323	K 12220	-	-	-	-
15NiCr13	1.5752	3310	655 H 13	12 NC 15	SNC 815 (H)	-
20NiCrMo2-2	1.6523	8620 H	805 H 20	20 NCD2	SNCM 220 H	2506
20NiCrMoS2-2	1.6526	8620/8620 H	-	20 NCD 2	SNCM 220 M	2506
17NiCrMo6-4	1.6566	-	815 M 17	18NCD6	-	2523
17NiCrMoS6-4	1.6569	4718/47 18 H	-	-	-	-
20MnCr5	1.7147	5120	527 M 20	20 MC 5	SMn C 420 H	-
20MnCrS5	1.7149	5120/5120 H	527 M 20	20 MC 5	Scr 420 M	2523

Materjalide rahvusvaheline võrdlustabel

Tabel II

Saksamaa	USA	U. K.	Prantsusmaa	Jaapan	Rootsi	
Standard						
DIN, DIN EN	Tunnusnr.	AISI/SAE	BS	AFNOR	JIS	SS
14NiCrMo13-4	1.6657	9310	832 M 13	16 NCD 13	-	-
18CrNiMo7-8	1.6687	-	-	18 NCD 6	-	-
Parendatud (K+KõN) mittelegeerterased						
C22	1.0402	1020	055 M 15	AF 42 C 20	S 20 C, S 22 C	1450
C22E	1.1151	1023	055 M 15	2 C 22, XC 18, XC 25	S 20 C	1450
C25	1.0406	1025	070 M 26	1 C 25	-	-
C25E	1.1158	1025	(070 M 26)	2 C 25, XC 25	S 25 C, S 28 C	1450
C35	1.0501	1035	060 A 35	C 35, 1 C 35	S 35 C, S 35 CM	1572, 1550
C35E	1.1181	1035	080 A 35	C 35	S 35 C	1550, 1572
C45	1.0503	1045	080 A 46	C 45	S 45 C, S 45 CM	1672, 1650
C45E	1.1191	1042, 1045	080 M 46	XC 42 H 1	S 45 C	1672
C60	1.0601	1060	060 A 62	C 60	S 58 C	-
C60E	1.1221	1064	060 A 62, 070 M 60	2 C 60	S 58 C, S 60 CM, S 65 CM	1665, 1678
C30	1.0528	G 10300	080 A 30	XC 32	S 30 C	-
C35	1.0501	1035	060 A 35	-	-	-
C40	1.0511	1040	080 M 40	AF 60 C 40	-	F. 114A
C50	1.0540	G 10500	080 M 50	XC 50	S 50 C	-
C55	1.0535	1055	070 M 55, 5770-50	C 54; 1 C 55	S 55 C, S 55 CM	1655
Parendatud (K+KõN) legeerterased						
38Cr2	1.7003	-	120 M 36	38 C 2, 38 Cr 2	-	-
38CrS2	1.7023	5140	530 A 40	42 C 4	Scr 440 M	2245
46Cr2	1.7006	5045	-	42 C 2, 46 Cr 2	-	-
46CrS2	1.7025	A 768 (95)	-	-	SNB 5	-
34Cr4	1.7033	5132	530 A 32	32 C 4, 34 Cr 4	Scr 430 (H)	-
34CrS4	1.7037	4340/4340 H	818 M 40	35NCD6	SNCM 439	-
37Cr4	1.7034	5135	530 A 36	37 Cr4, 38 C 4	Scr 435 (H) (M)	-
37CrS4	1.7038	5135/5135 H	-	38 Cr 4	Scr 435 H	-
25CrMo4	1.7218	4118	708 M 25	25 CD 4	SCM 420	2225
24CrMoS4	1.7213	4130/4130 H	CDS 110	30 CD 4	SCM 430 M	2223-01
41Cr4	1.7035	5140	530 A 40	41 Cr 4, 42 C 4	Scr 440 (H) (M)	-
41CrS4	1.7039	L 1	524 A 14	-	-	2092
34CrMo4	1.7220	4137	708 A 37	35 CD 4	SCM 432	2234
42CrMo4	1.7225	4140	708 M 40	42 CD 4	SCM 440 (H)	2244
50CrMo4	1.7228	4150, 4147	708 A 47	50 Cr Mo 4	SCM 4454 (H)	2512
51CrV4	1.8159	6150	735 A 50	50 CV 4	SUP 10	2230
36CrNiMo4	1.6511	9840	817 M 37	36 CrNiMo 4, 35 NCD 5, 40 NCD 3	-	-
34CrNiMoS4	1.6582	4337, 4240	816 M 40, 817 M 40	34 CrNiMo 8	SNCM 447	2541
30NiCrMo8	1.6580	-	823 M 30	30 CrNiMo 8	SNCM 431	-
36NiCrMo16	1.6773	5135/5135 H	-	38 Cr 4	Scr 435 M	-
Nitriiditavad terased						
31CrMo12	1.8515	-	722 M 24	30 CD 12	-	2240
34CrAlMo5-10	1.8507	A 355 Cl.D	-	30 CAD 6.12	-	-
40CrAlMo7-10	1.8509	E 7140	905 M 39, En 41 B	40 CAD 6.12	SACM 1, SACM 645	2940
40CrMoV13-9	1.8523	-	897 M 39	-	-	-
Leek- ja induktsoonkarastatavad terased						
Cf45	1.1193	1045	060 A 47, 080 M 46	XC 42 H 1 TS	S 45 C, S 45 CM	1672
42Cr4	1.7045	5140	530 A 40	42 C 4 TS	Scr 440	2245
41CrMo4	1.7223	4142	708 M 40, 3111-5/1	42 CD 4 TS	SNB 22, SCM 440	2244
Cf35	1.1183	1035	080 A 35	XC 38 H 1 TS	S 35 C, S 35 CM	1572
Cf53	1.1213	1050	070 M 55	XC 48 H 1 TS	S 50 C, S 50 CM	1674
Cf70	1.1249	-	-	-	-	-
Hea lõiketöödeldavusega terased						
11SMn30	1.0715	1213	230 M 07	S 250	SUM 22	1912
11SMnPb30	1.0718	12 L 13	-	S 250 Pb	SUM 23 L	1914

Materjalide rahvusvaheline võrdlustabel

Tabel III						
Saksamaa	USA	U. K.	Prantsusmaa	Jaapan	Rootsi	
Standard						
DIN, DIN EN	Tunnusnr.	AISI/SAE	BS	AFNOR	JIS	SS
11SMn37	1.0736	1215	-	S 300	SUM 25	-
11SMnPb37	1.0737	12 L 14	-	S 300 Pb	-	1926
10S20	1.0721	1108, 1109	(210 M 15)	10 F 2	-	-
10SPb20	1.0722	-	-	10 Pb F 2	-	-
35S20	1.0726	1140	212 M 36	35 MF 6	-	1957
46S20	1.0727	1146	En 8 DM	45 MF 4	SUM 43	-
Mittelegeerkülmtooriistaterased						
C80U	1.1525	W 108	-	C 80 E 2 U, Y, 80	-	-
C105U	1.1545	W 1	BW 1 A	Y 105	SK 3	1880
Legeerkülmtooriistaterased						
45WCrV7	1.2542	S 1	BS 1	45 WCrV 8	S 1	2710
60WCrV8	1.2550	S 1	BS 1	55 WC 20	-	-
100MnCrW4	1.2510	O 1	BO 1	90 MnWCrV 5	SKS 3	-
90MnCrV8	1.2842	O 2	BO 2	90 Mn V 8, 90 MV 8	-	-
X210Cr12	1.2080	P 3	BD 3	Z 200 C 12	SKD 12	2710
102Cr6	1.2067	L 3	(BL 3)	100 Cr 6, Y 100 C 6	SUJ 2	-
45NiCrMo16	1.2767	-	BP 30	Y 35 NCD 16	-	-
X153CrMoV12	1.2379	D 2	BD 2	Z 160 CDV 12	SKD 12	2260
X100CrMoV51	1.2363	A 2	BA 2	Z 100 CDV 5	SKD 12	2260
X40CrMoV51	1.2344	H 13	BH 13	Z 40 CDV 5	SKD 61	2242
X210CrW12	1.2436	D4 (D6)	BD 6	Z 210 CW 12-01	SKD 2	2312
Legeerkuumtooriistaterased						
55NiCrMoV7	1.2714	-	-	-	SKS 51	-
X37CrMoV5-1	1.2343	H 11	BH 11	Z 38 CDV 5	SKD 6	-
32CrMoV12-28	1.2365	H 10	BH 10	32 CDV 12-28	-	-
Kiirlokaterased						
HS6-5-2C	1.3343	M 2	BM 2	HS 6-5	SKH 51	2722
HS6-5-2-5	1.3243	M 35	BM 35	Z 85 WDKCV 06-05-04-02	SKH 55	2723
HS10-4-3-10	1.3207	-	BT 42	HS 10-4-3-10	SKH 57	-
HS2-9-2	1.3348	M 7	-	HS 2-9-2, Z 100 DCVV 09-04-02-02	-	2782
HS2-9-1-8	1.3247	M 42	BM 42	HS 2-9-1-8	SKH 59	2716
S2-9-2-8	1.3249	M 42	BM 34	-	-	-
Austenitroostevabaterased						
X10CrNi18-8	1.4310	301	301 S 21/22	Z 12 CN 18-09	SUS 301	2331
X2CrNi18-9	1.4307	F 304 L	304 L	-	SUS F 304 L	-
X5CrNi18-9	1.4350	304	304 S 31	Z 5 CN 18-09	SUS 304	2332
X2CrNi19-11	1.4306	304 L	304/305 S 11	Z 2 CN 18-10	SCS 19, SUS 304 L	2352
X2CrNi18-10	1.4311	304 LN	304 S 61	Z 3 CN 18-07 Az	SUS 304 LN	2371
X5CrNi18-10	1.4301	304	304 S 17	Z 5 CN 17-08	SUS 304	2332, 2333
X8CrNiS18-9	1.4305	303	303 S 22/31	Z 8 CN 18-09	SUS 303	2346
X6CrNiTi18-10	1.4541	321	321 S 31/51	Z 6 CNT 18-10	SUS 321	2337
X4CrNi18-12	1.4303	305/308	305 S 17, 305 S 19	Z 5 CN 18-11 FF	SUS 305 J1, SUS 305	-
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	316	316 S 13/17/19	Z 3 CND 17-11-01	SUS 316	2347
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	316 Ti	320 S 18/31	Z 6 CNDT 17-12	SUS 316 Ti	2350
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	316 L	316 S 11/13/14	Z 3 CND 17-12-03/ Z 3 CND 18-14-03	SUS 316 L	2353
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	316 LN	326 S 63	Z 3 CND 17-12 Az	(SUS 316 LN)	2375
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	316 L	316 S 11	Z 2 CND 17-12	SUSF 316 L	2348
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	USN N 08904	-	Z 2 NCDU 25-20	-	2562
Ferritroostevabaterased						
X2CrNi12	1.4003	A 268	-	-	-	-
X6Cr13	1.4000	403	403 S 17	Z 8 C 12, Z 8 C 13 FF	SUS 403	2301
X6Cr17	1.4016	430	430 S 15	Z 8 C 17	SUS 430	2320
X2CrTi12	1.4512	409	409 S 19	Z 3 CT 12	SUH 409	-

