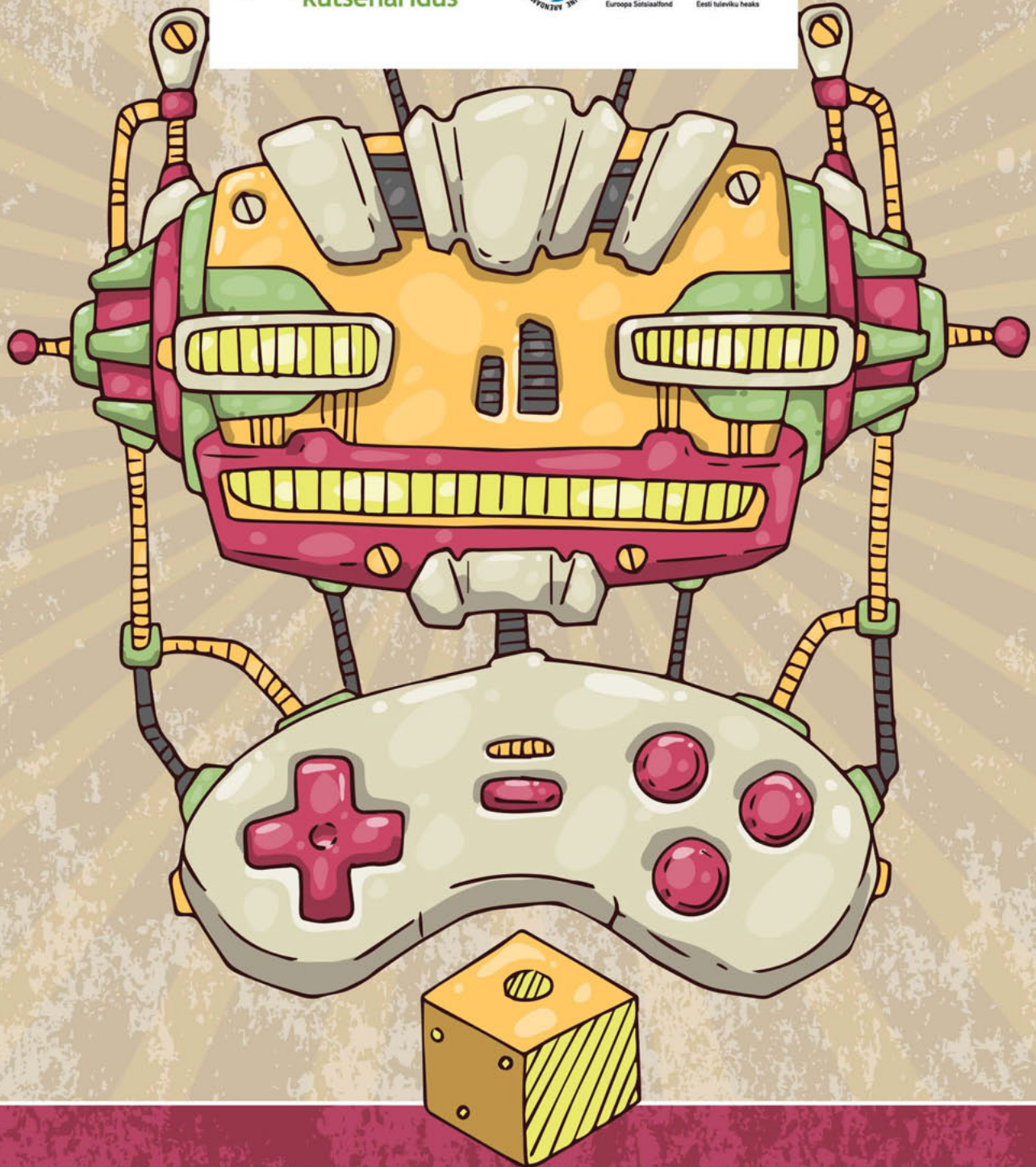


innove
kutseharidus



METALLTOODETE VALMISTAMINE KOOSTAMINE JA VIIMISTLEMINE

ÕPPEMATERJAL KUTSEKOOLIDELE
MAREK PAKKIN, KARL SEEGEL



METALLTOODETE VALMISTAMINE, KOOSTAMINE JA VIIMISTLEMINE

Õppematerjal kutsekoolidele

Marek Pakkin

Karl Seegel

Tallinn 2014

Käesolev õppematerjal on valminud „Riikliku struktuurivahendite kasutamise strateegia 2007-2013” ja sellest tuleneva rakenduskava „Inimressursi arendamine” alusel prioriteetse suuna „Elukestev õpe” meetme „Kutseõppe sisuline kaasajastamine ning kvaliteedi kindlustamine” programmi „Kutsehariduse sisuline arendamine 2008-2013” raames.

Õppematerjalide koostamisel on lähtutud valdkonna kutsestandardite nõuetest ja tööstuse vajadustest. Õppematerjalid on vastavuses riiklike õppekavadega ja abistavad kutseõppeasutuste õppureid edasiseks tööks vajalike teadmiste omandamisel. Kompetentne töötaja omab eeldusi tööturul tugevama positsiooni saavutamiseks. Väga vajalik on, et iga töötaja töökohal oskaks parimal võimalikul viisil kasutada vastavaid seadmeid ja tehnoloogiaid ning tunneks kulusäästliku ja tulemusliku töö põhimõtteid.

Mehaanika ja metallitöödega seotud sari sisaldab alljärgnevat õppematerjale kutsekoolidele:

1. Tootmise korraldamine;
2. Mehaanilise töötlemise tehnoloogiad ja kasutatavad seadmed;
3. Metalltoodete valmistamine, koostamine ja viimistlemine;
4. Keevitustööd;
5. Lehtmetalli töötlemistehnoloogiad;
6. Mehhatroonika komponendid;
7. Robotitehnika kutsekoolidele.

Kogu sarja ettevalmistuse ja eestvedamise juures on olnud: Jüri Riives, Tõnu Lelumees, Jaak Lavin, Triin Ploompuu, Lii Topaasia, Helina Seljamäe, Leelo Kingisepp ja Piret Kärtner.

Antud õppematerjali koostamisel on arvesse võetud kutsestandardi 10-09062011-5.2.3/3 Koostelukksepp III nõudeid.

ISBN 978-9949-547-82-1 (pdf)

Autoritest

Marek Pakkin on Tallinna Tehnikakõrgkooli masinaehituse õppetooli lektor ning Eesti Masinatööstuse Liidu juhatuse liige.



Lõpetanud 1968-ndal TPI (TTÜ) masinaehituse tehnoloogia erialal, töötanud TPI masinaelementide õppetooli laboriinsenerina, Moskva Metallilõikepinkide ja Automaatliinide tehase tehnoloogia büroo juhatajana, Eesti mitme ettevõtte tippjuhina sh OÜ BLRT Masinaehitus müügidirektorina.

Lõpetanud 1973.a. Moskva Võõrkeelte Instituudi saksa keele erialal, 2011-ndal kaitses TTÜ-s hariduseaduse magistrikraadi tehnikaõpetaja erialal.



Karl Seegel alustas õpinguid 2002 Tallinna Tehnikaülikooli Tehnilise füüsika erialal. 2005 aastal vahetas eriala ja jätkas Tallinna Tehnika-kõrgkoolis Masinaehituse erialal, mille lõpetas 2009.

Alates 2007 aastast töötab Tehnikakõrgkoolis mehaanikateaduskonnas, kus loeb aineid „Survetöötlus ja valutehnoloogia“, „Metallide termotöötlus ja seadmed“ jt.

Lisaks tegeleb valdkonnapõhiselt erinevate projektide ja arendustööga.

Sisukord

Sissejuhatus	7
1. Metalltoodete valmistamine kui tootmistehnika osa	8
Enesekontrolliküsimused 1. peatüki juurde	10
2. Metallid masinaehituses	11
Enesekontrolliküsimused 2. peatüki juurde	16
3. Terasest toorikute valmistamine	17
3.1 Lehtmaterjalist toorikute valmistamine	17
3.1.1 Lõikamine (tükeldamine) giljotiinkääridel	18
3.1.2 Lehtmaterjali lõikamise viisid	21
3.2 Lehtmaterjalist toorikute painutamine	24
3.3 Lehtmaterjali ümarvaltsimine	25
3.4 Lehtmaterjalist toorikute õgvendamine ja sirgestamine	27
3.5 Profiilmaterjalist toorikute valmistamine	27
3.5.1 Lühiülevaade profiilmaterjalidest	27
3.5.2 Presskääridel tükeldamine	29
3.5.3 Saagimine	30
3.5.4 Profiilmaterjalist toorikute painutamine ja ümarvaltsimine	32
3.5.5 Profiilmaterjalist toorikute sirgestamine ja õgvendamine	32
Enesekontrolliküsimused 3. peatüki juurde	34
4. Koostelukksepa tehtavad operatsioonid ja tööd	35
Enesekontrolliküsimused 4. peatüki juurde	50
5. Metallkonstruktsioonide koostamine ja töötlemine	51
5.1 Koostatavate liidete klassifikatsioon	51
5.1.1 Liikumatu lahtivõetavate liidete koostamine	51

5.1.2	Liikumatu kinnisliidete koostamine	61
5.2	Liikuvate lahtivõetavate liidete koostamine	68
5.2.1	Hammasliidete koostamine	68
5.3	Alamkoostud ja koostud	75
5.4	Koostamise täpsus ja selle tagamise viisid	79
5.5	Detaili paigalduse tingimused ja meetodid	81
5.6	Koostamise viisid	83
5.6.1	Detailide koostamine märkimise meetodil	84
5.6.2	Detailide koostamine rakisteta, ilma rihtimiseta	84
5.6.3	Šabloonide kasutamine koostamisel	85
5.6.4	Detailide koostamine rakiste abil	86
5.7	Koostamise tehnoloogia alused	90
5.8	Koostelukksepa töökoht	93
5.9	Koostu mehaaniline töötlemine	94
	Enesekontrolliküsimused 5. peatüki juurde	97
6.	Metalltoodete pinnatöötlus ja -viimistlus	99
6.1	Terasest detailide ja koostude pindade puhastamine ja värvimine	100
6.2	Galvaanilised ja muud pinnakatted	103
6.2.1	Pulbervärvimine	104
6.2.2	Terasest detailide ja koostude kuumtsinkimine	105
6.2.3	Elektrolüütiline tsinkimine	109
6.2.4	Filmtsinkimine	109
6.2.5	Kroomimine ja nikeldamine	110
6.2.6	Metalliseerimine	110
6.2.7.	Alumiiniumist toodete anodeerimine	111
	Enesekontrolliküsimused 6. peatüki juurde	112
7.	Dokumentatsioon	114

Enesekontrolliküsimused 7. peatüki juurde	121
8. Tööohutus ja -tervishoid. Individuaalsed kaitsevahendid	122
Enesekontrolliküsimused 8. peatüki juurde	127
9. Tõste- ja transpordiseadmed	128
Enesekontrolliküsimused 9. peatüki juurde	132
10. Jäätmete utiliseerimine	133
Enesekontrolliküsimused 10. peatüki juurde	134
11. Ülesanded	135
Ülesanne 1. Materjali markeeringu selgitus	135
Ülesanne 2. Liite tüübi määramine	136
Ülesanne 3. Keerme tähistuste selgitus	137
Ülesanne 4. Mõõteahela arvutus	138
Ülesanne 5. Paralleelsusnõude kontrollimine detaili paigaldamisel kahele sõrmele	139
Ülesanne 6. Ava telje kõrguse tagamine	141
Ülesanne 7. Ava telje paralleelsuse kontroll korpuse lähtepinna suhtes	142
Ülesanne 8. Tehnoloogilise skeemi valik	144
Ülesanne 9. Konveieri koostamise tehnoloogia analüüs	146
Ülesanne 10. Materjali kulu arvutus saagimisel	148
Ülesanne 11. Värviku kulu arvutus	149
Ülesanne 12. Tükiaja arvutus	150
Ülesanne 13. Operatsioonikaardi analüüs	151
Ülesanne 14. Tehnoloogilise spetsifikatsiooni koostamine	152
Ülesanne 15. Marsruutkaardi koostamine	154
Ülesanne 16. Tootmisgraafiku analüüs	155
Ülesanne 17. Terasest toodete ettevalmistus kuumtsinkimiseks	157
Vastused enesekontrolliküsimustele	159
Viidatud allikad	160

Sissejuhatus

Käesolev õpik on koostatud mehaanika ja metallitööde erialade riikliku õppekava alusel, mis on kinnitatud 22. jaanuari 2009. aasta haridus- ja teadusministri määrusega nr 5. Eeskätt keskhariduse tasemel kutsekoolide õpilastele mõeldud õpik annab teavet metallitööstuse, masinaehituse jms alade oskustöötajatele, sh koostelukkseppadele ja keskastme tootmisjuhtidele, ning toetab nende süsteemset õpet.

Metalltoodete valmistamine on tootmistehnika oluline osa. Metalltoodetena käsitletakse käesolevas õpikus metallist toorikuid, detaile, metallkonstruktsioonide alamkooste ja kooste, kirjeldatakse nende tootmist, mis tagab tehnilise dokumentatsiooniga määratud tolerantsid, pinnakvaliteedi ja muud tehnilised tingimused.

Metallkonstruktsioonide kirjeldamisel viidatakse lisaks mitmele normatiivdokumendile ka standardile EVS 1090 „Teras- ja alumiiniumkonstruktsioonide valmistamine“ [1], mis keskendub peamiselt küll ehituskonstruktsioonidele, kuid on olulises osas rakendatav ka masinaehituses. Sellest standardist tulenevad mõisted nagu ”komponent” ja ”komplekt”. Õpik annab kutsekooliõpilastele, eelkõige koostelukksepa eriala omandajatele, ülevaate tootmistehnika valdkondade ja tehnoloogiate struktuurist ja seostest.

Õpikus on antud ka ülevaade metalltoodete toorikute valmistamise võimalustest ja enamikasutatavatest teraste ja alumiiniumi markidest.

Lähemalt on käsitletud Eesti metalli- ja masinatööstuse ettevõtetele igapäevaselt kättesaadavaid metallist toormaterjale, toorikute ja detailide valmistamise viise ja selleks kasutatavaid seadmeid ning levinumaid pinnaviimistluse tehnoloogiaid.

Õpikus on tutvustatud metalltoodete tehnoloogia aluseid, rõhuasetusega tehnoloogilise dokumentatsiooni kasutamise ja lugemise oskusele. Lähemalt on vaadeldud koostude ja alamkoostude nõuetekohase koostamise viise ja töövahendeid.

Iga peatükk sisaldab teemaga seonduvaid enesekontrolliküsimusi. Raamatu viimased leheküljed sisaldavad praktikas esinevaid ülesandeid ning probleemide võimalikke lahendusi.

Õpiku koostamisel on eeldatud, et lugeja tunneb insenerigraafika, tolerantside ja istude, teoreetilise mehaanika, materjalitehnika, tugevusõpetuse ja masinaelementide aluseid.

1. Metalltoodete valmistamine kui tootmistehnika osa

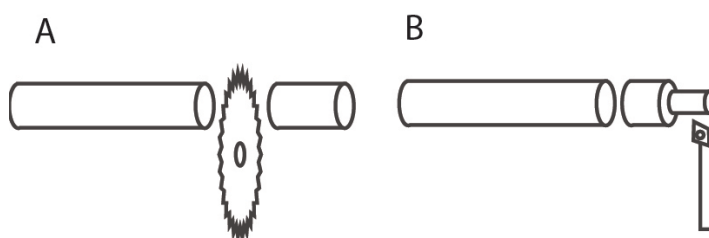
Õppimaks metalltoodete valmistamist, koostamist ja viimistlemist, tuleb kõigepealt vaadata, kuidas see seondub kogu tootmistehnika valdkonnaga tervikult. Püüame vastata küsimusele, millega algab metalltoote valmistamine, mis on toormaterjal ja toorik, kuidas toorikust saab detail, detailidest koost. Üldpildi lihtsustamiseks on lähtunud Saksamaa standardist **DIN 8580** – Tootmistehnika protsessid.

Õpikus ei käsitleta kõiki standardiga defineeritud protsesse, vaid piirduakse koostamislukseksepaale ja -tehnoloogile vajalike teemadega. Muuhulgas ei käsitleta eraldi ka keevitamist ja mehaanilise töötlemise aluseid, kasutatavaid tööriistu ja seadmeid toormaterjalist detailide valmistamisel. Nendele mahukatele teemadele keskendutakse põhjalikult käesoleva õpikuga samasse sarja kuuluvates trükistes. Küll aga selgitatakse metallkonstruktsioonide töötlemisvõimalusi kaasaegsetes sisetreipinkides ja kohttöötlemise seadmetega.

Allpool on näha, kuidas Saksamaa standard DIN 8580 kirjeldab tootmistehnika 6 suuremat põhi gruppi.

Tabel 1 toodud tootmistehnika protsesside põhi gruppide kirjeldus on üldistav, mis võimaldab näha üksikuid protsesse teatud gruppi kuuluvatena. Informatsiooni on otstarbekas tõlgendada praktilise kasutamise vaatenurgast. Tabelit võib sisuliselt lahti mõtestada selliselt, et toorikud valmistatakse enamasti gruppi 1 ja 2 kuuluvate viisidega (esmvormimine ja vormimine), mehaaniline töötlemine kuulub gruppi 3 (eraldamine), koostamise viisid gruppi 4, pinnaviimistlus (pindade katmine) gruppi 5 ning termiline töötlemine gruppi 6. Mõistame, et mehaaniline töötlemine on eraldamine, kuna toimub laastu ja detailide eraldamine (lõikamine). Koostamine on liitmine ehk liidete moodustamine.

Mitme operatsiooniga töödeldav detail võib olla toorikuks järgnevatele operatsioonidele, eriti juhul, kui need operatsioonid toimuvad erinevates jaoskondades või hoopis erinevates tehases. Näiteks on kuumvaltsimisega saadud ümarlatt toorikuks treitavatele detailidele ning iga ümarlatti eraldatud detaili loetakse toorikuks nt teises tehases APJ (arvprogrammjuhtimisega) treipingis treitavale või ümarlihvpingis lihvitavale detailile. Seetõttu on terminite „toorik“ ja „detail“ kasutamine sageli tinglik, kuna see oleneb tehnoloogilise protsessi ülesehitusest ettevõttes ja sellest, millisel kujul materjali hangitakse.



Joonis 1.1. Toorik ja detail

A – tooriku eraldamine lattmaterjalist; B – APJ-pingis detaili valmistamine lattmaterjalist

Tabel 1. Tootmistehnika protsessid (DIN 8580)

Põhi-grupp	Nimetus	Kirjeldus
1	Esmavormimine (<i>primary shaping</i>)	Tahke keha tekitamine vormimata lähtematerjalist, koospüsiva toormaterjali saamine (seejuures ilmnevad materjali määratletavad omadused). Vormimata lähtematerjal võib olla nt pulbrikujuline või vedel.
2	Vormimine (<i>forming</i>)	Valmistamine tahke keha kujundamise ehk tema kuju plastilise muutmise teel. Siinjuures säilitatakse nii keha (tooriku) mass kui ka tema koospüsimine.
3	Eraldamine (<i>cutting</i>)	Töötlemine tahke keha kuju muutmise teel, kusjuures koospüsimine lokaalselt kaotatakse, st terviklikkust vähendatakse. Eraldamise juurde on liigitatud ka koostatud kehade lahtivõtmine, puhastamine ja eemaldamine
4	Liitmine (<i>joining</i>)	Kahe või enama geomeetriliselt määratletud kujuga detaili või vormimata materjalist analoogsete detailide pikemaks ajaks liitmine või muul viisil ühendamine. Siinjuures luuakse lokaalne koospüsimine, st terviklikkust suurendatakse. Liitmisega loodud liide võib olla lahtivõetav või mittelahtivõetav.
5	Katmine (<i>coating</i>)	Detailile tugevasti nakuva vormimata materjali kihi pealekandmine. Määravaks on pealekantava materjali olek vahetult enne pealekandmist. Kattmaterjalid võivad olla nii metalsed kui ka mittemetalsed (nt metallid, emaili, keraamika jt)
6	Materjali omaduste muutmine (<i>changing of mechanical properties</i>)	Tahke keha valmistamine materjali osakeste ümberpaigutusega (karastamine, valtsimine, noolutamine), vaesustamise (nt süsiniku eemaldamine) või rikastamise teel (nt tsementiitmine, nitriitimine), mille juures võimalik paratamatu kujumuutus (nt karastamisest tingitud deformatsioon) ei ole protsessi eesmärk.

Joonisel on näidatud (vt Joonis 1.1 A), et ümarlatist eraldatud detail on toorik, kui tegemist on detaili valmistamisega APJ-treipingis, millel lattmaterjali ettesöötmist ei toimu. Samas võib ettesöötismehhanismiga treipingis käsitleda lattmaterjali tervikult toorikuna (Joonis 1.1 B). Sellisel juhul on detaili eraldamine (mahalõikamine) üheks operatsiooniks toomisprotsessis. Detail on koostamiseta, töötlemise tulemusena valmistatud toote osa. Detail saadakse tooriku töötlemisega.

Enesekontrollküsimused 1. peatüki juurde

1. Tootmistehnika neljandasse põhigruppi „Liitmine“ liigitatakse:

- a) tooriku pinna rikastamine süsinikuga,
- b) kahe detaili kokkukeevitamine,
- c) tooriku pinna rikastamine lämmastikuga,
- d) liidetava detaili pinnaviimistlus.

2. Tootmistehnika valdkonnas on detailiks:

- a) seadme või masina väikseim mittelehtivõetav osa,
- b) liitmise teel saadud koostu mittelehtivõetav komponent,
- c) koostamiseta, töötlemisega valmistatud toote osa,
- d) seadme või masina komponent.

3. Koostamise eesmärgiks on:

- a) seadme valmistamine,
- b) koostu liidete moodustamine,
- c) mehhanismi katsetamine,
- d) detailide omavahelise sobivuse määramine .

2. Metallid masinaehituses

Masinaehituses kasutatakse väga erinevaid materjale: metalli, keraamikat, plaste jne. Käesoleva õpiku keskmes on metallist toodete tootmine, mistõttu on tehtud lühike ülevaade masinaehituses, töötlevas metallitööstuses ja ehituses levinud metallimarkidest. Seejuures on eeldatud, et lugejal on algteadmised materjalitehnikast.

Metalle võib liigitada põhielemendi alusel. Raua (Fe) alusel metallide ehk mustmetallide hulka kuuluvad terased, malmid ja raua sulamid muude metallidega. Mitteraudmetallid ehk nn värvilised metallid on alumiinium, vask, tsink, nikkel, tina jt, ning nende sulamid.

Metalli margi valik konkreetseks kasutusotstarbeks oleneb tema füüsikalistest, mehaanilistest, tehnoloogilistest ja talituslikest omadustest.

Füüsikaliste omaduste hulka kuuluvad niisugused näitajad nagu materjali tihedus, sulamistemperatuur jt. Mehaanilisi omadusi iseloomustavad kõvadus, tugevus, elastsus jne. Materjali tehnoloogilised omadused näitavad, kui hästi see on töödeldav või keevitav. Talituslikud omadused iseloomustavad materjalide praktilise kasutamise võimalusi reaalses töökeskkonnas, nt kas materjalid on piisavalt korrosiooni- või kulumiskindlad.

Töötlevas metallitööstuses ja masinaehituses on enim kasutatav materjal teras, mis on laialt kasutusel ka ehitussektoris (hoonete konstruktsioonid, sillad jms).

Terased võib jagada kolme suurde gruppi (vt tabel 2) [2]:

Tabel 2. Terasse põhigrupid

Konstruktsiooniterased	Tööriistaterased	Eriterased
<ul style="list-style-type: none">• Ehitusterased• Masinaehitusterased	<ul style="list-style-type: none">• Lõike- ja mõõteriistaterased• Stantsiterased (külm- ja kuumstantsiterased)• Kiirlõiketerased	<ul style="list-style-type: none">• Roostevabad terased• Kuumuskindlad terased• Kulumiskindlad terased

Teras on paljukomponentne sulam, mis sisaldab süsinikku ja tavalisandeid, eelkõige Mn, Si, S, P, aga ka O, H, N. Lisandid avaldavad mõju teraste omadustele ning nende omaduste muutmiseks soovitud suunas terast legeeritakse, st manustatakse metallile või sulamile lisandeid selle omaduste parandamiseks.

On iseenesestmõistetav, et metalltoodete valmistamisega tegelevad spetsialistid, nende hulgas koostelukksepad ja tootmisjuhid, oskavad eristada teraste marke ja kasutusala nende tähistuse järgi.

Teraste margitähistussüsteemi sätestab eurostandard **EN 10027** [2].

- Kasutuselade järgi on teraste margitähiste sümboliteks nt S – ehitusteras, E – masinaehitusteras. Sümbolile järgneb number, mis näitab minimaalset voolavuspiiri R_{eH} või R_{eL} , N/mm^2 , nt S355.
- Keemilise koostise järgi markeeritavate teraste margitähiste põhilised sümbolid on: mittelegeerteraste korral – C, millele järgneb C-sisaldust sajandikes protsentides näitav number (nt C45). Siin on C ehk süsinikusisaldus 0,45%.
- Madal- ja keskegeerteraste korral (legeeriva elemendi sisaldus alla 5%): arv, mis näitab C-sisaldust, korrutatuna legeeriva elemendi kordajaga: 4, 10, 100 või 1000, nt 28Mn6 (28 - C %x100, Mn 1,5%).
- Kõrglegeerteraste korral legeeriva elemendi sisaldus $\geq 5\%$: alguses täht X, C-sisaldus x 100 näitav arv, legeerivate elementide keemilised sümbolid sisalduse alanemise järjekorras, legeerivate elementide sisaldust näitavad numbrid, nt X12CrNi18-10 (0,12% C, 18% Cr, 10% Ni).

Tootmises puututakse tihti kokku erinevate markeeringutega, näiteks Saksamaa, Venemaa, Rootsi või mõne muu riigi rahvusliku standardi või tootjafirma poolt kehtestatud kaubamärgiga – nt Hardox, Weldox, Invar, Orvar vms. Näiteks kõrglegeeritud korrosioonikindla terase margitähis Saksamaa standardi **DIN 17440** järgi on X10CrNiTi18-10. Siinkohal on otstarbekas anda lühiülevaade korrosioonikindlatest terastest, mis leiavad üha laiemat kasutust masinaehituses, eriti keemia- ja toiduainetetööstuse- ning meditsiiniseadmete valmistamisel.

Korrosioonikindlatest terastest on enam levinud kroomi (vähemalt 12%), niklit jt legeerivaid elemente sisaldavad terased, neist tuntumad on kroomterased ja kroomnikkelterased [2]. Mõned levinumad korrosioonikindlate teraste margid:

- X12Cr13,
- X6Cr13,
- X4CrNi18-10,
- X4CrNi18-10.

Eesti masinaehitusettevõtted kasutavad sageli korrosioonikindlate teraste AISI (American Iron and Steel Institute) markeeringus marke. Näiteks levinuimad on AISI 304 ja AISI 316, neist viimane on ka happekindel [3].

Teraste markeeringute vastavus on ligilähedane allpool toodule:

Tabel 3. Erinevad korrosioonikindlate teraste tähistussüsteemid

Materjali nr DIN järgi	Margitähis EN10027 järgi	Margitähis USA standardi AISI järgi	Vananenud margitähis SLV-s
1.4301	X5CrNi18-10	AISI 304	V2A
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	AISI 316	V4A

Malmid on nagu terasedki raua ühendid süsinikuga, kuid kõrgema süsinikusaldusega (al 2.14%). Malmide tähistamiseks kasutatakse standardi EVS-EN 1560:2011 järgi kuuepositsioonilist tunnusnumbrit.

Markeeringu klassifikatsioon [4]:

- Positsioon 1 – EN,
- Positsioon 2 – GJ – tähistab valurauda ehk malmi,
- Positsioon 3 – grafiidiosakese struktuuri tähis,
- Positsioon 4 – mikro- või makrostruktuuri tähis,
- Positsioon 5 – mehaanilisi omadusi või keemilist koostist iseloomustav tähis,
- Positsioon 6 – lisanõuete tähis.

Näitena on analüüsitud malmi markeeringuga EN-GJS-400-18 S-RT:

- EN – euronorm,
- GJ – valuraud,
- S – sfääriliste (kerajate) grafiidiosakestega malm,
- 400-18 – materjal tõmbetugevusega 400 Mpa, katkevenivusega 18%,
- S – eraldi valatud katsekeha,
- RT – katsetatud toatemperatuuril.

Järgnevalt mõned enamlevinud malmide markeeringud:

- EN-GJL-... – libeleliste (L täht markeeringus) grafiidiosakestega hallmalmid. Heade valuomadustega.
- EN-GJS-... – sfääriliste (S täht markeeringus) grafiidiosakestega malmid. Suure tugevuse ja plastisusega ning suhteliselt sitke materjal. Kasutatakse dünaamilistel koormustel töötavate detailide (nt väntvõllid) valmistamiseks.
- EN-GJMB-... ja EN-GJMW-... – tempermalmid. Saadakse valgemalmi termotöötuse tulemusena. Heade valuomadustega ning plastsem ja tugevam kui hallmalmid.

Tööstusettevõtted kasutavad tihti ka Saksamaa standardi DIN 1691 tähiseid, nt hallmalmi EN-GJL-200 markeeritakse DIN 1691 järgi tähisega GG20.

Mitteraudmetallide ja mitterauasulamite kohta on soovitatav lugeda vastavaid peatükke õpikust Metalliopetus [4 lk 190].

Alumiiniumi ja alumiiniumisulamite margitähistus põhineb saksa tähistussüsteemil, numbrisüsteem ja oleku tähistus aga rahvusvahelistel ISO-standarditel, nt:

Tabel 4. Alumiiniumisulamite tähistussüsteem

	Margitähis	Numbritähis
Deformeeritav alumiinium	AW-Al 99,6	AW-1060
Deformeeritavad sulamid	AW-AlCu4Mg1	AW-2024
Valualumiinium	AC-Al99,5	AC-10500
Valusulamid	AC-AlSi11	AC-44000

Masinaehituses kasutatakse üha rohkem alumiiniumi erinevate detailide valmistamiseks, nt survevalu- ja ekstrusioonimeetodil. Alumiiniumisulamitest profiilmaterjal leiab väga laia kasutust ka ehitussektoris sõrestike konstruktsioonides ja ka näiteks uste ja akende tootmises.

Enesekontrolliküsimused 2. peatüki juurde

1) Terasteks liigitatakse metalle, mis:

- a) on raua ja süsiniku ühendid ning sisaldavad lisandeid
- b) on raua ja süsiniku ühendid, aga ei sisalda lisandeid
- c) on raua ja süsiniku ühendid ning ei sisalda kahjulikke lisandeid S ja P

2) Korrosioonikindlate teraste koostise tunnuseks on

- a) mangaani (Mn) suur sisaldus (üle 6%)
- b) kroomi (Cr) suur sisaldus (alates 12%)
- c) kroomi (Cr) väike sisaldus (alla 1%)

3) Legeerimata konstruktsiooniteraste tähistuses S235 näitab arv

- a) maksimaalset tõmbetugevust
- b) maksimaalset voolavuspiiri
- c) minimaalset voolavuspiiri

4) Alumiiniumsulamid

- a) ei sobi detailide valmistamiseks survevalu meetodil
- b) sobivad detailide valmistamiseks ainult survevalu meetodil
- c) sobivad kandekonstruktsioonide profiilmaterjali valmistamiseks

3. Terasest toorikute valmistamine

Käesolev peatükk annab ülevaate profiilmaterjalide nomenklatuurist, profiilmaterjalist toorikute valmistamise võimalustest ja tutvustab tootmises kasutatavate seadmete võimalusi. Seadmetega töötamiseks vajalikud oskused omandatakse vastava koolituse käigus.

Allpool on toodud terasest kuumvaltsitud leht- ja profiilmaterjali valmistamise üldistatud skeem. Eesti tänapäeva masinaehituses on terasest leht- ja profiilmaterjal peamiseks lähtematerjaliks metallkonstruktsioonide toorikute ja detailide valmistamisel.

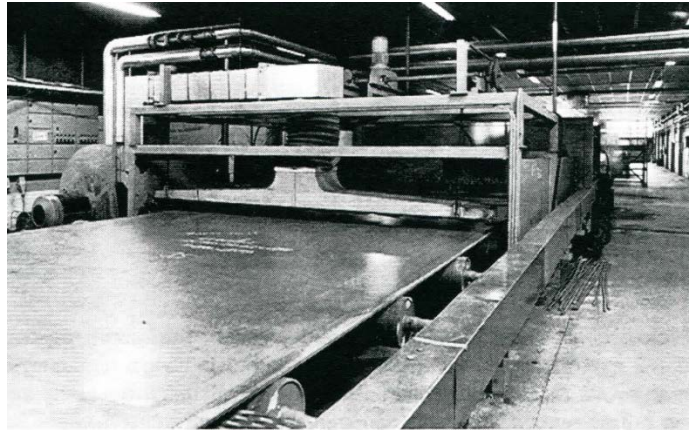


Joonis 3.1. Kuumvaltsitud materjali tootmine

3.1 Lehtmaterjalist toorikute valmistamine

Käesolevas alapeatükis tutvustatakse masinaehituses ja ehituses kandekonstruktsioonide, masinate ja seadmete koostude valmistamiseks kasutatavaid enamlevinud kuumvaltsitud ning materjalistandarditele EN 10025, EN 10027, DIN 17100 jt tunnustatud normidele vastavaid teraslehtede marke. Üldjuhul on tegemist lehtterasega, mille paksus on 4 kuni 150 mm, laius 800 kuni 3250 mm ning pikkus kuni 6,1 m (mõõtmestandard EN 10029). Tutvustatavad toorikute universaalsed valmistamisviisid ja -vahendid laienevad enamasti ka teistele laialdaselt kasutuses olevatele materjalidele nagu korrosioonikindlad terased, alumiinium jne.

Hästi koostatud tehnoloogia eeldab, et enne ladustamist metallimüügi- või metallitöötlemisettevõttes toimub lehtterase haaveldamine automaatselt ühe kihi kruntvärviga (*shop primer*) katmine.



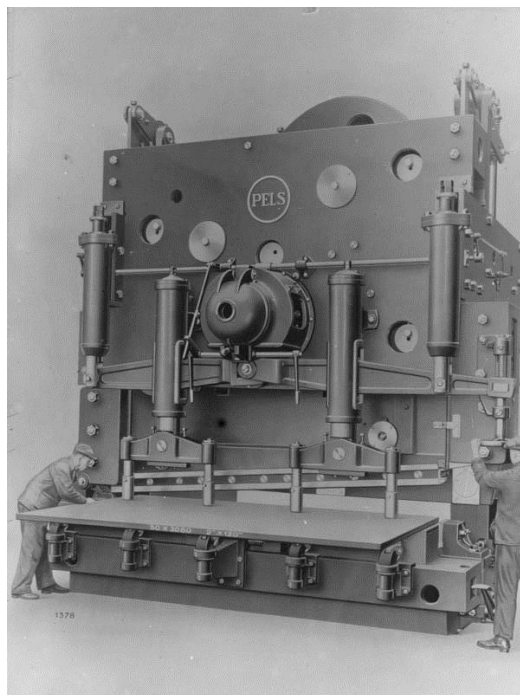
Joonis 3.2. Lehtterase etteandmine haaveldamisliini töökambrisse

Lehtmaterjalist toorikute valmistamiseks kasutatakse kõige rohkem järgmisi universaalseid seadmeid:

- giljotiinkärid,
- gaasilõikeautomaadid,
- plasmalõikeautomaadid,
- laserlõikeautomaadid,
- vesijugalõikeautomaadid.

3.1.1 Lõikamine (tükeldamine) giljotiinkäridel

Giljotiinkäridele on iseloomulik sirge lõige, kõrge tootlikkus, kuid madal joonmõõtmete saavutatav täpsus (umbes 0,5 mm) ja lõigatud serva deformeerimine, mis on tingitud lõikeskeemist (Joonis 3.6).



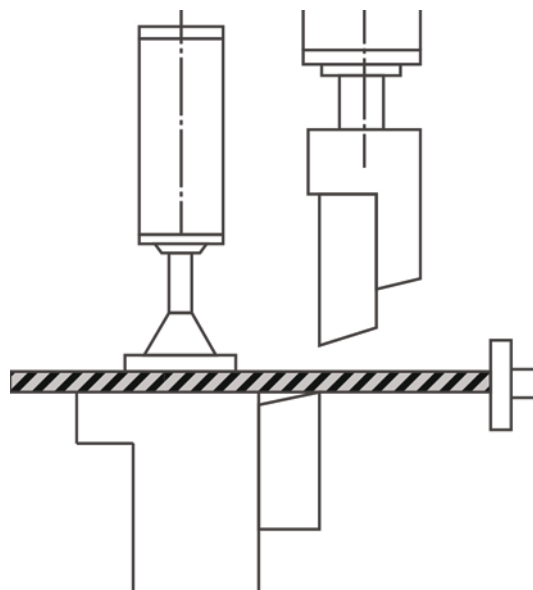
Joonis 3.3. Giljotiinkärid, valmistatud umbes aastal 1930



Joonis 3.4. Kaasaegsed giljotiinkäärid [5]

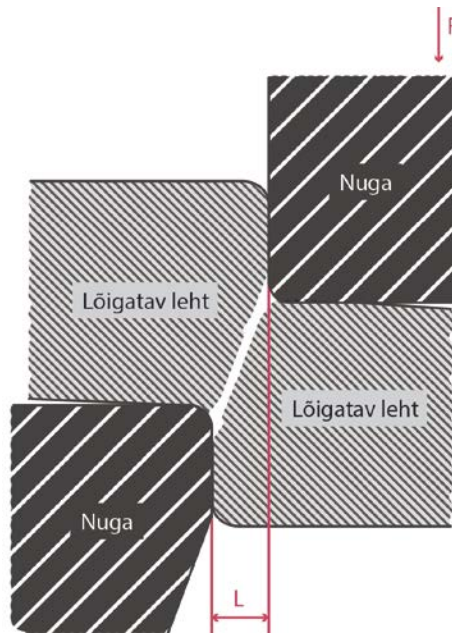
Aastakümnetega pole giljotiinkäärde konstruktsioon oluliselt muutunud, küll aga on edasi arendatud nende ajameid, löikenugade materjale, lõigatava lehtmaterjali laiuse seadistamise juhtimist, kasutusele on võetud kiirtoimelised toed ja lehttooriku kinnituselemendid.

Allpool on pildidel skemaatilisel kujutatud tööpõhimõte ja -liikumised.



Joonis 3.5. Lehtmaterjal kinnitatuna giljotiinkäärde töölaual

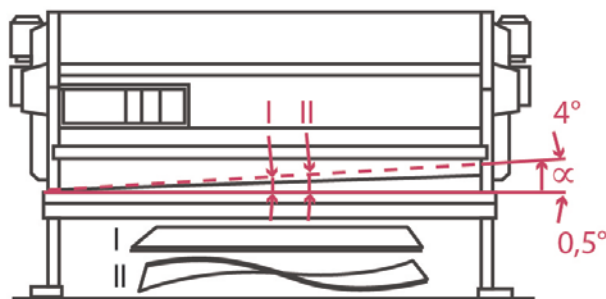
Lõigatava lehtmaterjali riba laiuse seadistamine toimub toe (Joonis 3.5 paremal) horisontaalsel liikumisel soovitud asendisse. Leht lükatakse vastu horisontaalset tuge pildil näidatud asendisse. Seejärel liiguvad kinnituskäpad vertikaalselt alla ja fikseerivad lehtmaterjalist tooriku. Viimaseks toimub giljotiinkäärde noa vertikaalne tööliikumine, lõigatakse soovitud laiusega leheriba.



Joonis 3.6 Giljotiinkääridel toimuva lõikeprotsessi skeem. F – lõikejõud; L – pilu materjali väljajuhtimiseks nugade vahelt

Lõigatav leht on fikseeritud töölaual ehk alumisel noal, lõikamine toimub ülemise noaga, lõiketsoonis mõjub jõud F . Lõigatav leht deformeerub alguses elastselt, jõu kestval mõjul materjal puruneb. Joonis 3.6 kujutab lehtmaterjali deformeerumist lõikeprotsessis. Pilu L on vajalik materjali lõiketsoonist väljajuhtimiseks nugade vahelt. Lõikeskeem näitab, et lõikeserv on muljutud ja osaliselt rebitud. Sellisel kujul vajab ta tihti järeltöötlemist, nt faasimist või freesimist. Samas kasutatakse madala täpsusega metallkonstruktsioonides (mahutid, konteinerid jms) sageli lehtmaterjalist toorikuid järeltöötlemata servadega, kui nt keevitamisega on saavutatav toote nõutav kvaliteet.

Lõikamisel peab arvestama ka lõigatava lehtmaterjali riba deformeerumisega pikisuunas.



Joonis 3.7. Giljotiinkääridel lõigatava lehtmaterjali riba deformeerumine

Lõikenõu kaldenurga α suurendamine (Joonis 3.7, seadistus II) mõjub positiivselt lõikeprotsessile, kuid samas suurendab leheriba deformatsiooni. Sageli vajab lõigatud materjal täiendavat rihtimist ehk sirgestamist valtsides.