Materjalide rahvusvaheline võrdlustabel

Tabel IV

Saksamaa		USA	U. K.	Prantsusmaa	Jaapan	Rootsi	
DIN, DIN EN		Tunnusnr.	Standard		JIS	SS	
		AISI/SAE	BS	AFNOR			
X6CrMo17-1	1.4113	434	434 S 17	Z 8 CD 17.01	SUS 434	-	
X2CrMoTi18-2	1.4521	443/444	-	-	SUS 444	2326	
Martensiitroostevabaterased							
X12CrS13	1.4005	416	416 S 21 Z 11CF13	SUS416	-	2380	
X12Cr13	1.4006	410	410 S 21	Z 10 C 13	SUS 410	2302	
X20Cr13	1.4021	420	420 S 37	Z 20 C 13	SUS 420 J 1	2303	
X30Cr13	1.4028	420 F	420 S 45	Z 30 C 13	SUS 420 J 2	2304	
X46Cr13	1.4034	-	(420 S 45)	Z 44 C 14, Z 38 C 13 M	SUS 420 J 2	2304	
X39CrMo17-1	1.4122	5925	-	-	-	-	
X3CrNiMo13-4	1.4313	CA 6-NM	425 C 11	Z 4 CND 13.4 M	SCS 5, SCS 6	2384	
Kuumvaltsvedruiterased							
38Si7	1.5023	-	-	41 Si 7	-	-	
46Si7	1.5024	9255	-	51 S 7, 51 Si 7	-	2090	
55Cr3	1.7176	5155	525 A 58	55 Cr 3, 55 C 3	SUP 9 (A) (M)	2253	
61SiCr7	1.7108	9261, 9262	-	61 SC 7	-	-	
51CrV4	1.8159	6150	735 A 50	55 Cr V 4	SUP 10	2230	
Pehmeterasest külmvaltsriba ja -leht							
DC03	1.0347	A 619	14493 CR	E	CR 2	1146	
DC04	1.0338	A 620 (1008)	1449 2 CR; 3 CR	ES	SPCE; HR 4	1147	
Libegrafiitmalmid (hallmalm)							
EN-GJL-100	5.1100	A 48 20 B	1452 Grade 100	Ft 10 D	G 5501 FC 10	0110-00	
EN-GJL-150	5.1200	A 48 25 B	1452 Grade 150	A 32-101 FGL 150; FT 15 D	G 5501 FC 15	0115-00	
EN-GJL-200	5.1300	A 48 30 B	1452 Grade 220	A 32-101 FGL 200; FT 20 D	G 5501 FC 20	0120-00	
EN-GJL-250	5.1301	A 48 40 B	1452 Grade 250/ 260	A 32-101 FGL 250; FT 25 D	G 5501 FC 25	0125-00	
EN-GJL-300	5.1302	A 48 45 B	1452 Grade 300	A 32-101 FGL 300; FT 30 D	G 5501 FC 30	0130-00	
EN-GJL-350	5.1303	A 48 50 B	1452 Grade 350	A 32-101 FGL 350; FT 35 D	G 5501 FC 35	0135-00	
Keragrafiitmalmid							
EN-GJS-350-22	5.3100	-	-	-	-	0717-15	
EN-GJS-500-7	5.3200	A 536 60-45-12	2789 Grade 500/7	A 32-201 FGS 500-7	G 5502 FCD 500	0727-02	
EN-GJS-600-3	5.3201	A 536 80-55-06	2789 Grade 600/3	A 32-201 FGS 600-3	G 5502 FCD 600	0732-03	
EN-GJS-700-2	5.3300	A 536 10070-03	2789 Grade 700-2	A 32-201 FGS 700-2	G 5502 FCD 700	0737-01	
Temperalmid							
EN-GJMW-350-4	5.4200	-	86681 W 35-04	A 32-701 MB 35-7	G 5703 FCMW 330	-	
EN-GJMW-400-5	5.4202	-	6681 W 40-05	A 32-701 MB 40-05	G 5703 FCMW 370	-	
EN-GJMW-450-7	5.4203	-	6681 45-07	A 32-701 MB 450-7	G 5703 FCMWP 440	-	
EN-GJMB-350-10	5.4101	A 47 Grade 22010+32510	310 B 340/12	A 32-702 MN 350-10	G 5703 FCMB 340	0815-00	
EN-GJMB-450-6	5.4205	-	6681 P 45-06	A 32-703 MP 50-5	-	0854-00	
EN-GJMB-550-4	5.4207	-	6681 P 55-04	A 32-703 MP 60-3	G 5703 FCMP 540	0856-00	
EN-GJMB-650-2	5.4300	-	6681 P 65-02	-	-	0862-03	
EN-GJMB-700-2	5.4301	A220 Grade 70003	6681 P 70-02	A 32-703 MP 70-2	G 5703 FCMP 690	0862-03	
Üldotstarbe valuterased							
GS-38	1.0420	-	-	-	SC 360	-	
GS-45	1.0446	A 27	-	-	SC 450	-	
Survemahutite valuterased							
GP240GH	1.0619	A 216 Grade WCC	1504-161 Gr. B	-	-	-	
G17CrMo5-5	1.7357	A 217 Grade WC 6	-	-	-	-	
Alumiinium ja deformeeritavad alumiiniumisulamid							
			vana	uus	vana	uus	
Al 99.5	1050 A	1050 A	1 B	1050 A	A-5	1050 A	4007
Al Mn1	3103	3103	N3	3103	-	-	4054
Al Mn1Cu	3003	3003		(3103)	A-M 1	3003	A 3003



Materjalide rahvusvaheline võrdlustabel

Tabel V								
Saksamaa		USA		U. K.		Prantsusmaa	Jaapan	Rootsi
Standard								
DIN, DIN EN	Tunnusnr.	AISI/SAE	BS		AFNOR		JIS	SS
Al Mg1	5005 A	5005 A	N 41	5005	A-G 0.6	5005	A 5005	4106
Al Mg2	5251	5251	N 4	5251	A-G 2 M	5251	-	-
Al Mg3	5754	5754	-	-	A-G 3 M	5754	-	4125
Al Mg5	5019/5119	5019/5119	-	-	A-G 5	-	-	-
Al Mg3Mn	5454	5454	N 51	5454	A-G 3 MC	5454	A 5454	-
Al Mg4.5Mn0.7	5083	5083	N 8	5083	A-G 4.5 MC	-	A 5083	4140
AlCuPbMgMn	2007	2007	-	-	A-U 4 PB	-	-	4335
Al Cu4PbMg	2030	2030	-	-	-	-	-	-
Al MgSiPb	6012	6012	-	-	A-SGPB	-	-	-
Al Cu4SiMg	2014	2014	H 15	(2014 A)	A-U 4 SG	-	-	-
Al Cu4MgSi	2017	2017	-	-	A-U 4 G	-	A 2017	-
Al Cu4Mg1	2024	2024	2 L 97/9	2024	A-U 4 G1	2024	A 2024	-
Al MgSi	6060	6060	H 9	(6063)	A-GS	6060	A 6063	4103
Al Si1MgMn	6082	6082	H 30	6082	A-SGM 0.7	6082	-	4212
Al Zn4.5Mg1	7020	7020	H 17	7020	A-Z 5 G	7020	(A 7 N 01)	4425
Al Zn5Mg3Cu	7022	7022	-	-	A-Z 4 GU	-	-	-
Al Zn5.5MgCu	7075	7075	2 L 95/96	7075	A-Z 5 GU	7075	A 7075	-
Alumiiniumi valusulamid								
AC-AISI7Mg	AC-42000	A 356	L M 25		A-S 7 g		-	-
Magneesiumisulamid, titaan, titaanisulamid								
MgMn2	3.3520	M 1 A	MAG-E-101		G-M 2		-	-
MgAl3Zn	3.5312	AZ 31 B	MAG-E-111		G-A 3 Z 1		-	-
MgAl6Zn	3.5612	AZ 61 A	MAG-E-121		G-A 6 Z 1		-	-
MgAl8Zn	3.5812	AZ 80 A	-		G-A 7 Z 1		-	-
Ti1	3.7025	-	T A 1		-		-	-
Ti2	3.7035	-	T A 2		-		-	-
TiAl6V4	3.7165	-	T A 10-13, 28, 56		-		-	-
TiAlMo4Sn2	3.7185	-	T A 45-51,57		-		-	-

Kirjastaja ja tema sidusorganisatsioonid on hoolitsenud ülaltoodud andmete kogumise eest oma võimaluste piires. Kirjastus, ükski sidusorganisatsioon ega tõlkija ei võta endale vastutust selle raamatu andmeid kasutavatele osapooltele tekkida võiva kaotuse ega kahju eest, mis võib olla põhjustatud selle raamatu sisust või siin esitatud avaldusest või selle väljajätmisest.