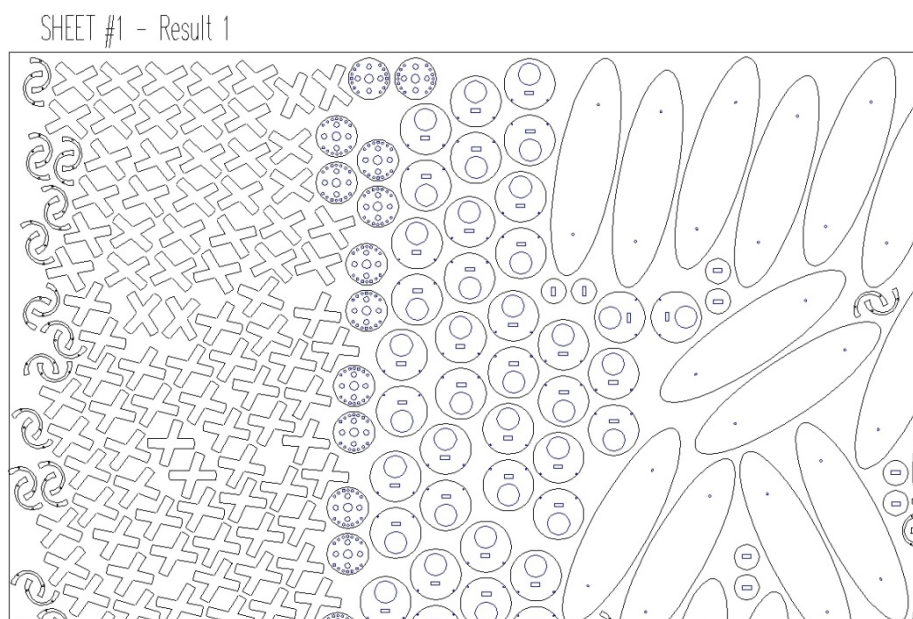
Individuaaltootmises, tavaliselt väiksemates ettevõtetes kasutatakse mitmesuguseid kergemaid lehtmaterjali kääre, mis töötavad ülalkirjeldatud põhimõttel.

3.1.2 Lehtmaterjali lõikamise viisid

Käesolevas alapeatükis käsitletakse koos termolõikuse viisidega ka vesijugalõikust, kuna nendel tootmisviisidel ja -vahenditel on palju ühist. Kirjeldatakse just tehnoloogia rakenduslikku külge, sest termolõikuse protsesse käsitleb põhjalikumalt keevitamise õppeaine.

Metallkonstruktsiooni valmistamise tehnoloogia seisukohalt on väga oluline lähte- ehk lehtmaterjali efektiivselt kasutada, mis eeldab toorikute optimaalse väljalõikeplaani koostamist. Lehtmaterjali kasutamise efektiivsust näitab jäägi protsent. Mida väiksem jääk, seda kõrgem efektiivsus.

Samasuguseid väljalõikeplaane saab koostada nii detailide joonestamisega, insenerigraafika meetodeid kasutades kui ka lõikeseadmete juurde kuuluvate tarkvaraprogrammide abil. Siinjuures peab arvesse võtma tehnoloogilisi soovitusi ja jätma lehe serva ning detailide vahele materjali varu lõikejoa sisenemiseks. Varu on reeglina valitav vahemikus 3 kuni 15 mm, olenedes lõigatava materjali paksusest ja seadme eripärast. Konkreetsemaid soovitusi saab üldjuhul seadme kasutusjuhendist.



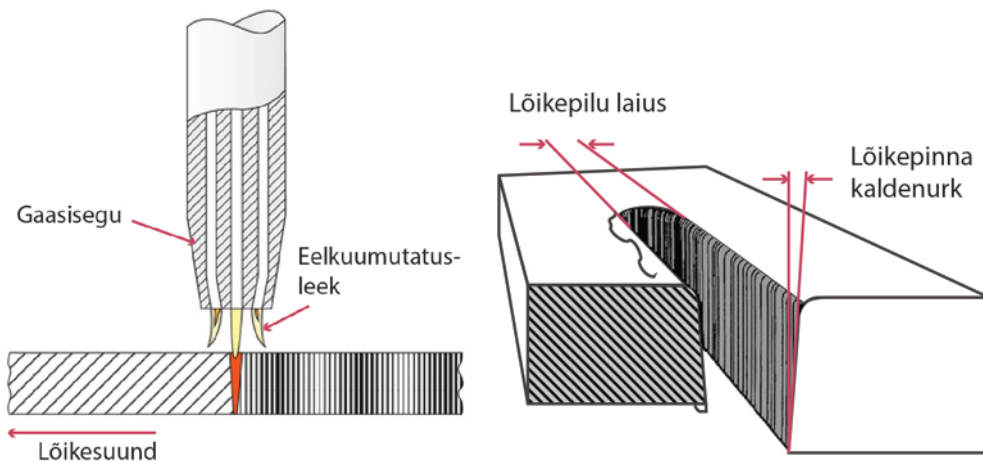
Joonis 3.8. Programmiga koostatud väljalõikeplaan

Väljalõikeplaanide abil on arvutatav lehtmaterjali kasutamise efektiivsus ehk väljatulek protsentides ja jääkide hulk. Tootja saab summaarset jäägi kogust vähendada, leides sellele rakendust nt jäägist väiksemate detailide tootmises. Optimaalseks jääkide suuruseks tootmises võib lugeda umbes 20 protsenti, ehk teisisõnu materjali kulu, mis on iseloomustatav koefitsiendiga 1,2, kui võtta detailide netomassi võrdeks 100 protsendiga. Kuigi väljalõikeplaan näitab pindala, on see toorikute jääva paksuse puhul materjali massi kulu näitajaks. Kui väljalõigatavad toorikud

kuuluvad järgnevale mehaanilisele töötlemisele, siis lisandub nende operatsioonidega (nt freemine, sisetremine) veel teatud materjali jääk (laast), mis tavaliselt kuulub utiliseerimisele nagu ka edaspidise kasutusega lehtmaterjalijäägid.

Gaasilõikus

Hapnik- ehk gaasilõikuse puhul põleb teras hapnikujoas oksiidideks. Vajalik materjali ettekuumutus toimub hapniku-atsetüleenileegiga, mille järel juhitakse lõikesse hapnikujuga. Sulanud metalli räbu puhutakse lõikepinnast välja. See meetod sobib süsinikteraste ja madallegeerteraste lõikamiseks, mida iseloomustab minimaalne lõike laius (*kerf*) vahemikus 2-5 mm. Gaasilõikusele on iseloomulik kerfi tasapinnast kõrvalekalle, kaldusservsus (*squariness and inclination tolerance*), mida tähistatakse tähega u. Lõike laius võib olla piires 0,2-2,0 mm.



Joonis 3.9. Gaasilõikuse skeem ja lõikejälje fragment

Gaasilõikeautomaadid on suhteliselt soodsad ja võimaldavad lõigata süsinikteraseid paksusega tavaliselt 6-300 mm, teatud teostuste puhul ka paksemat materjali. Saavutatav täpsus on tavaliselt +/-1,0 mm.

Plasmalõikus

Plasmalõikuse puhul toimub lõikamine plasmajoa toimel, mille temperatuur ületab 25000 °C. Volfram-, hafnium- või tseeriumelektroodi otsa ja detailide vahel süüdatakse algul pilotkaar, edasi see kustub ja süttib plasmakaar. Protsessile on iseloomulik suhteliselt kõrge tühijooksu- pinge (kuni 400 V), soojusenergia sulatab servad, suruõhujuga eemaldab lõiketsoonist sulamaterjali. Seda lõikeviisi kasutatakse siis, kui gaasilõikust pole võimalik rakendada, sest toorikute nõutav täpsus on suurem. Eelistatavad lõigatavad materjalid: korrosioonikindlad terased, alumiinium, vask.

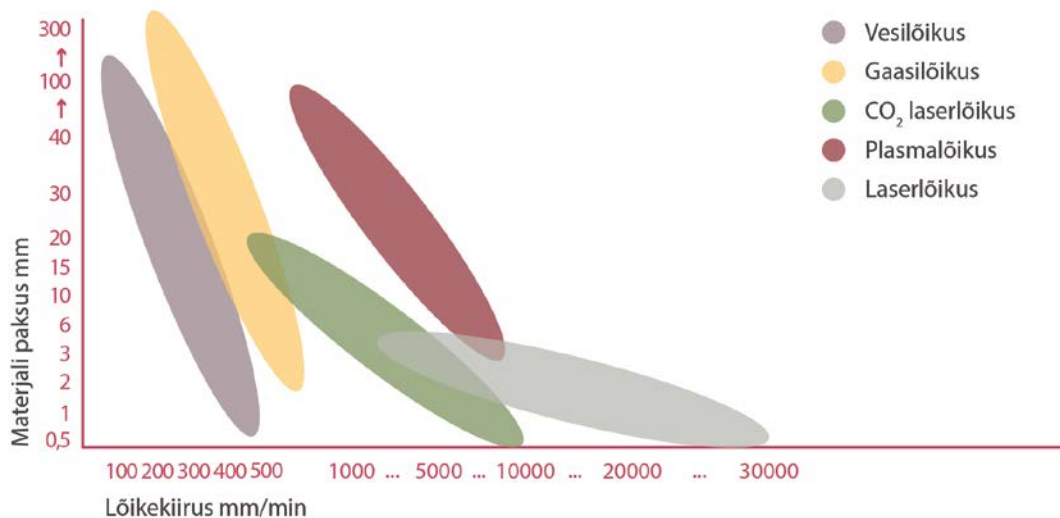
Meetodi eelisteks on suur lõikekiirus õhukeste ja keskmise paksusega materjalide korral, väike termomõjutsoon ja võimalus lõigata ka vee all, millega välditakse müra, gaaside ja ultraviolettkiirguse toimet. Puuduseks on alt kitsenev lõikejalg, mistõttu lõikeserv on kaldega.

Plasmalõikeautomaadid sarnanevad oma ehituselt gaasilõikeautomaatidega. Plasmalõikeautomaadid võimaldavad lõigata teraslehti paksusega 4-70 mm, saavutatav täpsus on piirides 0,25 mm, lõikeserva kalle 3-5°.

Laserlõikus

Sagedamini kasutatavatel laserlõikeautomaatidel on võimalik lõigata teraslehte paksusega kuni 25 mm, roostevaba terast paksusega kuni 15 mm, alumiiniumlehte paksusega kuni 20 mm, täpsus kuni 0,03 mm. Lõigatavate avade läbimõõt alates 5 mm. Kasutatav võimsus 1000-1500 W. Nimetatud andmete võimaliku erinevused on leitavad konkreetse seadme kasutusjuhendist.

Sobivaima lõikusmeetodi valikul on abiks allpool toodud diagramm, mis näitab erinevate termolõikusviiside töövahemikke olenevalt toorikute (detailide) paksusest ja soovitud täpsusest.



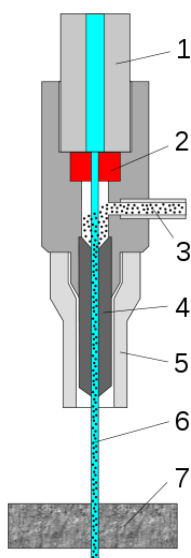
Joonis 3.10. Termolõikusviiside võrdlus

Vesijugalõikus

Vesijugalõikus on reeglina realiseeritud kui abrasiiv-vesijugalõikus, st veejuga sisaldab abrasiiv-seid osakesi, mis tagavad efektiivse lõikeprotsessi. Protsess leiab üha laiemat kasutust tänu mitmele eelisele. Vesijugalõikus on müra- ja tolmuvaba, lõikamine toimub vees, millega välditakse lõigatava materjali kuumenemist. Samuti võimaldab vesijugalõikus lõigata peaaegu kõiki tahkeid materjale (kivi, klaas, metall, kumm, plastid).

Metallist toorikuid ja detaile on võimalik lõigata paksusega ka üle 100 mm. Enamlevinud paksuste puhul vahemikus 10-30 mm on saavutatav täpsus piirides 0,03 mm ning lõikepinna kvaliteet hea. Vesilõikuse seadmete hind on aga suhteliselt kõrge.

Juga väljub düüsist rõhu all kuni 6000 bar kiirusega kuni 1000 m/s. Lõigatava materjali kuumenemine on tühine. Erinevalt laserlõikusest sobib vesijugalõikus ka karastatud terase lõikamiseks.



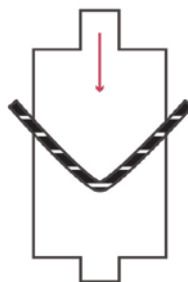
Joonis 3.11 Abrasiivmaterjali lisamine veejoale [6]. 1 – veejoa juhttoru; 2 – veejoa diafragma; 3 – abrasiivmaterjali juhttoru; 4 – abrasiiviga veejoa düüs; 5 – düüsi korpus; 6 – abrasiiviga veejuga; 7 – lõigatav lehtmaterjal

Abrasiiv-vesijugalõikuse seadme ehitus on analoogne gaas-, plasma- ja laserlõikuse skeemiga, st lõikepea on monteeritud portaalile, lõigatav lehtmaterjal asetatakse töölauale, mis vesijugalõikuse puhul asub veevannis. Üheks olulisemaks tööorganiks on kõrgsurvepump ja abrasiiv-veejoa düüs, mille liikumist juhib APJ-seade.

Tabelis (Lisa 1) on toodud võrdlusandmed lehtmaterjalist toorikute ja detailide erinevate lõikamisviiside kohta. Andmed on ligikaudsed, täpsemad suurused selguvad konkreetse seadme passiandmetest tootmistingimustes.

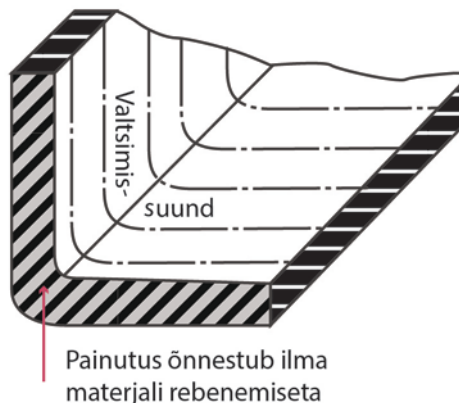
3.2 Lehtmaterjalist toorikute painutamine

Käesolevas peatükis on käsitletud toorikute valmistamise kõrval ka nende painutamist, kuigi metalli- ja masinatööstuse ettevõtted on üha enam huvitatud eelvalmistatud toorikute hankimisest selleks spetsialiseerunud ettevõtetelt. Metallimüügiettevõtted on üha aktiivsemalt laiendamas oma teenuste valikut ja tarnivad tootmisfirmadele mõõtmesse lõigatud, painutatud, ümarvaltsitud, puuritud ja sirgestatud toorikuid alamkoostude ja toodete detailidena.



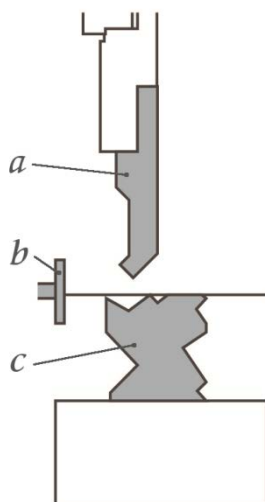
Joonis 3.12. Lehtmaterjali painutamine prismade vahel

Lehtmaterjali painutamisel võetakse arvesse tema valtsimise suunda. Valtsimise suund peab võimalusel olema risti paindejoonega. Sellega väidatakse lehtmaterjali rebenemist painutuskohas.



Joonis 3.13. Painutamise suuna valik

Painutusjõud (seadme võimsus) arvutatakse eeldusel, et painutatava lehtmaterjali ristlõige on ristkülik.

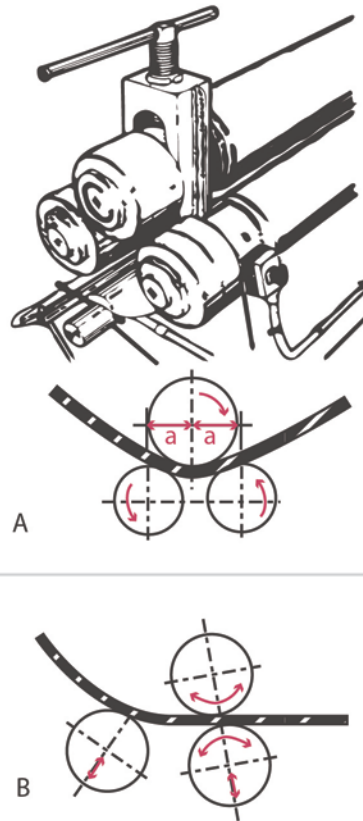


Joonis 3.14 Painutuspressi skemaatiline esitus. a – liikuv prisma (tempel); b – lehttooriku tugi; c – liikumatu alumine prisma (matriits);

Universaalse pressiga saab painutada erineva kujuga toorikuid. Selleks otstarbeks projekteeritakse vastavad painutusstantsid. Neid küsimusi käsitletakse lähemalt raamatus „Lehtmaterjali töötlemine ja vormimine“.

3.3 Lehtmaterjali ümarvaltsimine

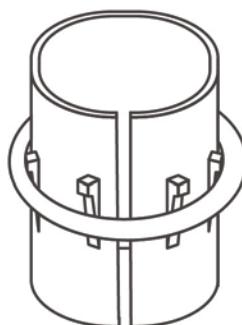
Lehtmaterjalist ümarvaltsitud toorikuid valmistatakse erinevate metallkonstruktsioonide ja -seadmete (trumlid, mahutid jne) tootmiseks paljudele tööstusharudele. Ümarvaltsimisega on lisaks silindrilisusele saavutatavad toote erinevad ristlõiked (koonus, ellips, muutuva raadiusega õõnsad kehad).



Joonis 3.15. Ümarvaltsimise skeem (A) ja rullide asendi muutmise (B)



Joonis 3.16. Ümarvaltsid ja vormitud detailide näidised



Joonis 3.17. Ümarvaltsitud tooriku ettevalmistus keevitamiseks

Joonisel 3.17 on näidatud ümarvaltsitud lehtmaterjalist tooriku kokkukeevitamiseks abivahendina kasutatavat tehnoloogilist rõngast ja kiilusid. Kiilude asendit muutes viiakse keevitatavad, eelnevalt faasitud servad soovitud asendisse. Servad peavad olema teineteise suhtes paralleelsed ning kogupikkuses kokku puutuma.

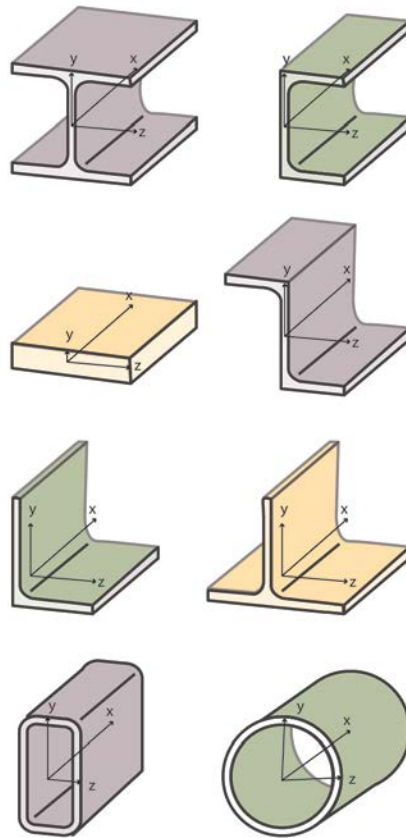
3.4 Lehtmaterjalist toorikute õgvendamine ja sirgestamine

Lehtmaterjalist toorikute õgvendamine ja sirgestamine toimub rihtimisvaltside ja -presside abil. Levinud on ka termiline õgvendamine, tasakaalustamaks lehtmaterjalis esinevaid sisepingeid soovitud suunas. Viimane meetod ei ole mõnel juhul lubatud, kuna termilise õgvendamisega võivad metalli mehaanilised omadused muutuda ning tekitada riskiolukorra. Vajaliku tooriku saamiseks juhitakse lehtmaterjal läbi mitme valtsipaari, deformeeritakse elastselt ja vähesel määral ka plastselt, mille tulemusena saavutatakse parem lehtmaterjali tasapinnalisus.

3.5 Profiilmaterjalist toorikute valmistamine

3.5.1 Lühiülevaade profiilmaterjalidest

Käesolev õppematerjal käsitleb nii ehituslike kui ka masinaehituslike metallkonstruktsioonide valmistamiseks kasutatavaid standardseid terasprofiile. Alumiiniumprofiile, vaatamata nende suurele valikule, eraldi ei käsitleta, kuna nende töötlemismeetodid on üldjuhul samad, mis terasprofiilide puhul.



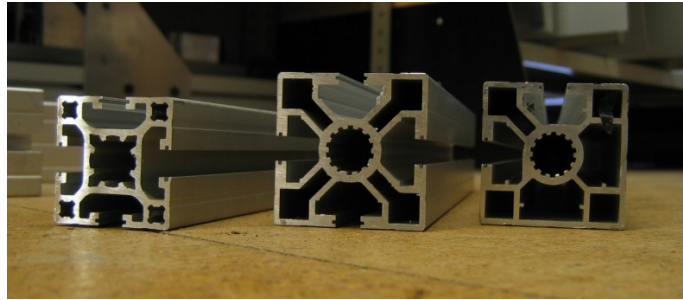
Joonis 3.18. Enamlevinud terasprofiilid

Pildil näidatud profiilide hulka võiks lisada veel ümar- ja kuuskantlati ning ruudukujulise ristlõikega nelikanttoru.

Euroopa riikides levinud profiilteraste üldine klassifikatsioon:

- I-profiil (topelt-T-talad):
 - kitsas I-profiil vöö kaldsisepindadega (INP-rida),
 - keskmine I-profiil vöö paralleelsete sisepindadega (IPE-rida);
- Laia kandevööga talad:
 - kerge teostus (HEA-rida) ,
 - normaalteostus (HEB-rida),
 - raske teostus (HEM-rida).
- U-profiil vööde kaldsisepindadega (UNP-rida),
- U-profiil vööde paralleelsete sisepindadega (UPE-rida või UAP-rida),
- T-profiil (T-talad),
- Z-profiil,
- L-profiil (nurkraud):
 - võrdsete vöödega,
 - eri pikkuses vöödega.

Levinud ekstrudeerimismeetodil ehk kindlal temperatuuril surve all vormi pressimisega toodeta-
vate alumiiniumprofiilide valik on väga lai.



Joonis 3.19. Näide alumiiniumprofiilidest [7]

3.5.2 Presskääridel tükeldamine

Vajadusel, olenevalt ettevõttes valmistatavast toodangust, tükeldatakse profiilmaterjali presskää-
ridel. Lõikeprotsess ja seadmed tulenevad giljotiinil lõikamise tehnoloogiast. Oluline vahe
sisneb selles, et presskäärides on kasutusel matriitsi funktsiooni täitev lõikeelement, mis vastab
profiilmaterjali ristlõikele (toru, kuuskant, nurk- või karpraud jne).



**Joonis 3.20. U-profiili tükeldamine presskäärides (A) ja seadme vahetatavad matriit-
sid (B) [8]**



Joonis 3.21. Presskäärid [9]

Presskäärde kasutusjuhendis on harilikult kirjeldatud kõik antud seadmega teostatavad tükeldamise, augustamise jm operatsioonid, lõigatava materjali lubatud ristlõiked ja mehaanilised omadused.

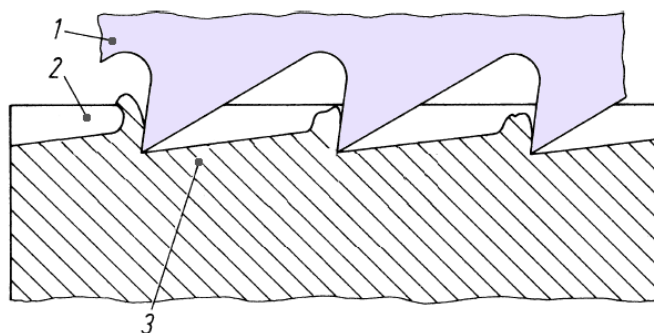
3.5.3 Saagimine

Profiilmaterjali ja armatuurterase saagimiseks on töötlevas metallitööstuses ja masinaehituses kasutusel nii ketas- kui ka lintsaed. Sõltuvalt tootmisprofiilist on neid erinevates teostustes mitmesuguse ehituse ja automatiseerimistasemega, alustades lihtsatest teisaldatavatest töölauale kinnitatavatest seadmetest kuni kõrge tootlikkusega APJ- pinkideni.



Joonis 3.22. Ketassaag metalli lõikamiseks [10]

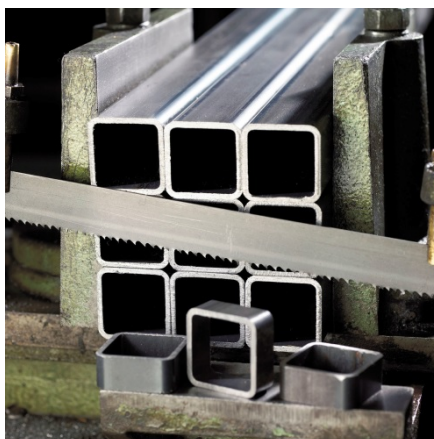
Ketassaage (Joonis 3.22) kasutatakse profiilmaterjali saagimiseks väikeseeria- või individuaal- tootmises. Neid on kasutusel nii statsionaarsete tööpinkidena, väiksemate teisaldatavate seadmetena kui ka käsimasinatena. Ketassaagide saekettaid pakuvad väga erinevates teostustes mitmed tootjaid, kes annavad oma kataloogides vastavaid soovitusi olenevalt saetava materjali margist ja omadustest.



Joonis 3.23 Lõikamise geomeetriselised parameetrid saagimisel: 1 – saeleht; 2- toorik; 3 – saetav toorik ristlõikes

Lintsaed

Lintsaage kasutatakse profiilmaterjali saagimiseks nii individuaal- kui ka seeriatootmises. Lintsaepuhul on tegemist kinnise kontuuriga saelindiga, mille kitsas hammastatud teraslint on pingutatud ümber kahe (harvemini kolme) lindiratta. Levinumad on vertikaalsed lintsaepingid, mille alumine lindiratas on ühendatud jõuallikaga. Kasutatakse ka horisontaalseid pinke. Lintsaag võimaldab tavaliselt saagida paksemat materjali (keskmiselt 150...300 mm) kui ketassaag. Saelindi väiksema paksuse ja piiratud elastsuse tõttu on tema jäikus väiksem kui saeketl. See tingib aga madalama kvaliteediga lõikepinna võrreldes ketassaagimisega.

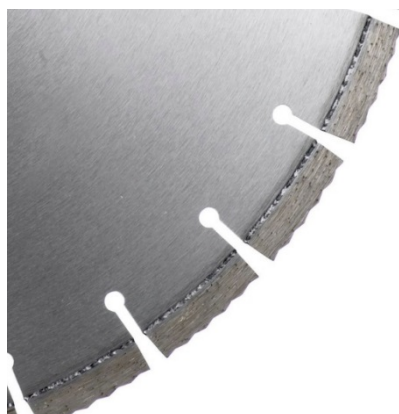


Joonis 3.24. Nelikanttoru saagimine paketina [11]

Lintsaepuhul on sageli kallutatav, mis võimaldab reguleerida saagimisnurka. Saelindi nurk profiilmaterjali telje suhtes on samuti reguleeritav. Samamõõtmelisest profiilmaterjalist täisnurksete liidete puhul reguleeritakse saed profiilmaterjali saagimiseks telje suhtes nurga all 45° .

Abrasiivketassaed

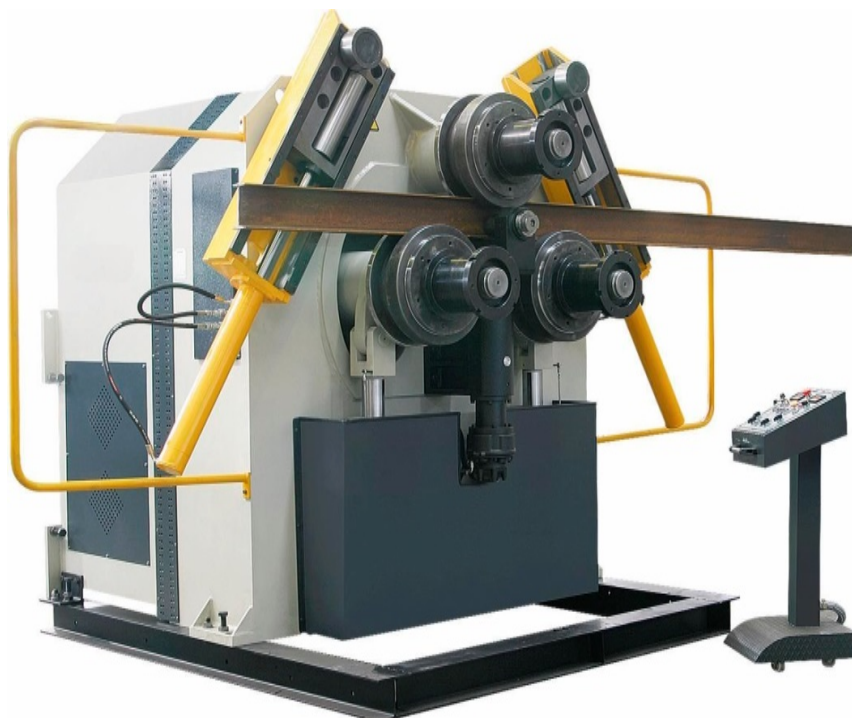
Abrasiivketassaagides kasutatakse lõikekettaid. Tänapäeval on kasutusel peamiselt teemantlõikekettad. Ketassaed võivad olla teostuselt nii statsionaarsed kui käsimasinad – nn lihvmasinad, millest on tuntud firmabrändidena Bosch ja Makita tooted. Lihvmasinad nõuavad käitlemisel erilist tähelepanu ja individuaalsete kaitsevahendite kasutamist.



Joonis 3.25. Teemant-lõikeketta fragment

3.5.4 Profiilmaterjalist toorikute painutamine ja ümarvaltsimine

Profiilmaterjalist ümarvaltsimine on väga sageli rakendatav tehnoloogia nii erinevate masinaehituslike seadmete (nagu pöördlauad ja –platvormid, seadmete kandekonstruktsioonid ja ehituskonstruktsioonid nagu kaared, piirded jm) valmistamisel.



Joonis 3.26. I-profiili ümarvaltsimine [12]

Valtsimisel kasutatavad rullid on vahetatavad, mis võimaldab erinevate (ka spetsiaalsete) profiilide ümarvaltsimist. Vertikaalsete ümarvaltside eelis võrreldes horisontaalsetega seisneb selles, et pikemate profiilmaterjalist toorikute puhul ei osutu tsehhi kõrgus takistuseks, kuna seadme asukoha õige valikuga õnnestub töödelda ka pikemaid, nt 12-meetriseid talasid. Torupainutuspingid kujutavad endast ümarvaltside üht liiki. Suurema läbimõõdu ja seinapaksusega õõnsaid profiilmaterjale (sh ümaritorusid) kuumutatakse ning täidetakse nt liiva või kuulikestega, et vältida või vähendada materjali muljumist painutamisel.

3.5.5 Profiilmaterjalist toorikute sirgestamine ja õgvendamine

Tarnitav profiilmaterjal on tavaliselt veidi deformeerunud, nt kõverdunud puudulike ladustamis- või transporditingimuste tõttu. Samas peavad kandvate metallkonstruktsioonide detailid olema väga täpsed (olenevalt erinevatest gabariitidest ja nõuetest nt sirgsus vahemikus 0,1 kuni 5 mm). Vajadusel saab profiilmaterjali õgvendada standardsete või spetsiaalsete vertikaalsete hüdrauliliste presside abil. Joonisel 3.27 on kujutatud suure võimsusega hüdrauline press, mille töölauda jäikadele tugedele on asetatud õgvendatav sepistatud võlli toorik. Pressi survepea vertikaalsel liikumisel alla võlli toorikut painutatakse e deformeeritakse. Vajadusel võlli pööratakse ümber sümmeetriateljje ning pressiga tekitatakse deformatsioon võlli tooriku erinevates nurkasendites, kuni saavutatakse tema nõutav sirgsus, mida sepistamisega ei ole võimalik tagada.



Joonis 3.27. Vertikaalne hüdrauliline press võimsusega 15000 kN [13]

Enesekontrolliküsimused 3. peatüki juurde

1. Lehtmaterjali painutamisel on valtsi telje eelistatud asend:

- a) risti lehtmaterjali kuumvaltsimise (jälje) suunaga,
- b) suvalise nurga all lehtmaterjali kuumvaltsimise (jälje) suunaga,
- c) paralleelne kuumvaltsimise (jälje) suunaga.

2. HEM profiilterase painutamine ümarvaltsides kaarekujuliseks:

- a) on võimalik,
- b) ei ole võimalik,
- c) on võimalik vaid ümarvaltside vertikaalteostuse puhul.

3. Toorikute sirgestamisel ja rihtimisel:

- a) toimub vaid materjali elastne deformatsioon.
- b) toimub vaid materjali plastne deformatsioon.
- c) toimub nii elastne kui ka plastne materjali deformatsioon.

4. „Karpraua“ ehk U-profiilterase tükeldamine on võimalik

- a) vaid lintsaga,
- b) vaid ketassaega,
- c) vaid lintsaga ja presskäärides,
- d) nii lintsaga, ketassaega kui ka presskäärides.

5. Üle 100 mm paksusega terasest lehtmaterjali ei saa lõigata

- a) laserlõikusega
- b) abrasiiv-vesijugalõikusega
- c) gaaslõikusega

4. Koostelukksepa tehtavad operatsioonid ja tööd

Koostelukksepal peab olema teadmisi ja oskusi mitme erineva operatsiooni sooritamisel, mida klassifitseeritakse tavaliselt lukksepatööks. Neist olulisemad on: märkimine, rihtimine, õgvendamine, viilimine, painutamine, avade puurimine, avade hõõritsemine, avade avardamine, süvitamine, keermestamine, tihvtimine, kaabitsemine, lihvimine, poleerimine, sobitamine, soveldamine, plankimine, neetimine, jootmine, liimimine.

Keevitamist pole siinkohal nimetatud, kuna keevitamine nõuab eraldi atesteerimist. Küll aga on allpool käsitletud koostamis-keevitusrakiseid. Vajadusel kaasatakse koostamisprotsessi vastava kvalifikatsiooniga keevitaja või koostaja-keevitaja.

Käesolev õpik hõlmab operatsioonide loetelust spetsiifilisemaid, peamiselt koostelukksepa kvalifikatsioonile vastavaid operatsioone, aga ei sisalda nt raiumise jms kirjeldust.

Täpsema ülevaate annab peatükk 5.7 "Koostamise tehnoloogia alused". Allpool on sissejuhatavalt selgitatud koostelukksepa ülesandeid metallkonstruktsioonide, seadmete ja masinate koostamisel ehk liidete moodustamisel.

Klassikaliselt on liide masinaosade kooslus, st kooseksisteerivate ja ühist ülesannet täitvate osade kogum (tavaliselt paar). Liite iseloomu määrab kaaspindade suhteline liikumisvabadus, mida iseloomustatakse kaaspindade vahelise istuga. Samas ei ole kõikide liidete puhul tegemist istuga, vaid kokkupuutuvate pindadega, näiteks keevisliitega, mille moodustavad kaks keevisõmblusega ühendatud detaili. Liite nõutava kvaliteedi saamiseks peavad pinnad omama vastavat kvaliteeti ehk nõutavat pinnakaredust ja geomeetrilist täpsust.

Mass- ja suurseriitootmises tagatakse koostamise täpsus täieliku vahetatavuse põhimõttega (detailide montaaž ilma täiendava sobitamiseta) või gruppidesse jaotatud tolerantsiväljadega detailide kasutamisega.

Individuaaltootmises ja väikeste ning keskmiste seeriatega puhul, mida tänapäeva masinaehituses esineb umbes poolte seadmete ja masinate valmistamise juures, on koostamise protsessis täiendav sobitamine (sh komponentide asendi rihtimine) täiesti tavaline.

Sobitamise all mõistame siinkohal liidetavate pindade täiendavat töötlemist koostamise protsessis, et saavutada nõutavat istu, liite kvaliteeti, detailide ja alamkoostude asendi täpsust.

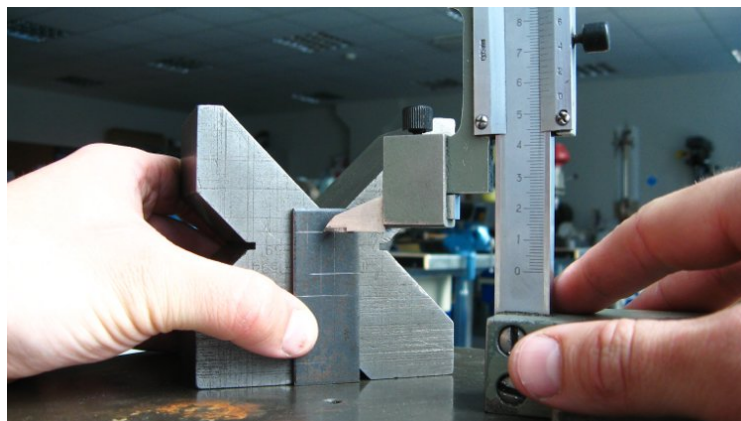
Sobitamisoperatsioonide töömahukus koostamisel on küllaltki suur ning moodustab seriitootmises 5-10%, individuaaltootmises aga 30-40% töö mahust. Sobitamise operatsioonid nõuavad koostelukksepal kõrget kvalifikatsiooni ning häid oskusi. Tootmise optimeerimise seisukohalt tuleneb siit sobitamisoperatsioonide mahu vähendamise vajadus, mis omakorda eeldab konstruktorite oskust probleeme näha ja neid tootearenduse käigus lahendada. Tavaliselt on lahenduseks detailide ja alamkoostude täpsuse tõstmine, mis aga toob paratamatult kaasa vajaduse investeerida kallimatesse seadmetesse.

Liitepindade mõõtmise töötlemine koostamisprotsessis kujutab endast samuti sobitamist. Pärast koostatavate detailide või alamkoostude asendi väljarihtimist mõõdetakse korrigeerimist vajavad mõõtmed üle ning töödeldakse pindu vastavalt vajadusele. Töödeldakse flantside tugipindu korpusel, kompensatoreid, distantspukse. Selleks kasutatakse puurpinkide kinnitatavaid otsfreese, lihvkettaid lamelihvpinkides jms, mis sõltub konkreetsest olukorrast ja ülesandest. Kui on tegemist madalama täpsusega liidetega, piisab mõõtmete sobitamiseks ka mehhaniseeritud (elektrilisest või pneumaatilisest) käsimasinast.

Märkimine

Märkimine kujutab endast töödeldavale detailile või toorikule niisuguste joonte pealekandmist, mis määravad detaili kontuuri või töötlemisele kuuluva koha. Peamine eesmärk on näidata tooriku pinnal ära visuaalselt nähtavad piirid ehk märkjooned, mille järgi toimub hiljem detaili töötlemine. Märkimise järgi töödeldes on võimalik saavutada täpsus piirides 0,2–0,5 mm.

Enamlevinud tööriistad märkimisel on joonlauad, rismused, sirklid, märknõelad, lekaalid, kärnid jms. Rismuseks nimetatakse märke- ja mõõteriista, mis võimaldab kanda toorikutele baasjoontega paralleelseid märkejooni ning mõõtmeid.



Joonis 4.1. Märktjoonte märkimine rismusega



Joonis 4.2. Märkimisvahendid [14]

Õgvendamine

Õgvendamine on lukksepaoperatsioon, millega kõrvaldatakse toorikute ebatasasus, kõverdumine ja teised kujufektid. Õgvendamine on ettevalmistav operatsioon ning vajadusel eelneb toodete põhitöötlemisoperatsioonile. Õgvendada saab terasest, värvilistest metallidest ja nende sulamitest leht-, latt- ja varbmaterjali, torusid ning keeviskonstruktsioone. Hapraid materjale nagu malm ja pronks õgvendada ei saa.

Viilimine

Viilimine ja puhastamine toimub nt keerulise kujuga faaside ettevalmistamisel (liistliited, sooned) koostamiseks. Viilimise ja puhastamisega saavutatakse täpsus piirides 0,01-0,05 mm, teatud juhtudel kuni 0,005 mm. Selleks kasutatavad tööriistad: erinevad viilid ja abrasiivne instrument (luisk). Viilimise ja puhastamise operatsioonide mehhaniseerimine toimub statsionaarsete või teisaldatavate lihvimisseadmete abil, kasutades nt šarniirset võlli või abrasiivpead. Kasutusel on abrasiivsed lintmehhanismid või tasapinnalised abrasiivsed taldrigid (nn padjad).

Painutamine

Painutamise operatsioonidest on ülevaade antud peatükkides 3.1 „Lehtmaterjalist toorikute valmistamine“ ja 3.5 „Profiilmaterjalist toorikute valmistamine“.

Torutööd

Torudest kandekonstruktsioonide, seadmete ja masinate detailide ning torustike valmistamise, ühendamise, liitmise, paigaldamise ja katsetamisega seotud tööde maht on küllaltki suur. Torustike valmistamisel kaasatakse nende tööde tegemisse keskkonnaseadmete lukkseppi, kelle kutsepädevusse see valdkond kuulub. Masinaehituses töötaval koostelukksesel peab aga samuti olema teadmisi nii torustike komponentidest kui ka torude töötlemise seadmetest ja nende kasutamisest.

Toru on enamasti ümara ristlõikega õõnes profiilmaterjal, mida kasutatakse masinaehituslike detailide ja koostude ning erinevate torustike (hüdraulika, pneumaatika, määrdesüsteemid, elektrikaablite kaitsetorustik, veetorustikud jne) valmistamiseks. Tegemist võib olla ka voolikute ning nende ühendamisega.

Metallkonstruktsioonide, sh kandekonstruktsioonide valmistamiseks kasutatavaid teisi õõnsaid profiilmaterjale, näiteks ristkülikukujulise ristlõikega torusid, käesolevas peatükis ei käsitleta.

Masinaehituses ja metallist toodete puhul kasutatakse torude valmistamisel lõikeseadmeid (lint- ja ketassaed, laser- ja plasmalõikepingid) ning painutusseadmeid, vt vastavaid peatükke.