Kasutatud standardite ja muude regulatsioonide nimistu

Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk	Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk
DIN			DIN		
13	ISO meeterkeermed	210	1661	Äärikuga kuuskantmutrid	236
74	Süvised	230	1700	Mitteraudmetallid, tähistus	183
76	Keerme väljajooksud	90	1850	Liugelaagripuksid	265
82	Rihveldus	92	2080	Järsud koonused	248, 311
103	ISO trapetsmeeterkeermed	211	2093	Taldrikvedrud	251
158	Koonuskeermed	211	2215	Tavakiirihmad	257
202	Keermed, ülevaade	208	2403	Torustikud, märgistus	417
228	Meeterkoonused ja morsekoonused	248, 311	2445	Õmbluseta terashüdrotorud	431
250	Raadiused	65	3760	Võllitihendid	274
319	Ümarkäepidemed	252	3966	Hammastaste mõõtmestamine	103
323	Eelisarvud	65	4760	Kujuhälbed	99
332	Tsentriavad	92	4983	Terahoidikud, tähistus	318
336	Keermeava puuri läbimõõt	210	4984	Terahoidjad, konstruktsioon	318
406	Mõõtmestamine	76...83	5406	Laagerduste hammaseidid	272
434	Kaldsed nelikantseidid U-profiilile	241	5412	Silinderrull-laagrid	270
435	Kaldsed nelikantseidid I-profiilidele	241	5418	Rull-laagrid, paigaldusmõõtmed	271
461	Koordinaatide süsteemid	58, 59	5425	Veerelaagrite paigaldustolerantsid	112
466	Rihveldatud käsimutrid, kõrged	238	5520	Mitteraudmetallide painutusraadiused	378
467	Rihveldatud käsimutrid, madalad	238	6311	Tugiplaadid	258
471	Paigaldusrõngad võllile	273	6319	Sfäärseidid ja koonuspesad	254
472	Paigaldusrõngad avale	273	6320	Pea ja keermestatud varvaga jalad	256
508	T-soone mutrid	254	6321	Seade- ja tugisõrmed	253
509	Väljajooksusooned	93	6323	Juhtliistud	254
580	Tõste aaskruvid	224	6332	Tugiotsakuga seadekruvid	252
582	Tõste aasmutrid	237	6335	Ristkäepidemed	253
609	Kuuskantpeaga täppiskruvid	219	6336	Tähtkäepidemed	253
616	Veerelaagrid, mõõtmeseeriad	267	6348	Kiirkinnitusega puurimisrakised	255, 256
617	Nõellaagrid	272	6780	Avad, lihtsustatud kujutamise	84
623	Veerelaagrid, tähistus	267	6785	Treitud detailide otsad	89
625	Radialkuullaagrid	269	6796	Koonusvedruseidid	241
628	Radialtugikuullaagrid	269	6799	Paigaldusseidid	273
650	T-sooned	254	6885	Prismaliistud	247
711	Tugikuullaagrid	270	6886	Kiilud	246
720	Koonusrull-laagrid	271	6887	Ninakilud	246
780	Hammastaste mooduliseeriad	261	6888	Segmentliistud	247
787	T-soone poldid	254	6912	Kuuskantpesaga silinderpeakruvid,	
824	Jooniste voltimine	66		tsentriavaga	220
835	Tikkpoldid	224	6935	Terase painderaadiused	378, 379
908	Kuuskantpesakorgid	224	7157	Eelisivud	113
910	Kuuskantpesakorgid	224	7500	Keeretvormivad kruvid	223
929	Keevismutrid	238	7719	Laiad kiirihmad	257
935	Kroonmutrid	238	7721	Hammastrihmad	257, 259
938	Tikkpoldid	224	7722	Kahepoolsed kiirihmad	257
939	Tikkpoldid	224	7726	Vahtmaterjalid	195
962	Kruvide/poltide tähistus	215	7753	Kitsad kiirihmad	257, 258
962	Mutrite tähistus	233	7867	Kiilsoonrihmad	257
974	Süvised	231	7975	Ava läbimõõdud keermestavatele kruvidele	223
981	Veerelaagerduste soonmutrid	272	7984	Kuuskantpesaga silinderpeakruvid,	
1025	I-profiilteras	156, 157		madalpea	220
1026	U-profiilteras	153	7989	Terastarindite seidid, tootejark C	240
1301	Mõõtühikud	10...12	9715	Deformeeritavad magneesiumisulamid	181
1304	Füüsikaliste suuruste tähttäised	13	9819	tsentreerimissammastega stantsiplokkid	373
1319	Mõõtetulemus	279	9825	Stantsiplokkide juhtsambad	373
1445	Peaga ja keermestatud varvaga sõrmed	244	9831	Juhtpuksid	373
1530	Tõukurvardad	385	9861	Ümartemplid	373
1587	Kübarmutrid	237	16716	Juhtpuksid	385

Kasutatud standardite ja muude regulatsioonide nimistu

Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk	Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk
DIN			DIN EN		
16760	Plaadid	385	10027	Teraste tähistus, margitähised	126...130
16761	Juhtsambad	385	10051	Riba- ja lehtteras, kuumvaltsitud	148
17852	Kübarmutrid	237	10055	T-profiilteras	153
17860	Titaan, titaanisulamid	181	10056	Nurkprofiilteras	154, 155
25570	Torude painderaadiused	378	10058	Ristkülikvardad, kuumvaltsitud	151
30910	Pulbermetallid	187	10059	Ruutvardad, kuumvaltsitud	151
31051	Hoolduse alused	300	10060	Ümarvardad, kuumvaltsitud	151
34821	Hammaspesaga silinderpeakruvid	221	10079	Terastooted	131
50113	Pöördpainde väsimusteim	202	10083	Parendatavad (K+KõN) terased	130, 138, 165
50125	Tõmbeteimikud	201	10083	Leek- ja induktsioonkarastatavad terased	139
51385	Jahutusvedelikud	312	10084	Tsementiitavad terased	130, 137, 164
51502	Määrdeained, tähistus	275, 276	10085	Nitriiditavad terased	130, 139, 166
51524	Hüdrovedelikud	430	10087	Hea löiketöödeldavusega terased	130, 139, 166
53804	Statistiline analüüs	283, 284	10088	Roostevabaterased	130, 141, 142
55350	Kvaliteedikontroll ja katsetamine	282	10089	Vedruaterased, parendatavad (K+KõN)	143
62114	Isolatsiooniklassid	459	10130	Riba- ja lehtteras, külvaltsitud	128, 147
66025	CNC masinad, programmi struktuur	350...353	10210	Kuumvaltsitud õonesprofiilid	127, 158
66217	CNC masinad, koordinaatsüsteem	349	10213	Survemahutite valuteras	170
69051	Kuulkruid	212	10219	Külvaltsitud õonesprofiilid	158
69871	Järsud koonusvardad	311	10226	Torukeermed (tihendavad)	212
69893	Õõnsad koonusvõllid	311	10268	Kõrge voolepiiriga terasest lehttooted, külvaltsitud	128
70852	Soonmutrid	237	10268	Leht- ja ribateras, kuumvaltsitud	147
70952	Hammaseibid	237	10270	Vedruerastraat, patent-tõmmatud	143, 249
			10277	Kalibreeritud terastoodete terased	127, 128, 130
				Mitteleegerterased, kalibreeritud	144
				Hea löiketöödeldavusega terased, kalibr.	144
				Tsementiitavad terased, kalibreeritud	145
				Parendatavad (K+KõN) terased, kalibr.	145
			10278	Ümarteras, kalibreeritud	152
			10293	Valuteras	170
485	Al ja deformeeritavad Al-sulamid	175, 176	10297	Õmblusteta torud, masinaehituseks	128, 130
515	Alumiiniumisulamite olek	174	10297	Õmblusteta torud	149
573	Alumiiniumisulamite tähistus	174	10305	Terasest täppistorud	128, 149
754	Alumiiniumisulamid, tõmmatud	175, 176	10346	Kuumsukelduspinnatud riba- ja lehtteras	128, 148
755	Alumiiniumisulamid, ekstrudeeritud	175, 176	12163	Vasetsingisulamid	184, 185
1045	Kõvajoodisjootmise räbustid	401	12164	Vasetsingipiisulamid	184
1089	Gaasiballoonid, märgistus	391, 398	12413	Lihvimine, suurim löikekiirus	343
1173	Vasesulamid, materjali olek	183	12536	Gaaskeevituse vardad	393
1412	Vasesulamid, tunnusnumbrid	183	12844	Tsink ja tsingisulamid	183, 185
1560	Malmide tähistus	167	12890	Mudelik, kahanemisvaru	171, 172
1561	Liblegrafiitmalm	169	14399	Kuuskantpeakruvid, suure võtmemõduga,	219
1562	Tempermalm	170		Kuuskantpeatäppiskruvid, suure võtmemõduga	219
1563	Keragrafiitmalm	169		Kuuskantmutrid, suure võtmemõduga	236
1661	Äärikuga kuuskantmutrid	236		Lameseibid HV poltliidetele	241
1706	Alumiiniumi valusulamid	177	15860	Termoplastidest pooltooted	194
1753	Magneesiumi valusulamid	181	20273	Kruvide ja poltide liiteavad	216, 231
1780	Alumiiniumi valusulamid, tähistus	177	22339	Karastamata koonustihvtid	243
1780	Alumiiniumvalandid, olek	177	22340	Ilma peata sõrmed	244
1982	Vasesulamid	183, 185	22341	Peaga sõrmed	244
10020	Teraste liigitus	124	24015	Peene varvaga kruvid	218
10025	Konstruktiooniterased	127, 135	27434	Seadekruvid	225
10025	Parendatud (K+KõN) kõrge voolepiiriga konstruktsiooniterased	136	27435	Seadekruvid	225
			28738	Sõrmliidete seibid	241
10025	Keevitatavad peenterakonstruktsiooniterased	136	29454	Pehmejoodiste räbustid	401

Kasutatud standardite ja muude regulatsioonide nimistu

Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk	Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk
DIN EN			DIN EN ISO		
60079	Plahvatusohtlikud keskkonnad	458	4759	Kruvide/poltide tootejärgud	216
60085	Isolatsiooniklassid	459	4762	Kuuskantpesaga silinderpeakruvid/poldid	220
60445	Elektrijuhid, värvid	460	4766	Seadekruvid	225
60529	Kerede kaitseklassid	458	4957	Tööriistaterased	130, 140, 164
60598-1	Valgustid – nõuded, IP-sümbolid	458	5457	Jooniste formaadid	66
60617	Skeemid, tingmärgid	438, 459	6433	Positsiooni numbrid	67
60848	GRAF CET	432...437	6506	Brinelli kõvaduskatse	203
60893	Laminaadid	197	6507	Vickersi kõvaduskatse	204
60947	Lähedustundlikud lülitid, andurid	441	6508	Rockwelli kõvaduskatse	204
61082	Elektriskeemid	439	6892	Tõmbeteim	201
61131	PLC programmeerimiskeeled	443...449	6947	Keeviõmbluste asendid	390
61140	Kaitseklassid	460	7010	Turvavärvid ja -märgid	413...416
61496	Kontaktivabalt käivituvad ohutussüsteemid	456	7040	Lukustusrõngaga kuuskantmutrid	236
61558	Trafod, ohutusnõuded	459	7046	Ristpesaga peitpeakruvid	222
62424	Protsessijuhtimine	450...452	7047	Ristpesaga poolpeitpeakruvid	222
81346	Tööstusobjektide tähttähistused	421...426, 440	7049	Poolümarpeaga keermestavad kruvid	223
			7050	Ristpesapeitpeaga keermestavad kruvid	222
			7051	Ristpesapoolpeitpeaga keermestavad kruvid	222
			7090	Faasiga lameseibid, normaalseeria	239
			7091	Terastarindite faasiga lameseibid, normaalseeria, tootejärg C	240
			7092	Terastarindite faasiga lameseibid, väike-seeria, tootejärg A	240
			7200	Kirjanurgad	66
128	Jooned	68	7225	Ohtlike ainete märgised	398, 399
148	Löökpaindeteim	202	8015	GPS aluspõhimõtted	114,115
216	Paberiformaadid	66	8062	Valandi tolerantsid	172
286	ISO istud	104...111	8673	Peenkeermega kuuskantmutrid, tüüp 1	235
527	Plastide tõmbeteim	198	8674	Peenkeermega kuuskantmutrid, tüüp 2	235
868	Plastide Shore'i kõvaduskatse	198	8675	Madalad peenkeermega kuuskantmutrid	236
898	Kruvide/poltide omadusklassid	216	8676	Peenkeermega täielikult keermestatud kuuskantpeakruvid/poldid	218
898	Mutrite omadusklassid	234	8734	Silindertihvtid, karastatud	243
1043	Plastide tähisted ja lühendid	189	8740	Faasitud otsaga silindertihvtid	244
1101	Geomeetriline tolereerimine	116...118	8741	Pööratud poolkoonusega kärntihvtid	244
1207	Piluga silinderpeakruvid	221	8742	Keskärnidega tihvtid	244
1234	Lõhised	238	8743	Pikkade keskärnidega tihvtid	244
1302	Pinnaviimistluse näitamine	101, 103	8744	Koonus-kärntihvtid	244
2009	Piluga peitpeakruvid	222	8745	Poolkoonusega kärntihvtid	244
2010	Piluga poolpeitpeakruvid	222	8746	Ümarpeakärntihvtid	244
2039	Plastide kõvaduskatse	198	8747	Peitpeakärntihvtid	244
2338	Karastamata silindertihvtid, austeniitsed	243	8752	Piluga vedrutihvtid, raske töörežiim	243
2553	Keevituse tähisted	94...96	8765	Peenkeermega osaliselt keermestatud kuuskantpeakruvid/poldid	218
2560	Kaarkeevitus, kattega elektroodid	394	9000	Kvaliteedijuhtimissüsteemide nõuded	280
2692	Maksimummaterjali nõue	115	9001	Kvaliteedijuhtimissüsteemide juhised	280
3098	Kirjalüügid	64	9013	Tolerantsid termolõikamisel	397
3166	Riikide kolmetähelised koodid	209	9453	Pehmejoodised	401
3506	Roostavabaterasest mutrite omadusklassid	234	9692	Servade ettevalmistus keevitamiseks	391
4014	Osaliselt keermestatud kuuskantpeakruvid/poldid	217	9787	Tööstusrobotid	454, 455
4017	Täielikult keermestatud kuuskantpeakruvid/poldid	217	10218	Robotsüsteemide tööohutus	456
4026	Seadekruvid	225	10512	Lukustusrõngaga kuuskantmutrid	236
4027	Seadekruvid	225	10642	Kuuskantpesaga peitpeakruvid/poldid	221
4028	Seadekruvid	225	13337	Piluga vedrutihvtid, kerge töörežiim	243
4032	Kuuskantmutrid	234	13920	Keeviste üldtolerantsid	390
4033	Kuuskantmutrid	235	14001	Keskonnajuhtimissüsteemid, nõuded	281
4035	Madalad kuuskantmutrid	235			
4063	Keevitusprotsessid	390			
4287	Pinnatekstuur	99			
4288	Pinnatekstuur	99, 100			

Kasutatud standardite ja muude regulatsioonide nimistu

Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk	Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk
DIN EN ISO			DIN ISO		
14175	Keevituse kaitsegaasid	393	16915	Toitekoonuse kinnituspuksid	385
14253	Detaili kontrolli mõõtmete alusel	279	21287	Väikesed pneumosilindrid (20 mm ... 100 mm)	428
14341	Keevitustraadid ja keevismetall	392	21747	Statilised meetodid, protsessi tõhususe ja võime näitajad	285
14405	Suurusmõõtmete tolereerimine	115	26623	Hulknurkse varrega terahoidikud	318
14539	Haaratsid	456			
14577	Martensi kõvadus	205			
14638	GPS maatriksmudel	114			
15065	Süvised peitpeakruvidele/poltidele pea kujuga ISO 7721 järgi	230			
15785	Liim-, valts- ja pressliited, kujutamine	97			
17672	Kõvajoodised	400			
18265	Kõvadusarvude teisendamine	205			
18273	Keevitustraadid	393			
19011	Auditeerimise juhised	280			
50001	Energiajuhtimissüsteemid, nõuded	281			
DIN ISO			DIN VDE		
14	Hammasvõllid	246	0100-410	Kaitsemeetmed	457
128	Joonte liigid, vaated, lõiked	68...76, 78	0298-4	Isoleeritud kaablite paigaldus	457
228	Torukeermed (mittetihendavad)	212	0635	Ümarkaitsmed - värvikoodid	457
272	Kuuskantpea laiused	229			
513	Lõikeriistmaterjalid, tähistus	308			
525	Abrasiivtooted	344			
965	ISO meeterkerme tolerantsid	213			
1832	Vahetatavad lõikeplaadid	310			
2162	Vedrude kujutamine	88			
2203	Hammasrataste kujutamine	85			
2768	Üldtolerantsid	81, 112			
2806	Nullpunktid, referentspunktid	349			
2859	Vastavushindamise valimivõtt	288			
3408	Kuulkruvid, tähistus	212			
3448	ISO viskoossusjärgud	275			
3601	Ümartihendid	274			
4379	Liugelaagripuksid	265			
5455	Mõotkavad	65			
5456	Kujutamise meetodid	70, 71			
5599	Suunaventiliide tähistus	421			
6106	Tera skaalad, tähistus	346			
6410	Keermed, kujutamine	80, 91			
6411	Tsentriavad, kujutamine	92			
6413	Hammasliited, kujutamine	88			
6432	Pneumosilindrid (8 mm ... 25 mm)	428			
8405	Tõukurhülsid	385			
8826	Veerelaagrid, lihtsustatud kujutamine	86			
9222	Tihendid, lihtsustatud kujutamine	87			
10071	Kiirvahetatavad lõiketemplid	373			
10072	Valupuksid	385			
10242	Templihoijda vars, kuju A	373			
13715	Detaili servad joonisel	89			
15552	Pneumosilindrid (32 mm ... 320 mm)	428			
15786	Avad, lihtsustatud kujutamine	84			
15787	Termotötluse esitamine joonisel	98			
DIN ISO			EL direktiivid		
			BGV Berufsgenossenschaftliche Vorschrift (Töandjate vastutuskindlustuse assotsiatsiooni sätted)		
			I 8700	Töötamiskoha ohud	405
			D 12	Abrasiivtööriistad, ohutus	343
			DGQ		
			1272/2008	Ohtlike ainete klassifitseerimine, märgistamine ja pakendamine	407...411
			2014/34	Plahvatusohtlike keskkondade seadmed ja kaitsesüsteemid	458
			2006/42	Masinadirektiiv	289, 459
			DGQ 11	Kvaliteedikontroll, sissejuhatus	288
			DGQ 16	Protsessijuhtimise statistiline analüüs	284, 288
			Seadused/määrused		
			GefStoffV	Ohtlikud ained	406
			KrWG	Suletud aineringe ja jäätmekäitlus	412
			Lärm	Müra, tervis ja ohutus	418
			Vibrations		
			ArbSchV		
			ASR A1.3	Ohutusmärgid	413...416

Kasutatud standardite ja muude regulatsioonide nimistu

Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk	Nr	Dokumendi liik ja lühipealkiri	Lk
IEC			VDI		
60034-30	Kolmefaasilised mootorid	459	2229	Liimliidete ettevalmistus	403
60050-351	Juhtimistehnika	450, 452	2230	Kruvide/poltide pingutusmoment	227
60479-1	Vahelduvvoolu mõju	457	2740	Haaratsid	456
60617-2	Skeemide tingmärgid	447	2861	Robotiskeemide tingmärgid	454
			2880	PLC käsulist	445
			3368	Templi ja matriitsi mõõtmed	374
			3411	Abrasiivi sideained	346
ISO			VDMA		
1219-2	Hüdro- ja pneumosüsteemid - skeemid	421, 426			
1219-1	Hüdro- ja pneumosüsteemid - sümbolid	420, 421	24569	Hüdrovedelikud	430

Aineloend

A

aaskruvi	224
aasmutter	237
abrasiiv	344
ABS (akrüülnitriilbutadienüstüreen)	189, 190
absoluutrõhk	39
acme-keere	209
aeg, põhisuurus	11
aeglustav jõud	34
ainete kõrvaldus, keskkonnakaitse	412
ajami ülekandesuhe	263
ajatüüpe struktuur	294
akrüülnitriilbutadienikummi (NBR)	195
aksonomeetiline kujutus joonisel	189, 190
alalispinge	70
alalisvool (DC)	55
alalisvoolumootor	55
alternatiivhargnemine (GRAF CET)	459, 460
alumiinium, alumiiniumisulam	437
alumiinium, puhas	173
alumiiniumi valusulam, tähistus	173, 175
alumiiniumisulami keevitus	177
alumiiniumisulami termotöötlus	393
alumiiniumprofiil	166
alumiiniumtoru	178...180
alusplaat	180
analogregulaator	256
AND funktsioon	452
andmesilt, elektrimasina-	446, 447
andur	459
aramiidkiud	441
argoon, ballooni värvtähistus	197
armatuur plastile	391
armeev kiud, eriomadused	197
arvutuslik ristlõikepindala, keermes-	197
asenditolerantsi esitus joonisel	210
asendustardlahus	118
asünkronmootor	160
ATEX määrus	459, 460
atsetüleen, ballooni värvtähistus	458
austussoojus	398, 399
austeniit	52
austeniitteras	161, 162
automatiseerimistehnika	141
	419...460

B

beiniitmalm	168
boornitriid	308
Boyle-Marriott-i seadus (gaasi olekumuutused)	40
BR (butadienikummi)	195
Brinelli kõvaduskatse	203
brutokasum	299