Joonis 4.3. Lihtsam mehaaniline torupainutusseade (www.tinsel.de)



Joonis 4.4. APJ-torupainutusseade [16]

Torude töötlemisele spetsialiseerunud ettevõtetes on kasutusel ka torupainutusrobotid ning mitmesugused simulatsioonisüsteemid torude optimaalse kuju leidmiseks. Nende torude valik, mida kasutatakse surveta või surve all olevaid materjale transportivate ehk juhtivate torustike valmistamiseks, on väga lai, alates miniatuursetest kuni suure läbimõõduga (1000-2000 mm ja enam) magistraalitorudeni. Torusid valmistatakse erinevatest materjalidest: terasest (sh korrosioonikindlatest terastest), malmist, vasest, alumiiniumist, plastidest ja muudest tehismaterjalidest.

Torude ühendamiseks võib olenevalt tehnilistest nõudmistest kasutada erinevaid liiteid:

- Keevisliited,
- Keermesliited,
- Flantsid,
- klambrid jpm.

Nagu iga tootegrupi puhul, nii on ka torustike koostamise juures tähtis liitepindade ettevalmistus: faasimine ja puhastamine sise- ja välisläbimõõdul, mustuse eemaldamine.

Määrde- või muu süsteemi torustiku täpne kuju ja asukoht võivad selguda alles pärast koostamist. Siis võetakse toru painutamiseks vajalikud mõõtmed ning koostatakse e-mudel või valmistatakse traadist šabloon, mille järgi torustiku element painutatakse torupainutuspingis või pressi abil. Suurte läbimõõtudega ja paksuseinalisi torusid painutatakse ettekuumutamise (induktorite abil). Vajadusel täidetakse torud liiva või haavlitega, et vältida või vähendada nende muljumist painutamisel.

Puurimine

Puurimine koostamisel on vajalik sellisel juhul, kui liite nõutav täpsus on saavutatav kahe või enama detaili (alamkoostu) koospuurimisel ühe läbimiga, st eelnevalt koostatuna.



Joonis 4.5. Avade puurimine ühe läbimiga liidetavates detailides [17]

Koostamisel on puurimine vältimatu ka sellistel juhtudel, kui tehnoloogilistel põhjustel (nt suuregabariidiliste sisetrepinkide puudumine vms) ei ole võimalik kinnitusavade eelnev puurimine detailis, tavaliselt suuremõõtmelises korpuses või kandekonstruktsioonis. Sellisel juhul kantakse kinnitusavade tsentrid kandekonstruktsioonile märkimise teel, kas mõõtes või šabloone kasutades (vt ka “Šabloonide kasutamine koostamisel”). Avade puurimiseks suuregabariidilistes kandekonstruktsioonidesse kasutatakse sageli elektrilisi ja pneumaatilisi käsimasinaid või magnetjalaga teisaldatavaid puurpinke (Joonis 4.6). Pildil on puurpingi spindlis rõngasfrees suurema läbimõõduga avade puurimiseks. Vajadusel koostatakse sobivad tehnoloogilise rakistuse skeemid, millega nähakse ette puurimiseadmete kinnitused. Seda teemat on käsitletud peatükis “Kohttöötlemine”.



Joonis 4.6. Magnetjalaga puurimisseade Milwaukee Magnum

Hõõritsemine

Hõõritsemist ehk materjali hõõritsaga lõikamist kasutatakse eriti täpsete ja suure pinnasiledusega avade saamiseks. Hõõritsemise puhul toimub lõikamine hõõritsa või tooriku pöörleva ning hõõritsa sirgjoonelise liikumise toime, kuid vajalik on ava eelnev ettepuurimine.



Joonis 4.7. Hõõrits (Glenn McKechnie)

Kahes detailis olevaid avasid hõõritsetakse koostamisel koos, kui liites on nõutav teatud ist või avade samatelgsus. Hõõritsemiseks jäetav töötlemisvaru on tavaliselt vahemikus 0,03 kuni 0,3 mm. Hõõritsemisprotsessi mehhaniseerimine on võimalik elektriliste ja pneumaatiliste käsimasinatega. Kui detaili või alamkoostu konstruktsioon võimaldab, siis tehakse hõõritsemine puurpingis, sageli radiaalpuurpingis, kasutades konduktorplaat hõõritsa paremaks juhtimiseks. Avasid hõõritsetakse, kui on tegemist detaili või alamkoostu kinnitamisega pärast asendi rihtimist baasdetailil ning sellele järgneva tihvtimisega. Teatavasti ei taga kinnituspoldid alati jäävat asenditäpsust ja konstruktor võib ette näha asendi fikseerimise tihvtidega. Kasutatakse nii koonilisi kui silindrilisi tihvte, seda sageli ka koostamisel seadmete remondi käigus.

Avardamine

Avardamiseks nimetatakse eelnevalt puuritud, stantsitud või valatud avade töötlemist, et anda neile nõutud silindriline kuju ja täpsus ning pinnaviimistluse tase. Avardamisega saavutatud täpsus on madalam kui hõõritsemisel, seetõttu on avardamine tihti ettevalmistus hõõritsemiseks.

Avardid erinevad puuridest lõikeosa ehituse ja suurema arvu lõikeservade poolest. Suurem tööpindade arv tagab avardi õige asetsemise avas ning koormuse ühtlase jaotumise lõikeservadele. See annab töödeldud avale suurema täpsuse ja pinnakvaliteedi.

Süvitamine

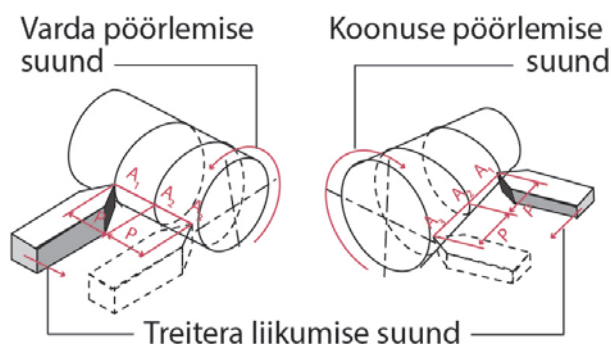
Süvitamiseks nimetatakse avade ülemise ja alumise serva töötlemist, et eemaldada lõikamisel tekkiv terav serv ehk kraat. Samuti on süvitamise eesmärgiks süvendite tegemine süvistatavate kruvi- ja poldipeade alla.

Süvistuspuure on konstruktsioonilt kahte tüüpi:

- koonilised süvistuspuurid on ava servade puhastamiseks töötlemiskraatidest ning koonus-süvendite lõikamiseks peitpeaga neetide ja kruvide alla. Enamlevinud süvistuspuurid on tipunurgaga 30° , 60° , 90° ja 120° . Süvistuspuuri koonuse tipunurga valikul tuleb lähtuda kasutatava kruvi või needi pea koonuse nurgast;
- otshammastega silindrilised süvistuspuurid on silindriliste avade lõikamiseks poltide, mutrite, sisekuuskantpoltide peade jms alla. Avade samatelgsuse tagamiseks on silindrilised süvistuspuurid varustatud silindrilise juhtpinnaga.

Keermestamine

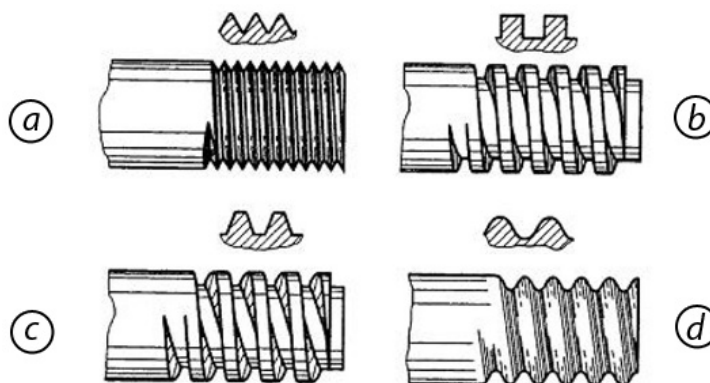
Keerme pind kujutab kindla profiiliga (kolmnurk, trapets, ümar jne) kruvipinda, mis on töödeldud kas silindrilisele (silindrilised keermes) või koonilisele (koonilised keermes) välispinnale (väliskeermes) või avasse (sisekeermes). Sõltuvalt keermes kruvisoone suunast jagatakse keermes parem- ja vasakpoolseteks ja keermes niitude arvu järgi ühe- ja mitmekäigulisteks. [18]



Joonis 4.8. Silindrilise ja koonilise kruvi joone moodustumine [19]

Kasutusotstarbe järgi jagatakse keermes kolmeks:

- kinnituskeermed, mis on mõeldud lahtivõetavate liidete saamiseks. Nõudmised sellise keerme täpsuse suhtes ei ole tavaliselt kõrged. Kõige rohkem kasutatakse kinnituskeermetest kolmnurkse profiiliga keermeid;
- keermed liikumiste muundamiseks (pöörlevast kulgevaks ja vastupidi) ja ülekandmiseks. Selliseid keermeid kasutatakse mitmesuguste mikromeetriliste ja käigukruvide puhul. Nõutav on keerme sammu ja profiili suur täpsus;
- jõukeermed jõudude ülekandmiseks. Kasutatakse kruvipresside,-tungraudade jt vastavate seadmete juures.



Joonis 4.9. a - kolmnurkkeere, b - ruutkeere, c - trapetskeere, d - ümarkeere

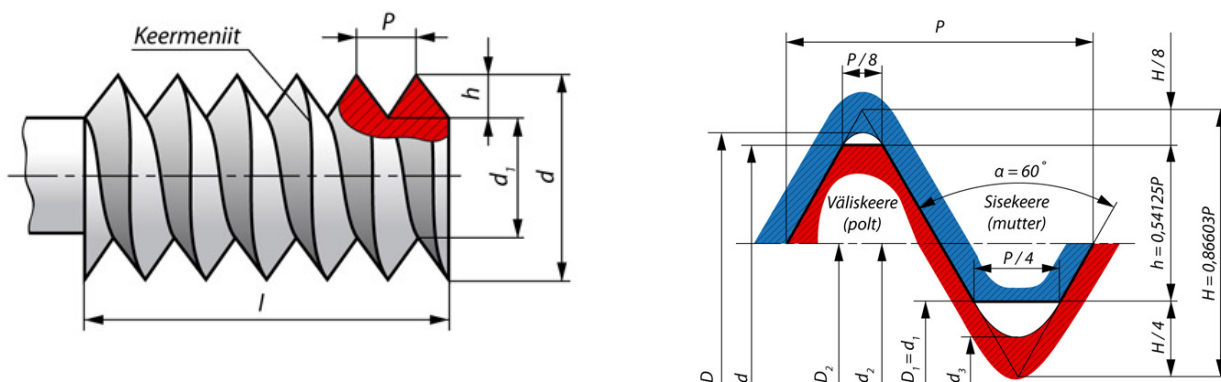
Keerme kujundamiseks on vajalik pöörlev liikumine ja sellega kooskõlastatud, keerme teljega paralleelselt toimuv liikumine, mis tekitab detailile vajaliku kruvijooneelise kontuuri. Nõutava keerme sammu tagamiseks peab ettenihkeliikumine olema kooskõlastatud lõikeliikumisega nii, et igale pöördele vastab ettenihkeliikumine lõigatava keerme sammu või keerme käigu võrra. Sõltuvalt töödeldava keerme liigist ja mõõdust kasutatakse mitmeid erinevaid keermete lõiketöötlemise meetodeid. Meeterkeerme märkimisel kasutatakse tähist M ja lisatakse sellele välisläbimõõt (nimimõõt) millimeetrites, näiteks M24.

Keerme samm (P) on keerme kahe naaberniidi vahekaugus. Samm märgitakse keerme tähistuses nimimõõdu järel (nt M24x1). Igale nimimõõtmele vastab üks tavasamm (normaalsamm) ja mitu peensammu. Normaalse sammuga keeret nimetatakse normaalkeermeks ja peene sammuga keeret peenkeermeks. Väiksemõõduliste detailide juures on peenkeere tihti eelistatum, kuna annab tihedama liite ja ei keerdu ise lahti. Vasakkeermeid tähistatakse tähega L (*left*) (nt LM16). [19]

Meeterkeerme olulisemad parameetrid on toodud 4.10, kus:

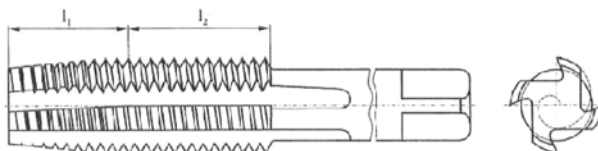
- d, D – välisläbimõõt (tooriku valikuks)
- d_2, D_2 – keskläbimõõt (keerme projekteerimiseks)
- d_3, D_1 – siseläbimõõt (tugevusarvutusteks)
- D, D_2, D_1 on sisekeerme (nutri) ja d, d_2, d_3 väliskeerme (poldi) läbimõõdud
- H – profiili teoreetiline kõrgus
- h – profiili töökõrgus
- α – profiili nurk (60°)

- P – keerme samm
- l – keerme pikkus



Joonis 4.10. Meeterkeerme parameetrid [19]

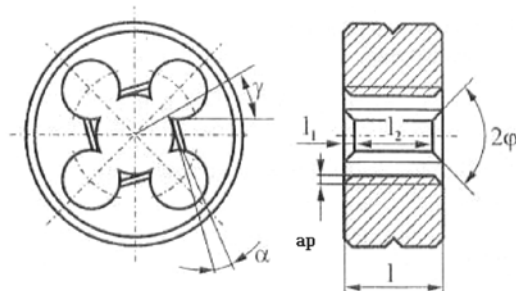
Lukksepaoperatsioonidel on sisekeermete töötlemisel põhiliseks lõikeriistaks väikese ja keskmise läbimõõduga sisekeermete töötlemiseks mõeldud keermepuur. See kujutab endast keermestatud varrast, millesse on lõigatud laastusooned hammaste tekitamiseks. Lõikeliikumiseks on pöörlev liikumine, mille võib anda keermepuurile või toorikule. Keermesamm tagatakse keermepuuri teljesuunalise liikumise tulemusena temale töödeldud keermesammu abil. Sisuliselt keerab keermepuur end ettetöödeldud avasse, lõigates samaaegselt ava pinnale keerme.



Joonis 4.11. Keermepuur

Väliskeermed (poldid, kruvid) lõigatakse keermelõikuriga, mis kujutab endast mutrit, millesse on töödeldud avad laastusoonete ja hammaste kujundamiseks. Avade abil kujunevad keermelõikuri esinurk γ ja taganurk α (Joonis 4.12). Keermelõikureid saab kasutada mõlemalt poolelt.

Keermelõikurid valmistatakse kiirlõiketerasest (kõrgleegeritud erilise struktuuriga tööriistaterasest, mida kasutatakse töötamiseks temperatuuril kuni 700°C), et neid oleks võimalik kasutada pikka aega. Töötlemine toimub keermelõikuri “keeramisega” töödeldavale vardale, kusjuures pöörlemise võib anda nii toorikule kui tööriistale. Lõigatava keerme sammu tagab lõikuri keere lõikuri vabal liikumisel piki varrast.



Joonis 4.12. Keermelõikur

Keermestamisel keermelõikuritega tuleb arvestada, et laastu tekkimise ja eraldumise protsess on komplitseeritud ja on suur oht, et laast kiilub töödeldava pinnakeerme ja tööriista vahele kinni. Sellepärast tuleb töötamisel kasutada määret ja töötada väikestel lõikekiirustel $v = 5-12$ m/min. Töötlemisviisi eelisteks on keere lõikamine ühe läbimiga ning tööriista ja seadme lihtsus.

Kaabitsemine

Kaabitsemine on viimistlusoperatsioon, kus õhuke, umbes 0,005 mm paksune metallikiht eemaldatakse pindadelt, mida on eelnevalt lõikeriistadega (freesiga, hõvelteraga) töödeldud. Töö on vajalik, kui nõutakse head, ühtlast kontakti kahe liikuva liidetava pinna vahel (nt metallilõikepinkide juhtpinnad). Pinnakvaliteeti kontrollitakse kuivalt läike või värvi järgi, tavaliselt antakse ette värvipleki suurus protsentides ruudul mõõtmetega 1x1 toll e 25,4x25,4 mm, nt 70%, mida hinnatakse silma järgi. Värviplekid peavad kontrollitaval pinnal jagunema ühtlaselt. Kaabitsetud pindade eelis võrreldes lõikepinkides mehaaniliselt töödeldud pindadega seisneb nende paremas määrimises koostatud mehhanismi liites. Määrdeõli täidab kaabitsetud pinna mikrokonarusi, millega vähendatakse kuivhõõrdumise riski.



Joonis 4.13. Kolmnurkse ristlõikega kaabits (A), liugelaagri käsitsi kaabitsemise (B)
[20]



Joonis 4.14. Juhtpinna käsitsi kaabitsemine (A), juhtpinna kaabitsemine elektrikaabitsa-
ga (B) [21]

Kuigi kaabitsemine on madala efektiivsusega operatsioon, kuulub see siiski koostelukksepa asendamatute töövõtete hulka. Seadmete ja masinate koostamisel ja remontimisel kaabitsetakse nii tasapindu (liite- ja juhtpinnad) kui ka silindrilisi pindu (laagripüksid ja -kaelad, avad, rõngad). Kaabitsa lõikeelemendiks on tavaliselt kõvasulamist teritatud plaat.

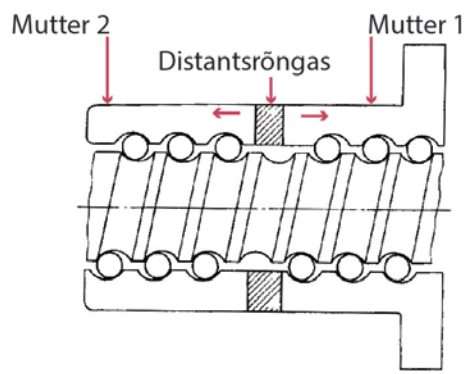
Kaabitsemiseks jäetud töötlemisvaru sõltub liidetavate pindade suurusest ja täpsusest. Näiteks kaabitsetaval pinnal mõõtmetega 100x500 mm on saavutatav täpsus 0,1 mm. Malmi kaabitsetakse kuivalt, muude materjalide puhul kasutatakse erinevaid emulsioone (nt petrooleumi). Käsikaabitsemist on viimaste aastatega suudetud oluliselt mehhaniseerida, kasutusel on vastavad pneumaatilised käsimasinad ja seadmed.

Samal ajal on seadmete ning tööriistade arenguga ja lõikerežiimide valikuga suudetud vähendada silindriliste pindade kaabitsemise vajadust. Seda peamiselt tänu sisetreipinkide massilisele kasutuselevõtmisele ja sellega seotud tehnoloogia väljaarendamisele. Suuremaid tasapinnalisi liitpindu saab edukalt töödelda hõõvelpinkides laiema hõõvelteraga või puhasfreesimisega sisetreipinkides ja lihvimisega suuregabariidilistes lamelihvpinkides (juhtpinnad jms).

Lihvimine

Siinkohal ei käsitleta lihvimist eraldi kui lõiketöötlemise operatsiooni, kuna see teema on lahti seletatud käesoleva õpikuga samasse sarja kuuluvas raamatus "Mehaanilise töötlemise tehnoloogiad ja kasutatavad seadmed" [22]. Metallkonstruktsioonide ja seadmete koostamisel on lihvimine tihti vajalik selleks, et reguleerimise või rihtimise käigus mõõdetud ahela sulgeva lüli (distantspükside, kompensatorplaatide) mõõtmed oleksid täpsed. Lihvimisoperatsioon iseendast ei kuulu koostelukksepa pädevusse, töö teostab lihviija (lihvimispingi operaator).

Eksikombel nimetatakse sageli lihvimiseks detailidelt kraatide eemaldamist käsilihvmasinaga (nt pärast gaas- või plasmalõikust). Käsilihvmasina kasutamisega seotud operatsioone peaks nimetama teisiti, olenevalt konkreetsest olukorrast kas kraatide eemaldamiseks, keevitusfaasi töötlemiseks, keevisõmbluse puhastamiseks vms.



Joonis 4.15. Kuulkruviaari distantspuksi mõõtme määramine lihvimiseks

Kuulkruide paarid (mutrid ja kruvid) leiavad laia kasutust metallilõikepinkide ja paljude muude arvjuhtimisega masinate ja seadmete ajamites. Tagamaks lõtkuvaba ülekannet, monteeritakse mutri kaks poolt I ja II nii, et kuulid töotaks eelpingestusega ja peaks seetõttu olema veereteel teljest nihutatud (Joonis 4.15). Vajaliku eelpinge saab koostelukksepp tekitada, reguleerides monteerimise või remondi käigus kahe mutripole vahele pilu, mõõtes kuulkruviaaris tegelikku pöördemomneti ja võrreldes seda nõutavaga. Pilu mõõdetakse, distantspuks lihvitakse lamelihvipingil mõõtmesse. Kui pilu vahetu mõõtmine on raske (puudub juurdepääs), siis tehakse pilu reguleerimiseks vajalikud teljesuunalised mõõtmised kuulkruvi otspinnal. See meetodika on sarnane laagrisõlmede distantspukside ja laagrikaante mõõtmismeetodikaga koostamisel. Kasutatakse erinevaid abinõusid ja mõõtekella.

Poleerimine

Poleerimine on koostamisel vajalik tavaliselt eelnevalt töödeldud, nt viilitud pindade pinnakareduse vähendamiseks. Poleerimine toimub vildist, nahast vms poleerimisketaste või -trumlite abil. Poleerimise joonkiirus on tavaliselt piirides 30-50 m/s. Poleerimisketta pind kaetakse peeneteralist abrasiivmaterjali sisaldava pastaga. Poleerimiseks jäetakse töötlemisvaru piirides 0,005-0,007 mm. Poleerimispinkidega on võimalik protsessi mehhaniseerida. Väiksema töömahu puhul piisab ka teisaldatavast lauapuuri- või lihvipingist.

Soveldamine ja plankimine

Soveldamist rakendatakse selleks, et koostamisel liidetavad liikuvad pinnad saavutaksid kvaliteetse kontakti (klapid küttesüsteemides, sisepõlemismootorite klapid). Soveldamine toimub käsitsiinstrumendi või spetsiaalsete soveldamispinkide abil. Soveldamiseks jäetakse küllaltki väike töötlemisvaru (0,01-0,02 mm).

Soveldamine teostatakse mitme siirdega: esimese siirde puhul kasutatakse suurema teralisusega pulbermaterjali. Viimislte ehk puhassoveldamine toimub peeneteralist abrasiivmaterjali sisaldava pastaga. Abrasiivmaterjal segatakse õli, petrooleumi, parafiini, steariini vms ainega. Soveldamisel eristatakse kahte meetodit:

- detailide paari soveldamine (ühe detaili pinna sobitamine teisega),
- soveldamine soveldiga, käsitsi või plankimisingis.

Soveldamise eriliigiks on plankimine. ENE (Eesti Nõukogude Entsüklopeedia) defineerib plankimist nii: „Plankimine, viimistlustöötlemine, mille korral toodet töödeldakse tema suhtes keerukalt liikuva detailiga (detaili plankuriga) ja abrasiivpulbri või -pastaga.“



Joonis 4.16. Sisepõlemismootori klapipesade soveldamine

Esimese nimetatud meetodiga soveldatakse klappe, kraane, korke jne. Soveldi või plankuriga töödeldakse kütteseadmete detaile, kaasi, flantse, äärikuid, kui on nõutav nt lahtivõetavate liidete hea hermeetilisus. Soveldatavate detailide kontakti kontrollitakse värviga. Soveldamise käigus pinnad puhastatakse, ühe detaili pind kaetakse värviga, detailid viiakse kontakti ning, hoides neid tihedalt koos, hõõrutakse värvi detaili liigutamise (nt pöörlevalt ümberumbe telje) teise detaili pinnale. Pindade hea kvaliteedi puhul jaotub värv pinnal ühtlaste väikeste plekkidena.

Detailide pesemine

Koostatavad detailid peavad olema puhtad. Kui pinnal on peeneid laaste, abrasiivmaterjali vms, võib see põhjustada vastutusrikaste detailide kiire kulumise. Selle vältimiseks pestakse detailid üle enne koostamisele suunamist. Seeriatootmises kasutatakse erinevaid pesemisseadmeid, -vanne ja -tunneleid. Tavaliseks on muutunud automatiseeritud ultrahelipesemisseadmed, mis tagavad kvaliteetse pesu, passiveerimise ja kuivatamise. Näitena võib tuua kuullaagrite tootmise. Puhastusvahenditena kasutatakse erinevaid orgaanilisi lahusteid, leeliste lahuseid ja rasvaärastusvahendeid.

Enesekontrollküsimused 4. peatüki juurde

1) Šabloone kasutatakse koostamisel:

- a) liidetava detaili kontuuri märkimiseks kinnituspinnale;
- b) liidetava detaili kinnitusavade tsentrite märkimiseks;
- c) avade töötlemiseks liidetavasse detaili;
- d) kõigi ülalkirjeldatud tööde (a, b, c) teostamiseks.

2) Detailide vaheline ist iseloomustab:

- a) detailide pinnakaredust,
- b) detailidevahelist liikumisvabadust,
- c) detailide vahelist liikuisvabadust,
- d) detailide täpsust.

3) Tavaliselt sobitatakse liidetavaid detaile koostamisel:

- a) suurseria tingimustes,
- b) individuaal- ja väikeseeria tingimustes.

4) Koosteluksepa kõrgem kvalifikatsioon on nõutav:

- a) kui koostamine toimub sobitamisega,
- b) kui toimub täpsete detailide koostamine ilma sobitamisetä.

5) Rismusega märgitakse:

- a) avade tsentreid,
- b) detaili kontuuri,
- c) avade telgede kõrgust detaili aluspinnast.

6) Ava hõõritsemisel sooritatakse ühe hõõritsaga:

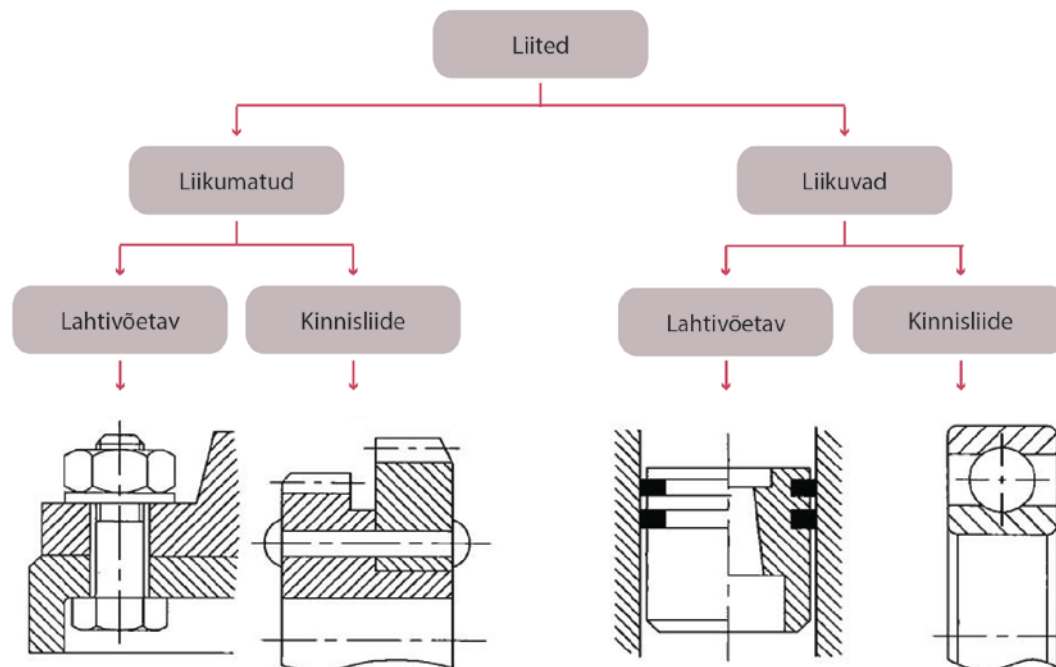
- a) üks läbim,
- b) kaks läbimit,
- c) kolm läbimit,

7) Kaabitsemise eelis võrreldes lihvimisega on see, et saavutatakse:

- a) detailide suurem täpsus,
- b) liites kokkupuutuvate pindade parem määrimine.

5. Metallkonstruktsioonide koostamine ja töötlemine

5.1 Koostatavate liidete klassifikatsioon



Joonis 5.1. Liidete klassifikatsioon

Lahtivõetavateks loetakse niisuguseid liiteid, mille lahtivõtmine on võimalik ilma liidet moodustavate detailide või alamkoostude vigastusteta. Kinnisliidete puhul see võimalik ei ole. Remonditööde käigus liite avamisel üks või mõlemad kinnisliide detailid vigastatakse ning nende taaskoostamine nõuab täiendavat töötlemist või sobitamist.

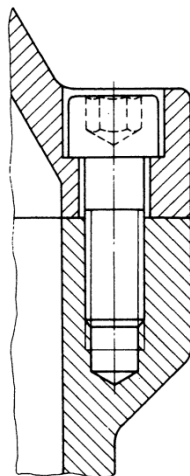
Lahtivõetavad- või kinnisliited võivad olla liikumatud ja liikuvad. Detailide liikuvusaste liites sõltub nt koostamisel saavutatavast istust (lõtku või pinguga), st koostatavate detailide mõõtmete tolerantsidest. Teisisõnu, koostamise täpsus määratakse konstruktori poolt tootearenduse käigus ning tagatakse detailide valmistamise ja koostamise tehnoloogilise protsessiga. Seetõttu on väga oluline, et töötajad järgiksid täpselt tööjuhendis toodud nõudeid.

5.1.1 Liikumatu lahtivõetavate liidete koostamine

Keermesliidete koostamine

Keermesliited on masinaelementide (detailide) ühendamises kõige sagedamini kasutatavad liited tänu nende konstruktsiooni lihtsusele, töökindlusele ning kinnitusjõu reguleerimise, lahtivõtmise ja korduskoostamise mugavusele. Oluline on see, et keermesliide on reeglina lahtivõetav, ning liite lahtivõtmisel detaile ei vigastata. Detailid säilitavad oma kuju ja mõõtmed ning ei teki vajadust detaile välja vahetada. Lahtivõetavate liidete, sh keermesliidete kasutamine konstruktsioonides

sioonides lihtsustab seega remonttööde läbiviimist. Võrdluseks – kinnisliidete lahtivõtmisel detaile vigastatakse, ning nad nõuavad väljavahetamist.



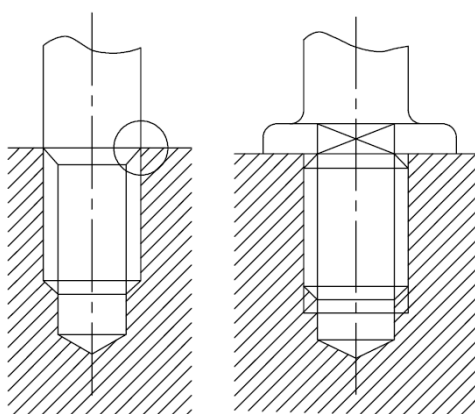
Joonis 5.2. Keermesliide

Keermesliited moodustavad 15-25% masinate ja seadmete konstruktsioonide liidete kogumahust.

Tehnoloogia eeldab, et koostelukksepp tunneb hästi kinnitusvahendeid, mida kirjeldavad nii masinaelementide õpetus kui ka rohkearvulised tootekataloogid. Oluline on teada kasutatavaid kinnikeeramise pneumaatilisi ja elektrilisi instrumente. Pöördemomendi määramisel lähtub konstruktor sellest, kas tegemist on eelpingestatud või eelpingestamata keermesliitega.

Tikkpoltide paigaldamine

Tikkpolte kasutatakse tavaliselt siis, kui korpuses on liidetava detaili jaoks keermestatud avad ning on ette nähtud, et liidetavad detailid kinnitatakse mutrite abil. Teisisõnu, liidetavat detaili poldiga ei kinnitata. Liikumatu liide on saavutatav järgmiste pildil näidatud võimalustega.



Joonis 5.3. Tikkpoltide paigaldamine keermestamata osani (A), kuni äärikuni (B).

Variandi A puhul keeratakse tikkpolt algul suhteliselt kergelt avasse kuni keeme väljajooksu keermestamata osani. Edasisel pöördemomendi rakendamisel tekib ping (võlli ja ava mõõtmete vahe enne koostamist) keermeniitide vahel. Teisel juhul (B) tekitatakse kinnitusjõud ääriku ja

kandva detaili pinna hõõrdejõu arvel. Kui pärast nende pindade kontakti viimist rakendatakse pöördemomenti, siis tekib keermeniitide vahel samuti ping. Pingu saavutamiseks on nt kerme läbimõõdu juures 10–30 mm tavaliselt vajalik tikkpoldi teljesuunaline liikumine 0,02–0,12 mm.

Tikkpoltide sissekeeramisel peavad olema täidetud järgmised nõuded:

- tikkpolt peab istuma korpuses piisava pinguga, nii et oleks välistatud tema väljakeeramine korpusest temale tugevasti kinnikeeratud mutri lahtikeeramisel;
- tikkpoldi telg peab olema risti korpuse pinnaga, kuna suuremad hälbed tekitavad lubamatult suurt pinget liites ning võivad põhjustada purunemist töökoormuse rakendamisel.

Tikkpoltide paigaldamiseks kasutatakse tavaliselt mehhaniseeritud käsitööriistu. Tikkpoldi haaramine toimub tema silindrilisest pinnast või keermestatud osast.

Poltliidete koostamine

Koostamistehnoloogia seisukohalt võib poltliited jaotada eelpingestamata ja eelpingestatud liideteks. Teisena nimetatud variant on levinum. Keermesliidete eelpingestamine on väga oluline koostu ehk seadme eluea seisukohalt. Elastse deformatsiooni suurus liites ei tohi ületada lubatud piire. Kui eelpingestuse jõud väheneb, tekivad liites lõtkud, mis omakorda vähendavad keermestatud detailide väsimustugevust. Eelpingestamise põhimõtteid käsitleb lähemalt masinaelementide õpetus. Konstruktsioonides kasutatavaid erilahendusi nende paljususe tõttu käesolevas õpikus ei käsitleta. Keermesliiteid ehituskonstruktsioonides käsitleb põhjalikult standard EVS 1090. Rohkesti pakub lahendusi "Mehaanikainseneri käsiraamat" [23].

Keermesliites on paindepinged poldis või tikkpoldis lubamatud. Seetõttu ei ole lubatud ka tugipindade ebapiisavast täpsusest tingitud mutri viltune asend, eriti koormatud liidetes.

Nii masinaehituslike seadmete ja kandekonstruktsioonide kui ka ehituskonstruktsioonide projekteerimisel määratletakse poltide ja mutrite kinnikeeramisel nõutav pöördemoment ja teljesuunaline jõud. Vastavad suurused näidatakse ära koostatava toote tehnilises dokumentatsioonis. Seetõttu kasutatakse koostamisel lukksepa tavatööriistade kõrval sageli dünamomeetrilisi võtmeid.

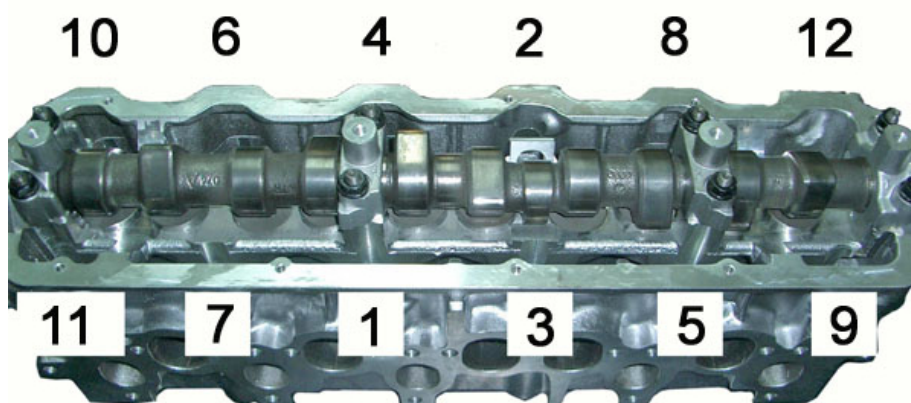


Joonis 5.4. Dünamomeetriline mutrivõti

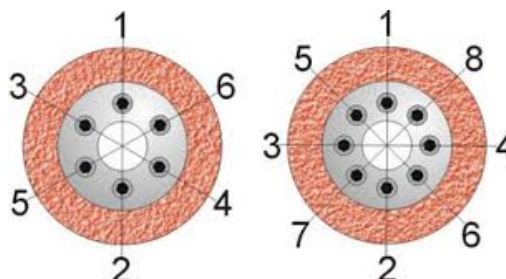
Suurema mutrite arvu juures on soovitatav need kinni keerata kindlas järjekorras. Üldine põhimõte seisneb selles, et nt ühel joonel asuvate poltide puhul kinnitatakse esimeses järjekorras

keskmised mutrid, seejärel paremal pool asuvate mutrite paar, siis mutrite paar vasakul jne, liikudes samm-sammult otstes asuvate mutrite poole.

Mutrid tuleb ühtlaselt pingutada. Alguses kinnitatakse kõik mutrid kinnitusjõuga, mis on 1/3 soovitatud jõu suurusest, seejärel jõuga, mis moodustab sellest 2/3, ja alles siis lõplikult etteantud jõuga. Kui poldid-mutrid moodustavad detaili pinnal ringjoone või ristküliku, on soovitatav nende kinnitamine nn ristskeemi põhimõttel (Joonis 5.5). See tähendab, et esmajärjekorras kinnitatakse diametraalselt teineteise vastas asuvad mutrid, seejärel liigutakse esimestena kinnitatud mutritest ühekaupa eemale järgmiste juurde – kordamööda vasakule ja paremale.



Joonis 5.5. 5-silindrilise mootori plokikaane poltide kinnikeeramise järjekord [24]



Joonis 5.6. Siduriketta poltide kinnikeeramise järjekord

Mutrite lahtikeeramine peab toimuma vastupidises järjekorras. Sellega välditakse liites olevate detailide deformeerimist.

Seadmete töö käigus eelpingestuse jõud väheneb dünaamiliste koormuste ehk muutuva märgiga koormuse mõjul. Vältimaks poltide või mutrite iseeneslikku väljakeeramist, kasutatakse niisugustes koormustingimustes kontranutreid, splinte, vedruseibe, lukustusrõngaid jne.

Keermesliidete koostamine mehhaniseeritakse mitmesuguste pneumaatiliste ja elektriliste mutrikeerajate ning tikkpoldikeerajatega (Joonis 5.7). Sellega kiirendatakse koostamisprotsessi ning tagatakse liidete nõutav kvaliteet (kinnikeeramise pöördemoment). Töö kergendamiseks on mehhaniseeritud instrument riputatud vastavate vedrustatud plokkide abil. Loomulikult on keermesliidete koostamise protsessi võimalik automatiseerida ja robotiseerida. Piisavalt näiteid

võib tuua autotööstusest ja muudest tööstusharudest. Seeriatootmises on vajadusel kasutusel mitmespindlilised mutrikeerajad.



Joonis 5.7. Pneumaatilised tööriistad

Liistliidete koostamine

Liistliideteid võib üldiselt klassifitseerida kui geomeetriliselt lukustatud liidet [25]. Liistu kuju järgi liigitatakse liidet: prismaatiliste liistudega, segmentliistudega ja kiilliistudega liidet. Liidetavad detailid on tavaliselt võlli ja rumm (haaratav ja haarav detail). Prismaatilised ja segmentliistud asetatakse võlli soonde pinguga. Segmentliistu ja soone põhja vahele jäetakse lõtk. Niiisugune iseseaduvuse skeem tagab võlli ja rummu samatelgsuse. Suurseeria tingimustes prismaatilisi liiste ei sobitata. Individuaal- ja väikeseeriatootmises neid sobitatakse, kui on nõutav liite suur täpsus.

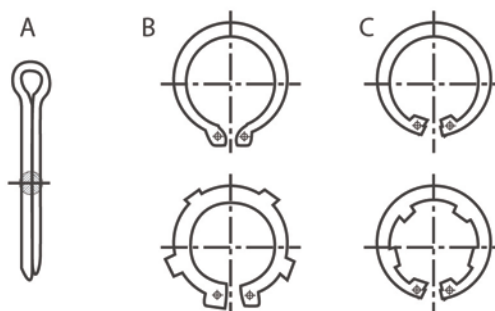
Kiilliistudega liidetes nihkub rummu telg võlli telje suhtes istule vastava lõtku võrra. Siit järeldub, et lõtk peaks olema minimaalne, kuna vastasel juhul on oht, et rummu ja võlli samatelgsus ületab lubatud suuruse ehk liite lubatud kontsentilisuse ning sellega kaasneb töötava seadme vibratsioon ja muud ebasoovitavad nähtused.

Ohtlik on ka rummu soone põhja kalde ja kiilliistu kalde erinevus, mis võib põhjustada rummu ja võlli omavahelise soovimatu asendihälbe. Suuremate gabariitide puhul on soovitatav kasutada pressi selleks, et liistud soonde pressida. Haamriga lüües võib liist nihkuda ning võlli või rummu materjali sisse löikuda. Kuna liistud töötavad lõikele, siis võivad vigastused põhjustada liite oodatavast kiirema purunemise.

Vältimaks eelkirjeldatud probleeme, on tänapäeva masinates üha rohkem hakatud kasutama rummu ja võlli liistuvabu liiteid (plastidest vahepukside ja -rõngastega), samuti geomeetrilist lukustamist.

Vedru- ja lukustusrõngaste paigaldamine

Siin eristatakse korpuse ja võlli vedru- ehk lukustusrõngaid, millega lukustatakse detailid, vältides nii nende soovimatut teljusuunalist nihet. Vedru- ja lukustusrõngaid kasutatakse väikeste koormuste puhul. Monteerimiseks ja demonteerimiseks pakuvad mitmed tootjad erineva konstruktsiooniga käsitange. Vedru- ja lukustusrõngad on oma konstruktsioonilt erinevad: avasse (Joonis 5.8 C) ja vastavalt võlli soontesse asetatavad rõngad (Joonis 5.8 B). Splintidega välditakse mutrite-poltide soovimatut pöörlevat liikumist (iseeneslikku lahtikeeramist).



Joonis 5.8. Splint (A), lukustusrõngad võllile (B) ja avale (C)

Garanteeritud pinguga liidete koostamine

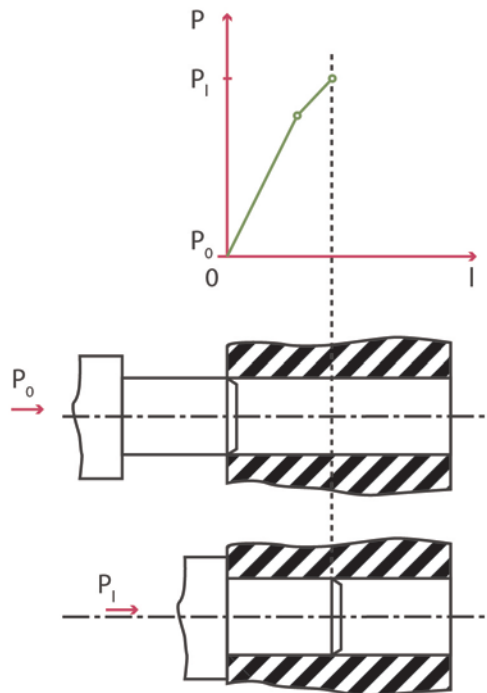
Garanteeritud pinguga liiteid võib klassifitseerida kui hõõrdliiteid [25]. Garanteeritud pinguga liited koostatakse enamasti pressiga või selleks otstarbeks valmistatud seadmete abil. Tööliikumine on pikisuunaline. Ühele liidetavatest detailidest rakendatakse pikisuunaline (tavaliselt teljesuunaline) jõud, millega üks või mitu detaili pressitakse üksteise sisse või peale. Levinuim on skeem, mille puhul pressimise jõud kasvab nullist maksimaalse suuruseni. Pressimine algab aeglaselt, väiksema pressimisjõuga. Operatsioon lõpetatakse maksimaalse jõuga, mis on eelnevalt arvatud koostatava liite parameetreid arvestades. Siit tulenevalt valitakse press või seade, millega see jõud on saavutatav. Seadme pressimisjõu varukoefitsient peaks olema piirides 2,0-2,5. Enne koostamist kontrollitakse detailid üle, eemaldatakse töötlemisest pindadele jäänud osakesed jms, sest ka kõige väiksemad osakesed võivad põhjustada detailide pindade tõsiseid vigastusi. Teatud vastutusrikaste pingistude puhul, nt raudteeveeremi rattapaaride koostamisel, fikseeritakse dokumentaalselt pressimisjõud. Dokument võib osutada hiljem vajalikuks eksperitiis.

Garanteeritud pinguga liites tagatakse konstruktoriga poolt valitud detailide tolerantsiga. Niisuguse liite pressimisega koostamisel tekib kokkupuutepinnal küllaltki suur normaalsurve ja sellest tulenevalt ka hõõrdejõud, mis takistab detailide suhtelist liikumist.

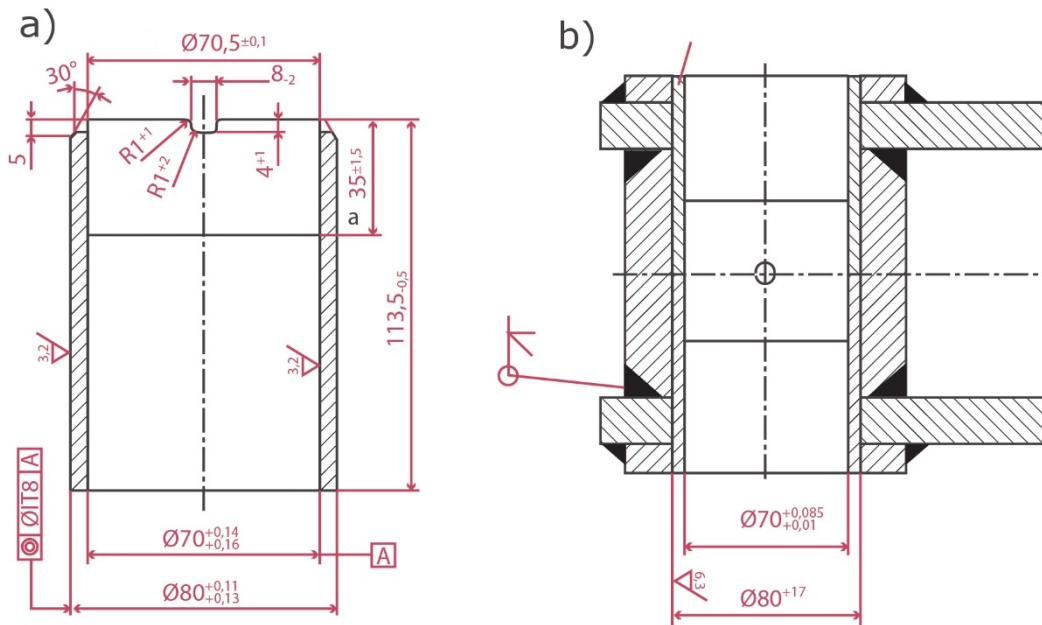
Pingu suurus määrab liite võime üle kanda soovivat jõudu või pöördemomenti, samuti nõutava pressimisjõu suuruse. Pingu suurus sõltub suurel määral detailide liitepindade pinnakaredusest,

mis peab olema vahemikus Ra 1,25-0,63 μm . Madala viskoossusega masinaõli kasutamine koostamisel (sellega pindade katmine) parandab pressimise tingimusi ning tõstab liite tugevust.

Väljapressimise jõud on tavaliselt sissepressimise jõust ligi 15% võrra suurem. Pressimiseks vajaliku jõu suurusele avaldavad mõju hõõrdekoefitsient pindade vahel, erisurve liitepindadel, võlli ja rummuava läbimõõt ja pressimise töökäigu pikkus.



Joonis 5.9. Jõu diagramm sissepressimisel



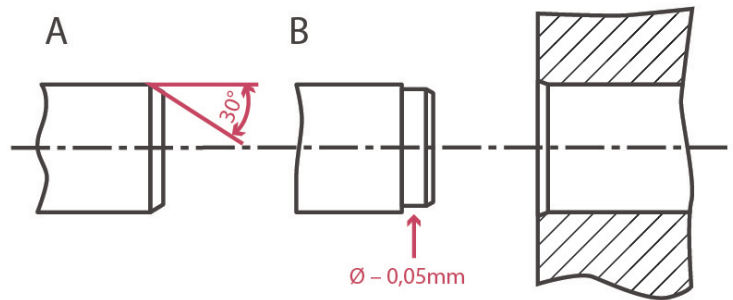
Joonis 5.10 Puksi joonis (a) ja puksid korpuses (b)

Joonis 5.10 näidatud konstruktsioonile on esitatud erinõue, et ülemise ja alumise puksi sisse-
lõiked oleks kohakuti korpuses oleva määrdeavaga. Kuna puksid töötavad liugelaagrina, on
nende asend oluline määrdeõli paremaks juhtimiseks. Niisuguse liite koostamine nõuab vastavat
koostamisrakist, mis pressimisel suunab puksid õiges nurkasendis korpuse avasse.

Pukside valmistamise tehnoloogia on koostatud nii, et puksid fikseeritakse lihvimistornil paari-
kaupa nõutavas nurkasendis. Asend markeeritakse ning lihvitud pukside paar pressitakse avasse
kindlas asendis. Pukside paari lihvimine ühe paigaldusega lihtsustab nende sissepressimist, kuna
liites mõjuv hõõrdejõud on ühtlasem. Puksi materjali kõvaduse, pingu suuruse ning sellest
tulenevad tolerantsid määrab konstruktor.

Pressimisel peab vältima detailide nihkumist, nendevahelise kontsentrilisuse ja nurkasendi
muutumist, detailide deformatsiooni. Seetõttu on nõutav teatud ettevaatus ja tähelepanelikkus.
Pressimisel kasutatakse rakiseid, aga ka tehnoloogilisi torne ja pukse, mille abil detaile suunatak-
se.

Koostatavatel detailidel peavad olema suunavad elemendid, nt 30° suunav faas, või töödeldud
pind, mis tagab koostamise algstaadiumis, nt pikkusel 2-3 mm, garanteeritud lõtku. Joonisel 5.11
B on näidatud, et haaratav detail omab suunavat osa, mis on töödeldud 0,05 mm alla nimimõõdu,
nii et oleks tagatud garanteeritud lõtk koostamise alguses. Loomulikult ei tohi need elemendid
muuta liite talituslikke omadusi. Selliste elementide kasutamise konstruktsioonis otsustab konst-
ruktor.



Joonis 5.11. Detailide suunavad elemendid

Garanteeritud pinguga liidete koostamisel on kasutusel erinevad, nt vibratsiooni tekitavad seadmed. Vibratsiooni tulemusena pressimisel mõjuvad ning muutuvad jõud võivad lihtsustada ja kiirendada koostamist.

Tehnoloogiliselt nähakse vajadusel ette koostamist teatud temperatuuril. Nii näiteks tõstab ettekuumutamise koostamine detailide liite tugevust, võrreldes külmalt pressitud liidetega. See tuleneb sellest, et liidetavate pindade konarused haakuvad paisudes omavahel ning liite tugevus kasvab.

Pressimisel kuumutatakse rummu (haarava detaili) ava või jahutatakse võlli (haaratavat detaili). Kuumutada või jahutada võib kogu detaili või lokaalselt liite tsooni (kohtkuumutus või -jahutus). Väiksemaid ja keskmise suurusega detaile kuumutatakse õli- või veevannides. Suuregabariidiliste detailide puhul kasutatakse avaga piirneva materjali kohtkuumutust. Kasutatakse spetsiaalseid või universaalseid induktoreid. Leegi kasutamine pole soovitatav, kuna temperatuurimuutused on raskemini kontrollitavad. Tehnoloogilise protsessi koostamisel kontrollitakse kindlasti kuumutamise võimalust ning lubatud temperatuure, lähtudes materjali omadustest. Tulemuse kontrollitakse kogemuslikult, mõõtes liite tugevust, nt ülekantavat pöördemomenti või demonteerimiseks vajalikku jõudu. Selleks valmistatakse vastavad kontrollstendid. Kontrollitakse detailide ja nende pindade seisukorda, pragude ja muude defektide puudumist, mis võivad pressimise tulemusena tekkida. Katsetega tõendatud positiivsed tulemused annavad kindla teadmise koostamistehnoloogia valikuks.

Kuumutamise saavutatakse koostamisel oluline eelis. Pärast kuumutamist muutub pinguga liide operatsiooni sooritamise ajaks lõtkuga liiteks, mille tulemusena koostamine lihtsustub ning mõnel juhul ei ole pressi kasutamine vajalik. Koostamisprotsessi on sellisel juhul lihtsam mehhaniseerida ja automatiseerida.

Induktori kasutamisega on sageli võimalik liide efektiivselt demonteerida ilma pressi rakendamiset. Rummu soojuspaisumine toimub kiiremini kui võllil ning selle tulemusena tekkiv lõtk lihtsustab detailide lahutamist liites.

Sageli kasutatakse koostamisel rummu kuumutamise asemel vastupidist meetodit – võlli jahutamist. Sellel meetodil on võrreldes kuumutamise, mitu eelist. Nimelt võib keerulise kujuga

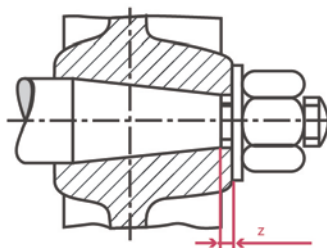
detailide kuumutamine tekitab mikrostruktuuri lokaalseid soovimatuid muutusi, tugevuse vähenemist ja pindade oksüdeerumist. Jahutamisel on see risk väiksem.

Variantide võrdlemisel võib lähtuda ka sellest, et võllide jahutamise aeg on tavaliselt lühem kui rummude kuumutamise aeg. Jahutamine toimub vedela lämmastiku keskkonnas (temperatuuril umbes $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$) või peakomponendina kuiva jääd ehk tahket süsihapet sisaldavas vannis (umbes $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$). Liidetavad pinnad peavad olema hoolikalt puhastatud, õli- ja rasvavabad.

Erineva materjaliga detailidest koostatava liite nõutava tugevuse saavutamiseks on jahutamise meetod eelistatud juhul, kui haaratava detaili materjali joonpaisumise koefitsient on suurem kui haarava detaili materjalil. Pronksist rõnga istamisel malmist või terasest kettale (nt suuremate hammasrattaste toorikute valmistamisel) on otstarbekam kuumutada rõngast. Pronksist puksi paigaldamisel teraskorpusesse on parem jahutada puksi.

Liikumatu koonusliidete koostamine

Liikumatu koonusliiteid kasutatakse sagedamini kui silindrilisi liiteid. Mõlemaid võib klassifitseerida kui hõõrdliiteid. Koonusliidetel on koostamisel teatud eelised. Näiteks tagatakse parem tsentreerimine, mis on eriti oluline ümara kujuga detailide puhul nagu hoorattad ja suuremad hammasrattad. Vajalik ist, tavaliselt pingist, on saavutatav võlli sissepressimise või rummu pealepressimise teel. Koonusliite koostamist individuaal- ja väikeseeriatootmises alustatakse rummu ja võlli paaridesse komplekteerimisest, värviga kontrollitakse lõtku puudumist ja liite pikkust vastavalt koostejoonisele. Samatelguse hälbed ja liite ebapüsivus tekivad siis, kui võlli ja ava koonilisuse hälbed ületavad lubatud tolerantse, teisisõnu, kui koonused liites ei sobi.

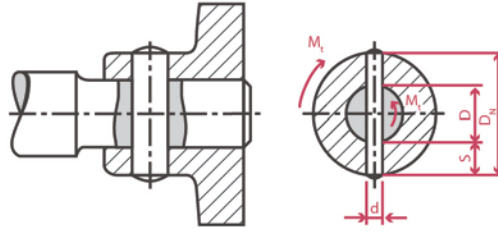


Joonis 5.12. Koonusliide, z - kontrollmõõde

Suurema koonilisuse puhul on koostamisel pressimise jõud suurem. Väljapressimisel on väiksema koonilisuse puhul jõud suurem ning võib isegi ületada koostamisel rakendatud pealepressimise jõu suuruse. Tavaliselt annab konstruktor koonusliidete puhul kontrollmõõtme (mõõde Z, Joonis 5.12) võlli ja rummu otspindade vahel ette.

Tihvtliidete koostamine

Masinaehituses on kasutusel silindrilised ja/või koonilised tihvtid. Kooniline tihvt on eelmises peatükis kirjeldatud koonilise liite rakendus. Silindriline tihvt täidab liidetes sõrme ülesannet. Kahe silindrilise sõrmega määratakse tasapinnalistes liidetes sageli detailide omavaheline asend.



Joonis 5.13. Tihvtliide M – liites mõjuv pöördemoment; DN – rummu välisläbimõõt; D – võlli läbimõõt; d – tihvti läbimõõt

Tihvtide paigaldamiseks ja eemaldamiseks kasutatakse spetsiaalseid lööktorne ja rakistust (abivahendeid).

Koonilisi tihvte kasutatakse sageli siis, kui koostatavate detailide asend saavutatakse rihtimisega. Sellisel juhul koordineerib kooniline tihvt liidetavate detailide asendit. Tihvti ava puuritakse koostatud ja omavahel fikseeritud detailidesse ühe läbimiga. Puuritud ava hõõritsetakse samuti koostatavates detailides ühe operatsioonina. Konstruktor toob koostamisjoonisel selle operatsiooni eraldi nõudena välja, nt sõnastuses „tihvtiava puurida ja hõõritseda detailide 1 ja 2 koostamisel“ vms. Tavaliselt annab konstruktor koostejoonisel kontrollimist vajava mõõtme ette. Kirjeldatud tihvtimisoperatsiooni teostatakse tavaliselt vaid individuaal- ja väikeseeriatootmises.

Suurseeria tingimustes saavutatakse koostatavate detailide nõutav omavaheline asend täpselt töödeldud lähte- ja tugipindade töötlemisega. Kui koordineerivaks elemendiks on tihvtid, siis toimub nende paigaldamine ilma avade täiendava töötlemiseta. Üheks võimaluseks on täpsete tihvtiavade töötlemine sisetreipingis, millega isegi suuregabariidiliste koostude puhul on saavutatav avade tsentrite vaheline tolerants nt $\pm 0,01$ mm.

Tihvtid töötavad löikele ja nende valik nõuab konstruktorilt vastavaid tugevusarvutusi.

5.1.2 Liikumatute kinnisliidete koostamine

Kinnisliiteid on masinaelementide klassifikatsioonis nimetatud ka mittelahtivõetavateks liidteks. Sellesse gruppi kuuluvad:

- keevisliited,
- jootliited,
- liimitud liited,
- garanteeritud pinguga liited (hõõrdliited),
- valtsliited,
- neetliited.

Keevisliited

Nagu kõiki teisi liiteid, nii võib ka keevisliiteid klassifitseerida mitme tunnuse järgi. Lahtivõetavuse seisukohalt on nad kinnisliited. Saamise viisi järgi – aine muutmise meetodil põhinevad. Tööpõhimõtte järgi on keevisliited ainesliited [25]. Õpiku ülesandeks ei ole keevitusprotsessi kirjeldus, kuna seda tootmistehnika mahukat valdkonda käsitleb eraldi käesoleva õpikuga

samasse sarja kuuluv raamat „Keevitamine“. Siinkohal puudutatakse vaid koostamisega seotud tehnoloogilisi küsimusi.

Keevitamist kasutatakse koostamisel järjest rohkem, sest koostu komponentide valmistamisel termolõikusega on võimalik oluliselt metalli kokku hoida. Keevitusprotsessid on rakendatavad automatiseeritud ja vooltootmises, sh autotööstuses.

Keeviskonstruktsioonide koostamisel kasutatakse väga laialt koostamis- ja keevitusrakiseid. Kui koostamise ja keevitamise operatsioonid tehakse ühe ja sama rakisega, siis on tegemist koostamis-keevitusrakisega. Lähemalt vt peatükist „Detailide koostamine rakiste abil“.



Joonis 5.14. Rakises koostatud “kerge” keeviskonstruktsioon [11]

Lisaks metallide keevitamisele on efektiivset kasutust leidnud plastist toodete keevitamine.

Jootliited

Jootliide kujutab endast kinnisliidet, milles detailid on ühendatud joodisega. Jootmisprotsessis joodised sulatatakse. Joodis tardub ja moodustab jootõmbluse. Tehakse vahet kõvajoodiste ja pehmejoodiste vahel. Pehmejoodistena kasutatakse madalama sulamistemperatuuriga (alla 450 °C) materjale nagu hõbe, vask jms. Jootmine toimub suhteliselt madalal temperatuuril. Seetõttu on materjalide struktuuri muutus vähem tõenäoline.

Võib väita, et jootmise protsess on analoogne keevitamisega ning sageli on mõlemat protsessi kirjeldatud samades algallikates ja õpikutes. Erinevus seisneb peamiselt selles, et jootmisprotsessi käigus toimub liidetavate pindade märgamine joodisega (põhimaterjal ei sula), kuid keevitamisel toimub ka põhimaterjali sulatamine. Jootmisega on võimalik liita erinevaid metalle. Erinevalt keevitamisest joodetakse ka valts- ja teleskoopliiteid.



Joonis 5.15. Toruraami jootliited [26]

Kvaliteetse liite ja ühenduse saamiseks kasutatakse rübusteid, mille ülesandeks on:

- pindadelt mustust ja oksiide lahustada ning need eemaldada,
- takistada hapniku juurdepääsu ja ära hoida oksüdeerumist,
- parandada joodise voolamist piludesse ja nakkumisvõimet põhimetalliga.

Selleks kasutatakse kampolit ja selle lahust piirituses (jootevedelik), sulatatud booraksit, tsinkkloriidi vesilahust jt.

Suuremat täpsust nõudvad jootliited joodetakse vaakumis või kaitsegaasikeskkonnas. Individaaltootmises on instrumendiks traditsiooniliselt leeklamp või jootekolb. Seeriatootmises kuumutatakse detaile vannides, ahjudes või kasutatakse elektrilist instrumenti, mis võimaldab koostamisprotsessi paremini automatiseerida. Kasutusel on induktioonjootmine nii kõrgsagedusvooluallikate kui ka tööstusliku voolu abil. Tänapäeval on laialt levinud ultrahelimeetod, mis sobib eriti hästi alumiiniumsulamitest detailide jootmisel. Kõrgsagedusvõnkumised purustavad alumiiniumoksiidi kirme ja jootmine on võimalik rübustita.

Jootmisel kasutatavad täpsuse saavutamise meetodid on analoogsed keevitamisel kasutatavate meetoditega. Mõlemal juhul on tegemist liidetavate detailide asendi rihtimisega, detailide mugava kinnitamisega, koostamisrakiste kasutamisega.

Liimliited

Nagu eelnevalt kirjeldatud keevis- ja jootliited, nii kuuluvad ka liimliited kinnisliidete gruppi. Nagu nimetusest näha, on liimliites detailid ühendatud omavahel liimiga. Saksamaa standard DIN16920 defineerib liimi järgnevalt: “Liim on mittemetalne materjal, mis võib liita liidetavad detailid tänu pindade nakkuvusele ja oma sisemisele tugevusele.”

Liimliidetel on mitu eelist, milledest olulisemad on:

- liite pidevus, millega tagatakse koormuse ühtlasem jaotus,
- konstruktoril on lihtsam vältida pingekontsentraatoreid liites,
- liimliide summutab vibratsiooni,
- liimimisel ei ole nõutav kõrge temperatuur, seega saab liimida soojustundlikke materjale;
- võimalus kokku liimida erinevaid materjale,
- võimalus saavutada liite hermeetilisus,
- liimliide on vähem allutatud korrosioonile.



Joonis 5.16. Liimliide [27]

Tavaliselt on liimliidete kasutamisega võimalik vähendada toodete massi ning alandada nende omahinda. Liimliited on vastupidavad nii nihkepingetele kui ka tõmbele. Kombineeritud koormusskeemid (nt nihe + tõmme) pole soovitatavad.

Liimliidete puuduseks on nende suhteliselt madal soojuspüsivus (tavaliselt kuni 100 °C), madal roometugevus kestva staatilise koormuste puhul, samuti suhteliselt pikk polümeriseerumistsükkel täieliku tardumiseni.

Konstruktori käsutuses on väga lai valik tööstuslikult toodetavaid liime ning heade liimimisomadustega hermeetikuid. Allpool mõned traditsioonilised liimid:

- epoksüüdvaikude baasil liimid metalli, keraamika, plasti, puidu külm- ja kuumliimimiseks
- fenoolvaikude baasil liimid soojuskindlusega umbes 70 °C, lubatud nihkepinged terase liimimisel ligi 30 N/mm²
- poliüretaanliimid soojuspüsivusega umbes 120 °C, umbes sama tugevusega nagu eelnevatud liimid
- spetsiaalsed liimid kõrgendatud soojuskindlusega ja vastupidavusega nihkele.

Masinaehituses on kasutusel mitme tootja liime, ühe näitena võib tuua firma SIKA toodangut [28].

Kaasaegsetes toodetes kasutatakse liime üha enam kombineerituna muud liiki liidetega, nt geomeetrilise lukustusega liidetes on eesmärgiks suurendada lõtkude täitmisega liite tugevust, ülekantavat pöördemomenti, parandada hermeetilisust jne. Tuntud on näiteks ka neet-liimliited.



Joonis 5.17. Näide alumiiniumprofiilide valtsliimliitest

Mõnel juhul on liimliidete lahtivõtmine võimalik detaile purustamata, liite kuumutamise teel.

Konstruktor, olles valinud toote valmistamiseks ning koostamiseks sobiva liimimargi, peab joonistel või joonistele lisatavas tehnilises dokumentatsioonis välja tooma spetsiifilised tehnoloogilised nõuded tootjale, mis üldjuhul peaksid kirjeldama järgmisi tingimusi:

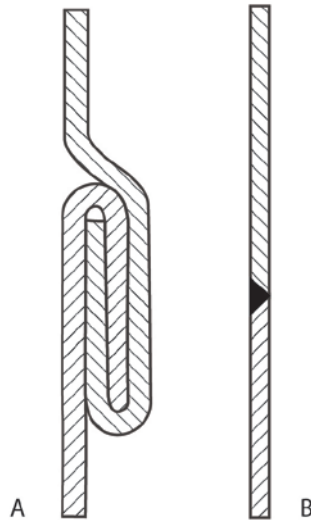
- liimitavate pindade ettevalmistus (puhtusaste, pinnakaredus),
- nõutav lõtk (pilu) liimitavate pindade vahel (liimikihi paksus),
- täitematerjali kasutatavus (nt alumiiniumipulber vms),
- polümeriseerumise aeg,
- liimitavate detailide kokkusurumise jõud,
- temperatuur koostamisel jne.

Tehnoloog, kes tegeleb tootmise ettevalmistamisega, peab arvestama konstruktori poolt ette antud nõudeid ning omalt poolt veel täiendavaid, konkreetsele ettevõttele omaseid spetsiifilisi tingimusi, et tagada liidete kõrge kvaliteet. Vastav informatsioon kajastatakse tehnoloogilise protsessi kirjelduses ja tööjuhendites, millest koostelukksepp juhindub.

Tavaliselt peab liimitavate detailide pinnakaredus olema vahemikus 2,5–0,63 μm . Rasv, õli ja mustuseosakesed peavad olema pindadelt eemaldatud. Rasvaärastus on oluline tehnoloogiline operatsioon ning õige vahendi valik selleks on väga tähtis (vt täpsemalt peatükis 6.1 "Terasest detailide ja koostude pindade puhastamine ja värvimine").

Valtsliited

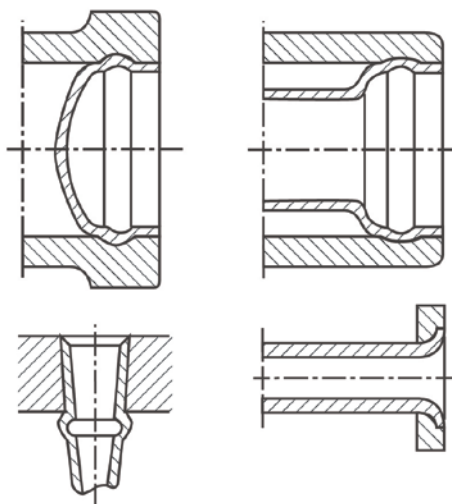
Tavaliselt kasutatakse valtsliiteid õhukesest lehtmaterjalist valmistatud detailide liidete kujundamiseks, millega muuhulgas suurendatakse koostu jäikust.



Joonis 5.18. Lehtmaterjalist detailide liited: a) valtsliide; b) võrdluseks keevisliide [29]

Valtsliideteks klassifitseeritakse ka sellised liited, mille puhul ping detailide vahel tekitatakse deformatsiooniga – haaratava detaili mõõtmete radiaalsuunalise suurendamise või haarava detaili mõõtmete vähendamise teel. Niisuguse meetodiga saadavate liidete peamiseks ülesandeks on hermeetilisuse saavutamine ehk gaaside või vedelike liikumise tõkestamine; nad ei ole lahtivõetavad ilma detaile vigastamata. Valtsliited leiavad kaasaegsetes seadmetes ja masinates laia kasutust.

Liidete valtsimisel on levinud rullimise meetod: valtsitakse erinevates tööpinkides, alates trei- ja puurpinkidest ja lõpetades spetsiaalsete seadmetega.

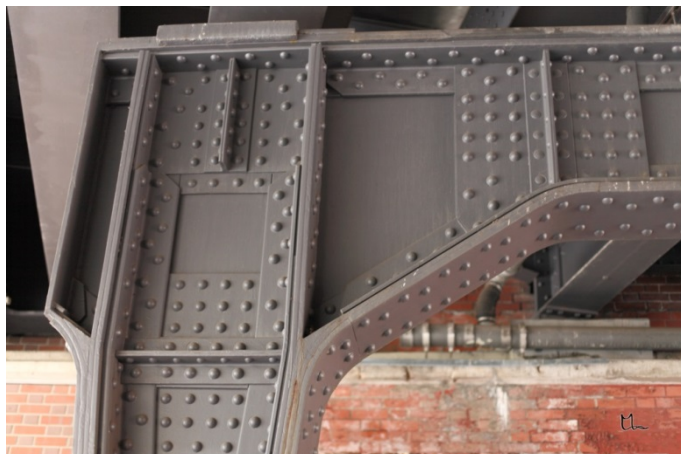


Joonis 5.19. Rullitud valtsliited

Valtsimisoperatsiooni on suhteliselt lihtne automatiseerida. Liidete hermeetilisust kontrollitakse pneumaatiliselt või hüdrauliliselt.

Neetliited

Neetliiteid klassifitseeritakse kui kinnisliiteid. Paljusid neete kasutatakse masinaehituses dünaamiliselt koormatud konstruktsioonides, peamiselt lehtmaterjalist ühendatavate detailide koostamisel, eriti raskesti keevitatavate materjalide puhul ning siis, kui materjali kuumutamine ei ole soovitatav. Koos keevitustehnoloogia arenguga neetliidete kasutamine väheneb. Üha rohkem näeme keevis-, liim- ja keermesliiteid.



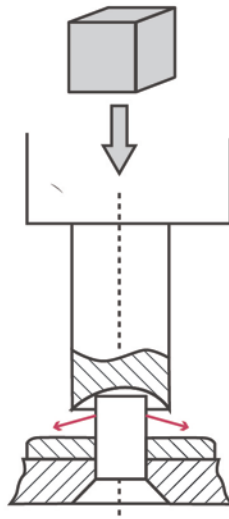
Joonis 5.20. Neetimisega koostatud metallkonstruktsioon (Manfred Wassmann)

Neetide ehitust, klassifikatsiooni, tugevusarvutuse skeeme jms käsitleb masinaelementide kursus. Allpool on toodud koostamistehnoloogia seisukohalt olulised viited. Neetide materjalina kasutatakse terast, vaske, messingit ja alumiiniumsulameid. Neetimine on teostatav nii külmalt ka kuumalt.



Joonis 5.21. Terasneet

Läbimõõduga 3–12 mm terasneetide (Joonis 5.21) paigaldamiseks kasutatakse pneumaatilisi presse ja pressimisseadmeid, üle 12 mm läbimõõdu korral hüdraulilisi ja pneumaatilisi presse. Neete läbimõõduga üle 12 mm needitakse kuumalt temperatuuridel kuni 1100 °C neetimisvasaratega või pressides.



Joonis 5.22. Neetmise klassikaline skeem [30]

Neetliidete kvaliteeti kontrollitakse visuaalselt ja hüdrauliliselt, vastutusrikkaid neetliiteid ka röntgenmeetodil samuti nagu keevisliiteidki.

Õhukestest leht- ja profiilmaterjalidest konstruktsioonide liidetes on kasutusel tõmbeneedid.

5.2 Liikuvate lahtivõetavate liidete koostamine

5.2.1 Hammasliidete koostamine

Võrreldes liistliidetega tagavad hammasliited parema detailidevahelise tsentreerimise. Hammaste arv on vahemikus 6–50. Liited on lahtivõetavad, need võivad olla liikumatud ja liikuvad. Levinud on rööphambumine, evolventhambumine ja kolmnurkhambumine. Hammasliited võib klassifitseerida geomeetrilise lukustatud liitena [25].



Joonis 5.23. Rööpprofiiliga hammasliide [31]

Rööphambumine on vanim hammasliite liik. Rummu saab tsentreerida nii välis- kui ka siseläbimõõdu või hammaste külgpindade järgi.

Evolventhambumine on levinuim hammasliide, tsentreerimine toimub hambaprofiiliga või hammasvõlli välisläbimõõdu järgi.

Kolmnurkhambumist kasutatakse peamiselt väiksemate läbimõõtude puhul, tsentreerimine hamba külpinna järgi.

Nagu muudegi koostamisoperatsioonide puhul, nii alustatakse ka hammasliidete koostamist detailide visuaalsest kontrollist. Kontrollitakse mõlema detaili, nii võlli kui ka rummu hammaste ja soonte seisukorda, pöörates erilist tähelepanu faaside ja nurkade puhtusele ning kraatide puudumisele. Teravad servad ja kraat võivad koostamisel tööpinda vigastada.

Pinguga liidete puhul on soovitatav rummu (haarava detaili) kuumutamine temperatuurini 80–120 °C. Pärast hammasvõlli sissepressimist kontrollitakse rummu viskumist. Kui standardsed kontrollrakised (prismad, rullikud) seda ei võimalda, tuleb kasutada spetsiaalseid kontrollrakiseid. Haamri kasutamine koostamisel on ebasoovitatav, kuna löögid võivad mõjuda telje suhtes nurga all ning põhjustada liite tööpindade vigastusi.

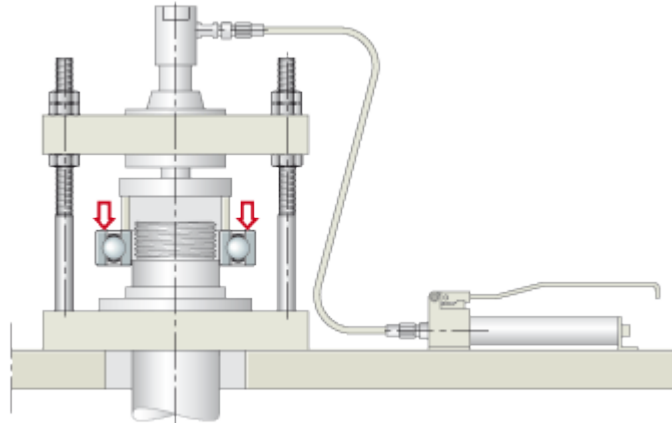
Veerelaagrite ja laagrisõlmede koostamine

Kvalifitseeritud koostelukksepp peab tundma laagrite ning laagrisõlmede ehitust, kasutatavaid skeeme, oskama kontrollida koostamise õigsust (nt mürataseme ja kuumenemise järgi), tundma koostamistehnoloogiat ning kasutatavaid tööriistu: sisse- ja väljapressimise seadmeid – mehaanilisi, hüdraulilisi, pneumaatilisi ja elektrilisi. Silmas peab pidama laagri ja monteerimiseadmete omavahelist sobivust. Tavaliselt monteeritakse pöörlev laagrivõru detailile liikumatult, liikumatu laagrivõru aga väikese lõtkuga.

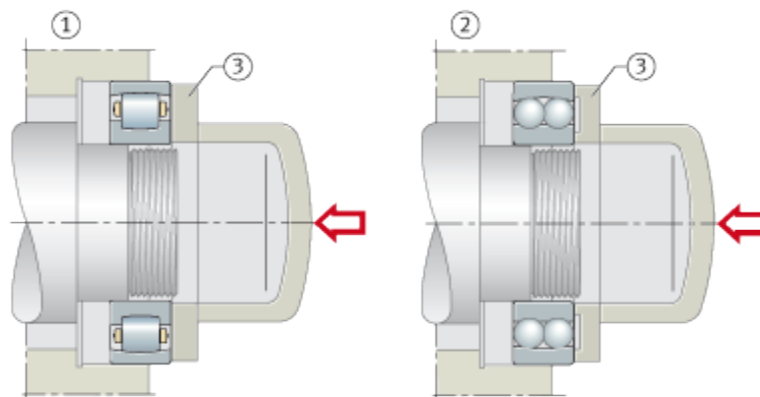


Joonis 5.24. Kuullaagri monteerimise skeem. Pinguga sisevõru (A) ja lahtivõetav rull-laager (B)

Kui sisevõru istub võllil pinguga, monteeritakse ta esimesena, alles seejärel pressitakse laager korpuse avasse (Joonis 5.24 A). Kui on tegu lahtivõetava laagriga, mille sisevõru istub pinguga võllil, siis samuti monteeritakse alguses sisevõru, seejärel välisvõrust, separaatotist ja rullidest koosnev komplekt (Joonis 5.24 B).



Joonis 5.25. Laagri monteerimine pressis [32]



Joonis 5.26. Laagri monteerimine löökpuksi abil. 1 ja 2 – korpus laagripesaga; 3 - surveseib

Pressi puudumisel võib väiksemate laagrite (tavaliselt läbimõõduga kuni 80 mm) kuumutamiseks kasutada löökpuksi ja surveseibi (Joonis 5.26 A, detail 3). Surveseibis olev ringsoon (Joonis 5.26 B detail 3) välistab kokkupuute väljaulatuvate kuulidega.

Väiksemate silindriliste veerelaagrite monteerimine võllile või laagripesasse (avasse) võib toimuda külmalt pingistuga. Et vältida laagrite vigastusi, peab jõudu rakendama pingistuga moneeritavale laagrivõrle. Sama kehtib ka demonteerimise kohta. Kvaliteetseks 10–50 mm siseavaga ja 16–110 mm välisläbimõõduga silindriliste veerelaagrite monteerimiseks sobivad hästi spetsiaalsed monteerimisseadmed, mille abil on võimalik monteerida ka pukse, distantsrõngaid, tihendeid ja muid sarnaseid detaile. Löökpüksile haamriga lüües monteeritakse istuga sisevõru võllile või välisvõru avasse. Nii välditakse monteerimisel tekkivate jõudude rakendumist veerekehadele ja -teedele. Tavaliselt tagavad laagritootjate poolt pakutavad monteerimisseadmed hea sobivuse laagritega ja jõudude ühtlase jaotuse laagrivõrude külgpindadel. Seetõttu on parem kasutada vastava laagritootja (FAG, SKF, INA, Schaeffler jt) poolt pakutavaid monteerimisseadmeid.

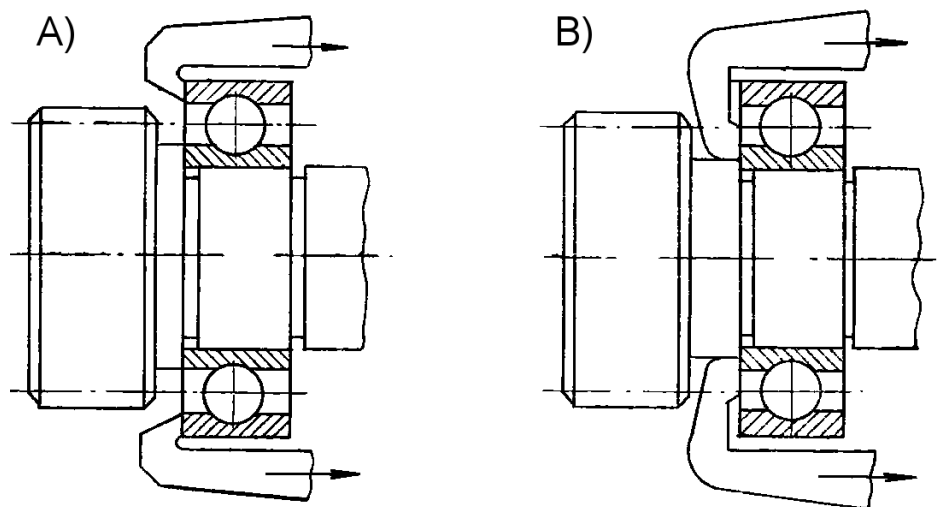
Ka demonteerimine nõuab hoolsat tegutsemist. Tõmmitsa haarats peab olema rakendatud mahatõmmatavale laagrivõrle. Võllil või avas pingistuga istuvate väiksemate veerelaagrite (ava läbimõõduga kuni 100 mm) demonteerimiseks kasutatakse mehaanilisi tõmmitsaid. Mahatõm-

bamiseks vajalik jõud kantakse üle tavaliselt keermelati (käigukruvi) ja šarniirmehhanismiga. Firma FAG poolt pakutavad hüdraulilised tõmmitsad kergendavad demonteerimist ja arendavad rakendusjõudu kuni 400 kN (40 tonni).



Joonis 5.27. Tõmmits laagrite demonteerimiseks

Tõmmitsate kasutamisel peab alati jälgima, et mahatõmbamise jõud oleks õigesti rakendatud. Vale on laagri demonteerimisel võllilt haarata tõmmitsaga laagrit välisvõrust (Joonis 5.28).



Joonis 5.28. Laagri demonteerimine tõmmitsaga (A - vale, B - õige)

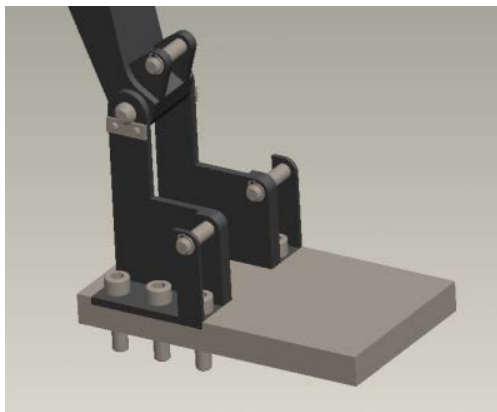
Kooniliste veerelaagrite monteerimine

Koonilise avaga veerelaagri sisevõru monteeritakse alati pingistuga. Laagrit on võimalik monteerida vahetult võlli koonilisele osale või kinnitada kinnitus- või tugihülsi abil silindrilisele võllile. Pealelukkamisel sisevõru läbimõõt suureneb, seega saavutatakse minimaalne radiaallõtk. Radiaallõtku vähenemine muudab seega sisevõru istu võllil. Laagri vigastamise vältimiseks peab sisevõru monteerima mõõduka jõuga (suurus on tavaliselt laagritootja poolt ette antud).