C

CA (tselluloosatsetaat)	189, 190
CAB (tselluloosatsetaatbutüraat)	189, 190
Cartesiuse koordinaatide süsteem	58
CCO (epikloorhüdrinkummi)	195
CE-märgis	290, 459
CLP-määrus (EÜ) nr 1272/2008	411
CNC freesimine, funktsioonid PAL-i järgi	360
CNC freesimine, programmi struktuur	368
CNC freesimine, töötasandi valik	364
CNC freesimistsükliid vastavalt PAL-le	364 ... 368
CNC treimine, funktsioonid PAL-i järgi	354
CNC treimine, programmi struktuur	359
CNC treimistsükliid vastavalt PAL-le	357 ... 359
CNC töötus DIN-i järgi	349 ... 353
CNC töötus, koordinaatsüsteem	349
CR (kloropreenikummi)	195
CSM (kloorsulfoonpolüetüleenikummi)	195

D

dB(A)-väärtus	418
defektikaart	288
deformeeritav Al-sulam, mittetermotöödeldav	175
deformeeritav Al-sulam, termotöödeldav	176
deformeeritava Al-sulami tähistus	174
detaili nurga/serva esitus joonisel	89
differentiaalregulaator	452
digitaalregulaator	453
dimeetiline ristaksonomeetria joonisel	70
dimensioneerimine, arvutus	42, 48
distantsjoon joonisel	77
dokumendihaldussüsteem, hooldus	303

E

eelistis, ISO-	113
eelismootar	65
eeltõmbejõud, keermesliite-	227
ekstsentriskpress	371
elastne järeilmõju painutamisel	379
elastomeer	195
elastusmoodul (Youngi moodul)	42
elekter, suurused ja mõõtühikud	53
elektri põhisuurus	12
elektrijuhime tähistus	460
elektriline töö	56
elektrilõök, ettevaatusabinõud	457
elektrimasina andmesilt	459
elektrimootor	459, 460
elektrimootori võimsus	460
elektriohutussemeetmed	457, 458
elektriseadme kaitsesüsteem (IP)	458
elektriskeem	438...442, 457...460
elektritakistuse sõltuvus temperatuurist	53
elektrivoolu põhiseosed	53, 54
elektriühenduse tähistus	460
elektroerosioontöötus, töötuslaeg	369

elektrohüdraulika	438...440
elektrokeemiline pingerida	206
elektropneumatika	438, 439, 442
elektrotehnika, põhialused	53...56
elektrotehnika, tingmärgid	438
elementide perioodilisustabel	122
ellips	24
ellipsi konstrueerimine	62
energia, kineetiline/potentsiaalne	36
energiajuhtimissüsteemi nõuded	281
enimmaterjali nõue (MMR)	115
enimmaterjali piir (MML)	114
EPDM (eteenpropüleenkummi)	195
epikloorhüdrinkummi (CCO)	195
epoksiid (epoksüvaik)	197
erilõikejõud, standardväärtused	305
erisoojus, väärtused	120, 121
erisoojusjuhtivus, väärtused	121
eritakistus, väärtused	120, 121
esmaabipunkt, turvamärk	416
eteenpropüleenkummi (EPDM)	195
ettenihkekiirus, arvutus	31
ettevalmistusfunktsioon CNC töötusel	351
eutektikum	161
eutektoid	161
evolventi konstrueerimine	63

F

faasi kujutus joonisel	79
faasidiagramm	161
FBD (funktsioonplokk skeem)	444, 445
FBL (funktsioonplokk-keel)	444, 445
fenoolformaldehüüd (PF)	189...191
fenoolvaik	195
ferriit	161, 162
ferriitteras	142
FKM (fluorkummi)	195
fluorkummi (FKM)	195
formeergaas, ballooni värvtähistus	399
frees, vahetatavate lõikeplaatidega	328
freesimine, lõikejõud ja -võimsus	335
freesimine, standardväärtused	329...333
freesimine, töötusaeg	336
freesimise probleemilahendus	334
freesimisoperatsioonid	326
freesimistehnoloogia projekteerimine	327
freesimistsükliid vastavalt PAL-le	364...368
frontaalne kaldisomeetria	70
funktsioonid CNC töötusel	351, 354
funktsioonplokk-keel (FBL)	444, 445
funktsioonplokk skeem (FBD)	444, 445
füüsika	29...56

G

gaas, omadused, väärtused	121
gaasi olekumuutus	40
gaasiballoon, keevituseks	391
gaasiballooni identifitseerimine	398, 399
gaasiballooni värvtähistus	399

gaaskeevitusvarras	393
Gaussi normaaljaotus	284
geomeetria põhisuured, mõõtühikud	10
geomeetriatolerants	116...118
geomeetiline põhikonstruktsioon	60...63
GHS (ohtlike ainete ühtlustatud süsteem)	407
graafik	14, 58, 59
GRAF CET	432...437

H

haarats	456
haare, valimi	284
hambatöötuse kvaliteet	103
hammasliide	246
hammasliite esitus joonisel	88
hammasratta kujutus joonisel	85
hammasratta parameetrid	260...262
hammasrihm	259
hammasrihmaratas	259
hammasrihmülekande kujutus joonisel	85
hammaseib soonmutrile	237
hammaseib veerelaagerduse soonmutrile	272
hammasülekanne, pöördemoment	35
hammasülekanne, ülekandesuhe	263
hapnik, ballooni värvtähistus	399
hea lõiketöödeldavusega teras	139
hea lõiketöödeldavusega teras, kalibreeritud	144
hea lõiketöödeldavusega terase termotöötus	166
heelium, ballooni värvtähistus	399
heli	418
helirõhutase	418
histogramm	283
hoiatuslause, CLP-määrus	409, 410
hoiatusmärk, tööohutus	414
Hooke-i seadus	34
hooldus	300...303
hoonimine, hoonilisuus valik	348
hoonimine, standardväärtused	348
HSC (kiirloomus)	307
hulknurva konstrueerimine	61
hulknurk, korrapärane, mõõtmel ja pindala	23
hulknurkvars, terikuhoodik	318
hõõrdejõud	38
hõõrdemoment	38
hõõrdetegur	38
hõõrdetöö	35
hõõritsemine	337
hõõritsemine, standardväärtused	339
hõõritsemine, töötusaeg	342
hüdraulika	420...426; 429...431
hüdrokomponendi tingmärk	420, 421
hüdropump	429
hüdrosilinder	429
hüdrostaatiline rõhk	39
hüdrostsüsteemi skeem	426
hüdrotoru	431
hüdrovedelik	430
hüdroülekanne	39
hüperbooli konstrueerimine	63

I		
ideaalgaasi võrand	40	
IIR (isobuteenisopreenkummi)	195	
IL (käsuloend)	445	
inertgaas kaitsegaaskeevituseks	393	
inertgaaskeevitus	389, 392	
inertsimoment, ristlöike	46	
infomärk, tööohutus	416	
integraalregulaator	452	
intress, arvutus	17	
IP (rahvusvaheline kaitsesüsteem)	458	
IPE-profiil, teras	156	
I-profiil, keskklai, teras	156	
I-profiil, lai, teras	156, 157	
IR (isopreenkummi)	195	
I-regulaator	452	
isobuteenisopreenkummi (IIR)	195	
ISO-GPS-süsteem	114, 115	
ISO-istude süsteem	104	
ISO-keere	208, 210...212	
isomeetiline ristaksonomeetria	70	
ISO-piirhälve	106, 111	
isopreenkummi (IR)	195	
ISO-tolerantside süsteem	105	
istu kasutus	113	
J		
jadamootmestus	83	
jadaühendus	54	
jagamisketas	334	
jagamispeaga jagamine	334	
jahtumisköver	160, 161	
jahutusvedelik	312, 313	
jahutusvedeliku käitlus	313	
jahutusvedeliku minimaalne kogus	307	
jalg, rakisele	256	
jaotus osadeks, pikkuse-	20	
joodes	402	
joodese esitus joonisel	94, 97	
joogikõlbliku vee torustik, märgistus	417	
joone kese	28	
joonise formaat	66	
joonmass	27, 159	
joonpaisumine	51	
joonpaisumistegur, väärtused	120, 121	
joone tüüp joonisel	68, 69	
jootmine	400...402	
jugalõikus	396	
jugalõikuse kasutus	397	
juhtimine, elektrohüdrauliline	440	
juhtimine, elektropronumaatiline	442	
juhtimissüsteemi tingmärk	451	
juhtivus, elekter	53	
juhtliist T-soonele	254	
juhtsammas lõikestantsile	373	
jõudiagramm, arvutus	32	
jõudude liitmine ja komponentideks lahutus	32	
jõudude tasakaal	33	
järsk tööriistakoonus	248, 311	
jätmed	412	
jätmed, õigusaktid	412	
jätmete kõrvaldus	412	
K		
kaal	34	
kaare pikkus	20	
kaarkeevitus	394	
kaarkeevitus, keevise kavandus	395	
kabinetprojektsioon	70	
kahanemine	51	
kahanemisvaru	172	
kahendloogika	447	
kahepunktimõõde (LP), ISO GPS	115	
kahepunktiregulaator	453	
kaitse, elekter	438	
kaitsegaaskeevitus	389	
kaitseklass, elektriohutus	460	
kaitseliik, elektriohutus	458, 459	
kaitsesüsteem (IP)	458	
kaksteistnurga konstrueerimine	61	
kalde esitus joonisel	79	
kaldpind	32, 36	
kangireegel	35	
karastus	162, 163	
karbiidkermis	308	
karpteras	153	
kasutegur	37, 460	
kasutusaaeg	296	
kasutusiga, hooldus	301	
katkestusregulaator	453	
kaudne jagamine, jagamispea	334	
keelumärk, tööohutus	413	
keemistemperatuur, väärtused	120, 121	
keere, ISO	208, 213	
keere, mitmekäiguline	208	
keere, mitte-ISO	209	
keeretvormiv kruvi	215, 223	
keerme esitus joonisel	80, 91	
keerme tolerantsid	213	
keerme vähim tööpikkus	216	
keerme väljajooksu esitus joonisel	90	
keerme väljajooksu suone esitus joonisel	90	
keermeava läbimõõt keermestavale kruvile	223	
keermeava puuri läbimõõt	210	
keermelukustus	228	
keermelõikus, treimisoperatsioonid	314, 321	
keermesliide, arvutus	226	
keermesliite esitus joonisel	91	
keermesliite lukustus	228	
keermestav kruvi	214, 215, 222, 223	
keermestav poolümarpeakruvi	223	
keermestus	337	
keermestus, standardväärtused	341	
keevise kavandus	395	
keevise üldtolerantsid	390	
keevisliite esitus joonisel	94, 97	
keevismutter	238	
keewisõmbluse asendid	390	
keevitus	389...399	