Spetsiaalsete lahenduste puhul (tööpinkide spindlilaagrid, muud vastutusrikkad ja täpsed laagrisõlmed) peab järgima konkreetseid näpunäiteid tööjuhendites ja joonistel.

Sõrmliided

Sõrmliidetes on sõrm fikseeritud kas vedrurõnga või splindiga. Liited on liikuvad ja lahtivõetavad ning võivad töötada šarniirina.



Joonis 5.29. Sõrmliidetega šarniir

Suuregabariidiliste metallkonstruktsioonide koostamine

Suuregabariidiliste metallkonstruktsioonide koostamisel on eriti oluline erinevate abiseadmete kasutamise võimalus ja oskus. Näitena on (Joonis 5.30) toodud pööramise seade, mida võib kasutada talade jms pööramiseks kohttöötlemisel, keevitamisel ning detailide kinnitamisel.



Joonis 5.30. Suuregabariidiliste talade pööramise seade [33]

Paljud firmad pakuvad koostamiseks mitmesuguseid pöördlaudu, rullikuid jms. Suuregabariidiliste koostude koostamiseks on tavaliselt oluline jäiga tasapinnalise koostamispõranda olemasolu. Vajadusel valmistatakse sobivad alused, toed või muud tehnoloogilised abivahendid.



Joonis 5.31. Rullikud silindriliste konstruktsioonide pööramiseks [34]

Suuregabariidiliste konstruktsioonide puhul kehtivad kõik kirjeldatud põhimõtted, kuigi koostelukksepa töökoht erineb lukksepa tavapärasest töökohast, vt peatükki 5.8 „Koostelukksepa töökoht”.

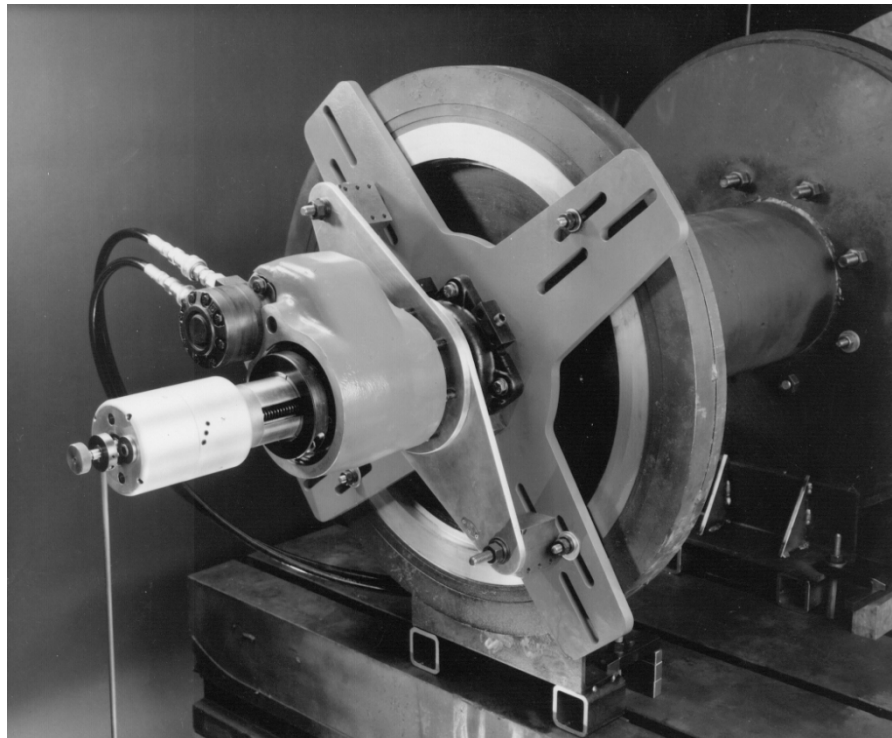


Joonis 5.32. Pöördlaua koostamine koostamisalusel

Kohttöötlemine

Kohttöötlemise tehnoloogiat rakendatakse suuregabariidiliste detailide ja koostude puhul. Kui baasdetaili paigaldamine pinki ei ole võimalik tema suurte mõõtmete tõttu, siis „viiakse“ tööpink või seade detaili või koostu juurde. Võimalik on kasutada mitme firma poolt välja pakutud seadmeid, konstruktsiooni valmistaja poolt välja töötatud lahendusi või ühildada mõlemad

võimalused. Koostatakse sobivad tehnoloogilise rakistuse skeemid, millega nähakse ette sisetreimis-, puurimis- jm seadmete kinnitused.



Joonis 5.33. Koostu ava kohttöötlemine [35]

Koostamise ja kohttöötlemise operatsioonid nõuavad meetodile vastavaid mõõteriistu, tavaliselt lasermõõteriistu. Lasermõõteriist kinnitatakse järgalt kandekonstruktsiooni külge, milleks võib olla tsehhi ehituskonstruktsiooni element. On võimalik teha üle 20 meetri pikkusega mõõtmisi täpsusega kuni 0,01 mm. Suur täpsus on oluline nii toote mõõtmete kontrollimiseks kui ka kohttöötlemisseadmete pikkade tövõllide asendi rihtimisel, kui tegemist on suuregabriidiliste koostude avade samatelgsuse vms nõudega.



Joonis 5.34. Suuregabriidilise metallkonstruktsiooni mõõtmine laserseadme abil [36]

Koostelukksepa käsutuses peavad olema, nii nagu ka muude operatsioonide täitmiseks, korrektsed tööjuhendid, operatsioonikaardid töövõtete (siirete) ja rakistuse kirjeldustega.

5.3 Alamkoostud ja koostud

Eelmised peatükid tutvustasid koostamisel kasutatavaid meetodeid erinevate liidete puhul. Köesolev peatükk annab ülevaate sellest, kuidas moodustatakse seadmete ja masinate komponentide komplektid, detailidest alamkoostud (*subassembly*) ja koostud (*assembly*). Koostud kujutavad endast komplekte: metallkonstruktsioone, mehhanismide sõlmi, agregaatide ja masinaid. Projekteerija ja konstruktor kavandavad toodete struktuurid selliselt, et koostamistehnoloogia oleks võimalikult ratsionaalne ja efektiivne.

Kui detailide tootmistehnoloogia erinevate variantidega ei saavutata oluliselt erinevat ehk suuremat majanduslikku efekti, siis koostamistehnoloogiaga (eriti seeriatootmises) on võimalik efektiivsust väga palju mõjutada. Teisalt aga sõltub koostamistehnoloogia efektiivsus sellest, kui tehnoloogiline on konstruktsioon ja selle komponendid.

Peatükis ei käsitleta lukksepatöö spetsiifikat valdkonniti, st ei kirjeldata detailselt erinevatele erialaspetsialistidele esitatavaid nõudeid. See tähendab, et siin ei vaadelda eraldi nt remondi-, keskkonnatehnika-, raudteeveeremi-, mootori-, autolukksepa jt töövõtteid ja instrumente. Peatüki keskmes on koostelukksepp kui toodangu valmistamise ahelas viimaste operatsioonide tegija, kelle teadmistest ja oskustest oleneb paljuski valmistoote kvaliteet. Samas sisaldab koostamistehnoloogia kirjeldus palju vajalikku informatsiooni kõigi lukksepaerialade esindajatele.

Kaasaegses masinaehituses ei ole koostelukksepal tihtipeale vajadust kasutada kõiki ülalloeletud meetodeid ja võtteid, kuna osa töid tehakse piisavas mahus detailide mehaanilise töötlemise käigus. Harilikult nõuab individuaal- ja katsetootmine rohkem erinevaid tootmisviise kui seeriatootmine. Seeriatootmises koostatakse tehnoloogiline protsess selliselt, et vältida aeganõudvat käsitööd, nagu seda on näiteks kaabitsemine. Siin püütakse saavutada seadme kokkupuutuvate liikuvate pindade hea kontakt nende mehaanilise töötlemisega – lihvimise, poleerimise või muu tööpingis sooritatava operatsiooniga.

Koostamisoperatsioonide käigus tehtavate tööde sisu sõltub oluliselt tootmise iseloomust. Tootmise liik (individuaal-, seeria- või masstootmine) määrab tehnoloogia ja koostamisprotsessi struktuuri masinaehituses.

Individuaal- ja väikeseeriatootmist iseloomustab:

- toodete lai nomenklatuur,
- väljakujunenud tehnoloogia puudumine,
- universaalsete seadmete ja instrumentide kasutamine,
- kõrge kvalifikatsiooniga töötajad,
- sobitamisperatsioonide suur maht.

Seeriatootmises jaotatakse koostamistehnoloogia osadeks: koostude koostamiseks detailidest alamkoostudeks ja koostu koostamiseks valmistatud erinevate tasemete alamkoostudest.

Tavaliselt koostatakse tootejoonised ja spetsifikatsioonid tootearenduse käigus nii, et tähistusest tuleneks toote struktuur ja koostamise loogika.

Selgituseks võib käsitleda mõne tüüpilise koostejoonise struktuuri ja tähist, nt:

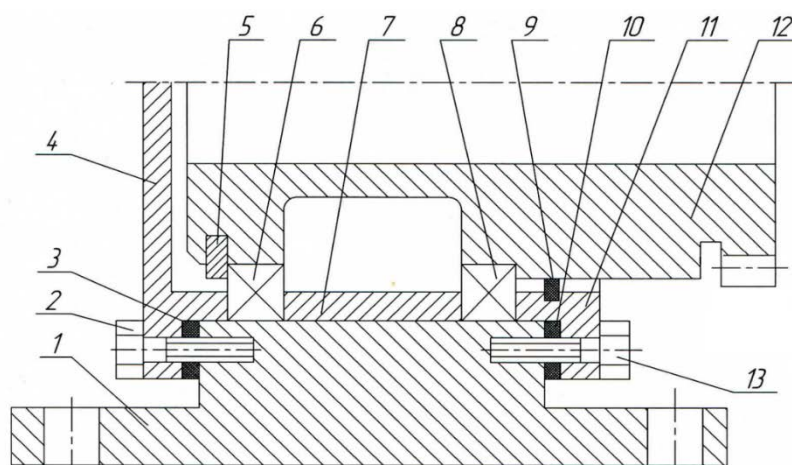
7.03.024.0006

- 7 esimene arvude grupp, ühekohaline number, näitab koostu,
- 03 teine arvude grupp, kahekohaline, näitab 1. taseme alamkoostu numbrit,
- 024 kolmas arvude grupp, kolmekohaline, näitab 2. taseme alamkoostu numbrit,
- 0006 neljas arvude grupp, neljakohaline number, näitab detailide ehk kõrgemal tasemel oleva komponendi järjekorranumbrit spetsifikatsioonis.

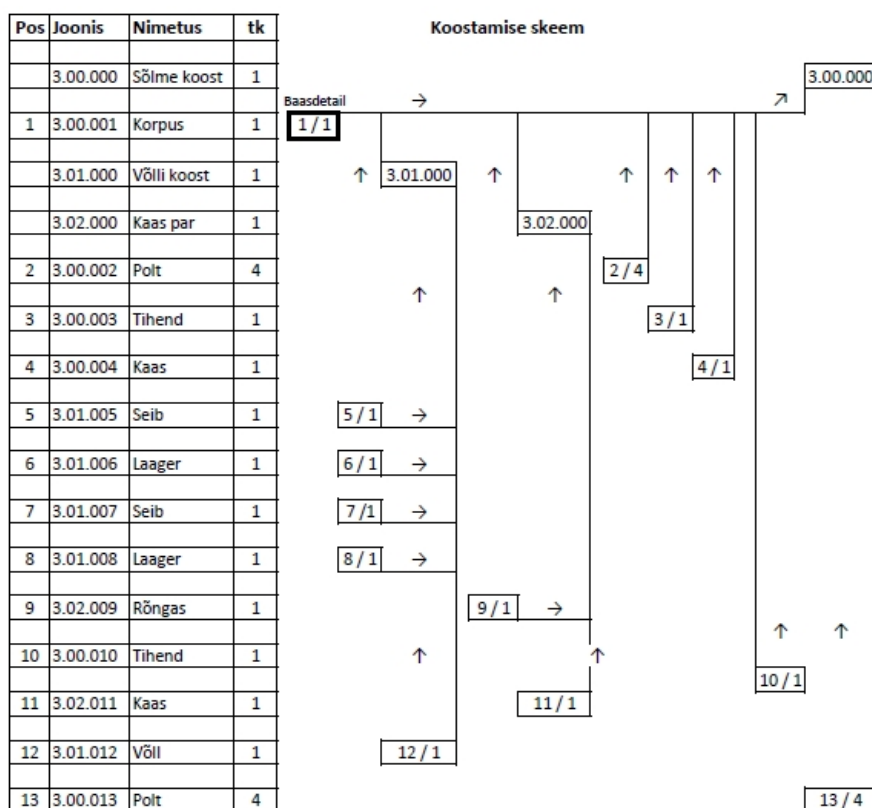
Ülaltoodud näide kirjeldab ühte paljudest võimalikest tähistussüsteemidest. Taoline arvude süsteemi kasutamine lihtsustab digitaliseeritud tootmise juhtimist ja muude süsteemide kasutamist ning skeemide koostamist. Valmistaja-ettevõtte ja seadmete ning masinate kasutajate insenerid ja töölised saavad tööprotsessis joonistest ja spetsifikatsioonidest harjumuspärase ülevaate, millise detaili või koostuga (komponendi või komplektiga) on tegemist.

Alamkoostude oskuslik tasemeteks (*level*) jaotamine on aluseks ratsionaalse koostamistechnoloogia projekteerimisele ja tehnoloogilisele ettevalmistusele (tootmestamisele), mille oluliseks sisuks on koostatavate komplektide, seadmete ja masinate alamkoostude ja koostude komplekteerimine detailidega, sh ka ostutoodetega.

Valmistamise ja eksploatatsiooni käigus jäävad numbrilised tähistused meelde ning nendega opereerimine (nendele viitamine) on arusaadav ja mugav. Koostu number (siin 7) võib näiteks tähistada mõnda projekti või suuremat masinat, alamkoostu number 03 mõnda sõlme jne. Tähistusse on võimalik kodeerida mitmesugust vajalikku informatsiooni nagu valmistamise aasta, projekteerija kood jpm. Tähistustes kasutatakse ka kirjatähti, mis aga võib vahel tekitada probleeme programmeerimise ja dokumentatsiooni arhiveerimisel. Konkurentsi tingimustes püütakse tavaliselt kirjatähtede kasutamist kui võimalikku liigset viiteallikat vältida.



Joonis 5.35. Korpuse koost



Joonis 5.36. Koostamisskeem

Joonis 5.36 selgitab, kuidas toote või koostu spetsifikatsiooni alusel on võimalik kujundada koostamisskeem, määratleda komplekteerimise tasemed, alamkoostud ja koostud ning saada ülevaade üksikutest lisatavatest detailidest, mis tavaliselt moodustavad koostamisskeemis kõrgema tasandi. Sama skeem võib olla aluseks nii käsitsi kui ka mehhaniseeritud ja automatiseeritud koostamisel autonoomsetel töökohtadel, koostamisliinidel või robotiseeritud jaoskondades.

Detailide ja liidete seosed tehakse selgeks mõõteahelate analüüsiga, mis toimub toote ja selle komponentide projekteerimise käigus. Selle tegevuse ülekandmine tootmisprotsessi etapile (lahenduse otsimine tootmisprotsessis) on ebaratsionaalne. Mõõteahelate analüüsi käigus võib selguda vajadus muuta toote konstruktsiooni, millega kaasnevad lisakulutused.

Tootmise ettevalmistuse käigus kontrollib tehnoloog konstruktori poolt etteantud mõõteahelaid ning leiab optimaalsed lahendused mõõtmete tagamiseks, valides kasutatavad seadmed ja instrumendid, kavandades rakistuse ning määrates koostamise seisukohast olulise, mõõteahela kompenseeriva (sulgeva) lüli.

Koostamise alustamiseks peab koostelukksepa käsutuses olema tehnoloogiline dokumentatsioon (tööjuhend), mis arvestab ülaltoodud põhimõtteid. Kvalifitseeritud koostelukksepp peab neid põhimõtteid tundma.

Mõõteahelate analüüsi ülesanne:

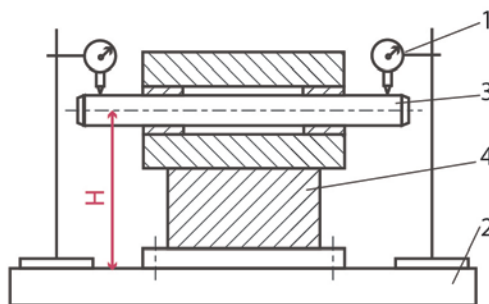
1. Alamkoostude nimimõõtude ja tolerantside arvutamine.
2. Toote (alamkoostude) nõutava täpsuse saavutamise ratsionaalsema viisi määramine.
3. Detailide ja alamkoostude seoste selgitamine.
4. Komplekteerimise järjekorra määramine.

5.4 Koostamise täpsus ja selle tagamise viisid

Koostamise täpsus on väga oluline koostude, seadmete ja masinate kvaliteedi tagamisel. Täpsuse parameetrid määrab tootearendaja (konstruktor), lähtudes toote talituslikest omadustest ja sihtotstarbest ning teades valmistamise tehnoloogilisi võimalusi. Siinjuures on arusaadav, et põhjendamatult kõrge täpsus pole soovitav, kuna suurem täpsus tähendab suuremaid tootmiskulusid (kallimad tööpingid ja instrumendid, suuremad tööjõukulud).

Koostamise täpsuse all mõistame koostatud detailide, alamkoostude telgede, kontakt- ja liitepindade asendi täpsust, mis on määratud joonisel või tehnilises dokumentatsioonis, näiteks kinemaatiliselt seotud võllide omavahelist paralleelsust või samatelgsust. Masina või seadme täpsus oleneb sellest, kui täpsed on nende komponendid: detailid, alamkoostud ja nende liited.

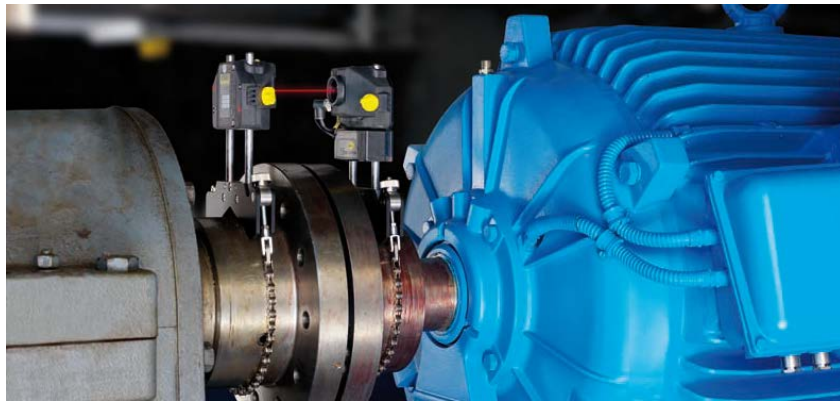
Seadme või masina koostamise täpsust iseloomustab koostude suhtelise liikumise paralleelsus, ristsus või pöördenurga täpsus üksteise suhtes. Asendi paralleelsus ja liikumise paralleelsus on erinevad mõisted. Nii näiteks tööpingi spindli telje paralleelsus juhtpindade suhtes ei pruugi võrduda spindli liikumise paralleelsusega samade juhtpindade suhtes. Seetõttu on väga oluline, et koostamise täpsuse määramiseks koostatakse meetodiliselt sobiv mõõtmiskeem. Allpool toodud skeem võimaldab mõõta ava telje kõrgust aluspinnast ja ava telje paralleelsust sama pinna suhtes ühes kindlas asendis.



Joonis 5.37. Ava telje asendi mõõtmine ja korrigeerimine

Tihti on mõne olulise mõõtme (pikema mõõteahela sulgeva lüli) määramine võimalik alles koostamisel või remonttööde käigus. Eskiisil (Joonis 5.37) on näidatud võlli monteerimiseks ettenähtud ava telje asendi (kõrguse H) mõõtmise ja kontrollimise skeem torni (3) ja mõõtekella (1) abil. Käsitletakse näidet, mille puhul võlli telje nõutav kõrgus selgub seadme sõlmede paigaldamise järel. Mõõdetakse telje kõrgust tugipinnast, võrreldes näite asendites I ja II. Lubamatut hälvet on võimalik korrigeerida korpuse (4) aluspinna töötlemisega, kui ava telje kõrgus on nõutavast suurem ja praak on kõrvaldatav. Kõrguse kompenseerimine on seega teostatav kas korpuse töötlemisega või vastupidi, kompenseeriva vaheplaadi paigaldamisega aluse (2) ja korpuse (4) vahele, kui telje kõrgus on nõutavast väiksem.

Mõõtekelladega tsentreerimine ehk samatelgsuse rihtimine kujutab endast küllaltki aeganõudvat operatsiooni – näitude fikseerimist, ümberarvutamist, korduvaid mõõtmisi. Tänapäeval kasutatakse selleks otstarbeks laserseadmeid, mis muudavad rihtimise mugavamaks ja lühendavad mõõtmisteks kuluvat aega. Joonisel kujutatud tsentreerimise teostamiseks paigaldatakse ühele völli laserkiirt genereeriv seadeldis ning teisele vastuvõtja (andur). Juhtpuldi kuvaril näidatakse digitaalselt tegelikku hälvet samatelgsusest. Rihtimise operatsiooni õnnestub enamal juhtudel teostada laserseadet völliidelt eemaldamata, jälgides töö käigus näitu kuvaril, kuni reguleerimisega on saavutatud nõuetele vastav suurus. Pakutavad tavaseadmed tagavad täpsuse 0,01 mm piirides, ning nende kasutamisega on võimalik realiseerida erinevaid mõõtmisstrateegiaid, nt mõõta radiaal- ja otsviskumist, paralleelsust, ristsust jne.



Joonis 5.38. Siduripoolte tsentreerimine laserseadmega [37]

Toote ja tema liidete nõutavat täpsust on võimalik saavutada täieliku või mittetäieliku vahetatavusega. Täieliku vahetatavuse printsiipi kasutatakse suureseria tingimustes. Nõutavate mõõtmete ja (väikeste) tolerantsidega detailid ja alamkoostud koostatakse lihtsalt nende ühendamise ja kinnitamise teel, millega luuakse konstruktsioonis ettenähtud liide. Mehaanilise töötlemise hind on väikeste tolerantside tõttu suhteliselt kõrge, kuid koostamise ehk sulgeva lüli täpsus on sellega tagatud.

Mittetäieliku vahetatavuse põhimõte realiseeritakse kas gruppidesse sorteerimisega või reguleerimisega. Siin valmistatakse detailid (alamkoostud) suuremate tolerantsidega, mille tõttu koostamise ehk sulgeva lüli täpsus ei ole kõigil toodetel kohe saavutatav. Praaktodete korrigeerimisega seotud täiendavad kulutused kompenseeritakse kokkuhoiuga, mis tuleneb suurte tolerantsidega detailide (ja seega odavamast) valmistamisest.

Gruppidesse sorteerimist kasutatakse neil juhtudel, kui konstruktsioonilised tolerantsid (ning seega ka hälbed) on tehnoloogilistest väiksemad. Liidetavad detailid jagatakse gruppidesse, lähtudes konstruktori poolt etteantud keskmisest lõtkust või pingust. Detailid sorteeritakse mehaanilise töötlemise järel enne nende suunamist koostamisele. Selle meetodi puuduseks on komponentide varu tekitamise vajadus koostamisjaoskonnas.

Reguleerimise põhimõtet kasutatakse mitte ainult individuaal-, vaid ka seeriatootmises. Liidetavad detailid on suurte tehnoloogiliste tolerantsidega ning liite täpsus saavutatakse täiendava komponendi – kompensaatori – lisamisega mõõteahelasse. Eeliseks on võimalus valmistada

detaile suuremate tolerantsidega, mis on odavam. Tulemuseks on koostamise lihtsus, reguleerimise võimalus mitte ainult koostamisel, vaid ka seadme edasisel kasutamisel.

Sobitamine seisneb selles, et liite nõutav täpsus saavutatakse liidetavate detailide omavahelise sobitamise või asendi rihtimise teel. Sobitamist rakendatakse vaid individuaal- ja väikeseeria-tootmises.

Koostamise täpsuse vastandiks on koostamisel tekkiv hälve (viga) etteantud tolerantside või nõuete suhtes.

Koostamisvigade põhjused:

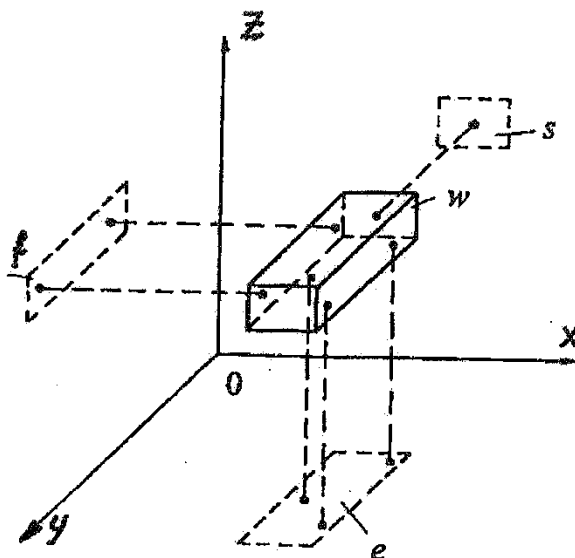
- detailide mõõtmete või liidetavate detailide pindade asendi ebatäpsus,
- liidetavate pindade ebakvaliteetne töötlemine (pindade lubamatult suur pinnakaredus), mis võib põhjustada nt liidete jäikuse vähenemist;
- detailide või alamkoostude ebatäpne paigaldamine (puudulik rihtimine) koostamise protsessis,
- ebakvaliteetselt teostatud sobitamise- või reguleerimisoperatsioonid,
- koostamisinstrumendi defektid,
- detailide, alamkoostude deformatsioon jääkpingete mõjul (nt pärast keevitamist).

Koostamise täpsusest sõltub suurel määral seadme või masina kvaliteet. Kvaliteedi all mõistame üldiselt toote omaduste kogumit, mis määravad tema vastavuse talituslikule sihtotstarbele. Toote kvaliteeti iseloomustab teatud süsteemne näitajate kogum, mis arvestab toote talitusomadusi ja mida kirjeldavad standardid (võimsus, kiirus, tootlikkus jne). Tavaliselt määravad sellised näitajad toote tehnilise taseme. Toote kvaliteedi üldiseks hindamiskriteeriumiks on nt masina või seadme töövõime ehk toote seisukord, mille puhul täidetakse etteantud funktsioonid (talitusomadused) ning tagatakse tehnilise dokumentatsiooniga määratud parameetrid, sh täpsus. Näitena võib tuua tööpingi, mille spindli pöörlemisagedus ja tema radiaalviskumine on lubatud vea piirides (vastavad passiandmetele).

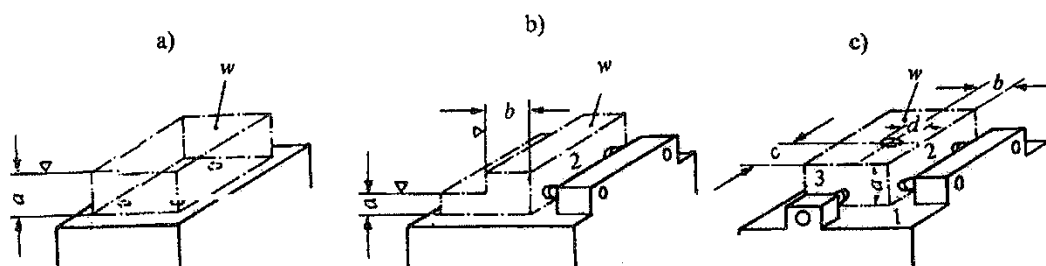
Kvaliteet, eelkõige aga täpsus oleneb konstruktori oskusest projekteerida tehnoloogiline toode, valida töötlemiseks ja koostamiseks optimaalsed lähte- ja tugipinnad. Siinkohal selgitame mõningaid põhimõisteid, mis aitavad koostelukksepal jooniseid lugedes oma tööd ratsionaalselt ette valmistada, sobivaid tööriistu, abivahendeid ja rakiseid valida. Kui kvalifitseeritud koostelukksepa käsutuses on piisav valik normaliseeritud (koostatavate) rakiste elemente ja kinniteid, siis on ta võimeline ise vajalikke lihtsamaid rakiseid valmistama.

5.5 Detaili paigalduse tingimused ja meetodid

Ruumis on detailil 6 vabadusastet: liikumine piki telgi x , y , z ning pöörlemine ümber telgede x , y ja z . Detaili täielikuks paigalduseks on vaja kõik 6 vabadusastet piirata. Liikumisvabadust ümber telgede x ja y ning piki z telge saab piirata tasapinnas xy kolme punktiga ehk teisisõnu, kolm punkti määravad tasapinna. Pöörlemise ümber telje z ning liikumise piki telge x piirame kahe punktiga tasapinnal yz , liikumise piki telge y ühe punktiga tasapinnal xz .



Joonis 5.39. Detaili vabadusastmete piiramise võimalused



Joonis 5.40. Detaili vabadusastmete piiramine. w – detail; a, b, c – detaili mõõtmed; 2 ja 3 – detaili lähtepinnad

Skeemil (Joonis 5.40) on näidatud, kuidas toimub detaili w paigaldus. Töötlemisel mõõtme a tagamiseks piisab detaili kolme vabadusastme piiramisest (a). Mõõtme b tagamiseks on vaja piirata veel detaili kaks vabadusastet (b). Viimase vabadusastme piiramiseks, st mõõtme c tagamiseks piisab veel ühest punktist ehk toest. Samamoodi paigaldatakse detailid koostamisel, kus piiratakse detailide vabadusastmeid koostu etteantud mõõtmete ja detailide asendi täpsuse tagamiseks.

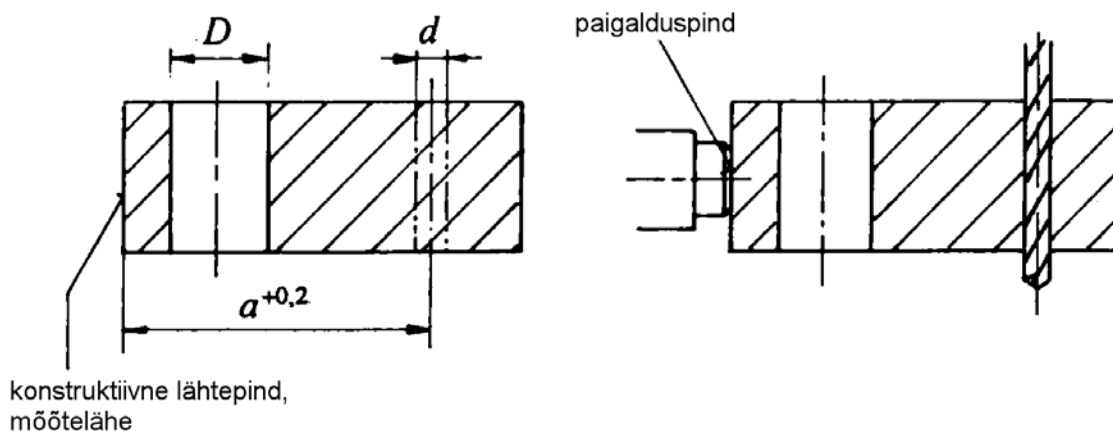
Detail lähtatakse koostamisrakisesse või temaga liidetava detaili suhtes lähtepindade kontakti kaudu paigalduselementidega. Detaili elementideks on tema pinnad, teljed või punktid [39].

Paigalduslähe on detaili elementide kogum, mille kaudu liites oleva detaili pind (telg) on täpselt orienteeritud temaga ühendatava (koostatava) detaili elementide suhtes.

Ülalkirjeldatud põhimõtted võib sõnastada ka detaili paigaldamise viisi järgi:

1. detaili lähteasend saavutatakse täiendava rihtimise abil,
2. detaili lähtepinnad puutuvad otseselt kokku rakise paigalduselementidega.

Koordineeritud mõõtmete all mõeldakse detailide elementide asendit määravaid, tavaliselt tolerantsidega mõõtmeid.



Joonis 5.41. Detaili paigaldamine rakisesse

Parim viis lähteviga vältida on detaili paigaldamine rakises nii, et mõõtelähe ühtiks paigaldusläh- tega. Selleks peab rakis omama vastavat paigalduspinda, siin tasapinnalise otspinnaga tugisõrme.

5.6 Koostamise viisid

Koostamise juures on üheks olulisemaks nõudeks toote (alamkoostu, koostu, komplekti) ettean- tud täpsuse saavutamine. Vaadeldatavates näidetes käsitletakse teema parema mõistmise huvides üht koostamise tasandit – alamkoostu koostamist detailidest. Alamkoostudest koostude saamise põhimõtted on sarnased, aga sellest eraldi allpool.

Sobiva koostamisviisi valik erinevatest võimalikest sõltub mitmest faktorist: konstruktsiooni keerukus, detailide ja alamkoostude istamispindade täpsus, tootmise maht, ettevõtte tehnoloogili- sed võimalused ja seadmeпарк, töötajate kvalifikatsioon.

Konstruktsiooni keerukus ei ole tavaliselt ületamatuks takistuseks, kuna seda on enamasti võimalik lahutada lihtsamateks alamkoostudeks. Koostamisprotsess on lihtsam, kui koostu detailide istamispinnad on niivõrd täpsed, et puudub vajadus täiendavaks sobitamiseks, rihtimi- seks või telgede ja detailide kontuuride märkimiseks (ülekandmiseks teisele detailile).

Koostamise eraldi valdkonnana võiks käsitleda tööriistade (valuvormide, stantside jms) tootmist, kus koostelukksepa kvalifikatsioon ja oskused on tihtipeale määravad. Siin on tavaliselt tegemist individuaaltootmisega, kus detailide sobitamine ja rihtimine tagavad koostu nõutava, reeglina suure täpsuse ja talituslikud omadused.

Koostelukksepp on siin tööriistalukksepa rollis, ta koostab detailidest (komponentidest) koostud, teeb vajalikud korrektuurid ja sobitamise operatsioonid. Tema ülesandeks on ka tööriista katse- tamine kas iseseisvalt või inseneri juhendamisel. Koostelukksepa kvalifikatsioon peab tööriistatootmises olema piisav jooniste jm tehnilise dokumentatsiooni alusel vajalike tööde

koordineerimiseks. Tööriistatootmises on kasutusel masinaehitusettevõttele omased seadmed (sh sädeerosioonpingid, CNC-freespingid jne), millele lisandub üldjuhul kliimaseadmetega varustatud heal tasemel mõõtelabor või -jaoskond. Mõõdetavad detailid ja koostud peavad saavutama ruumi temperatuuri (tavaliselt +22°C), kus toimub kvaliteedikontroll ja mõõtmete protokollimine.

5.6.1 Detailide koostamine märkimise meetodil

Individuaal- ja väikeseeriatootmises on kasutusel märkimise meetod. Märkimisvahendite kohta vt. peatükki „Märkimine“. Meetodit saab rakendada mitmel viisil:

- märgitakse kinnitusavad kahes detailis. Avad puuritakse ning koostamise käigus asetatakse nendesse avadesse poldid ja poltliide kinnitatakse;
- ühele detailile märgitakse teise, temaga liidetava (tavaliselt kergema) detaili kontuur või teises detailis eelnevalt töödeldud kinnitusavad. Esimeses detailis töödeldava ava tsepter märgitakse nt kärniga ja seejärel puuritakse.

Märkimise meetodiga saavutatakse liite täpsus tolerantsijärgu piirides IT17–IT15.

5.6.2 Detailide koostamine rakisteta, ilma rihtimiseta

Detailide koostamisel rakisteta ja rihtimiseta eeldatakse detailide piisavat täpsust, mis tagab alamkoostu nõutavad parameetrid. Mõlema detaili kinnitusavad ja/või lähte- ja tugipinnad on enne nõutava täpsusega töödeldud. Lihtsamad alamkoostud koostatakse detailidest abivahendeid kasutamata. Ühe näitena võib tuua korrosioonikindlast terasest valmistatud survemahuti kahe sektsiooni ühendamise poltide ja mutritega. Kinnitusavad on enne töödeldud ühendatavates detailides piisava täpsusega.



Joonis 5.42. Survemahuti sektsioonide ühendamine poltliitega [40]

Võimalikud variandid:

- detailid ühendatakse omavahel poltidega. Ühel detailidest on vastavad keermestatud kinnitusavad;
- detailid ühendatakse omavahel poltide ja mutritega. Mõlemal detailil on keermestamata kinnitusavad;
- lisaks poltliitele detailid tihvtitakse, mellega välditakse detailide omavahelist nihkumist keermesliite tolerantside piirides.

Rakisteta ja ilma täiendava rihtimiseta detailide koostamiseks peavad detailide asendi liites määrama koordineeritud mõõtmetega avad, astmed või muud lähte- ja tugielemendid. Koostamise automatiseerimine ja mehhaniseerimine on lihtsam. Vajalik on vaid detailide fikseerimine, etteandmine nõutavasse positsiooni ning kinnitamine liite moodustamiseks.

5.6.3 Šabloonide kasutamine koostamisel

Šabloonid kujutavad endast tavaliselt lehtmaterjalist või muus teostuses abivahendit, mis on kergem ja käsitlemisel mugavam kui kinnitatav detail, kordab selle detaili kontuuri ja omab selle detaili teisega liitmiseks vajalikke elemente. Nendeks elementideks võivad olla teljed, avad, tasapinnad (servad), mis võimaldavad liidetava detaili koostamiseks vajalike mõõtmete ülekandmist baasdetailile, tavaliselt kandekonstruktsioonile.

Šablooni asendit baasdetailil või alamkoostul peab olema lihtne määrata ja koostamisel leida näiteks mõne eelnevalt töödeldud ava või tasapinna (serva, tugipinna) järgi. Märgistamise või puurimise ajaks kinnitatakse kiirkinniti vms abil.

Šabloone kasutatakse tavaliselt järgmistel juhtudel:

- kinnitatava detaili elementide märkimiseks baasdetailile või alamkoostule
- baasdetailis või alamkoostus kinnitus- või tihvtiavade puurimiseks.



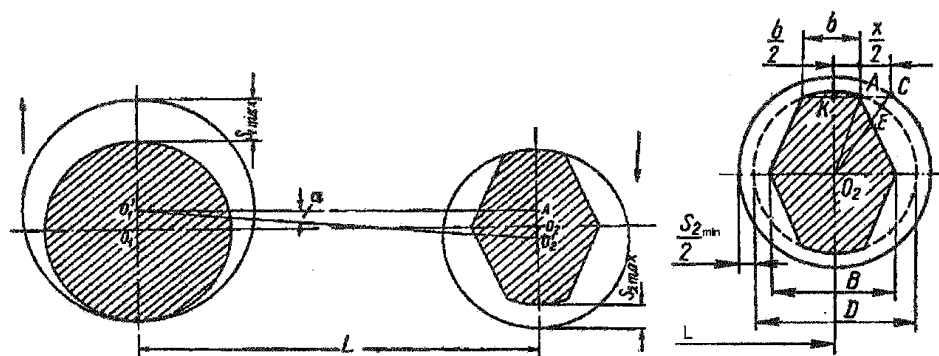
Joonis 5.43. Puurimisšabloon

Kui šablooni kasutatakse näiteks kandekonstruktsioonis detaili kinnitamiseks vajalike avade puurimisel, siis töötab ta konduktorplaadina. Vahe on selles, et konduktorplaati kasutatakse tavaliselt tööpingirakisena, nt radiaalpuurpingis, aga šablooni abivahendina suuremate metallkonstruktsioonide koostamisel. Šabloonid võivad olla koostatavad, reguleeritavad, seega kasutatavad erinevate mõõtmetega, kuid samalaadsete koostude koostamisel. Tootmise tehnoloogilise ettevalmistamise käigus võib šabloonide oskusliku kasutamisega saavutada märkimisväärset majanduslikku efektiivsust, nt vältida suuregabariidiliste sisetreipinkide ebaratsionaalset rakendamist madala asenditäpsusega avade töötlemiseks.

5.6.4 Detailide koostamine rakiste abil

Neil juhtudel, kui detailide kuju on keerulisem, kui neid on raskem fikseerida koostamiseks püsivas, täpses asendis, kasutatakse abivahendeid või koostamisrakiseid, millega detail või koostatavad detailid asetatakse ja kinnitatakse koostamiseks mugavas asendis. Detailide nõutav asend saadakse lähtamisega rakises detaili lähtepindadele (plaadid, sõrmed) ja tugipindadele (plaadid, sõrmed, toed, nurgikud jne). Detailide liitepinnad viiakse omavahel kontakti, nende asend fikseeritakse kinnitusklabritega või muude kiirkinnititega (kangšarniir-, ekstsentrikkinniti). Kinnitid võivad olla mehaanilised, pneumaatilised, hüdraulilised. Liitepinnad ühendatakse konstruktori poolt kavandatud viisil, nt poltliitega, hõõrdliitega või keevisõmblusega.

Rakiste konstruktorid komplekteerivad rakise vastavate tornide, pukside ja sõrmedega. Rakise koostejoonis koostatakse nii, et detailide paigaldusskeem, koostu kontrollitavad mõõtmed ja muud nõuded oleks koostelukksepale arusaadavad. Koostatavad detailid joonestatakse rakise üldvaatesse peenjoonega või läbipaistvana (ka värvilisena). Detailide lähtamiseks rakises on otstarbekas kasutada töödeldud täpseid avasid detailides. Levinud on detailide lähtamine kahe avaga rakise kahele sõrmele, kusjuures üks sõrmedest on lõigatud.

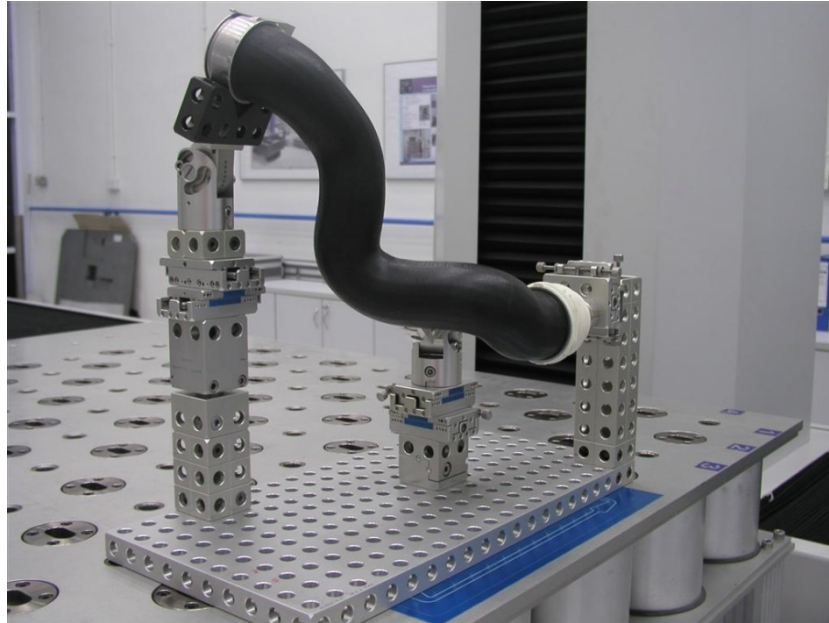


Joonis 5.44. Kahele sõrmele paigaldamise skeem [38]. O_1 – vasakpoolse sõrme tseenter; O_1' – vasakpoolse ava tseenter, O_2 – parempoolse sõrme tseenter; O_2' – parempoolse ava tseenter; S_{1max} – maksimaalne lõtk vasakpoolses liites ava ja sõrme vahel; S_{2max} – maksimaalne lõtk ava ja lõigatud sõrme vöö pinna vahel parempoolses liites; S_{2min} – minimaalne lõtk ava ja silindrilise sõrme vahel parempoolses liites; L – avade telgedevaheline kaugus; D – silindrilise sõrme läbimõõt; B – lõigatud sõrme laius; b – lõigatud sõrme vöö laius

Ülaltoodud joonis selgitab detaili või koostu paigaldamist rakises lähtamisega kahele sõrmele. Detaili avade läbimõõdud on suuremad sõrmede läbimõõtudest, tegu on liites tekkiva lõtkuga detaili ja sõrme vahel. Sõrmed on lõikes viirutatud, üks sõrmedest on nn lõigatud sõrm. Skeem võimaldab lõtkude suuruste ja avade tseentritevahelise kauguse järgi arvutada paigalduse nurkhälvet (nurga α suurust) ning lähtevea suurust.

Kvaliteetne koostamisrakis tagab detailide kiire paigaldamise ja kinnitamise, mugava käsitlemise, juurdepääsu keevisõmbluste eelkeevitamiseks (punktamiseks), koostu mugava eemaldamise pärast eelkeevitamist.

Rakiste valmistamisel on otstarbekas kasutada standardkomponente nagu kinnitusklambrid, fiksaatorid, sõrmed, tugiplaadid, nurgikud jne, mida pakuvad suures valikus mitmed firmad (Norelem, Hadler, Demmeler, Luna jpt). Kuna kvaliteetsetest terastest valmistatavad, termiliselt töödeldud ja lihvitud standardelemendid (normaliseeritud elemendid) on kallid, eelistavad ettevõtted sageli siiski omavalmistatud või koostööpartneritelt tellitavaid spetsiaalseid, lihtsaimaid rakiseid. Ettevõtetel on otstarbekas standardkomponente soetada vaid juhul, kui see investeering on majanduslikult põhjendatud (nt teatud toodete valmistamine on kindel perspektiiv ja arvutused kinnitavad tehnoloogia kasumlikkust kirjeldatud rakiste kasutuselevõtuga).



Joonis 5.45. Näide rakiste normaliseeritud alusdetailidest [41]



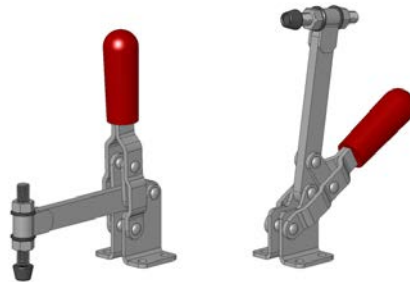
Joonis 5.46. Rakiste standardkomponendid [42]

Koostamisrakistes ei keevitata keevisõmblusi tavaliselt täies ulatuses, vaid eelkeevitatakse ehk punktatakse. Punktimisega saavutatakse liite koospüsimiseks piisav tugevus, nii et saadud alamkoostuga on võimalik tööd jätkata. Keevitamine toimub tavaliselt keevitusrakistes. Harvem

nähakse ette keevitamist koostamisrakises, kuna keevitamisel tekkivad sulametallipritsmed võivad sattuda rakise tugi- ja lähtepindadele ning rikkuda kinnituselemente. Pritsmete eemaldamine on seotud täiendava aja- ja rahakuluga, mis seeriatootmises ei ole vastuvõetav.

Peab arvestama sellega, et koostamisel on tegu mitme detaili paigaldamisega täpsetele lähte- ja tugielementidele, mille kulumiskindlus ja seega ka eluiga on piiratud. Otstarbekas on neid elemente säästa ning teha suuremahulisem keevitamine selleks eraldi valitud keevitusrakises, mille ülesandeks on muuhulgas tagada alamkoostu või koostu parim asend keevitamiseks. Seda ülesannet täidavad erinevad pöördlauad, rullikud, ka keevitusrobotid. Koostamisrakise konstruktsioon võib oluliselt erineda keevitusrakise omast.

Koostamisrakiseid kasutatakse üldjuhul väiksemate ja keskmiste keeviskonstruktsioonide koostamiseks, mille gabariidid on tavaliselt 1000 mm piirides. Rakis koosneb tavaliselt alusest, tugi- ja lähteelementidest ning kinnititest, millega liidetavad detailid fikseeritakse soovitud asendis.



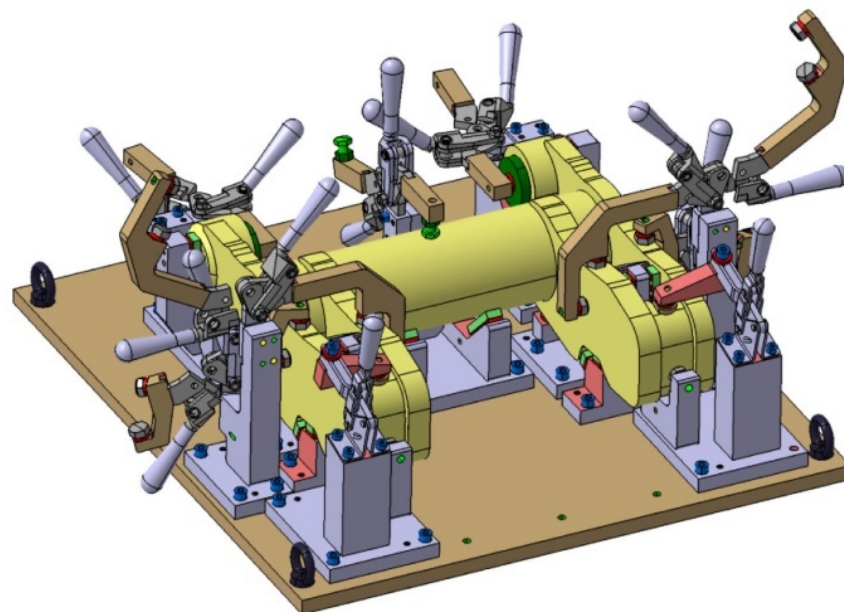
Joonis 5.47. Kangšarniir-kiirkinnitid

Üheks oluliseks argumendiks on asjaolu, et koostelukksepal ei ole alati nõutavat keevitaja tunnistust ning seetõttu lahutatakse koostamise ja keevitamise operatsioonid ja tihti ka töökohad.

Kvalifitseeritud koostelukksepad on tööriistalukkseppade kõrval sageli võimelised ise koostamisrakiseid valmistama. Koostamisrakis kujutab endast samuti koostu ehk metallkonstruktsiooni, mis peab olema reeglina tunduvalt (2-3 korda) täpsem kui selle rakise abil valmistatav toode.



Joonis 5.48. Koostamisrakise valmistamine



Joonis 5.49. Koostamisrakis [43]

Keeviskonstruktsioonide koostamine on tihti raskendatud keevitamisest tekkivate sisepingete tõttu. Kui keevitavatele detailidele mõjuvate jõudude arvutamine annab paljudel juhtudel küllaltki täpse tulemuse, siis jääkdeformatsioonide määramine on märksa raskem. Tegelik deformatsioon selgub pärast keeviskonstruktsiooni jahtumist.

Sisepingete vähendamiseks noolutatakse väiksemaid keeviskonstruktsioone temperatuuril umbes 650 °C, paigutades need elektriahju umbes üheks tunniks. Suuremate keeviskonstruktsioonide liiga kiire jahtumise vältimiseks kaetakse need spetsiaalsete mattidega.

Seeriatootmises saab rakiste konstruktsiooni valikuga deformatsioone kompenseerida, st katsetoote mõõtmise tulemusena rakiste mõõtmeid vastavalt muuta. Individuaaltootmises on selline võimalus välistatud, eriti suuregabariidiliste toodete puhul. Siin tulevad appi keevitusinseneri teadmised ja kogemused. Gaasileegiga detailide kuumutamine pärast keevitamist mõõtmete korrigeerimise eesmärgil on ohtlik, kuna sellega muudetakse metalli mehaanilisi omadusi, sh tugevust kriitilistes ristlõigetes.

5.7 Koostamise tehnoloogia alused

Käesolevas alapeatükis antakse ülevaade koostamise põhimõtetest, mida peab inseneri kõrval teadma ka kvalifitseeritud koostelukksepp. Masinaehitusettevõttes alustatakse tehnoloogilist ettevalmistust (tootmestamist) koos tootearenduse ehk konstrueerimisega. Selline tegevuste ajastamine on oluline, kuna tehnoloogide ja konstruktorite koostöös saavutatakse toote tehnoloogilisus ning tagatakse efektiivne tootmine. Tehnoloogiliste protsesside planeerimisel võetakse arvesse olulisemaid konstruktsioonist tulenevaid nõudeid, tootmisettevõtte organisatsioonilisi ja tehnoloogilisi võimalusi. Töötatakse välja põhjalikud alamkoostude ja koostu tehnoloogilised skeemid. Tehnoloogia planeerimise tulemusena langetatakse otsused investeeringute vajalikkuse osas, nt täiendavate seadmete või instrumentide soetamise ning isegi tootmishoonete rajamise või ümberehitamise kohta. Seega on tehnoloogia äriplaani koostamise ja projekti teostatavuse analüüsi aluseks.

Arvestatakse järgnevat kriteeriume ning nõudeid.

Toodangu maht. Reeglina tehakse vahet individuaal-, väikeseeria- ja suurseriatootmise vahel. Viimast nimetatakse ka masstootmiseks. Tootmise iseloomust oleneb suurel määral koostamistehnoloogia, sh koostamisprotsessis nõutav mehhaniseerimise tase, kasutatavate tööriistade ja rakiste valik.

Konstruktsiooni vastavus esitatavatele nõuetele. Vastavus on võimalik, kui konstruktsioon on tehnoloogiline. Tehnoloogiliseks võib lugeda niisugust konstruktsiooni, mis tagab etteantud nõuete täitmise valmistamisel, sh koostamisel antud tootmistingimustes kaasaegsete vahendite, minimaalse aja ja minimaalsete kuludega.

See on aga omakorda võimalik järgmistel tingimustel:

- koostamine ilma sobitamisetä (või minimaalse sobitamisoperatsioonide mahuga),
- juurdepääs konstruktsioonile töö- ja mõõteriistadega,
- alamkoostude sõltumatu koostamise võimalikkus,
- ratsionaalselt valitud kinnitustarvikud,
- minimaalne võimalik detailide ning erinevat liiki detailide hulk,
- optimaalne detailide vahetatavus,
- standardsete toodete (ostutoodete) võimalikult suur hulk,
- koostamiseks optimaalselt (mugavalt) sobivad lähte- ja tugipinnad,
- lähte- ja tugipindade ühitamise võimalikkus,
- demonteerimise vältimine reguleerimisoperatsioonide puhul.

Toote parameetrite täpsuse tagamine. Tavaliselt käsitletakse täpsust ülalpool loetletud nõuete kõrval eraldi. Koostu täpsus sõltub kokkuvõttes mõõteahela sulgevate lülide täpsusest. Konstruktsiooni täpsuse ja tehnoloogilise täpsuse mõisted ei lange kokku. Konstruktsiooni täpsus selgitatakse mõõteahelate arvutusega. Tehnoloogilist täpsust iseloomustavad vead tootmisprotsessis – mehaanilisel töötlemisel ja koostamisel. Koostamise tehnoloogiline täpsus peab tagama toote väljundparameetrite projekteeritud täpsuse.

Koostamise mehhaniseerimise ja automatiseerimise tase. See võib oluliselt muuta koostamisprotsessi ning mõjutada isegi üksikute operatsioonide tegemise järjekorda. Mehhaniseerimise ja automatiseerimise taset iseloomustab käsitsi ning seadmetega teostatavate operatsiooniaegade suhe ja nende osa tükiajas.

Koostamisprotsessi struktuur, jaoskondade ja töökohtade planeerimine. Siin jagatakse koostamisprotsess operatsioonideks ja siireteks. Oluline on erinevate operatsioonidega teostatavate töömahtude võrdsuse või kordsuse saavutamine, mis sisuliselt tähendab operatsioonide sünkroonsust.

Koostamisprotsesside samaaegsus ja sõltumatus. Selgitatakse alamkoostude ja koostude paralleelse (samaaegse) koostamise võimalused operatsioonide ja siirete kaupa.

Lühema marsruudi valik. Koostatava koostu, toote ja detailide lühema tee leidmine koostamisprotsessis.

Koostamise tehnoloogilise protsessi pidevus. Selle nõude all mõistetakse koostamise niisugust organisatsiooni ja struktuuri, mille puhul sunnitud ooteaeg tootmisprotsessis (näiteks operatsioonidevaheline aeg) on välistatud või minimiseeritud. Heaks lahenduseks on mõne operatsiooni abiaegade sünkroniseerimine teiste operatsioonide põhiaegadega.

Koostamise tehnoloogilise protsessi rütmilisus. Võrreldavates ajavahemikes püütakse saavutada ühesugune toodangumaht. Teatud ajavahemiku möödudes korratakse koostamisprotsessi kõiki operatsioone. Automatiseeritud koostamise puhul iseloomustab rütmilisust koostamise taktiaeg. Nähakse ette reguleerimisvõimalused, et tekkivad hälbed oleks kõrvaldatavad.

Tehnoloogiliste protsesside jaotamine operatsioonideks nõuab niisugust korraldamist, et operatiivajad oleks võrdsed, ligilähedaselt võrdsed või omavahel kordsed. Seeriatootmises peavad operatsiooniajad olema võrdsed või kordsed koostamise taktiga. Näiteks kui koostamiskonveieri takti aeg on 10 min, siis mistahes koostamise operatsiooniaeg peaks olema samuti 10 min. Kui viimane on näiteks 5 min, siis võib tootmisprotsessi mahutada 2 samanimelist koostamisoperatsiooni kestusega 5 min, ja koostamiskonveieri taktiaeg ei muutu (ei lühene).

Koostamise tehnoloogiline protsess sisaldab tavaliselt järgmisi operatsioone ja töid:

- ettevalmistavad tööd (detailide, alamkoostude, ostutoodete lahtipakkimine, puhastamine, nende pindadelt õli ja rasva ärastamine, sorteerimine, tehnoloogilistele alustele asetamine);
- detailide sobitamine,
- detailide ja alamkoostude rihtimine nõutud asendisse,
- detailide pindade töötlemine (vajadusel),
- detailide koostamine alamkoostudeks,
- alamkoostude koostamine koostudeks,
- markeerimine,
- reguleerimine
- mõõtmine,
- katsetamine,
- defektide kõrvaldamine,
- korduskatsetamine,
- määrimine, konserveerimine,
- demonteerimine (vajadusel, suuregabariidiliste toodete puhul),
- pakendamine.

Parema ülevaate saamiseks esitatakse tehnoloogiline protsess skemaatiliselt, vt ka joonist 5.36 "Koostamisskeem". Skeem kajastab koostamisprotsessi graafiliselt, selgitab detailide ning alamkoostude liikumist, koostamisoperatsioonide ja -siirete järjekorda nii ruumis kui ka ajas.

Tehnoloogiline skeem on aluseks koostamisliinide ja jaoskondade projekteerimisel. Tehnoloogilise skeemi koostamine algab baasdetaili või -sõlme määratlemisest. Baasdetailina defineeritakse detail, millest koostamine algab. Baasdetail on tavaliselt koostu komponente kandev detail (kandekonstruktsioon). Määratletakse koostud ja alamkoostud ja nende tasandid. Baasdetail vastab tavaliselt tasandile 1. Järgnevad koostud ja alamkoostud. Kõrgem tasand vastab üksikutele lisatavatele detailidele. Tooteid koostatakse seeriatena (sarjadena), mis korduvad teatud ajavahemike järel.

Suurseeria tingimustes toimub samanimeliste toodete koostamine katkematult. Alamkoostude ja koostude koostamisoperatsioonid on selgelt lahutatud. Iga töökoht tähendab kindlaid koostamisoperatsioone. Iga koostamisoperatsiooni kestus kooskõlastatakse (sünkroniseeritakse) tootmisprotsessi tempo ehk rütmiga.

Tehnoloogilises voos paigutatakse seadmed vastavuses tehnoloogilisele protsessile. Üldjuhul puuduvad sobitamise operatsioonid. Tööjõud võib olla madalama kvalifikatsiooniga. Koostelukksepp peab omama algteadmisi seeriatootmisele omase koostamise tehnoloogilise protsessi projekteerimisest, kuna mitmed põhimõtted on rakendatavad ka väikeseeria- ja individuaaltootmises.

Tehnoloogiline voog – tehnoloogiline skeem esitatakse tavaliselt üldplaneeringuna (*layout*) ja see on harilikult aluseks nii tööjuhendite koostamisele kui ka jaoskondade ja ettevõtete planeerimisele. Tehnoloogilised skeemid koostatakse nii väikeseeria- kui ka individuaaltootmises.

5.8 Koostelukksepa töökoht

Koostelukksepa töökoht peab vastama tootmise nõuetele. Kuna tegu võib olla väga erinevate töökeskkondadega ja tootmise iseärasustega, nt suure- või väiksegabariidiliste toodetega, individuaal- või väikeseeriatootmine, töötamine välis- või sisetingimustes jne, siis ka koostelukksepa töökohad võivad erineda. Üks võimalikest liigitustest:

- statsionaarsed töökohad,
- mobiilsed töökohad,
- dubleeritud töökohad.

Statsionaarsed töökohad on ette nähtud juhtudel, kui koostamine toimub jaoskonnas või tsehhis kindlas kohas, kus asub nt koostamisalus, koostamispõrand, mille läheduses (tavaliselt sein ääres või akna juures) asub lukksepa töölaud. Komplekti kuuluvad kruustangid, lauapuurpink ning valik tööriistu. Tööriistade valik võib olla väga erinev, alates haamrist, kruvi- ja mutrikeerajatest, mehhaniseeritud ja elektrilisetest käsimasinatest ning lõpetades laagrisõlmede koostamise vahenditega nagu tõmmitsad, löökpuksid jne.



Joonis 5.50. Tööriistalukksepa töökoht

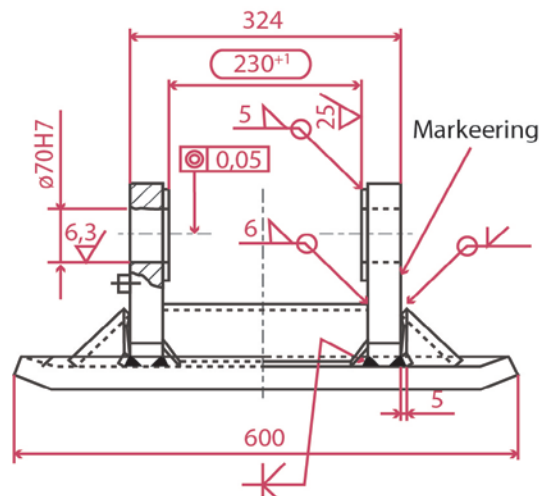
Mobiilsed töökohad on tavaliselt vajalikud suuregabariidiliste või erinevates kohtades koostatavate toodete puhul. Kasutatakse teisaldatavaid, tööriistadega komplekteeritud töölaudu, tööriistakohvreid jms. Töölaudad võivad olla jäigad või reguleeritava kõrgusega.

Statsionaarsed töökohad dubleeritakse suuregabariidiliste koostude puhul, kui koostelukksepp peab liikuma suurel alal ning tööpäeva jooksul tema asukoht mitu korda muutub. Sellised töökohad peavad olema ühtmoodi komplekteeritud tööriistadega ja abivahenditega, nii et need oleks ühelt töökohalt teisele asudes alati käepärast. Olenemata sellest, millise töökoha struktuuriga on tegu, on üheks pea kõige tähtsamaks näitajaks töökoha puhtus ning oma kindlates kohtades (pesades, sahtlites, riulitel) asuvad töövahendid.

5.9 Koostu mehaaniline töötlemine

Kaasaegses töötlevas metallitööstuses ja masinaehituses töödeldakse mehaaniliselt koostude koordineeritud mõõtmetega või tolereeritud asenditäpsusega elemente nagu täpsed avad või tasa- ja kujupinnad pärast koostamist. Sellega lihtsustatakse detailide eelnevat töötlemist ja koostamisprotsessi, kuna siis (töötlemisel pärast koostamist) saavutatakse mõõteahela sulgeva lüli ja koostu elementide täpsus.

Seda aitab selgitada allpool toodud näide. Joonis 5.51 on kujutatud lihtsat lehtmaterjalist valmistatavat metallkonstruktsiooni, mille olulisteks komponentideks on alusplaat ning kaks külgplaati (püsttoed). Detailid liidetakse omavahel keemisõmblustega. Kummaski külgplaadis on ava läbimõõduga 70H7, nõutav on avade samatelgsus 0,05 mm.



Joonis 5.51. Tugi

Tehnoloogiline skeem 1.

Avasid $\varnothing 70H7$ töödeldakse nõutava täpsusega ja pinnakvaliteediga vasakpoolses ja parempoolses püsttoes ühekaupa enne koostamist väiksemas (odavamas) tööpingis. Lõplikult töödeldud avade nõutava samatelgsuse tagamiseks peab koostamisel kahe külgplaadi omavahelist asendit enne keevitamist rihtima. Selle operatsiooni teostamiseks peavad rakise paigalduspinnad olema märksa täpsemad kui skeemi 2 puhul. Tihti kasutatakse avade samatelgsuse tagamiseks veel täpseid torne komplektis distantspukside ja kinnititega. Sellega saab vajadusel vältida koostu töötlemist sisetreipingis.

Tehnoloogiline skeem 2.

Avasid $\varnothing 70H7$ töödeldakse lõplikult piisava täpsusega ja pinnakvaliteediga tööpingis, nt horisontaalsisetreipingis, ühe läbimiga pärast metallkonstruktsiooni koostamist suhteliselt lihtsas koostamisrakises, ja keevitamist. Tagatakse avade täpsus ja samatelgsus.

Kahest kirjeldatud lihtsast tehnoloogilisest skeemist eelistatakse tihti skeemi 2, kuna siin välditakse keerulisema ja kallima koostamisrakise valmistamist, pealegi on kaasaegsetel masinaehitustehasetel selliste koostude avade töötlemiseks vajalikud sisetreipingid. Variantide võrdlemiseks peab aga siiski teostama rakiste tasuvusaja arvutused, võttes aluseks toodangumahtu, mehaanilise töötlemise maksumuse mõlemas võrreldavas variandis, tööjõukulud jne. Arvutuste põhjal saab tehnoloog teha õige valiku ja koostelukksepp omandab selge ettekujutuse valitud skeemi eelistest.



Joonis 5.52. Suuregabariidilise korpuse ava töötlemine horisontaalses sisetreipingis

Joonisel 5.52 näidatud suuregabariidilise korpuse töötlemine horisontaalses sisetreipingis võimaldab ühe paigaldusega saavutada ava telje ristsuse pildil nähtavate vertikaalsete juhtpindade suhtes. Masinaehituses kasutatakse kõige rohkem horisontaalseid sisetreipinke. Nende eeliseks, võrreldes nt vertikaalsete töötlemiskeskustega, on suurem universaalsus ja avatud töötlemisruum.

Loomulikult pakutakse tänapäeval väga suurt valikut tööpinke, sh sisetreipinke, erinevate lisadega (optsoonidega) ning iga ettevõtte komplekteerib oma tööpingipargi, lähtudes arenguperspektiivist ja valmistatavate toodete nomenklatuurist, valides soovitud tehniliste parameetritega seadmed.

Koostude optimaalse töötlemisskeemi ehk sobiva töötlemistehnoloogia valib tehnoloog, tihti koos koostelukksepa ja pingioperaatoriga, kes kõik on vastutavad toote kvaliteedi eest. Joonisel 5.52 näidatud toote rihtimine tööpingilaual võtab mitmeid tunde aega ja nõuab töötajate piisavat kvalifikatsiooni: mõõteriistade käsitlemisoskust, toote asendi rihtimise võtete ja selleks kasutatavate abivahendite tundmist.

Enesekontrolliküsimused 5. peatüki juurde

1) Poltliide on:

- a) lahtivõetav liikuv liide,
- b) liikuv kinnisliide,
- c) liikumatu lahtivõetav liide.

2) Poltliidet kontrollitakse pärast kinnikeeramist:

- a) selle järgi, kas käsitsi lahtikeeramine on võimalik;
- b) kinnikeeramise pöördemomendi järgi dünamomeetrilise võtmega,
- c) selle järgi, kas edasine kinnikeeramine käsitsi on võimalik.

3) Poltliites ja tikkpoldis on lubamatu:

- a) tõmbepinge,
- b) survepinge,
- c) paindepinge.

4) Ümmargustel flantsidel keeratakse telgringjoonel asuvad poldid kinni:

- a) alguses üle ühe, seejärel järjest ülejäänud poldid;
- b) alguses teineteise vastas asuvad poldid;
- c) alguses kõrvuti asuvad poldid.

5) Rummu ja võlli parem tsentreerimine saavutatakse:

- a) hammasliitega,
- b) liistliitega,
- c) kiilliitega.

6) Silindrilise võlli pressimisel astmeteta avasse pressimise jõud

- a) kasvab pressimise käigus,
- b) väheneb pressimise käigus,
- c) ei muutu.

7) Võlli kuumutamiseega pressimisel korpuse avasse kuumutatakse võlli:

- a) korpuse ava piirkonda,
- b) mõlemat (a ja b) ühtlaselt.

8) Võrreldes keevisliitega on liimliite eeliseks:

- a) suurem täpsus,
- b) vibratsiooni summutamise võime,

9) Laagrisõlme koostamisel monteeritakse pöörlev laagrivõru detailile:

- a) liikumatult,
- b) väikese lõtkuga.

10) Kuullaagri demonteerimisel võllilt haaratakse tõmmitõmbesaga laagrit:

- a) välisvõrust,
- b) sisevõrust.

11) Avade kohttöötlemist kasutatakse suuregabariidiliste detailide koostamisel, kui:

- a) tööpingi kasutamine on võimatu,
- b) kui detailid on keerulise kujuga.

12) Toode on tehnoloogiline, kui:

- a) puudub detailide sobitamise vajadus,
- b) detailid on täpsed,
- c) antud tingimustes on valmistamine võimalik väiksema aja- ja tööjõukuluga.

13) Mõõteahela analüüsi eesmärgiks on määrata:

- a) mõõteahela kõige täpsem lüli,
- b) mõõteahela kõige väiksema täpsusega lüli,
- c) mõõteahela sulgev lüli.

6. Metalltoodete pinnatöötlus ja -viimistlus

Pinnakatte all mõistetakse metalltoote viimistluse viimast ehk pealmist kihti ja selle omadusi. Pinnakatet iseloomustab vastupidavus mitmesugustele mõjudele, kihi paksus, värv, välisilme jne.

Tootmistehnika tootmisviiside klassifikatsioon (**DIN 8580**) sõnastab ühe peagrupi „Katmine“ mõiste järgnevalt: „Detailile tugevasti nakkuva vormimata materjali kihi pealekandmine. Määravaks on pealekantava materjali olek vahetult enne pealekandmist. Kattematerjalidena on kasutatavad metallsed, anorgaanilised (nagu emailid, keraamika jt) kui ka orgaanilised materjalid (nt värvid).“

Lähtudes sellest definitsioonist liigitame erinevaid pinnaviimistluse viise lähtuvalt pealekantava materjali olekust vahetult enne pealekandmist:

- materjal on gaasilises või aurustatud olekus (difusioon- ja vaakummeetod)
- materjal on vedelas või pastakujulises olekus (kastmine sulametalli, näiteks kuumtsinkimine, värvimine)
- materjal on ioniseeritud (elektrolüütiline katmine, elektrokeemilised meetodid, galvaanilised meetodid)
- materjal on tahkes olekus (terad, pulbrid, nt pulbervärvimine, kummeerimine, pealekeevitamine).

Iga ülaltoodud pinnaviimistlusviis sisaldab suurt hulka võimalusi, mis kõik nõuavad eraldi käsitlemist. Käesolev peatükk annab ülevaate enamlevinud tehnoloogiatest.

Lisaks võiks veel nimetada mehaanilise pinnatöötluse võimalusi: harjamist, lihvimist, poleerimist, plankimist. Puhastamine mahub samuti pinnaviimistlusviiside hulka.

Metallist detailide ja toodete pindade töötlusel ja viimistlusel on mitmeid eesmärke, millest ehk kõige olulisem on pindade korrosioonikaitse. Metallist tooteid kasutatakse väga erinevates tööstusharudes ja töötingimustes: laevadel kokkupuutes soolase mereveega, keemiatööstuses – keemiliselt agressiivses keskkonnas, toiduainetetööstuse seadmetes – kontakteerudes erinevate põllumajandussaadustega jne.

Lisaks korrosioonikindlusele nõutakse metallist toodetelt ka väga erinevaid füüsikalisi, talituslike, sh mehaanilisi omadusi, näiteks piiratud elektrijuhtivust (nt pinna isoleerivaid omadusi), pinnasiledust, hõõrdeomadusi (teatud hõõrdekoefitsienti), kõvadust, joodetavust, keevitavust jpm.

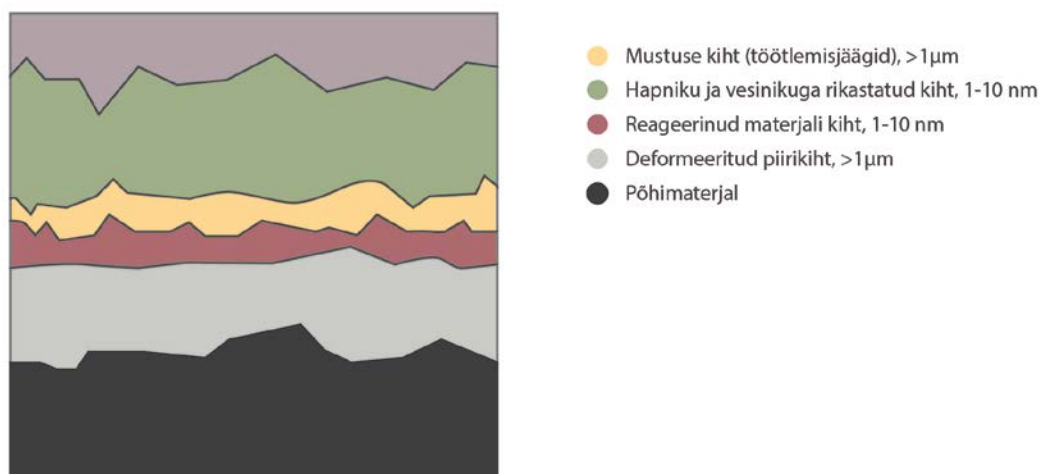
Metallist toodete pinda kaitstakse peamiselt nende katmisega ehk pinnakatte tekitamisega.

Allpool ongi käsitletud töötlevas metallitööstuses ja masinaehituses enamlevinud metallidest (teras, alumiinium ja nende sulamid) valmistatavate detailide ja koostude pinnaviimistluse viise:

värvimine, galvaanilised meetodid ja kuumtsinkimine, mis rajanevad põhimetalli katmisel, mitte tema omaduste muutmisel, nagu termotöötles.

6.1 Terasest detailide ja koostude pindade puhastamine ja värvimine

Teraskonstruktsioonide pinda kaitstakse peamiselt kuumtsinkimise, värvimise või eelnevalt kuumtsingitud pindade värvimisega.



Joonis 6.1. Kuumvaltsitud terasest leht- ja profiilmaterjali pind (skeem)

Kuumvaltsitud leht- ja profiilterase puhtusastmeid iseloomustab standard ISO 8501-1.

Terasest toodete pinnad puhastatakse enne kruntimist ja värvimist roostest, tagist ja mustusest.

Kõige sagedamini kasutatav meetod on pinna töötlemine abrasiivse joaga. Selle meetodi teatud eeliseks on ühtlasi ka vajaliku pinnakareduse tekitamine, et suurendada nakkuvust pealekantava pinnakattega.

Eristatakse kahte meetodit: rotatsiooni (tsentrifuugi) või õhujoaga suunamise põhimõte.

Terasest toodete pinnad puhastatakse enne kruntimist ja värvimist roostest, tagist ja mustusest.

Kõige sagedamini kasutatav meetod on pinna töötlemine abrasiivse joaga. Selle meetodi teatud eeliseks on ühtlasi ka vajaliku pinnakareduse tekitamine, et suurendada nakkuvust pealekantava pinnakattega.

Rotatsiooniskeemi puhul paisatakse abrasiivsed osakesed suure jõuga töödeldavale pinnale. Abrasiivse materjalina kasutatakse haavlit, klaaskuule, valumetallist või terasest traaditükke. Sellist abrasiivses joas puhastamise viisi nimetatakse haaveldamiseks.

Allpool on toodud standardiga kirjeldatud metalli pinna puhtustasemed.

Tabel 5. ISO 8501-1 standardi puhtusastmete kirjeldus

Ettevalmistamine kraapides ja metallharjaga puhastamise teel	
St 2,0	Kraapimise tulemusena ja metallharjaga / mehaaniline puhastamine / värviveski puhastamise tulemusena tuleb eemaldada tae, rooste ja teised jäägid. Lõplik pinna puhastamine toimub vaakumtolmuimejaga, kuiva õhuga ja kuiva harjaga. Pind peab saavutama kerge metallilise läike. Väljanägemine peab olema vastavalt ST 2,0 standardile.
St 3,0	Väga põhjalik metallharjaga / masinaga / värviveskiga jne puhastamine. Pind puhastatakse sama nägu ST 2,0 puhul kuid veel põhjalikumalt. Peale tolmu eemaldamist pinnal peab olema väga ilmekalt näha metallilist läiget ja vastama ST 3,0 standardile
Ettevalmistamine kasutades pritspuhastamist	
Sa 1,0	Kerge pritspuhastamine. Halvasti hoiduv tagi, rooste ja teised reostuse jäägid peavad olema eemaldatud. Väljanägemine peab vastama SA 1,0 standardile.
Sa 2,0	Põhjalik pritspuhastamine. Pea kõik tagi, rooste ja teised reostuse jäägid peavad olema eemaldatud. Lõplik pinnapuhastamine tuleb teha suruõhuga, vaakumpuhastiga või kuiva harjaga. Väljanägemine peab vastama SA 2,0 standardile.
Sa 2,5	Väga põhjalik pritspuhastamine. Tagi, rooste ja teised võõrad osakesed peavad olema eemaldatud sellise tulemuseni, et allesjäänud jäägid näeksid välja kui kerged laigud või jooned. Lõplik pinnapuhastamine tuleb teha suruõhuga, vaakumpuhastiga või kuiva harjaga. Väljanägemine peab vastama SA 2,5 standardile.
Sa 3,0	Pritspuhastamine valge metallini. Tagi, rooste ja teised võõrad osakesed peavad olema eemaldatud täiel määral. Lõplik pinnapuhastamine tuleb teha suruõhuga, vaakumpuhastiga või kuiva harjaga. Pinnal peab olema ühtlane metalliline värvus ja väljanägemine peab vastama SA 3,0 standardile.

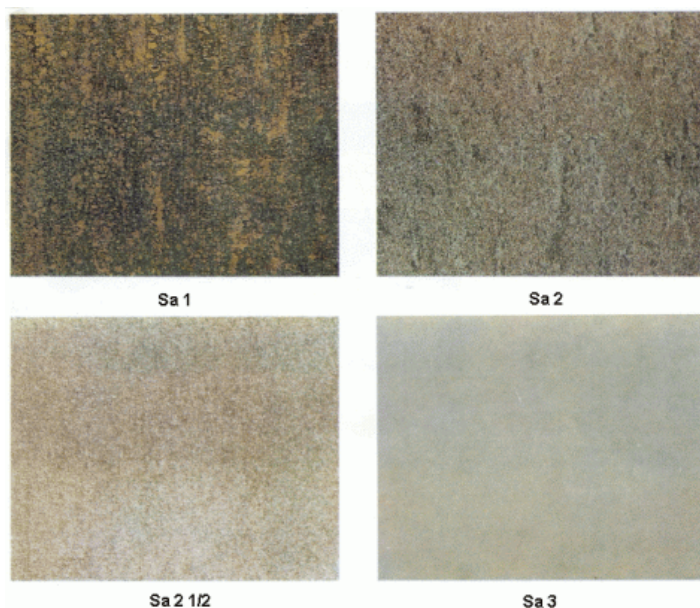
Õhujoaga suunamise skeemi puhul suunatakse abrasiivset materjali düüsi kaudu. Selle skeemi eeliseks on võimalus abrasiivosakeste juga ruumis täpselt suunata, nt käsitsi suuremas haaveldamiskambris või mehhaniseerituna haaveldamistunnelis.

Kui veel mõned aastad tagasi oli laialt levinud liivapritsiiga puhastamine, siis tänapäeval kasutatakse seda meetodit vaid erandjuhtudel. Vastavalt Saksamaa normidele BGR 500 on kvartsiiva kasutamine isegi lubamatu.

Kasutatakse nii ümara kui ka prismaatilise kujuga osakesi. Sobivad nii metallsed kui ka mineraalsed materjalid, harvemini kasutatakse sünteetilisi või taimse päritoluga materjale. Mineraalsete ja sünteetiliste ainete puhul on osakestel tihti teravad servad.

Arendatakse abrasiivset pinnatöötlust kuivjää (CO₂) granuulitega. Tegu on madala töötemperatuuriga (umbes 70°C), mille juures on jääosakeste kõvadus töötlemiseks piisav. Eelis seisneb selles, et jäägraanulid ei reosta keskkonda, muunduvad gaasiks ning kõrvaldama peab vaid eemaldatud mustuse.

Standard ISO 8501-1 sisaldab ka fotosid haaveldatud konstruktsiooniterase pinnast. Fotosid võib käsitleda kui töödeldud pinna visuaalse kvaliteedikontrolli etalone.



Joonis 6.2. Haaveldatud konstruktsiooniterase pinna puhtusastmed (ISO8501-1)

Lühend „Sa“ näitab, et tegu on abrasiivse joaga puhastamise viisiga. Tähistus tuleneb ingliskeelsest terminist *sand blasting* (liivajoas puhastamine), mis on asendumas väljendiga *abrasive blasting* (abrasiivjoas puhastamine). Teraskonstruktsiooni pinna õige ettevalmistamine omab väga suurt tähtsust kaitsekihi kvaliteedi ja püsivuse ning korrosioonikindluse seisukohalt.

Haaveldatud detailide või koostude pindu peab kohe kruntima, et vältida korrosiooni. Kogemused näitavad, et pärast haaveldamist peab kruntimine toimuma hiljemalt 1,5 tunni jooksul.

Metallpindade värvimisel kasutatakse värvaineid, mille tähised on vastavalt standardile **ISO 12944** alljärgnevad.

Tabel 6. Metallpindade värvide tähistamine (ISO 12944)

Tähis	Selgitus	Tähis	Selgitus
AY	Akrüülvärvid	PUR	Polüuretaanvärvid
AK	Alküüdvärvid	CPUR	Polüuretaanvärvid kivisöe baasil
EP	Epoksiidvärvid	PVC	Polüvinüülklooridvärvid
CTE	Epoksiidvärvid kivisöe baasil	Zn(R)	Tsingi pigmendiga rikastatud värvid (üle 80 %)
ESI	Etüülsilikaatvärvid	Zn	Tsingi pigmendiga rikastatud värvid
CR	Kloorkautšukvärvid		

Värvitootjate poolt pakutavad värvimisskeemid on sisuliselt võrreldavad, kuigi erinevad mõne parameetri ja tähistuse poolest. Näitena võib tuua pinnatööstustähistuse Soome standardi SFS4962 järgi:

EPZn(R)CR 160/3-FeSa2½.

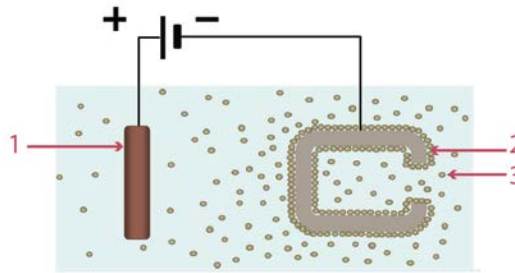
Siin tähendab EPZn(R)CR mitmekomponendist epoksüüd-tsink-kloor kautšukvärvi. Tähistuse osa 160/3 näitab, et värvikihi summaarne paksus on 160 µm, mis on peale kantud 3 kihina (värvikihi sellise paksuse juures tavaliselt kruntvärv 40 µm + 2 kihti põhivärvkatet, kumbki 60 µm). Tähistuse osa FeSa2½ tähendab, et värvitav pind peab olema töödeldud rauahaavliga, puhtusaste 2½ (vt Tabel 5).