keevitus, servade ettevalmistus	391	kombineeritud märk, tööhutus	416
keevituselektroodi tähistus	394	komposiitmaterjal	186
keevitusprotsess	389, 390	konduktorpuks	256
keevitustraat, alumiiniumile	393	konstruktsiooniteras	134
<i>Kelvini</i> temperatuur	51	konstruktsiooniteras, kuumvaltsitud	135
kera	26	konstruktsiooniteras, parendatud (K+KõN)	136
kera esitus joonisel	79	kontrollkõvaduspiir	98
kera segment	26	kontrollmõõtmise esitus joonisel	82
keraamikamaterjal	186	koonilisuse esitus joonisel	79
keragrafiitmalm	169	koonus	26
keragsulam	173, 181	koonuse treimine	319
kese, joone	28	koonushammasteülekanne, geomeetria arvutus	262
kese, tasandkujundi	28	koonuskeere	211
keskkonnanjuhtimissüsteemi nõuded	281	koonuspesa	254
kesklai l-profiil, teras	156	koonusrulllaager	271
keskmise kiirus	31	koonustihvt	243
kesksulam	182...185	koonusvedruseib	241
kesktõmbejõud	34	koorivfreesimine	307
kesktõukejõud	34	koorivtreimine	307
keskväärtus, aritmeetiline	284	koormuse liik	41
keskväärtus-standardhälve kaart	286	koosinus	19
kettülekande kujutus joonisel	85	koosinuslause	19
kiil, kaldpind	36	koosteleht	293
kiillide	246	korduvtõmbamine, sügavtõmbamine	383
kiilrihm	257, 258	kork, keermestatud	224
kiilrihmaratas	258	korrosioon	206
kiirendus	30	korrosioonikaitse	206
kiirendusjõud	34	kreeka tähestik	64
kiirkinnitusega puurimisrakis	255	kristallisatsioon	160
kiirlõiketeras	140	kristallivõre	160
kiirlõiketerase termotöötlus	164	kroonmutter	238
kiirlõikus	307	kruvi/poldi liiteava	216
kiirus masinas, arvutus	31	kruvi/poldi omadusklass	216, 234
kiirus, arvutus	30	kruvi/poldi peakuju	229
kineetiline energia	36	kruvi/poldi tähistus	215
kinnisliite esitus joonisel	97	kruvi/polt	214...231
kinnituskoonus	311	kruvijoon (heeliks), konstrueerimine	63
kinnitusmoment, keermesliite	227	kruvitõmmitis	36
kirja tüüp joonisel	64	krüptoon, ballooni värvtähistus	399
kirjanurk joonisel	66	kseenoon, ballooni värvtähistus	399
kitsas kiilrihm	258	kuivlõiketöötlus	307
klaaskiud	197	kujumõõtmed	82
kloorsulfoonpolüetüleenkummi (CSM)	195	kujunddiagramm	59
kloropreenkummi (CR)	195	kujutolerantsi esitus joonisel	116, 117
koguviskumine, ISO GPS	118	kulude arvestus	297
kohttermotöötluste esitus joonisel	98	kulude võrdlemise meetod	299
kohustusmärk, tööhutus	415	kulum	300
kokillvalu	172	kulumisvaru	300
kolmefaasiline elektrivool	55	kummi	195
kolmefaasilise mootori võimsus	56, 460	kuulkruvipaar	212
kolmepunkti regulaator	453	kuullaager	269, 270
kolmnurga pindala	22	kuumtööriistateras	140
kolmnurga sisenukade summa	18	kuumtööriistaterase termotöötlus	164
kolmnurga siseringjoone konstrueerimine	62	kuup	25
kolmnurga ümberingjoone konstrueerimine	62	kuuskantmutter	234...237
kolmnurk, võrdkülgne	23	kuuskantpeakruvi/polt	217...219
kolvi liikumiskirius	429	kuuskantpeakruvi/polt, peene varvaga	218
kolvijõud, hüdro-/pneumosüsteem	429	kuuskantpeapolt, suure võtmemõõduga	219
kolvijõud, pneumosilindri	428	kuuskantpeatäppiskruvi/polt, pika keermega	219
kombineeritud mõõtmestus	83	kuuskantpeatäppispolt, suure võtmemõõduga	219

kuuskantpesaseadekruvi	225	liimliite esitus joonisel	97
kuusnurga konstrueerimine	61	liimliite katsetamine	404
kvaliteedi ohjekaart	286, 287	liimliite kavandamine	404
kvaliteedi plaanimine	282	liitkeha ruumala	27
kvaliteedijuhtimine	280...288	liitpikkus	20
kvaliteedijuhtimise standardid	280	likvidusjoon	161
kvaliteedikontroll	282	lineaarfunktsioon	14
kvaliteediohje	282	lineaarinterpolatsioon, freesimine PAL-i järgi	361, 362
kvaliteedisuutlikkus, protsessi-	285	lineaarinterpolatsioon, treimine PAL-i järgi	355
kõrgtemperatuurne plast	197	liugehõõrdumine	38
kõrgtootlik lihvimine	346	liugelaager	264, 265
kõvadusarvu esitus joonisel	98	liugelaagrimaterjal	264
kõvadusarvude teisendustabel	205	liugelaagrikuks	265
kõvaduskatse	203...205	lubatav pinge	42, 48, 49
kõvajoodis	400	lõhis	238
kõvasulam	308	lõikejoone kujutus joonisel	74
kõvendussügavuse esitus joonisel	98	lõikejõud	44
käepide	253	lõikejõud laupfreesimiseks	335
kärntihvt, peaga/peata	244	lõikejõud lõikestantsimiseks	371
käsikaarkeevitus	389	lõikejõud puurimiseks	341
käsimumter	238	lõikejõud treimiseks	323
käsuloend (IL)	445	lõikekeraamika	308
kübarmutter	237	lõikekiirus, arvutus	31, 316
küllastamata polüester (UP)	189...191	lõikekujutis joonisel	74, 75
külmtoõriistateras	140	lõikeparameetrid freesimiseks	329...333
külmtoõriistaterase termotöötlus	164	lõikeparameetrid hoonimiseks	348
külmumistemperatuur, väärtused	121	lõikeparameetrid hõõritsemiseks	339
kümnepordne kasv, defektikulud	282	lõikeparameetrid keerrestamiseks	341
kümnendaste	16	lõikeparameetrid lihvimiseks	343, 346
kütteväärtus, väärtused	52	lõikeparameetrid puurimiseks	338
		lõikeparameetrid treimiseks	320...322
L		lõikepinge	44
laastu murdumise diagramm	304	lõikeriista kinnitusvahend	311
LAD (redeldiagramm)	444	lõikeriista kompensatsioon, CNC töötlus	350
lai I-profiil (IPB), teras	157	lõikeriista korrektsioon, CNC töötlus	350
lai I-profiil (IPB), teras	156	lõikeriista nurgad treimiseks	319
lainelisus (W-profiil)	99	lõikeriista vahetuse nullpunkt, CNC töötlus	349
laminaat	197	lõikeriistahoidiku referentspunkt, CNC töötlus	349
laserlõikus, standardväärtused	396	lõikeriistamaterjal	308, 309
laserlõikus, tolerantsid	397	lõikeriistamaterjali valik	308
laupfreesimine, lõikejõud ja võimsus	335	lõikestants	372
ledeburiit	161	lõikestantsi juhtpuks	373
leht- ja ribateras	146	lõikestantsi templi ja -matriitsi mõõtmed	374
lehtteras, kuumsukelduspinnatud	148	lõikestantsimine	371, 375
lehtteras, kuumvaltsitud	148	lõikestantsimine, ribametalli kasutus	375
lehtteras, külmvaltsitud	147	lõikestantsimine, serva pikkus	374
liblegrafitalm	169	lõikestantsimine, sidepinna laius	374
ligikaudse mõõtme esitus joonisel	82	lõikestantsimine, sideserva laius	374
lihtsustuse esitus joonisel	84	lõikestantsimine, templihoidiku saba asukoht	375
lihvimine	343...347	lõikestantsimispressi valik	371
lihvimine, kõrgtootlik	346	lõiketugevus	41, 371
lihvimine, standardväärtused	343, 346	lõiketöö lõikestantsimiseks	371
lihvimise suurim lubatav lõikekiirus	343, 346	lõiketöötlus	304...368
lihvimise töötluaseg	347	lõikevõimsus	323, 335, 341
lihvketta valik	345	lõikevõimsus laupfreesimiseks	335
liikumine, kiirendusega	30	lõikevõimsus puurimiseks	341
liikumine, pöörlev	30	lõikevõimsus treimiseks	323
liikumine, ühtlane	30	lõikuvate sirgete teoreem	18
liimi omadused ja kasutus	403	lõtkist	104
liimimine, liitepindade ettevalmistus	403	läbimõõdu esitus joonisel	79

läbipaine	44, 45
läbipaistev plast	192, 193
lähedustundlik andur	441
lähteprofiil (tegelik profiil)	99
löökpaindeteim	202
lülitusskeem	439
lülituvregulaator	453

M

maatriksmaterjal	197
MAG-keevitus, standardväärtused	392, 393
magneesiumi valusulam	181
magneesiumisulam, deformeeritav	181
magnetismi suurused ja mõõtühikud	12
mahalõikus	314, 321
mahterosioontöötus	369, 370
mahtpaisumine	51
maksimummaterjali nõue (MMR)	115
maksimummaterjali piir (MML)	114
malm	169
malmi tähistus	167
malmlavandi tolerantsid	172
Martensi kõvadus	205
martensiid	162
martensiiiteras	142
masina suutlikkus, kvaliteedijuhtimine	285
masinadirektiiv (EÜ) nr 2006/42	289, 459
masinaelemendid	207...276
mass, arvutus	27
mass, põhisuurused, mõõtühikud	10
mastaabitegur väsimusel	49
matemaatika	9...28
matemaatika sümbolid	13
materjali eemalduskiirus	304
materjali eemalduskiirus, standardväärtused	369, 370
materjali katsemeetod	199, 200
materjali katsetamine	199...205
materjali omadused, väärtused	120, 121
materjali piirpinge	41
materjalikulu	297
materjalipetetus	119...206
mediaanväärtus-haare kaart	286
meeter, põhisuurused	10
meeterkeere, ISO-	210
meeterkoonus	248, 311
mehaanika suurused ja mõõtühikud	10, 11
mehaaniline segu	160
mehaaniline töö	35
melamiinforaldehüüd (MF)	191
melamiinvaik	195, 197
messing	182
metallitöötuskemikaal	123
MF (melamiinforaldehüüd)	191
MIG-keevitus, standardväärtused	393, 395
mitmekäiguline keere	208
mittelegeerteras, kalibreeritud	144
mitteraudmetall	173...185
mitteraudmetalli tunnusnumber	174, 183
mitteraudmetalli tähistus	174, 183
molekulaargrupp	123

mooduliseeria, silinderhammasrattale	261
morsekoonus	248, 311
mudeli värvikood	171
musterelementide esitus joonisel	80
mutri omadusklass	234
mutri tähistus	233
mutter	232, 238
mutter, keevitamiseks	238
mutter, T-soonele	254
muutuvkulu	299
mõõtarvu esitus joonisel	77
mõõtetulemuse mõjur	278
mõõtevahend	278
mõõtevahendi mõõtevõime	279
mõõtjoon joonisel	77
mõõtkava joonisel	65
mõõtmed, suurus/kaugus/nurk	115
mõõtmestamise reeglid	78
mõõtmestamise süsteem	76
mõõtühikud	10...12
mõõtühiku eesliide	16
mõõtühikute teisendus	16
mälu (triger)	446, 447
märgistus, ohtlikud ained	398
määrdeaine	275, 276
määre	276
müra, tööohutus	418
müügihind	297