Metallkonstruktsioonide tootjad – nii tehnoloog kui ka koostelukksepp – peavad oskama tähistusest pinnakattele esitatavad nõuded välja lugeda. Mõnel juhul on ülalkirjeldatule sarnane tähistus joonisele märgitud, paljudel juhtudel on aga pinnakatetele esitatavad nõuded tehnilistes tingimustes eraldi välja toodud. Tehnilised tingimused määravad eraldi iga värvikihi paksuse, kihtide kuivamise aja, ruumitemperatuuri värvimisel ja muud nõudmised, millest tootja peab kinni pidama. Pinnakatete kontrollimismeetodid kajastatakse kvaliteedijuhtimise dokumentatsioonis.

Sageli on tehniliste tingimustega eraldi ette nähtud keevisõmbluste jm liidete ettevalmistamine värvimiseks. Tegu on tavaliselt katkendlike keevisõmblustega, kui on nõutav liite hermeetilisus, ja/või nähtavate keevisõmblustega. Selliste tehniliste tingimustega esitatakse nõue, et keevisõmblused või muud liitepinnad peavad pärast värvimist olema siledad või hermeetilised ning andma tootele korraliku kaubandusliku välimuse. Selleks kasutatakse erinevaid liimimis- ja tihendusmaterjale (hermeetikuid), nt polüuretaani või butüülkautšuki baasil. Ühe näitena võiks tuua laia kasutust leidnud firma SIKA pakutavad hermeetikud nagu Sikaflex. Sarnaste hermeetikute tootjaid on palju. Konstruktor (tihtipeale ka toote tellija) valib optimaalse lahenduse. Koostelukksepp ja/või värvija peavad olema piisavalt koolitatud, et suuta kehtestatud kvaliteedinõudeid täita.

6.2 Galvaanilised ja muud pinnakatted

Detailide galvaaniline katmine toimub elektrivälja keskkonnas. Detail paigutatakse elektrolüüsivanni. Kaetav detail ise on reeglina katoodiks (ühendatud vooluallika – poolusega) ja vann või lisaelektrood on anood. Elektrolüüdiks on sadestatava metalli soolad. Elektrolüüti lisatakse elektrijuhtivust tõstvaid, happesust reguleerivaid, katoodi polariseerivaid ja pindaktiivseid aineid. Katte paksus sõltub elektrolüüti läbivast elektrihulgast, katematerjali tihedusest, voolutihedusest katoodil ja elektrolüüsi kestusest. Keeruka kujuga esemeid ei ole võimalik ühtlaselt katta. Katte ühtlus sõltub elektrolüüdi elektrijuhtivusest. Enne katte pealekandmist puhastatakse esemed mehaaniliselt, keemiliselt või elektrokeemiliselt.



Joonis 6.3. Elektrokeemiline katmine. 1 – anood, 2 – katood (kaetav detail), 3 – elektrolüüdis olev sadestatav aine (Laurens van Lieshout'i skeem)

Kaetavad pinnad peavad olema siledad ning ilma defektideta. Rasvasele pinnale metallkatet ei teki. Elektrokeemilisel töötlemisel eralduvad pinnalt rasvad ja õlid kõige paremini. Keemilisel töötlemisel kasutatakse peamiselt leeliselisi või orgaanilisi lahuseid. Kui metalli pind on kaetud roostega, puhastatakse see söövitamisega. Musti metalle söövitatakse väävel- või soolhappe vesilahustega. Oksiidid lahustuvad soolhappes paremini. Alumiiniumisulamite söövitamisel kasutatakse 5–10% soolhappevesilahust. Vahetult enne elektrolüüsiprotsessi metalli pind dekapteeritakse ehk söövitatakse täiendavalt, et pind parema nakkumise saavutamiseks aktiveerida.

6.2.1 Pulbervärvimine

Pulbervärvimine leiab üha rohkem kasutust metalltoodete pinnaviimistlusviiside hulgas, sh autotööstuses. Värvitavad materjalid: elektrijuhtuvust omavad materjalid nagu teras, tsingitud teras, alumiinium. Viimasel ajal on arenenud ka teiste materjalide (keraamika, puit, plast jne) värvimise tehnoloogia.

Pulbervärvidega värvimine toimub elektrostaatiliselt väljas või nn „keevasse kihti“ sissekastmisega. Enam on levinud elektrostaatiliselt väljas värvimine, mille puhul värvisegu juhitakse injektorist surve all pihustusdüüsi.

Värvimine võib toimuda pulverisaatori põhimõttel töötava käsipüstoliga või spetsiaalsetes kambrites ja tunnelites, kuhu detailid juhitakse rippransportööridega.



Joonis 6.4. Pulbervärvi pealekandmine värvipüstoliga [45]

Pulbervärvide koostisosadeks on vaik (sideaine), kõvendaja, värvipigment, erinevad lisandid, mis määravad katte struktuuri (annavad ka lisaefekte), ja täiteaine. Värvikiht tekib tänu elektri-väljale. Põrkumisel maandatud metalltootega tekitab iga ioniseeritud osake vastaspoolusega laengu. Kahe laengu vahel nakkub osake metalli pinnale. Tavaliselt saavutatakse kiht paksusega umbes 150 µm. Pärast pealekandmist värvikate kuivatatakse 5-30 minuti jooksul kuumutustem-peratuuril 110–250 °C. Kuivatamine toimub tavaliselt nn tunnelahjudes, kuhu juhitakse kuiv soojendatud õhk.

Metallist detailide ja koostude valmistajal on oluline teada, et enne värvimist eemaldatakse nende pinnalt eelkõige mustus – rooste ja tagi. Pulbervärvimisele eelnevad pinnatöötlusviisid on harjamine või jugatöötlus, tavaliselt haaveldamine. Rasva ärastamine toimub tavaliselt lahustite-ga või vee baasil puhastusvahenditega. Sellele järgneb fosfateerimine. Optimaalne pinnakaredus soodustab värvikatte nakkumist. Värvitavate pindade levinud eeltöötlemisviisideks on terase fosfateerimise kõrval tsingitud terase kroomimine ja alumiiniumi anodeerimine. Eeltöötluste järel puhastatakse tooted uuesti ning neile kantakse mitu nn üleminekukihti. Need kihid on vajalikud, et tagada põhi- ja katematerjali parem sobivus ehk teisisõnu nakkuvus. Ebapiisav eeltöötlus võib põhjustada nn kraatreid värvikihis. Enne pulbervärvimist peab värvitav pind olema absoluutselt kuiv.

6.2.2 Terasest detailide ja koostude kuumtsinkimine

Kuumtsinkimine on protsess, mille käigus terasdetailid saavad endale korrosioonivastase tsingi-kihi. Kuumtsinkimisprotsessi reguleerib standard EN ISO 1461. Kuumtsinkimine on metalse tsinkkattekihi kandmine rauale või terasele, kastes selle sulatatud tsinki umbes 450 °C juures. Meetod leiutati juba 18. sajandi keskel. Kuumtsinkimine on väga heaks korrosioonikaitseks metalltoodetele, kaitsekihi eluiga on mõõdetav aastakümnetega. Kastetava konstruktsiooni kontaktpinnal sulatsingiga tekib vastupidav anoodse pinde kiht, mille moodustavad raud ja tugevasti nakkav puhas tsingikiht.

Kuumtsinkimise protsessid võib liigitada järgnevalt:

- tükiviisiline tsinkimisprotsess (detaili või koostu vannidesse kastmisega)
- väikeste detailide tsinkimine (trumlitest tsentrifuugimisega)
- pidev ehk lintmaterjali kuumtsinkimise katkematu protsess.

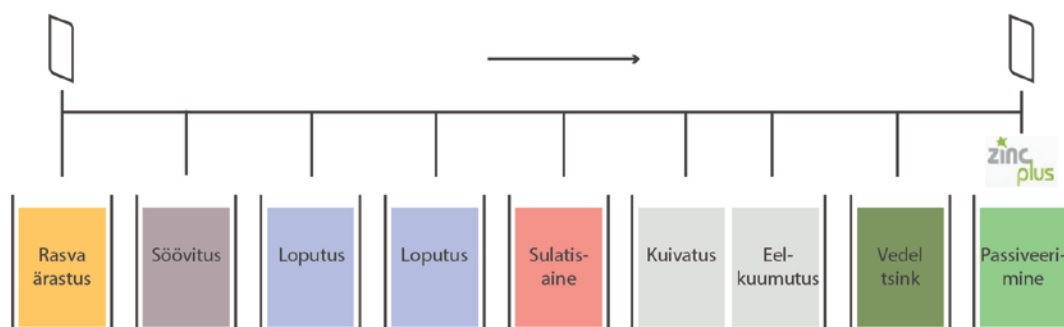
Ligi pool maailmas toodetavast tsingist kasutatakse tsinkimiseks – nii elektrolüütiliseks kui ka kuumtsinkimiseks. Tihti on kinnitustarvikute kuumtsinkimine kohustuslik.

Eestis on kaks suuremat kuumtsinkimisteenust osutavat ettevõtet - aktsiaselt Galv-Est [46] ja aktsiaselts Paldiski Tsingipada [47]. Täpsemat informatsiooni kuumtsinkimisprotsessist on võimalik leida nimetatud ettevõtete kodulehtedelt. Allpool on toodud lühiülevaade AS-i Paldiski Tsingipada tehnoloogiast.

Tsingikihi paksus on üsna õhuke, tavaliselt 70–100 µm, kuid see on tõhusaim viis terase kaitsmi-seks korrosiooni eest. Tsingitud detailid ei vaja tavakeskkonnas hooldust ligi 50 aasta jooksul.

Ka on tsingikihil võime ennast ise „parandada“, st vigastused ja kriimustused 5 mm piirides suudab tsink elektrokeemilise protsessi tulemusena hoida korrosioonikindlana.

Rasketesse keskkonnatingimustesse paigaldatavad konstruktsioonid nõuavad ka paksemat tsingikihti, et oleks tagatud konstruktsioonide võimalikult pikk eluiga. Paksemat tsingikihti on võimalik saavutada, kasutades õige keemilise koostisega terast.



Joonis 6.5. Kuumtsinkimisprotsess kastmismeetodil

Kuumtsinkimisprotsessi käigus läbivad kõik detailid vähemalt 6 erinevat vanni.

Rasvaärastus – selles vannis eemaldatakse detailidelt erinevad kaitseõlid ja ka tootmise käigus kasutatud õlid, näiteks stantsimise õlid jms. Selles vannis on detailid umbes 15 minutit.

Söövitus – selles vannis on soolhappe (HCl) umbes 15-protsendiline lahus. Söövitusprotsessi käigus eemaldatakse terasdetailide pinnalt rooste, protsess kestab ligi 60 minutit.

Loputusvannid – detailid loputatakse vees, et vältida happe sattumist sulatisainevanni.

Sulatisaine ehk räbusti (*flux*) – selles vannis hoitakse detaile umbes 1 minut.

Kuivatus ja eelkuumutus – detailid kuivatatakse ja eelkuumutatakse kuni umbes 60 °C.

Tsingivann – selles vannis on üle 200 tonni sulatsinki. Detailide tsingis hoidmise aeg sõltub materjali paksusest, kuna tsingitav detail peab kuumenema kuni sulatsingi temperatuurini (450 °C). Detaili tsinki kastmise käigus põleb ära detaili pinnal olev sulatisainekiht. Selle põlemisprotsessi tulemusena nakkub tsink terase pinnakihiga.

Kuumtsinkimiseks peab tsingitav toode vastama EN ISO 14713-2 nõuetele, st:

- kõigil suletud konstruktsioonidel peab olema kõige kõrgemas ja kõige madalimas punktis õige läbimõõduga ava, et tagada kastmise käigus tsingi ja õhu vaba liikumine;
- konstruktsioonidel peavad olema tehnoloogilised avad riputamiseks.



Joonis 6.6. Tehnoloogiliste avade puudumise tõttu lõhkenud toru

Zincpoti kaubamärgi all tegutseval AS-il Paldiski Tsingipada on kaasaegne kuumtsinkimis-tehnoloogia, mis tagab vastavuse kõrgetele keskkonna- ning ohutusstandarditele, samuti kõrge kvaliteedi. Zincpoti tehas sai esimesena Eestis selles valdkonnas töötavatest tehasest Keskkonnaministeeriumilt keskkonnakompleksloa, mis tähendab, et sisseseade vastab kõige rangematele Euroopa Liidus kehtivatele keskkonnanõuetele.

Tänu kaasaegsetele seadmetele on tööjõu vajadus võrreldes paljude tehasetega väiksem. Enamik operatsioone on automatiseeritud. Siiski kõige vastutusrikkamat tööd ehk detailide kastmist tsingivanni kontrollib inimene.



Joonis 6.7. Vaade kuumtsinkimise tootmishoones (Paldiski Tsingipada)

Tsingivanni mõõtmed on 7000x1500x2800 mm. Ligi 70 protsendi Eestis toodetavate teras-konstruktsioonide gabariidid võimaldavad kuumtsinkimist nende mõõtmetega vannis.

Tsingivanni mahtuvus on ligikaudu 210 tonni sulatsinki. Tsinki hoitakse automaatikaseadmete abil temperatuuril 450 °C. See on optimaalne temperatuur, tagamaks tsingi vajaliku voolavuse.

Toodangu kõrge kvaliteedi tagamiseks on oluline sulatsingi ja tsingivanni regulaarne puhastamine.



Joonis 6.8. Metallkonstruktsioonide kuumtsinkimine

Keermestatud ja avadega pisdetailid kuumtsingitakse tsentrifuugmeetodil. Selle protsessi käigus detailid tsentrifuugitakse peale tsinki kastmist, mille tulemusena kogu mitterakkunud ehk üleliigne sulatsink paiskub detailide pinnalt. Parim tulemus tsentrifuugimisel saavutatakse sulatsingi temperatuuril, mis on ligi 100 °C kõrgem kui tavakastmisel ehk 550 °C.

Passiveerimine

Kuumtsinkimisturul pakutakse ka tsingitud detailide passiveerimist. Tegemist on spetsiaalse akrüüllahusega, millesse tsingivannist tulnud detailid kastetakse. Selle protsessi tulemusena saab tsingitud detail õhukese lisakihi, mis omakorda kaitseb tsinki oksüdeerumise (nn valge rooste tekkimise) eest ning detailid säilitavad pika aja jooksul oma ilusa kaubandusliku välimuse.

Seni on probleemiks olnud kuumtsingitud detailide värvimine, kuna see nõuab mahukat mehaanilist detailide puhastamist ja karestamist. Passiveerimine lahendab ka selle probleemi – passiveeritud detailid on kohe valmis värvimiseks.

Töökeskkond

Terase keemiline eeltöötlus on vanemate tehnoloogiate puhul olnud probleemiks keskkonkaitsjatele ja ka tehase töölistele. Põhjus on selles, et keemiliste protsesside käigus eralduvad gaasid ja happeaurud sattuvad puhastamata kujul nii ümbritsevasse keskkonda kui ka töökeskkonda, kus töölistel tuleb päevast päeva viibida.

Kaasaegses tehases toimub kogu keemiline eeltöötlus eraldi suletud ruumis, kus on pidev alarõhk. Kogu ruumist väljuv õhk läbib märgpesuri, kus vee abil pestakse õhust välja happeosakesed ja ümbritsevasse keskkonda sattub vaid puhas õhk. Väljapestud happeosakesed suunatakse tagasi eeltöötlusesse. Sellise süsteemi puhul on töökeskkond, st töötajad ning kogu tehnoloogia, kaitstud agresiivsete happeaurude eest.

Keskkonnasõbralikkus

90 sekundiga roostetab maailmas 1 tonn terast. Kaitstes terast korrosiooni eest, kaitstakse kogu ümbritsevat keskkonda. Tsink on looduslikest varadest oma levikult keemiliste ainete seas 17. kohal. Tsink on looduslik aine ja seda leidub kõikjal – inimestes, loomade ning taimedes.

Kuumtsinkimiseks kasutatavast tsingist umbes 30% on taaskasutatud tsink. Ka see fakt näitab tsinkimise keskkonnasõbralikkust.

6.2.3 Elektrolüütiline tsinkimine

Galvaaniline (elektrolüütiline) tsinkimine on üks levinuimaid mooduseid detailide korrosioonikindluse tõstmiseks. Tsink, olles aktiivsem materjal kui teras (Fe), hakkab oksüdeeruma enne kui teras ning pikendab niiviisi põhikonstruktsiooni materjali eluiga.

6.2.4 Filmtsinkimine

Üheks selliseks süsinikteraste korrosioonikaitse meetodiks on kuumtsinkimise ja metalliseerimise kõrval samaväärselt kestav külme- ehk filmtsinkimine (*film, ingl.* kirme, kiht), mille eeliseks on lihtne pealekandmine, soodne hind ning kümnetesse aastatesse ulatuv kestus ka ekstreemsetes oludes. Välja töötatud kihtgalvaniseerimise meetod on tuntud kui ZINGA-filmtsinkimine. Selle tsingisisaldus kuivanud kaitsekihis on minimaalselt 96% ning tsingiosakeste puhtus seejuures 99,995%, mis tagab metallpinna galvaanilise katoodkaitse.










Meetodit eelistatakse peamiselt neil juhtudel, kui on vaja tagada aastatepikkune korrosioonikaitse rasketes tingimustes ning tegemist on väga suurte konstruktsioonidega, mis ei sobi oma mõõtmetelt kuumtsinkimiseks (sillad, torujuhtmed, raudteevagunid, tuulegeneraatorid, armatuurid jne) või kuumtsinkimise kaitsekihti on vaja uuendada juba monteeritud detaile lahtivõtmata (piirded jt konstruktsioonid). Samuti kasutatakse seda meetodit, kui on oht, et teraskonstruktsioonid või -detailid võivad kuumtsinkimisel deformeeruda, või on vaja kaitsta kuumtsingitud detailide lõike- ja keevituskohti.

Filmtsinkimise eelisteks on lihtne pealekandmine, mistõttu ei nõua see konstruktsioonide lahti- ja monteerimist ega ümberpaigutamist. Lisaks sellele on kaitsekiht väga elastne, mis lubab sellel kohanduda metalli paisumistest ja kokkutõmbumistest tulenevate muutustega, ilma et tsinkkiht ise praguneks või mõraneks. Sarnaselt kuumtsinkimisele tagab filmtsinkimise kaitsekiht lisaks metalli passiivsele kaitsele ka aktiivse kaitse. See tähendab, et erinevalt tsingirikastest värvidest annavad koostise spetsiaalsed atomiseeritud tsingiosakesed lisaks pindmisele värvikihilaadsele kaitsele metalli pinna ja õhuniiskusega reageerides ka katoodilise ehk sisemise kaitse.

Kaetavad pinnad tuleb puhastada töötlemisjääkidest või kasutuses olnud detailide puhul lahtisest roostest ja pinnamustusest puhtusastmeni Sa 2½. Samuti tuleb eelnevalt värviga kaetud detailide puhul eemaldada värvikiht, sest kattmaterjal peab saavutama otsese kontakti metallpinnaga. Sõltuvalt vajadusest ja ümbritsevast keskkonnast kaetakse pind 60–180 µm paksuse kihiga.

Kuivanud kaitsekiht ei vaja täiendavat viimistlust, see on tulekindel, ei ole toksiline ning võib olla kokkupuutes isegi joogiveega. Tänu oma keskkonnasäästlikule koostisele ja patenteeritud omadustele on sellele meetodile omistatud hulgaliselt sertifikaate.

Tabel 7. Külmtsinkimise (ZINGA kasutamise) võrdlus kuumtsinkimise ja värvimisega

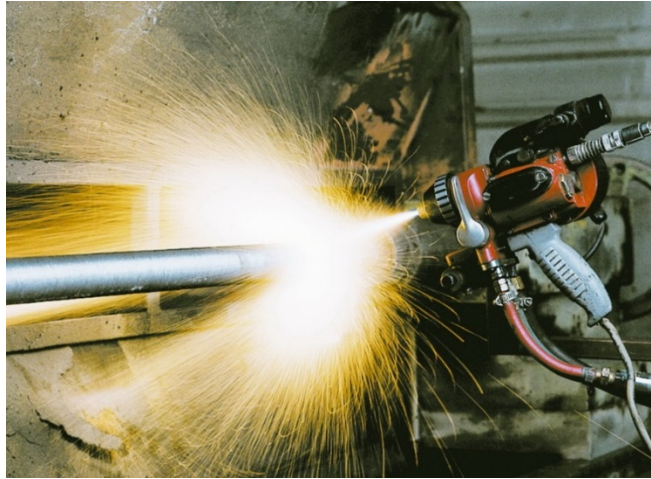
	Omadus	ZINGA®	KUUM-TSINKIMINE	VÄRV
	Aktiivne katoodekaitse	✓	✓	✗
	Lihtne pealekandmine	✓	✗	✓
	Kaitsekihi uuendamine	✓	✓ ZINGA®ga	✗
	Ülevärvimine	✓	✓/✗	✓
	Pealekandmine muutiikes ilmastikuoludes (niiskus, kõrge & madal temperatuur)	✓	n/a	✗
	Piiramatult säilivusaeg	✓	n/a	✗
	Lubatud kokkupuude joogiveega	✓	✓	✗
	Elastne ja kohanduv metalli struktuuriga (vastupidav metalli mehhaanilistele vigastustele ja temperatuuri kõikumistele)	✓	✗	✗
	Keevitav	✓	✓	✗

6.2.5 Kroomimine ja nikeldamine

Elektrolüütilist nikeldamist kasutatakse enim dekoratiivkroomimise aluspindamisel, kus selle tulemusena omandab alusmaterjal soovitud läike ja korrosioonikindluse. Nikli ja kroomi pind on tugev, näeb hea välja ning annab alusmaterjalile mõistliku kaitse. Nikkelpind leiab kasutamist ka ilma kroom-järelviimistluseta.

6.2.6 Metalliseerimine

Metalliseerimine on kaasaegne tehnoloogiline protsess, mis seisneb puhaste metallide või nende sulamite pealekandmises erinevatele alusmaterjalidele, nii metallidele kui ka tehismaterjalidele. Eesmärgiks on pindade korrosioonikaitse ja toodete välisilme.



Joonis 6.9. Võlli katmine traat-gaasleekmeetodil [48]

Metalltoodete valmistamisega seoses mõtleme tavaliselt metallpindadele sulatatud alumiiniumi või tsingi pealepihustamist.

Kaetavad metallpinnad puhastatakse eelnevalt abrasiivjoas puhtusastmeni Sa 2½. Pihustamisega pealekantavad metalliosakesed alusmaterjalile sattudes tahkestuvad ning moodustavad nakkuva, pideva kaitsekihi. Pihustamiseks võib kasutada erinevaid meetodeid nagu nt leek-, kaar- ja plasmapihustus. Metalliseerimisseadmete põhikomponendiks on kaasaegse disainiga põletid, mida nimetatakse plasmapihustuse puhul ka plasmatronideks. Plasmatron kujutab endast põletit, mille düüsisga suunatakse alusmaterjalile sulametalliosakesi.

6.2.7. Alumiiniumist toodete anodeerimine

Alumiiniumist toodete ja profiilide pinnatöötlusviisidest on levinuim anodeerimine. See on protsess, milles elektrolüüsi abil muudetakse pindmine metallikiht oksiidiks. Oksiidikihil on ka elektrivoolu isoleerivad omadused. Kõige levinum anodeerimisviis on naturaalne anodeerimine. Tulemuseks on profiili matt hall pind, kuid toonimisega on võimalik saavutada erinevaid värvi-toone.

Anodeerimisprotsess koosneb neljast operatsioonist: eeltöötlemisest, anodeerimisest, (vajadusel) toonimisest ja pooride tihendamisest. Pärast pinna mehaanilist või keemilist eeltöötlemist ja põhjalikku puhastamist toimub elektrolüütiline protsess. Anodeerimine kujutab endast elektrolüütilist protsessi, milles anodeeritav alumiiniumtoode on anoodiks. Elektrolüüdiks on lahjendatud ja toatemperatuuril olev väävelhape elektrolüüsivannis. Elektrolüüsi käigus muundatakse metalli pindmine kiht oksiidiks. Protsessi jätkatakse, kuni saavutatakse kiht, mille paksus on 5–25 µm. Tekkinud oksiidikihti jäävad avatud poorid, mis suletakse ehk tihendatakse toote töötlemisega deioniseeritud vees temperatuuril 95–98 °C. Tulemuseks on tugev pinnakiht.

Anodeerimine annab alumiiniumile korrosioonikindluse, eriti happelisuse juures, kus pH on vahemikus 4–9. Käitlemisel tootmisprotsessis, tavaliselt koostamisel, on soovitatav nähtavaid pindu kaitsta, nt need üle teipida.

Enesekontrolliküsimused 6. peatüki juurde

1) Pinnakate on:

- a) toote kilepakend,
- b) viimistluse viimane ehk pealmine kiht,
- c) värvaine.

2) Katmistehnoloogia liigituses on oluline:

- a) kattematerjali olek vahetult enne pealekandmist,
- b) kattematerjali olek vahetult pärast pealekandmist,
- c) värvaine liik.

3) Metallpindade viimistluse eesmärgiks on peamiselt:

- a) toote kaubanduslik välimus,
- b) toote kasutusala tähistus,
- c) pindade korrosioonikaitse.

4) Terasest toodete pinna ettevalmistuse ehk puhtuse kõrgem aste on:

- a) Sa1,
- b) Sa3.

5) Pinnatöötluse tähistuses "160/3" näitab arv 3

- a) pinna ettevalmistuse puhtusastet
- b) et värvi pealekandmine toimub kolme kihina

6) Pulbervärvimisel saavutatakse tavaliselt värvikiht paksusega

- a) 400 µm,
- b) 150 µm.

7) Kuumtsingitavad õõnsad suletud detailid

- a) peavad omama avasid õhu liikumise ja sulatsingi väljavoolamise tagamiseks,
- b) peavad olema täiesti hermeetilised.

8) Zinga protsess kujutab endast:

- a) külmtsinkimist,
- b) tsinkimist elektrolüüsivannis,
- c) kuumtsinkimist.

9) Alumiiniumist toodete pinnaviimistluse levinuim tehnoloogia on:

- a) kuumtsinkimine,
- b) anodeerimine,
- c) värvimine.

10) Terasest toodete pinna kruntimise ja värvimise ettevalmistuseks kasutatakse peamiselt

- a) puhastamist käslihvmasinaga,
- b) pesemist värvilahustiga,
- c) haaveldamist ehk abrasiivjoas töötlust.

7. Dokumentatsioon

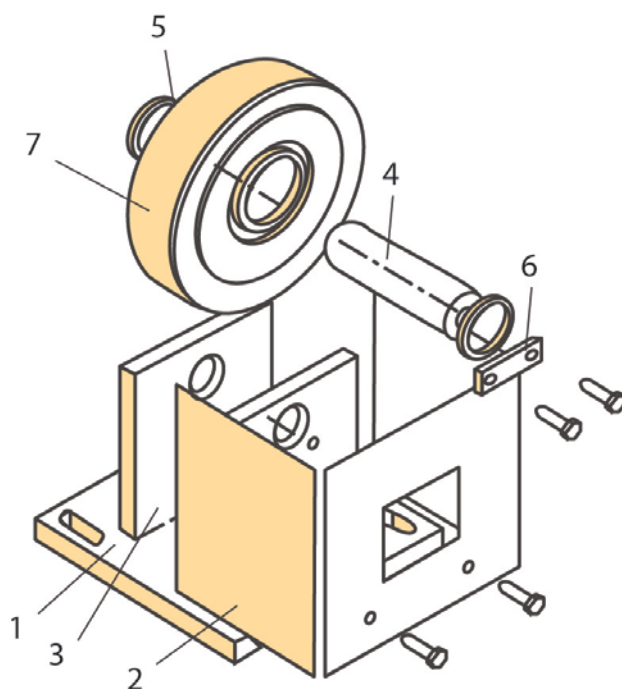
Ülevaate dokumentatsioonist, millega on otseselt seotud koostelukksepp, võib kokku võtta alljärgnevalt.

Joonised, tootespetsifikatsioonid

Konstruktor koostab joonised – üldvaated ehk koostejoonised, detailjoonised. Koostejoonis peab sisaldama piisavalt projektsioone, vaateid ja lõikeid, et koostu konstruktsioon ja funktsioonid oleks täiesti arusaadavad.

Koostejoonistel peavad olema märgitud kõik vajalikud mõõtmed koostamiseks vajalike mõõteahelate arvutamiseks, gabariidid, detailide ja alamkoostude asendit tähistavad siduvad mõõtmed, samuti tehnilised nõuded. Tingmärkidega tähistatakse ka tugipunktid lähtamiseks. Vajadusel lisatakse selgituseks koostamisjuhised (reguleerimisskeemid, kontrollitavad suurused).

Lihtsamate seadmete ja konstruktsioonide puhul kasutatakse ka hajusskeeme, kuigi viimased on tavaliselt mõeldud toote tarbijale parema ülevaate saamiseks nt demonteerimiseks ja taaskoostamiseks remonttööde käigus. Võrreldes standardsete koostejoonistega ei sisalda hajusskeemid enamasti kõiki mõõtmeid, tolerantse ja nõudeid.



Joonis 7.1. Tugirulli koostamise hajusskeem. 1 – alusplaat; 2 – kaiseplekk; 3 – püsttugi; 4 – telg; 5 – lukustusrõngas; 6 – kinnitusplaat; 7 – rulli koplekt koos veerelaagriga

Tehnilised tingimused

Ülalnimetatud joonis koos spetsifikatsiooniga on vaid osa konstruktori poolt koostatavast projektdokumentatsioonist. Heal tasemel tootedokumentatsioon sisaldab lisaks joonistel toodud

nõuetele veel tehnilisi tingimusi, millega defineeritakse kvaliteedinõuded toorikute valmistamise viisile (nt kas plasma- või laserlõikus), koostude keevitamisele, kinnitustarvikutele (nt kas korrosioonikindlast terasest või tsingitud), pinnakatetele (nt kas kuumtsinkimine või värvimine), katsetamisele, pakendamisele jne.

Tehnoloogiline dokumentatsioon

Tootmise tehnoloogilise ettevalmistuse (tootmestamise [50]) käigus kajastatakse kehtivad nõuded tööjuhendites, tehnoloogilistes spetsifikatsioonides, marsruut- ja operatsioonikaartides.

Tehnoloogiline dokumentatsioon töötatakse välja tootmise ettevalmistuse käigus tavaliselt tehnoloogide poolt. Igas ettevõttes on tehnoloogilise dokumentatsiooni maht ja koostajad määratletud kehtiva kvaliteedijuhtimise süsteemiga ehk ettevõtte käsiraamatuga. Üldtunnustatud tasemele vastavad ettevõtted on sertifitseeritud, st omavad kvaliteedisertifikaati. Kuna tegemist on erinevate tootmisettevõtetega, millel on erinev toodang, erinev seadmestik jms, siis loomulikult erinevad oma nimetuse ja sisu poolest ka vastavad sertifikaadid ning kvaliteedile vastavuse nõuded. Igal juhul nõuab ettevõttes kehtiv kvaliteedijuhtimissüsteem vajaliku dokumentatsiooni olemasolu töökohtadel.

Tehnoloogiline spetsifikatsioon

Tehnoloogiline spetsifikatsioon kirjeldab toote, detaili (koostu) valmistamise protsessi operatsioonide järjekorras ning sisaldab andmeid kasutatavate materjalide (sh nende kulu), seadmete ja rakiste kohta. Kaasaegne konstruktori dokumentatsioon ja tootmise juhtimise tarkvara võimaldavad koostada tehnoloogilise spetsifikatsiooni vahetult tootespetsifikatsiooni alusel.

TEHNOOGLILINE SPETSIFIKATSIOON		Toote nimetus: Tellija:				Kogus, tk.:	Valmistamise tähtaeg:
Pos.	Detaili nimetus ja tähistus	Koostu, alamkoostu nr	Detaili (tooriku) materjal			Seade, operatsioonid	Märkusi (skeem, rakis jne.)
			Mark	Mass, kg	Kulu, kg		
1	Korpus 01.201.001	01.200.000	S235JR	204,0	285,0	Plasmalõikus Knuth ECO-Plasma Faaside töötlemine Freepink Knuth VHF Painutamine Painutuspress Dunkes	Väljalõikekaart 01.201.001pl
2	Korpus 01.202.001	01.200.000		118,0	146,0	sama, vt. pos. 1	
3	Alus, alamkoost detailidest 01.201.001 01.202.001	01.200.000		322,0		Keevitamine Keevitusrobot KUKA Sisetreimine Sisetreipink TOS Haaveldamine Haaveldamistunnel Kruvimine Värvimisjaoskond	Koostamisrakis 01.200.000-koost Keevitusrakis 01.200.000-keev Kinnitusrakis 01.200.000-kinn01

Koostas:

Kuupäev:

Kontrollis:

Kuupäev:

Joonis 7.2. Tehnoloogilise spetsifikatsiooni näide

Tööjuhend

Tööjuhend kirjeldab üksikasjalikult tehnoloogilist protsessi ja töötaja poolt tehtavaid operatsioone.

Marsruutkaart

Marsruutkaart koostatakse igale detailile, alamkoostule ja koostule. Seal kirjeldatakse nende liikumist tehnoloogilises voos (nt jaoskondade vahel, jaoskonnasiseselt, töökohalt töökohale) vastavalt tehnoloogilisele protsessile. Tootmises liigub marsruutkaart koos vastavate detailide ja alamkoostudega tavaliselt kaubaalusel või detailide konteineris.

		MARSRUUTKAART (näidis)		Leht/lehti: 2/1
Tähis: 66.01.00.05		Nimetus: Pöördsüdamik		Detaili mass: 0,034
Materjal (toorik) 42Cr4, DIN 17212, latt-toorik Ø105				Tooriku mass: 0,105
Oper. Nr.	Operatsiooni nimetus ja sisu	Lähteviis	Seade, rakis, töö- ja mõõteriisted	
1	Tükeldamine Lõigata lattmaterjalist 62mm pikkused toorikud.	Silindriliselt pinnalt	Lintsaag, nihkkaliiber 125/0,1	
2	Treimine 1) Otsepinna treimine Ra 2,5 µm. 2) Eeltreimine pinnale Ø100 mm töötlemisvaruga $Zz=1,0_{0,25}$ mm, l=35mm Puurimine 1) Puurida ava Ø15,8 mm Hõõritsemine 1) Hõõritseda avad Ø16H7 mm. 2) pinnasiledusega Ra 1,25 µm Treimine 1) Tehnoloogiline faas 2x60°	Välisläbimõõdult Ø105	Universaaltreipink 1k62, isetsentreeruv kolmepakiline padrun, Treimine: Terahoidja: DCLNR-09 2525M09 Lõikeplaat: CNMG090304-M3 TP200; puurimine: MK-varrega spiraalpuur A13015,8 tööriista materjal ja kate: HSS ST; Hõõritsemine: MK-varrega hõõrits B16116.0 tööriista materjal ja kate: HSS-E; Faasi treimine: Terahoidja: STTCR 10CA-11, Lõikeplaat: TCMT 11 02 04-UM 4025; nihkkaliiber 125/0,1	

Joonis 7.3. Marsruutkaardi näide

Operatsioonikaart

Operatsioonikaart kirjeldab detaili, alamkoostu, koostu valmistamise operatsiooni, selle siirdeid, töötlemisrežiime, kasutatavaid rakiseid, instrumente ja abivahendeid. Tavaliselt on see varustatud selgitava joonise või skeemiga. Operatsioonikaart asub vastaval töökohal ning peab olema töötajale ning kvaliteedispetsialistile kättesaadav ja nähtav.

OPERATSIOONIKAART (näidis)				Toote Nr, nimetus Sörm						
Operatsiooni nimetus Sörm treimine				Detaili Nr, nimetus MI-61-02-02						
Nr.2		Det. arv		Det. mass		Toor. mass		Kulunorm	Kkoef.	
Toorik (materjal), mark, nimetus: Ümarteras Ø65x86 Rst. 37-2				tk. 50	kg 1,2	kg 2,2	kg 2,5	0,55		
Siire	Paigaldus. Operatsiooni, siirde sisu Jahutus.			Seade, rakised, lõike- ja mõõteriisted					Tt Tp	Te Ta
	Kolmepakilises isetsentreerivas padrunis, vesiemulsioon			a_p	f_n	i	V_c	n		
				Isetsentreeruv padrun, terikplaat CNMM 12 0408PR GC4025, terikplaat CNMG 120408PF GC4015, Terikplaat: N123K2-0600-0002GF GC4125, terahoidja: DCLNL 2525M12, terahoidja: CE-LF123 K25-27070B, adapter: C6-ASHA-45071-25, baashoidik: C6 RC2090-4260 Baashoidik: C4-RC2080-59110A, 200/0,1, 50/0,01, 75/0,01						
1	Treida otspind Ø65 pikkusel $85_{-0,07}^{+0,07}$, eeltreida silinderpind $Ø35±0,21=25±0,52$, töödelda mõõtu silinderpind $Ø45_{-0,35}^{+0,35}$ $1=32_{-0,57}^{+0,57}$, raadiuspind R3, eeltreida silinderpind $Ø31±0,25$ $1=65±0,74$,			4,5...6,5	0,28	1	342	1600		
2	Peentreida faas $3x30°$ Peentreida silinderpind mõõtu $Ø52_{-0,19}^{+0,19}$ $1=25±0,52$, Peentreida silinderpind mõõtu $Ø30-0,25$ $1=65±0,74$			0,5...3,5	0,15	1	550	3300		
3	Treida soon $b=6±0,3$ mm läbimõõdul $Ø28_{-0,33}^{+0,33}$			1	0,12	1	200	2100		
Koostas:	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Kontrollis	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Lehti: 1	Lehti: 1	
			07.03.2005							

Joonis 7.4. Operatsioonikaardi näide

Mõõtmisprotokoll

Enamasti täidetakse mõõtmisprotokoll kvaliteedispetsialisti poolt. Mõõtmisprotokollist selgub, kas mõõtmised on tolerantsi piirides ning esitatavad täpsus- ja muud nõuded on täidetud. Mõõtmisprotokoll sisaldab seega tegelikke suurusi ja näitajaid. Sisse ei kanta üldsõnalist informatsiooni nagu „korras“ või „OK“. Sageli kannab mõõdetud parameetrite suuruse protokoll ja kinnitab selle oma allkirjaga operatsiooni teostanud töötaja.

Kaasaegsed ettevõtte tootmisjuhtimissüsteemid lihtsustavad loetletud dokumentatsiooni koostamist ja jälgimist tootmisprotsessi käigus.

Katsetamisprotokoll

Katsetamisprotokoll eesmärk on üldjuhul seadmete ja masinate töökindluse dokumenteerimine, kuna just töökindlus on nende oluliseks kvaliteedinäitajaks.

Töökindlus on toote (detaili, koostu, masina) omadus säilitada talituslikud omadused määratud või arvutatud tööea jooksul. Töökindlus on tootmistehnika lai valdkond ning erinevates tööstusharudes on kasutusel vastavad meetodid. Harilikult saab töökindlust määrata statistilise materjali alusel, mis kogutakse katsetamise käigus. Tavaliselt mõõdetakse tööaega tõrkeni, seda nii tühikäigul kui koormuse all. Seadme või masina katsetamisest võtab tavaliselt osa ka koostelukksepp, seadme häälestaja ja konstruktor, st mitte ainult tellija, vaid ka arendajate-valmistajate

grupp, mille igal liikmel on oma ülesanne ja vastutus. Katsetamise käigus selgitatakse kõrvaldamist vajavate vigade ja hälvete põhjused. Katsetamisprotokollis kajastatakse kontrollitavad parameetrid, vead ja korrigeerivad tegevused, töötajate vastutus ning tööde täitmise tähtjad. Reeglina on mõõtmisprotokoll katsetamisprotokolli lahutamatu osa.

Tööaja normeerimine [51] ja hinnakalkulatsioonid

Tööaja normeerimine on oluline nii töötasu arutamiseks kui ka toote hinna kalkuleerimiseks. Kuna seda temaatikat käsitleb põhjalikumalt käesoleva õpikuga samasse sarja kuuluv käsiraamat [23], on siinkohal toodud vaid lühiülevaade.

Seeriatootmises normeeritakse tööaega operatsioonide kaupa, kusjuures aluseks võetakse tehnoloogide poolt koostatud operatsioonikaardid, mis sisaldavad põhiaega, abiaega, tükiaega jms. Tootmisprotsessi käivitamisel neid tööaegu korrigeeritakse tööaja “pildistamise” (töötaja poolse ajakasutuse jäädvustamine etteantud päeviku vormis) teel. Tulemusena saadakse usaldusväärne dokumenteeritud materjal. Individuaaltootmises lähtutakse kogemuslikest, ettevõtte sisestest või tootmisharu andmebaasidest.