N

NAND funktsioon	447
naturaalkummi (NR)	195
NBR (akrüülnitriilbutadienikummi)	195
NC töötus	349...368
nelikanntoru, teras	158
neoon, ballooni värvtähistus	399
nimimõõde	104
ninakil	246
nitriiditav teras	139
nitriiditava terase termotöötus	166
nitriitimine	163
NOR funktsioon	447
normaaljaotus	284
normalisatsioon, terase-	162, 163
normkirja mõõtmed	64
NOT funktsioon	447
NPT keere	209
NPTF keere	209
NR (naturaalkummi)	195
nullpunkt, CNC töötus	349
nullpunkti nihutus, CNC töötus	364
nurgamõõtmise esitus joonisel	78
nurkade liigid	18
nurkkiirus	30
nurkkujundi mõõtmed ja pindala	22
nurkprofiil, erikülgne, teras	154
nurkprofiil, võrdkylgne, teras	155
nõellaager	272
nõtte kriitiline survepinge	47
nõtte	41, 47

nõude kehtivus, kohalik/üldine, ISO GPS 114
 nõutav kvaliteeditase 288

O

OB1 (PLC organisatsiooniplokk) 448
Ohmi seadus 53
 ohtlike ainete ühtlustatud süsteem (GHS) 407
 ohtlik aine, CLP-määrus 411
 ohtlik aine, tööohutus 405
 ohtlikud jäätmed 412
 ohulause, CLP-määrus 408
 ohupiktogramm 407
 ohutusmeetmed, elekter 457, 458
 omahind 297
 OR funktsioon 447
 osaline GRAFCET 442
 osalise vaate kujutus joonisel 72
 otsekulu 297
 otsene jagamine jagamispeaga 334
 otsene kuluarvestus 299

P

PA (polüamiid) 190, 192
 paigaldusrõnga esitus joonisel 88
 paigaldusrõngas 273
 paigaldusseib 273
 paigutusmõõtme esitus joonisel 82
 paindekoormus 44
 paindemoment, pöikjõud 45
 paindepinge 44
 painderaadius 378
 paindevaru 379
 painutamise elastne järelmõju 379
 painutus 376...379
 painutus, painderaadius 378
 painutus, tooriku arvutus 378, 379
 painutusprotsess 377
 painutusstants 376
 PAL-funktsioonid, CNC freesimine 360
 PAL-funktsioonid, CNC treimine 354
 parabooli konstrueerimine 63
 paralleelhargnemine (GRAFCET) 436
 paralleelmõõtmestus 83
 paralleelühendus, elekter 54
 parendatav (K+KõN) teras 138
 parendatav (K+KõN) teras, kalibreeritud 145
 parendatava (K+KõN) terase termotöötlus 165
Pareto diagramm 288
 PC (polükarbonaat) 192, 193
 PD-regulaator 452
 PE (polüetüleen) 189, 190, 192
 PEEK (polüeteereterketoon) 189, 192, 193
 peenmeeterkeere, ISO- 208, 210
 pehmejoodis 401
 peitpeakruvi, keermestav 222
 peitpeakruvi/poldi süvis 230
 peitpeakruvi/polt, kuuskantpesaga 221
 peitpeakruvi/polt, piluga 222
 peitpeakruvi/polt, ristpesaga 222

perliit 161, 162
 PF (fenooolformaldehüüd) 189...191
 pH väärtus 123
 PI (polüamiid) 193, 197
 pidevalt aktiivne toiming 434
 PID-regulaator 452
 piirhälve 81, 104
 piirkulum 300
 piirmõõde 104
 piirmõõtmised ISO keermele 213
 piirpinge 41, 42, 48
 pikkus, arvutus 20, 21
 pikkuse mõõtühikud 10
 pindala, ruumkujundi-, arvutus 25, 26
 pindmass 27, 159
 pindsurve 43
 pinge, elekter 53, 54
 pingekontsentratsioonitegur väsimusel 49
 pingelang, elekter 54
 pingetuslõõmutus 162, 163
 pingist 104
 pinna hälve, pinnakaredus 99
 pinna korrosioonikaitse 206
 pinnakaredus 99, 100
 pinnakaredus treimisel 317
 pinnakareduse mõõtmise vahemik 100
 pinnakareduse parameeter 99
 pinnakareduse saavutamise võimalused 102
 pinnakaredusprofiil (R-profiil) 99
 pinnaprofiil 99
 pinnatekstuuri spetsifitseerimine 99...102
 pinnaviimistluse esitus joonisel 100, 101
 pinnaviimistlustegur väsimusel 49
 PI-regulaator 452
 plaat, puurimisrakise 256
 plahvatuskaitse 458
 plasmalõikus, standardväärtused 396
 plasti kõvaduskatse 198
 plasti survevalu, kahanemine 196
 plast 188...198
 plast, armeeriv kiud, armatuur 197
 plast, maatrikspolümeer 189
 plasti identifitseerimine 190
 plasti termomehaaniline käitumine 188
 plasti tunnusomadused 190
 plasti tähistus 189
 plastist tooted 194
 plastvarras 194
 PLC (programmeeritav loogikakontroller) 448, 449
 PLC programmeerimiskeel 443...449
 PMMA (polümetüülmetakrülaat) 189, 190, 192
 pneumaatika tingmärk 420, 421
 pneumaatika 420...431
 pneumojuhtimine 427
 pneumokomponendi tingmärk 420, 421
 pneumosilinder 428
 pneumosilindri õhutarve 428
 pneumosilindri mõõtmised 428
 pneumosüsteemi skeem 425, 427
 pneumotoru 431

RRT-kinemaatika (robot)	455	silinderpeakruvi, kuuskantpesaga	220
RS-triger	446	silinderpeakruvi, piluga	221
RTT-kinemaatika (robot)	455	silinderrulllaager	270
rullivpainutus	377	silindertihvt	243
rulllaager	270, 271	silindertorukeere liidetele (NPSM)	209
ruudukujulisuse esitus joonisel	78	silindriline treimine	314, 320
ruumala, arvutus	25 ... 27	SI-möötühikud	10
ruumala möötühikud	10	SIR (silikoonkummi)	195
ruumala, liitkeha	27	sirgipikkus	21
ruut	22	sirgipikkus, painutatud detail	21, 378, 379
ruutprofiil, teras, kalibreeritud	152	sisendustardlahus	160
ruutprofiil, teras, kuumvaltsitud	151	sisetreimine	314
rõhu möötühikud	39	SI-suurused	10...12
rõhu võimendus	40	<i>Smithi</i> piirpingediagramm, väsimus	48
rõngas	24	solidusjoon	161
räbusti kõvajoodisjootmiseks	401	soojushulk	51
räbusti pehmejoodisjootmiseks	401	soojusjuhtivus, väärtused	120, 121
rööpkülk	22	soojusvoog	52
		soojusülekande suurused ja möötühikud	12
		soojusülekanDETegur	52
S		soojusülekanne	52
sageduse kumulatiivne jaotusfunktsioon	283	soonetreimine	314, 321
salvestava efektiivne tegevus (GRAF CET)	435	soonmutter	237
sammrobot	455	soonmutter veerelaagerdusele	272
sammu muutuja (GRAF CET)	433	SPC (statistiline protsessiohje)	286
sammuahel (järjendloogika)	448, 449	spetsifikatsioon, geomeetria	114
sammud (GRAF CET)	432, 433	spiraali konstrueerimine	62
SAN (stüreenakrüülnitriil)	189, 190, 192, 193	SR triger	446
SB (stüreenbutadien)	189, 190	standardhälve	284
SBR (stüreenbutadienikummi)	195	standardiseerimine	8
SCARA robot	455	standardtolerants	104, 105
seadekruvi, kuuskantpesaga	225	standardtolerantsijärk	104, 105
seadekruvi, piluga	225	stantsi lõtk	374, 382
seadekruvi, tugiotsakuga	252	statistiline analüüs	283
seadesõrm	253	statistiline protsessiohje (SPC)	286
seadme tunnihind, arvutus	298	struktuur, süsinikerase	162
segmentliistliide	247	struktuurtekst (ST)	444
seib	239...241	<i>stub-acme</i> -keere	209
seib keermelehtele	239, 240	stüreenakrüülnitriil (SAN)	189, 190, 192, 193
seib sõrmlitele	241	stüreenbutadien (SB)	189, 190
seib terastarindile	240, 241	stüreenbutadienikummi (SBR)	195
seib U- ja I-profiilile	241	suhteline sagedus, kvaliteedijuhtimine	283
seib, faasiga	241	sulakeevitusprotsess	389
seib, kooniline	241	sulam	160
seisuhõrdejõud	38	sulamissoojus	52
servatõtluse esitus joonisel	89	sulamissoojus, väärtused	120, 121
sferoidisatsioon	163	sulamistemperatuur, väärtused	120, 121
sfäär	26	summaarne pinge	47
sfääri esitus joonisel	79	survejõud	43
sfääri segment	26	survepinge	43
sfäärseib	254	survevalu	196, 384...388
<i>Shewharti</i> ohjekaart, kvaliteedijuhtimine	286	survevalu sissepritse surve	196, 388
<i>Shore</i> -i kõvaduskatse	198	survevedru	250
sidepinna laius lõikestantsimiseks	374	suunatolerantsi esitus joonisel	117
siinus	19	suunaventiil	421
siinuslause	19	suurim lõtk/ping	104
siirdeist	104	suurim mõode	104
silikoonkummi (SIR)	195	suurim sissejoonestatud mõode, ISO GPS	115
silikoonvaik	197	suurus, füüsikaline	16, 17
silinder	25	sõltumatuse printsiip, ISO GPS	114
silinderhammasülekanne, geomeetria arvutus	260, 261		

sõrm, peaga/peata	244
sügvõtõmbamine	380...383
sügvõtõmbamine, korduvõtõmbamine	383
sügvõtõmbamine, sügvõtõmbajõud	383
sügvõtõmbamine, templi ja matriitsi lõtk	382
sügvõtõmbamine, tooriku fikseerimisjõud	383
sügvõtõmbamine, tooriku läbimõõt	382
sügvõtõmbamine, tõmbetegur	383
sügvõtõmbamine, ümardusraadiused	382
sümbol, matemaatika	13
sümkroonmootor	459
süsinikdioksiid, ballooni värvtähistus	399
süsinikkiud	197
süttimistemperatuur, väärtused	121
süvendi esitus joonisel	80
süvis kuuskantpeakruvile/poldile	231
süvis silinderpeakruvile/poldile	231
süvise sügavus, arvutus	231
süvistus, standardväärtused	339
süvistus, töötusaeg	342

T

tagasisidega juhtimine, põhimõisted	450
tagasisideta juhtimine, põhimõisted	450
tahke määrdeaine	276
tahkise omadused, väärtused	120, 121
takistus jadaühendusel/rööpühendusel, elekter	54
takistus, elekter	53
takistuse temperatuuritegur	53
taldrikvedru	251
talitluslik piirang, talitluslikkuse tase, ISO GPS	115
tangens	19
tardlahus	160
tarkvaraline regulaator	453
tasakaalutingimus, jõudude	33
tasakujundi keskme asukoht	28
tasakujundi mõõtmised, arvutus	22...24
tasuvuspunkt	299
teatmemootme esitus joonisel	82
teemant	308
tehniline joonestamine	57...118
tehnoloogiakaart	293
tehnoplast	192, 193
teisendus, ISO GPS	115
teisendusmärk, ISO GPS	114, 115
temperatuur	51
temperatuurivahemik, terase termotöötlus	162
tempermalm	170
templi mõõtmised	374
templihoidiku saba asukoht, arvutus	375
templihoidiku saba	373
teoreetiliselt täpse mõõtmise esitus joonisel	82
tera, metalli struktuur	160
terapiir	160
teras kalibreeritud toodeteks	144, 145
teras leek ja induktsoonkarastuseks	139
terase C-sisalduse mõju omadustele	162
terase legeriv element	134
terase liigid	124, 132, 133
terase termotöötlus	162, 163

terase tunnusnumber	126
terase tähistus	127...130
terasleht ja -riba	146...148
terasprofiil, kuumvaltsitud	150
terastoode	131
terastoote standard	125
terastoru, nelikant, keevitatud	158
terastoru, nelikant, kuumvaltsitud	158
terastoru, õmbluseta	149, 431
terastoru, ümar	149
terasvarras, kalibreeritud	152
terasvarras, kuumvaltsitud	151
terikuhoidik, vahetatavate lõikeplaatidega	318
termodünaamika suurused	12
termodünaamika	51, 52
termolõikus, standardväärtused	396
termolõikus, tolerantsid	397
termoplast	192...194
termoplast, amorfne	188
termoplast, poolkristalliline	188
termotöötlus	160...166
termotöötlus, terased	163...166
termotöötluks esitus joonisel	98
TIG-keevitus, standardväärtused	389
tiguülekanne ülekandesuhe	263
tiguülekanne, arvutus	262
tihedus, väärtused	120, 121
tihendi kujutus joonisel	87
tihvt	242...244
tikkpolt	224
titaan, titaanisulam	181
toereaktsioon	34
TOF (OFF viivitus)	444
tolerants, esitus joonisel	81
tolerants, geomeetria-, esitus joonisel	116...118
tolerantsijärk	104
tolerantsiklass	104
TON (ON viivitus)	444
toorandmed, kvaliteedijuhtimine	283
toorandmete kaart, kvaliteedijuhtimine	286
tooriku nullpunkt, CNC töötlus	349
toote elutsüklil	291
toote geomeetiline spetsifikatsioon	114, 115, 279
tootearvestusleht	283
tootmise juhtimine	293
tootmise plaanimine	291...299
tootmiskulu arvestus	297
tootmistehnika	277...418
torukeere	212
torustik, märgistus	417
T-profiil, teras	153
traaterosioontöötlus	369
trafo	56
transpordiaeg	294
trapets	22
trapetskeere, ISO-	211
treimine, lõikejõud ja -võimsus	323
treimine, lõikeristmaterjali grupp	316
treimine, läbimite arv	315
treimine, pinnakareduse saavutamine	317

treimine, standardväärtused	320...322
treimine, terikuhoidik	318
treimine, töötulasaeg	324
treimise probleemilahendus	319
treimistsüklid, CNC töötul	357...359
trigger	444, 446, 447
trigonomeetriafunktsioonid	19
tselluloosatsetaat (CA)	189, 190
tselluloosatsetaabutüraat (CAB)	189, 190
tsementiitidav teras	137
tsementiitidav teras, kalibreeritud	145
tsementiitidava terase termotöötul	164
tsementiit	161, 162
tsementiitimine	163
tsentreerimissammastega stantsiplokk	373
tsentriava esitus joonisel	92
tsentriava kuju ja mõõtmed	92
tsentriava puurimine, standardväärtused	339
tsingi valusulam	185
T-soon	254
tsükloidi konstrueerimine	63
TTT-kinemaatika (robot)	455
tugevuskontroll	42, 49
tugevusmoment, polaar-	46
tugevusmoment, telg-	46
tugevusparameetrid	42, 48
tugevusõpetus	41...50
tugikuullaager	270
tugiplaat	252
tugisõrm	253
tugisõrm, vedruga	256
tulekaitsemärk, tööohutus	416
tulekustutusaine torustik, märgistus	417
turvavärv, tööohutus	413
töenäosus	282
tõmbekoormus	43
tõmbepinge	43
tõmbetegur, sügavtõmbamine	383
tõmbeteim	201
tõmbeteimik	201
tõmbevedru	249
tõstekruvi	224
tõstemutter	237
tõstetöö	35
tähtkäepide	253
täppisterastoru, hüdro-/pneumosüsteemidele	431
töö hõõrdumise ületamiseks	35
töö, elektriline	56
töö, mehaaniline	35
tööga, hooldus	301
tööliikumine CNC pingil	352, 353
tööriista kinnituskoonus	248, 311
tööriistakoonus	248
tööriistateras	140, 142, 308
tööriistaterase termotöötul	164
tööruum (robot)	455
tööseisund	41
tööstusrobot	454, 455
tööstusroboti ohutu ruum	456
tööstussüsteemi tähistus	423, 424

töötamisaeg	295
töötulasaeg elektroerosioontöötuluseks	369
töötulasaeg freesimiseks	336
töötulasaeg hõõritsemiseks	342
töötulasaeg lihvimiseks	347
töötulasaeg puurimiseks	342
töötulasaeg soonetremiseks	324
töötulasaeg süvistamiseks	342
töötulasaeg treimiseks	324
töötulusspetsessi optimeerimine	304
tükitalabel (BoM)	67, 292
tüvikoonus	26
tüvipüramiid	26

U

UF (ureaformaldehüüd)	189...191
UNC-keere	209
UNEF-keere	209
UNF-keere	209
UNS-keere	209
UP (küllastamata polüester)	189...191
U-profiil, teras, kuumvaltsitud	153
ureaformaldehüüd (UF)	189...191

V

vaate kujutus joonisel	72, 73
vabapainutus	377
vahelduvvool (AC)	55
vahelduvvoolumootor	459, 460
vahetatav lõikeplaat treimiseks	316, 318
vahetatav lõikeplaat, põhikuju	316
vahetatav lõikeplaat, tähistus	310
vahtmaterjal	195
valandi mõõtmete tolerantsiklass	172
valemi teisendus	14, 15
valim	283, 284
valimipõhine vastuvõtukontroll	288
valutehnoloogia	171, 172
valuteras	170
varutegur	42, 48
vasakkeere	208
vase valusulam	185
vasealumiiniumisulam	182, 185
vaseniklitsingisulam	185
vasetasulam (pronks)	182, 184
vasetsingisulam (messing)	182, 184
vedelik, omadused	121
vedru jõud	34
vedru kujutus joonisel	88
vedru	249...251
vedruseib, keermelukustuse-	228
vedruteras, kuumvaltsitud	143
vedruterastraat	143
vedruterastraat, patent-tõmmatud	143
vedrutihvt	243
veerehõõrdumine	38
veerelaager	266...272
veerelaagri arvutus	268
veerelaagri ist	112

veerelaagri kujutus joonisel	86
veerelaagri omadused	266
veerelaagri tähistus	267
vesinik, ballooni värvtähistus	399
vibratsioonikatse, keermesliite	228
Vickersi kõvaduskatse	204
viimistlevhoonimine	348
viirutus joonisel, materjalide	76
viitejoon joonisel	78
viitjoone laudi joonisel	78
viskoossus, kinemaatiline	430
viskoossusjärk, ISO-	275
viskumistolerantsi esitus joonisel	118
voolukiirus torus	40
voolutihedus, elekter	54
võimsus	37
võimsus, elekter	56, 460
võimsustegur, elekter	56, 459
võlliotsa esitus joonisel	89
võllitihend	274
võrdpaimement	48
võrdpinge	47
võrrand	14
võtmemõõdu esitus joonisel	78
vähim lõtk/ping	104
vähim mõõde	104
vähim ümberjoonestatud mõõde, ISO GPS	115
vähimmaterjali piir (LML)	114
vähimruutude mõõde (GG), ISO GPS	115
väliskiskseib	228
väljajooksuone esitus joonisel	93
väljajooksuone mõõtmed	93
väntmehhanismi keskmine kiirus	31
väntpress	371
väsimumsteim	202
vääne	44

W

Whitworthi keere	212
------------------	-----

Õ

õhurõhk	39, 428
õhutarve, pneumosilindri	428
õli	275
õmbluseta täppisterastoru	431
õoneskinnituskoonus	311
õõnessilinder	25

Ü

ühiku eesliide	16
ühikute teisendus	16
üldkulu	297
üldtolerantsi esitus joonisel	112
üldtolerantsid keevisele	390
üleminek (GRAFCET)	432, 433
ülerõhk	39, 428
üleslükkejõud	39
ümarkäepide	252
ümarprofiil, teras, kalibreeritud	152

ümarprofiil, teras, kuumvaltsitud	151
ümartihend	274
ümbrise nõue, ISO GPS	114, 115

X

XOR funktsioon	446, 447
----------------	----------

Y

Youngi moodul (elastsusmoodul)	42
--------------------------------	----