Tööaja suurust väljendab tükiaeg, mis arvutatakse tavaliselt minutites alljärgnevalt:

$$t_{tk} = t_p + t_a + t_{op} + t_{org} + t_{tehn} + t_v + \frac{t_{e-l}}{n}$$

t_p – põhiaeg, mille kestel toimub detaili (koostu) mõõtmete või omaduste muutmine

t_a – abiaeg, sisaldab töid, mis kaasnevad põhiaja täitmisega: tooriku, detaili, koostu paigaldamine ja eemaldamine, mõõtmine

t_{op} – operatiivaeg, põhiaja ja abiaja summa $t_{op} = t_p + t_a$

t_{org} – aeg töökoha ettevalmistamiseks tööpäeva algul, koristamiseks tööpäeva lõpus

t_{tehn} – tehnilise teenindamise aeg: tööriista vahetus, pingi järelhäälestus, rakise reguleerimine

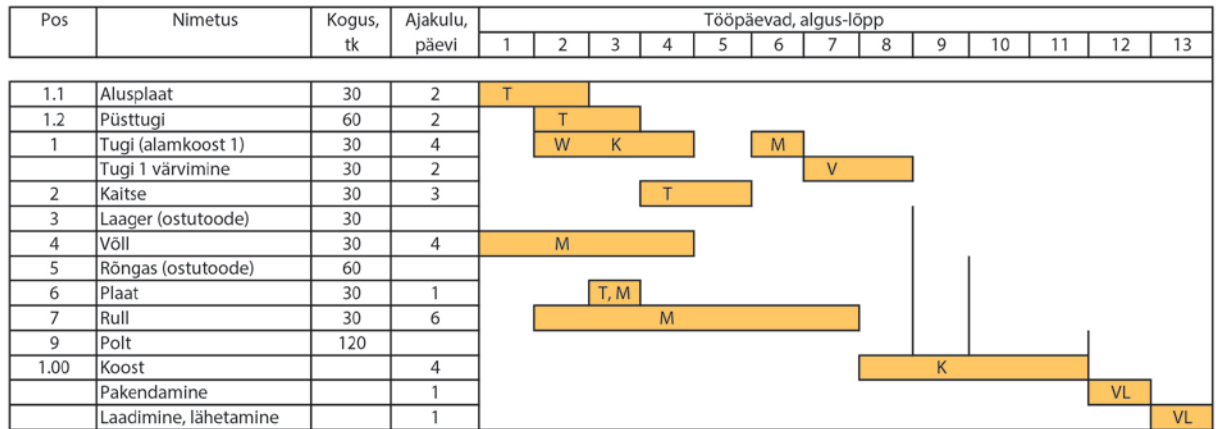
t_v – töövaheajad puhkuseks ja vahepausideks (nt 4 % operatiivajast)

t_{e-l} – ettevalmistus-lõpetusaeg: uue tööga, joonistega, tehnoloogiaga tutvumine, rakiste ja töövahendite paigaldamine uue töö alguses, algse olukorra taastamine töö lõpetamisel. Toode sarja kohta määratav aeg arvutatakse ümber ühele tootele, jagades selle sarja toodete arvuga n

n – töödeldavate detailide (nt ka koostude) sarja suurus, tk.

Tööaja kaudu arvutatav tööjõukulu rahalises väljenduses on määrav toodete hinnakujunduskalkulatsioonides ja peegeldab ettevõtte konkurentsivõimet.

Teades tööaegu, koostatakse tootmisgraafikud, mis kujutavad endast nn joondiagramme. Joon-diagrammid annavad hea ülevaate tootmise ajakavast ja võimaldavad kontrollida tootmise kulgu.



Tähistused:

L - materjali ladu, T - toorikute jsk, M - mehaanika jsk, W - keevitus, V - värvimine, K - koostamine, VL - valmistoodangu ladu

Joonis 7.5. Tootmisgraafik

Allpool on toodud lihtsama toote hinnakalkulatsiooni näide.

Tabel 8. Hinnakalkulatsiooni näide masinaehituses

Materjalid	Ühik	EUR/ühik	Kogus	Hind, €
U-profil	kg	0,84	870	734,3
I-profil	kg	0,74	960	705,9
Ümarmaterjal, läbimõõt	kg	0,82	40	32,7
Lehtmaterjal	kg	0,62	200	124,0
Puit (pakend)	m3	134,27	0,2	26,9
Kattematerjalid (krunt, värv)	kg	7,03	45	316,5

MATERJALID KOKKU: 1 940,3 €

Tööjõukulu

Toorikute valmistamine	h	6,07	24	145,8
Mehaaniline töötlemine	h	6,39	14	89,5
Keevitamine	h	6,71	76	510,2
Koostamine	h	6,39	36	230,2
Pinnatöötlus sh värvimine	h	5,12	32	163,7
Katsetamine	h	6,71	24	161,1
Pakendamine	h	5,12	10	51,2

TÖÖJÕUKULU KOKKU: 1 351,7 €

Ostutooted

Tiisel	tk	601,02	1	601,0
Rataste ja telgede komplekt	kmpl	625,32	2	1250,6
Elektrisüsteem	kmpl	294,12	1	294,1
Tulede komplekt	kmpl	204,6	1	204,6
Hüdraulikaseadmed	kmpl	668,8	1	668,8

OSTUTOOTED KOKKU: 3 019,2 €

TOOTMISKULUD

6 311,1 €

Üldkulud: (20 % tootmiskuludest) 1 262,2 €

OMAHIND:

tootmiskulud + üldkulud 7 573,4 €

Kasum (nt 15 % omahinnast) 1 136,0 €

Müügihind: (omahind + kasum) 8 709,4 €

Ülaltoodud näide on lihtsustatud. Reaalselt on hinnaarvutused põhjalikumad ning võtavad arvesse veel suurt hulka majanduslikke näitajaid, nt abimaterjalide maksumus, pangale makstav intressid, renditasud, erinevad maksud jne.

Tabelist näeme, et otsesed tootmiskulud koosnevad materjalide, tööjõu ja ostutoodete maksumuse summast. Lisades tootmiskuludele ettevõtte üldkulud (elekter, soojus, kütus, vesi, prügikoristus, transport jms, siin tinglikult kokku 20 % tootmiskuludest), saadakse toote omahind. Tavaliselt määrataksegi üldkulude arvutuslik suurus protsentides aastaaruande põhjal järgmiseks aastaks. Ettevõtte on huvitatud üldkulude vähendamisest, sest kokkuvõttes võimaldab sama müügihinna puhul tõsta kasumlikkust või alandada müügihinda, mis annab konkurentsieelise. Müügihinna määrab turusituatsioon. Masinaehituses loetakse rahuldavaks tulemuseks ka suhteliselt väikest kasumit, 4-5%. Siit tulenevalt on iga ettevõtte eesmärgiks stabiilne müük ja võimalikult suur käive.

Mida efektiivsem on tehnoloogiline protsess ja töökorraldus ettevõttes, seda väiksemad on mittetootlikud kulud. Koostamise efektiivsus on tihti määrava tähtsusega. Enamasti ei ole võimalik, võrreldes konkurentidega, hankida soodsamaid materjale ja ostutooteid või oluliselt vähendada mehaanilise töötlemise tükiaegu. Samas saab koostamistehnoloogia oskusliku kavandamisega tõsta efektiivsust ning konkurentsivõimet märgatavalt parandada.

Enesekontrolliküsimused 7. peatüki juurde

1) Koostamistehnoloogia aluseks on:

- a) mehaanilise töötlemise operatsioonikaart,
- b) mõõtmisprotokoll,
- c) koostejoonis.

2) Hajusskeemid kirjeldavad:

- a) koostu avade telgedevahelist kaugust,
- b) koostatavate detailide omavahelist asendit,
- c) koostu gabariite.

3) Tehnilised tingimused on:

- a) tehnoloogilise dokumentatsiooni osa,
- b) toote projektdokumentatsiooni osa.

4) Marsruutkaart kirjeldab

- a) detailselt teostatavaid operatsioone
- b) toote spetsifikatsiooni
- c) detailide, alamkoostude liikumist tehnoloogilises voos

5) Koostatud seadme katsetamise käigus mõõdetakse peamiselt:

- a) seadme detailide täpsust,
- b) tõrgete arvu ajaühikus (tunnis, päevas),
- c) mootori pöörlemissagedust.

6) Tööjõukulu arvutuste aluseks on:

- a) materjalide hind,
- b) koostamise kestus päevades,
- c) normeeritud tööaeg tundides.

8. Tööohutus ja -tervishoid. Individuaalsed kaitsevahendid

Tööl juhtunud õnnetuse või saadud tervisekahjustuse mõju võib kesta kogu elu. Tööõnnetus on töötaja tervisekahjustus või surm, mis toimub tööandja antud ülesannet täites või muul tema loal tehtaval tööl ja tööaja hulka arvataval vaheajal.

Tööõnnetuste ja tervisekahjustuste põhjuseks võib olla näiteks puuteulatuses liikuvate osadega seade, kiire töötempo, puudulik väljaõpe ja juhendamine ning oskamatus kasutada ohutuid töövõtteid. Tööõnnetuste kolm peamist põhjust on:

- hooldamata töövahend ja töövahendi vale kasutamine,
- sobimatud töötingimused, näiteks korratus töökohal, halb valgustus,
- töötajate puudulik juhendamine ja väljaõpe, sh vähene töökogemus, mis on kõige kriitilisem just uue tööga või tööfaasiga alustamise ajal.

Enamikku nendest õnnetustest saaks vältida. Kui nii töö kui ka töökoht on töötaja jaoks uued ning tal on vähe kogemusi, võivad töötingimused olla ohtlikud. Töötajal on õigus ohutule ja tervislikule tööle, sealhulgas õigus saada vajalikku väljaõpet ja juhendamist, võimalus küsida küsimusi ning teatada võimalikest ohtudest. Tööohutuse all mõistetakse töökorraldusabinõude ja tehnikavahendite süsteemi sellise töökeskkonna seisundi saavutamiseks, mis võimaldab töötajal teha tööd oma tervist ohtu seadmata.

Ära tee midagi ilma asjakohase väljaõppeta! Kui tunned, et väljaõpe on sinu jaoks liiga kiire ja sa ei suuda süveneda, ütle seda juhendajale ning palu tal juhiseid korrata.

Samuti võib väljaspool sinu töökohta peituda ohte, mida sa ei tea, näiteks pingestatud juhtmed, libedad põrandad või mürgised kemikaalid. Seetõttu kanna asjakohaseid isikukaitsevahendeid, näiteks kiivrit, kaitsejalatseid ja -kindaid. Veendu, et sa tead, millal tuleb kaitsevahendeid kanda, kus neid hoitakse, kuidas neid kasutatakse ja hooldatakse.

Paljud õnnetused juhtuvadki just seetõttu, et seadmeid ei hooldata korrektselt, ei kasutata kaitsevahendeid, väljaõpe on puudulik, elektriseadmete rikked tekitavad põletusi ja tulekahjusid või põhjustavad surma, seadmeid üritatakse parandada ilma neid seiskamata ja elektritoidet katkestamata.

Libisemine ja komistamine on tööõnnetuste tavalisim põhjus, kui töökohad on segamini, põrand ei ole puhas ja korras ning sellel vedeleb lahtisi juhtmeid ja muid esemeid.

Veendu, et tead, kuidas käituda eriolukorras, näiteks tulekahju või elektrikatkestuse ajal. Teata õnnetusest või õnnetusohust otsekohe oma juhendajale. Kui su töökohal on töökeskkonnavolinik, teata sellest ka talle. Järgi saadud juhiseid ja nõuandeid – see kehtib ka puhkepauside pidamise kohta.

Korduvliigutustega kiire töö, eelkõige ebamugavas asendis ja ebapiisavate puhkepausidega, võib kahjustada lihaseid ja liigeseid. Sellised tervisehäired võivad tekkida näiteks liinitööl. Lisaks

mõjutavad tervislikku seisundit sellisedfüüsikalised ohutegurid nagu näiteks müra, vibratsioon ja kiirgus.

Ära jäta tähelepanuta tervisehäireid, millele viitavad näiteks pea- ja luu-lihaskonna valud, peapööritus, nahasügelus, silma-, nina- või kurguärritus. Töökoha kemikaalid võivad põhjustada ägedat allergilist löövet, astmat jne. Kemikaalide hulka kuuluvad ka tavalised puhastusvedelikud, värvid, lakid, lahustid, vedeldajad.

Töötaja tervisehäireid võib põhjustada ka tööstressi, mille tekitajaks võib olla halb töökorraldus: üle töötaja võimete käiv töökoormus, ebaselged kohustused või rusuv tööatmosfäär. Stressi võib tekitada ka kiusamine tööandja, töökaaslaste või muude isikute poolt.

Töökeskkonna võib ohtlikuks muuta ka materjalide iseeneslik liikumine töökohal (nt detailide kukkumine). Kogu tootmisprotsessi korraldus peab olema võimalikult ohutu. Seetõttu peavad töövahendid vastama tootja antud ohutusnõuetele. Seadme liikuva osaga ohtliku kokkupuute vältimiseks tuleb paigaldada kaitsepiire või -seadeldis, mis takistab juurdepääsu ohualale.

Kui töökohas on ohualad, paigaldatakse ohutusmärk ala sissepääsu juurde, ohuallikale eriomase ohu korral aga ohuallika juurde. Ohutusmärke paigaldades tuleb arvestada maksimaalset äratundmiskaugust sõltuvalt märgi suuruselt. Samuti tuleb arvestada valgustuse, vaatenurga ja kõrgusega.

Ohutusnõuete hulka kuuluvad ka järgmised reeglid:

- töövahendil peab olema kaasas kasutus- ja hooldusjuhend
- töövahend peab olema piisavalt ohutu, et operaator ei saaks vigastada isegi juhul, kui tema tähelepanu hetkeks hajub või kui ta teeb ootamatu liigutuse.

Suurema ohu puhul varustatakse kaitsepiire blokeeringuga, mis piirde eemaldamisel automaatselt peatab ohustava osa liikumise enne kasutaja sattumist ohualasse. Töövahendite puhul tuleb kontrollida, kas katted ja kaitsed on korralikult kinnitatud ja funktsioneerivad.

Teatud seadmete nagu presside, metallilõikepinkide, terituspinkide, käärde jt komplekti kuuluvad kaitseseadeldised, kaitsmaks töötajat vigastuse eest. Neid kaitseseadeldi ei ole lubatud eemaldada, demonteerida või vooluahelast lahutada.

On oluline, et kaitseseadeldis:

- ei takistaks töötamist,
- ei takistaks töövahendi järelevalvet,
- oleks olemas kõikides kohtades, kus kokkupuude liikuvate osadega võib kaasa tuua vigastuse,
- oleks piisavalt tugev rakendatava koormuse vastuvõtmiseks.

Koostelukksepad võivad väga piiratud mahus kasutada lihtsaid tööpinke pärast instruktaaži läbimist. Koostamisel vajaliku töötlemise teostavad tööpinkide operaatorid vastavalt tehnoloogilisele protsessile.

Ohtlikud on pöörlevate masinaosadega või muu liikumisega tööpingid, nt puurid, freesid, kettad, ketid, rattad, sulgurid, võllid, valtsid, transportöörid jms. Sellistel tööpinkidel töötades on parim viis õnnetuste vältimiseks tööjuhendite täpne järgimine. Ohtlik tsoon tuleb piirata, et hoida ära kontakt liikuvate või muude ohustavate osadega. Töökohti, tooteid, materjale, töövahendeid ja -meetodeid uuendatakse ning täiustatakse pidevalt. Seega tuleb varem omandatud oskused ja tööohutusvõtted regulaarselt üle kontrollida ja see dokumentaalselt kajastada.

Juuksed, avarad riided, vöö, lahtised hõlmad, ehted jne võivad kergesti sattuda seadmete pöörlevate osade vahele ning põhjustada tõsiseid vigastusi.

Puurimispinkide puhul kujutab endast ohtu instrumendi kokkupuude puuritava pinnaga. Tööõnnetuse põhjuseks võib olla käise kinnijäämine pöörleva puuri külge. Seda ohtu võib vähendada, kandes käisekaitsmeid või lühikeste käistega särki. Pikkade juuste puhul tuleb kasutada mütsi või võrku. Neid ettevaatusabinõusid peavad järgima kõik töötajad, kes töötavad pöörlevate osadega tööpinkidel.

Paljudes tootmisüksustes on ohu allikaks tükeldamisseadmeid: noad, giljotiinid, lint- ja ketas- saed. Siin kehtivad jällegi spetsiifilised nõudmised, nt kahekäelülitus, mida peab täitma.

Käsilihvmasinad on väga levinud metallitööstuses. Kõige tüüpilisem käsilihvimisega juhtuv õnnetus on seotud metallitolmu või lihvimisketta alt lenduvate osakestega. Õnnetuse võib põhjustada ka lihvimisketta purunemine töötamise ajal. Reeglina peavad kõik statsionaarsed lihvimismasinad (käiad) olema varustatud kohaliku ventilatsiooniga. Kui ventilatsioonisüsteem on puudulik, peab kasutama respiraatorit.

Lihvimisketta purunemisega seotud vigastuste vältimiseks peab lihvimispingil olema tugevast materjalist kaitse. See aitab vältida ka soovimatut ketta puudutamist. Lihvimispingil töötades on suur oht vigastada silma. Selle vältimiseks tuleb kasutada kaitseprille.

Tööohutuse seisukohalt on seadmete korralik hooldamine äärmiselt tähtis. Töövahendeid tuleb konstrueerida, paigutada ja kasutada nii, et need ei põhjustaks ohtlikku olukorda ega õnnetusi. See tähendab, et töövahendid peavad tagama ohutuse kõikide töövõtete korral ning olema vajadusel varustatud efektiivsete kaitseseadeldistega. Kaitsemehhanismid on töövahendite tähtis osa. Kaitseseadiseta töötamine ja selle eemaldamine on ohtlik. Ärge kunagi seadistage ega remontige seadet, kui see on sisse lülitatud!

Mõned kaitseseadeldised ei välista kontakti ohustavate osadega (pressid, löikurid, valtsid jms). Sellisel juhul saab kasutada järgmisi ohutusabinõusid:

- kahekaelülilitus – töövahendi käivitamiseks ja tööshoidmiseks kasutatakse korraga mõlemat kätt
- fotosilm (fotoelektriline seadeldis) – ohu piiril on valguskiired, nii et kui käsi või muu kehaosa satub kiirte alla, seiskub seade automaatselt
- automaatne väljalülitussüsteem – seade seiskub, kui objekt siseneb ohutsooni
- spetsiaalne käepide – sellest tuleb kinni hoida operatsiooni sooritades; kui sellest lahti lasta, seade seiskub.

Koostelukksepa töö on seotud tõsteoperatsioonidega: koostude pööramise, kantimise, troppimise, tõstmise ja ümberpaigutusega, samuti laadimisega transpordivahenditele (veokid, platvormid) jne.

Tõstemehhanismid peavad olema ohutud kõikides tööolukordades. Mehhanismidel peavad olema vajalikud kaitseseadeldised, need peavad olema heas seisukorras ja regulaarselt kontrollitud. Tõstemehhanisme on lähemalt käsitletud peatükis 9. Tõstemehhanisme ei tohi üle koormata ning tuleb jälgida seadme tõstevõimet, mis on selgelt kirjutatud tõsteseadme juhtimiskohale. Raskuste tõstmisel juhtub õnnetusi siis, kui tõstetavad esemed on liiga rasked või ebapüsivad, keha asend on vale või kui puuduvad vajalikud tõste- ja teisaldusvahendid.

Töötamisel tõste- ja transpordiseadmetega peab töötaja omama vastavat kvalifikatsiooni ja olema läbinud koolituse, mis on dokumentaalselt kinnitatud. Eriti tähelepanelik peab olema troppimisel, tuleb järgida troppimisskeeme ning nende puudumisel pöörduda juhtkonna poole. Ettevõtte juhtkonna kohustus on tagada kasutatavaid troppimisskeeme illustreerivate palakatite ja juhendite olemasolu tootmisjaoskondades nähtavates kohtades. Tõstetööde ohutus sõltub troppimise korrektsusest ja kvaliteedist.

Koostelukksepp peab arvestama, et troppimisoperatsioone tohivad iseseisvalt sooritada ning troppimisvahendeid kasutada ainult vastava väljaõppe saanud isikud. Töötades koos kraanajuhi ja troppijatega, peab kasutama ainult kindlaid märguandeid ning näitama neid selgesti. Enne igat tõstet tuleb välja selgitada lasti kaal ja raskuskese ning valida koormale sobiv tõsteviis. Tõstetroppi kinnitamisel kraana konksu külge asetatakse troppi aas konksu põhja ja kontrollitakse, et aas ka pinguldudes seal püsib. Suuri plaate (teraslehti) ja konstruktsioone tõstes kasutatakse traaversit, millel on piisavalt tõstepunkte. Selliselt tõstes on võimalik vältida tõstetava detaili deformeerumisest tulenevaid kahjustusi. Teraslehe ligikaudse massi võib välja arvutada järgmise reeglga: terasleht, mille pikkus ja laius on üks meeter, kaalub paksuse iga millimeetri kohta 8 kg. Seega mõõtmetega 3 m x 2 m x 10 mm teraslehe mass on $3 \times 2 \times 10 \times 8 = 480$ kg. Tõstehaaratsite kasutamisel peab jälgima, et tõstetaks ainult üks leht korraga. Sama puudutab ka lehtmaterjalist detailide tõstmist, kuna mitmekaupade tõstmisel võib detail või leht kergesti välja libiseda ja raskeid traumasid või isega surma põhjustada.

Ülalkirjeldatud tööohutusnõuded on küllaltki üldised. Eraldi lähenemist nõuab elektri-seadeldistega töötamine, keevitamine, töötamine kuumusallikate läheduses, külmas keskkonnas ja erinevate seadmete käsitlemine.

Individuaalsete kaitsevahendite hulka kuuluvad spetsiaalsed jalatsid, töökindad, kiivrid, kaitseprillid, tööriided jms, mille kasutamise kohustus peab olema tööandja poolt täpselt määratletud iga töökoha jaoks.

Töötaja on ise kohustatud nõudma ja tööandja läbi viima perioodiliselt (vähemalt üks kord aastas) ohustehnika instruktaaži igal töökohal, eriti uute tööülesannetega kokku puutudes. Tööandja kohustuseks on tööohutuse ja -tervishoiualase seadusandluse hea tundmine ja järgimine.

Enesekontrolliküsimused 8. peatüki juurde

1) Tavaliseks tööõnnetuse põhjuseks on:

- a) aknast väljakukkumine,
- b) auto alla jäämine,
- c) libisemine või komistamine tootmisruumides.

2) Seadmete hooldamise peamine eesmärk on:

- a) tagada kaitsevahendite korrasolek,
- b) seadme ümbruse puhtus.

3) Seadme kaitseadildiste ülesandeks on:

- a) seadme kaitsmine ilmastikumõjude eest,
- b) töötaja kaitsmine vigastuste eest.

4) Koostelukksepad:

- a) ei tohi tööpinke kasutada,
- b) tohivad tööpinkidel töötada,
- c) tohivad kasutada lihtsaid tööpinke pärast instruktaaži.

9. Tõste- ja transpordiseadmed

Tootmises ja muudes valdkondades esineb väga erinevaid tõste- ja transpordiseadmeid. Mitmesuguseid tõsteseadmeid kasutatakse ka ehitusobjektidel, sadamates, masinaehitusettevõtetes, metsanduses, puidu- ja toiduainetetööstuses ja teistes valdkondades. Seadmetele esitatavad nõudmised on igapäevases erinevad, täpsemalt öeldes spetsiifilised. Kindlasti sõltub ettevõtetes kasutusel olevate seadmete valik toodangust, tehnoloogilistest lahendustest ja töökohtade korraldusest.

Masinaehituses ja töötlevas metallitööstuses kasutatavate tõste- ja transpordiseadmete loetelu oleks ka liiga mahukas käesoleva õpiku jaoks, seetõttu mainime siinkohal vaid enamlevinud seadmeid:

- sildkraanad,
- pukk-kraanad,
- tornkraanad,
- konsoolkraanad,
- autokraanad,
- robotkraanad,
- manipulaatorid,
- vintsid,
- telferid,
- tõstelavad,
- tõstukid.

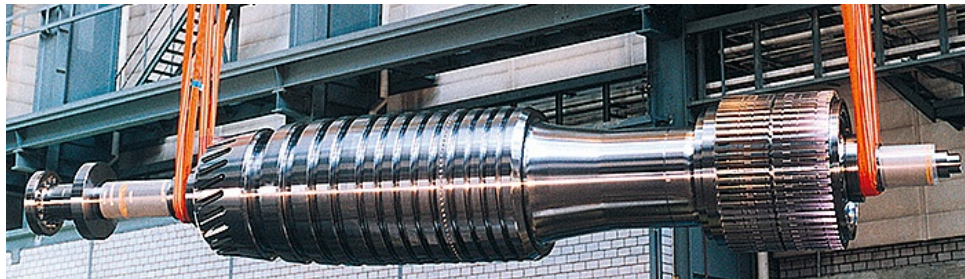
Üldiselt võib tõste- ja transpordiseadmeid liigitada mitme erineva tunnuse alusel: suurus, sise- või välistingimused, lasti liik, liikuvusaste jne. Tõste- ja transpordiseadmed võivad olla statsionaarsed (st seotud kindlate töökohtadega), liikuvad või teisaldatavad või kasutatavad tehnoloogilises voos vastavalt vajadusele. Liikuvusastme järgi võibki need seadmed liigitada statsionaarseteks ja liikuvateks. Manipulaatorid võimaldavad tõsta ning pöörata toodet operatsioonide sooritamiseks vajalikule kõrgusele ning sobivasse asendisse. Kindlasti sõltub ettevõtetes kasutusel olevate seadmete valik toodangust, tehnoloogilistest lahendustest ja töökohtade korraldusest.

Ettevõtetes komplekteeritakse seadmed vajalike abivahenditega: trossid, köied, ketid, aasad, konksud, traaversid, näpitsad, tõsterakised jne. Metallist toodete tootmises on nii leht- kui ka profiilmaterjali tõstmiseks on kasutusel vastavad traaversid, magnetkäpad, haaratsid jne. Nii ettevõtte territooriumil, tsehhides kui ka tehnilises dokumentatsioonis ja tööjuhendites nõuavad täpset kirjeldust ja märgistust järeline troppimisega seonduv:

- troppimistööd
- troppimisvahendid (trossid, rihmad, köied, haaratsid, konksud, traaversid jms)
- troppimisskeemid (sh märgid ja märguanded kraanajuhile ning troppijale).



Joonis 9.1. Tõsteketid [53]



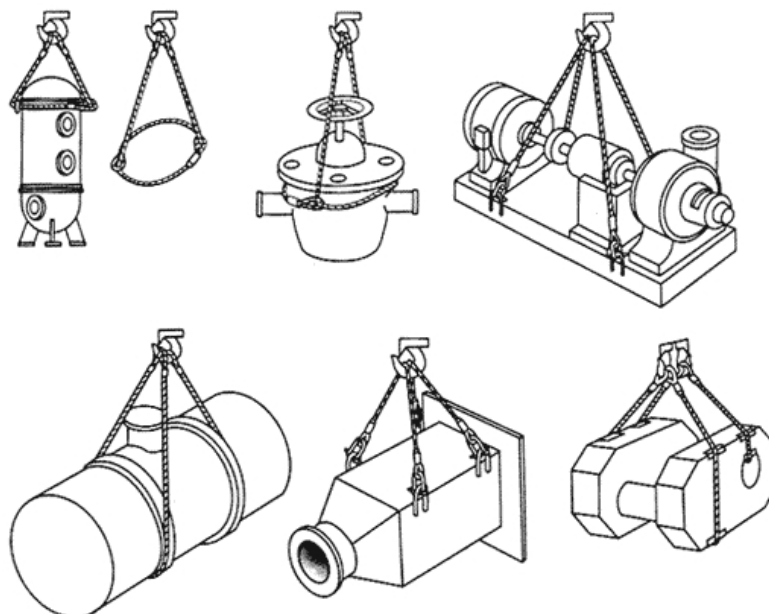
Joonis 9.2. Koostatud võlli troppimise näide

Tõste- ja transportiseadmeid käsitleb põhjalikumalt samanimeline õppekava.



Joonis 9.3. Tõsteseadmete abivahendid

Oluline on jälgida, et konstruktori poolt välja töötatud joonistel oleks näidatud tõstmiseks-troppimiseks vajalikud elemendid, skeemid, nõuded ja viited standarditele.



Joonis 9.4. Valik troppimisskeeme

Detailide, koostude ehk toodete troppimis- ja tõstmiskeemid on tehnoloogilise dokumentatsiooni lahutamatu koostisosa. Tööõnnetuste, materjali ja tootmishoonete kahjustamise vältimiseks on skeemidel näidatud trosside või köite asend, toodete raskuskese, tööjuhendites on oluline informatsioon täpselt kirjas.

Tehnoloogide ja tootmisjuhtide ülesandeks on nende nõuete kajastamine tehnoloogilises dokumentatsioonis (tööjuhendites). Nende puudumisel peavad tehnoloogid ja tootmisjuhid ise leidma optimaalsed ja ohutud lahendused ning töötajaid vastavalt informeerima.

Töötaja ei tohi instruktööri läbimata tõste- ja transpordiseadmeid kasutada. Ettevõttes on tavaliselt määratud tõste-transpordiseadmete ja nende eksploatatsiooni eest vastutavad isikud.



Joonis 9.5. Profiil- ja lehtmaterjali haarats [54]

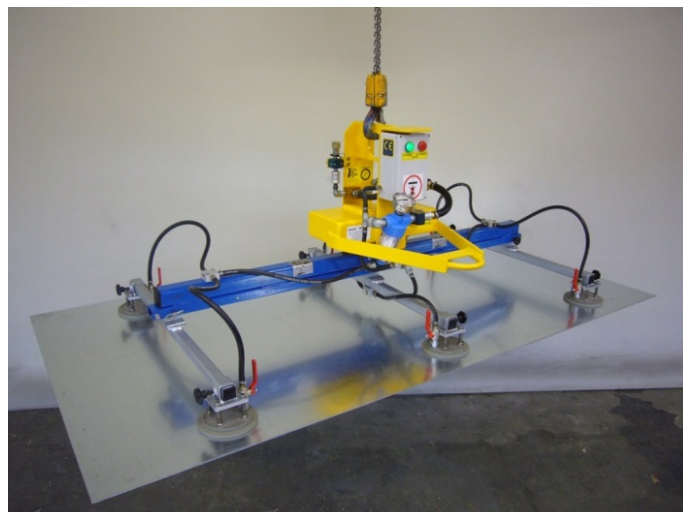
Peaaegu igas tootmisettevõttes on ladu: tootmisahela alguses – toormaterjali ladu, tootmisahela lõpus – valmistoodangu ladu. Tootmisjaoskondade struktuur eeldab igale ettevõttele omast materjalivoogu, mille efektiivsus oleneb tõste- ja transpordiseadmete õigest valikust ja efektiivsusest kasutamisest.



Joonis 9.6. Laotõstuk

Toodetel on troppimiseks ja abivahendite fikseerimiseks ette nähtud vastavad elemendid nagu avad, aasad, kõrvad. Tõstemehhanisme ei tohi üle koormata, st koormus ei tohi ületada nende tõste- ja kandevõimet. Näiteks pildil (Joonis 9.6) näidatud tõstuki puhul on oluline jälgida, et detailidega kaubaalus oleks tasakaalus.

Valmistatud masinad ja seadmed tarnitakse tellijatele või sihtkohta sageli spetsiaalses pakendis või taaras. Sellisel juhul lisatakse toodangule vastavad skeemid ja selgitused, mis kuuluvad konstruktori dokumentatsiooni hulka. Pakendil on transpordi- ja troppimisskeemid selgelt nähtavad.



Joonis 9.7. Traaversi ja iminappade kasutamine tõstmisel. [55]

Toodete troppimisel ja tõstmisel on oluline vältida nende vigastamist: deformeerimist (muljumist jms), pinnakatte vigastamist (värvkatte kriimustamist). Trosside ja köite kokkupuutepunktidesse toodetega peab valima sobivad kaitsevahendid, nt pehmemast materjalist nurgakaitset.

Enesekontrolliküsimused 9. peatüki juurde

1) Ettevõttes paigaldatava tootmiseseadme troppimisskeem kuulub:

- a) tehnoloogilise dokumentatsiooni koosseisu,
- b) seadme projektdokumentatsiooni koosseisu.

2) Töödeldavate materjalide troppimisskeemid kuuluvad:

- a) valmistatava seadme projektdokumentatsiooni koosseisu,
- b) tootmise tehnoloogilise dokumentatsiooni koosseisu .

10. Jäätmete utiliseerimine

Jäätmete utiliseerimist peab käsitlema kui tootmistehnika lahutamatu osa. Igas tootmises tekivad jäätmed. Üldine klassifikatsioon võib olla nt alljärgnev:

- tavajäätmed,
- püsijäätmed,
- biolagunevad jäätmed,
- ohtlikud jäätmed,
- olmejäätmed.

Täpsemalt on jäätmete käitlemist kirjeldatud jäätmekäitluse seaduses ning muudes keskkonnanõuetedirektiivides. Eesmärgiks on seatud inimtegevuse negatiivse mõju vähendamine keskkonnale. Siinkohal kasutatakse ka mõistet "ökoloogiline jalajälg". Ökoloogiline jalajälg näitab, kui suurt maismaad ja veekogude ala vajatakse meie tarbitava toidu, energia ja materjalide tootmiseks ning sellest tekkivate jäätmete käitlemiseks. Ökoloogilist jalajälge on võimalik kahandada, vähendades eelkõige saastete tekitamist ning võttes võimalikult paljud materjalid taaskasutusse. Materjalide taaskasutamine tööstuses vähendab märkimisväärselt maavarade kaevandamist ja keskkonnakahjusid. Näiteks alumiiniumi tootmine taaskasutatavast materjalist nõuab vaid 5% sellest energiahulgast, mida vajatakse alumiiniumi saamiseks kaevandatavast maagist.

Ettevõtetes on tegemist erinevast materjalist jäätmetega: metall (laast, leht- ja profiilmaterjali jäägid), puit (pakend, puidutööstuse jäätmed nagu laast, saepuru), kemikaalid, gaasid, vedelikud (sh erinevad heitmed), kaltsud jne. Tavaliselt toimib ettevõtetes kvaliteedi- ja keskkonnajuhtimise süsteem, mis on sertifitseeritud vastavalt rahvusvaheliste standardite ISO 9001 ja ISO 14001 nõuetele. Nimetatud süsteemist tulenevad iga töötaja kohustused, mis võivad olenevalt tootmise iseloomust eri töökohtadel olla erinevad.

Töötlevas metallitööstuses moodustavad suurema osa jääkidest metallide jäägid. Iga ettevõtte huvides on anda jäägid taaskasutusse, müües need kokkuostuettevõtetele. Sellega vähendatakse toodangu omahinda, kuna osa toormaterjali hankimiseks kulutatud vahendeid (raha) saadakse jääkide müügi kaudu tagasi. Samas säästetakse keskkonda. Jäätmete käitlemise kvaliteedist kui majandusliku efektiivsuse tõstmise (teenimise) ühest võimalusest peaksid olema huvitatud kõik ettevõtte töötajad. Kuna jäätmekäitus on materjalivoo üks komponent, siis on iga ettevõtte juhtkonna ülesandeks luua hästi toimiv struktuur, mis hõlmab kogu tootmisprotsessi: üksikud töökohad (sh nõuetekohaselt tähistatud jäätmekonteinerid), jäätmete sorteerimine, nende ettevõttesisene transport ning lõpuks ladu, kuhu jäätmed kogutakse ning kust nad sihtkohta toimetatakse. Loomulikult puudutavad need põhimõtted mitte ainult metalle, vaid ka teistest materjalidest jääke ning lahendused võivad erinevates ettevõtetes olla küllaltki spetsiifilised.

Enesekontrolliküsimused 10. peatüki juurde

1) Jäätmekäitluse peamiseks eesmärgiks on

- a) jäätmete efektiivne kasutamine
- b) inimtegevuse negatiivse mõju vähendamine

2) Ettevõttes toimub jäätmekäitlus tavaliselt

- a) ettevõtte tootmisjuhi korraldusel
- b) tööjuhendi alusel
- c) ettevõtte kvaliteedijuhtimise süsteemi alusel

3) Töötlevas metallitööstuses ja masinaehitusettevõttes on tavategevuseks

- a) metallijääkide utiliseerimine
- b) metallijääkide sorteerimine ja utiliseerimine
- c) metallijääkide taaskasutamine

11. Ülesanded

Ülesanne 1. Materjali markeeringu selgitus

Peatüki 2 Metallid masinaehituses põhjal iseloomustada järgmisi materjale:

- X10CrNiTi18-10,
- X5CrNiMo17-12-2,
- EN-GJS-400-18 S-RT,
- S355 JR,
- AW-AlCu4Mg1,
- 25CrMo4,
- 51CrV4.

Milline on materjalide keemiline koostis, milline on antud materjalide kasutusvaldkond.?

Ülesanne 2. Liite tüübi määramine

Tuvasta pildidel toodud liite tüüp.

1)



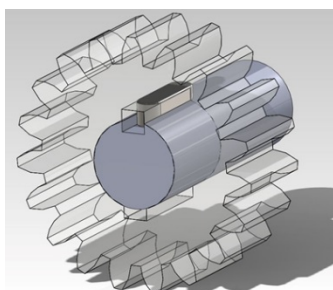
2)



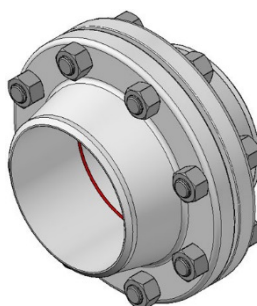
3)



4)



5)



6)



	Liikuv liide		Liikumatu liide	
	Lahtivõetav	Kinnisliide	Lahtivõetav	Kinnisliide
1				
2				
3				
4				
5				
6				

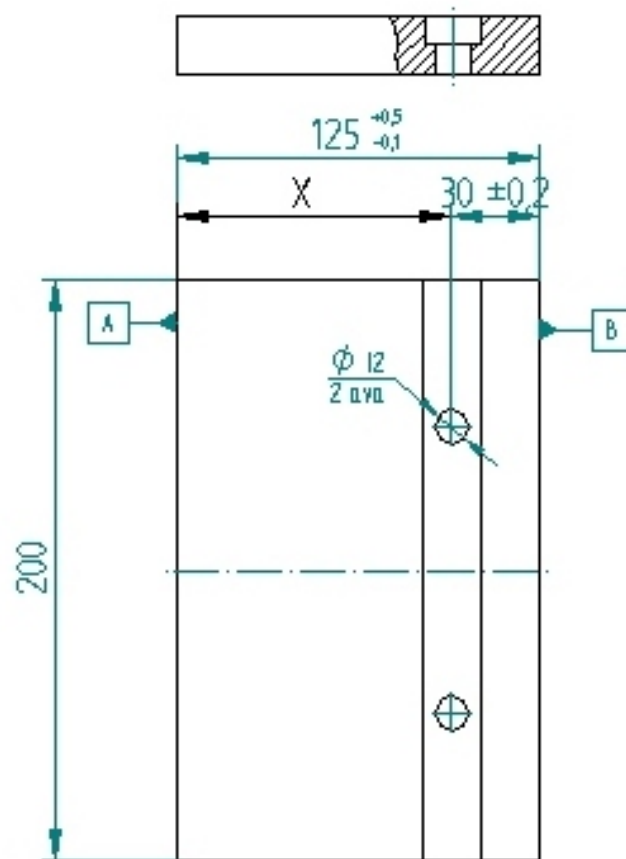
Lisa veel iseseisvalt näiteid kõikidele liitetüüpidele.

Ülesanne 3. Keerme tähistuste selgitus

Selgitage järgnevate keermetähistuse tähendusi (vt 4.9 Keermestamine). Märkige tabelis iga keerme kohta nimiläbimõõt, keerme samm ja keerme suund (R/L).

Nr	Tähis	Nimiläbimõõt	Samm	Suund
1	M24x2			
2	M12			
3	M42			
4	LM56x4			
5	M72x4			
6	LM16x2			
7	M6			
8	M30			
9	M36			
10	LM72			

Ülesanne 4. Mõõteahela arvutus



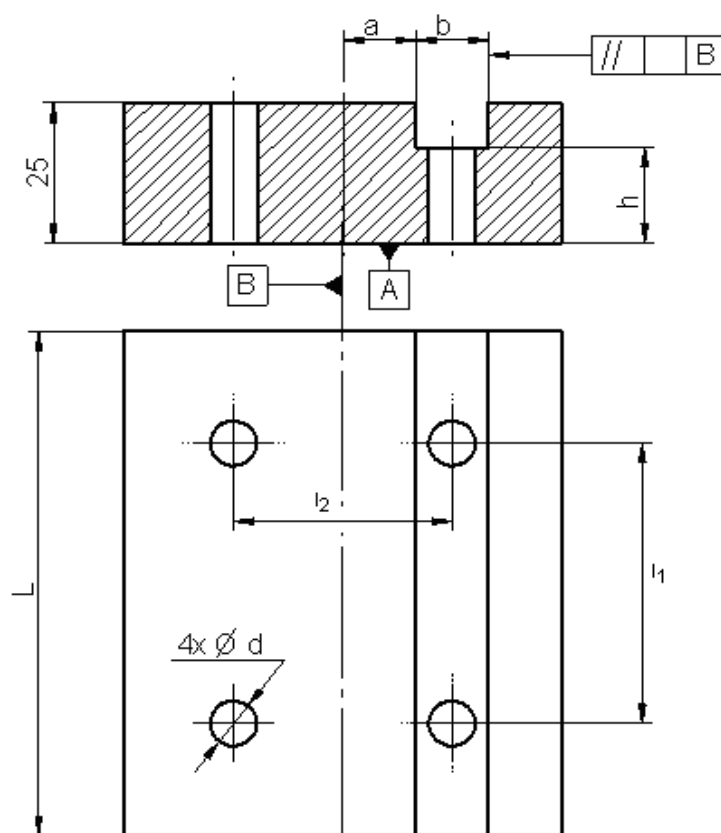
Joonis 11.1 Puuritav detail

Joonis 11.1 näidatud detailil on nõutud puuritavate avade kaugus pinnast A $95^{+0,2}_{-0,2}$ mm. Mõõtelähteks on pind A. Puurmisel valitakse aga lähtepinnaks pind B ning avad puuritakse nõutud kaugusele täpsusega ± 0.2 mm.

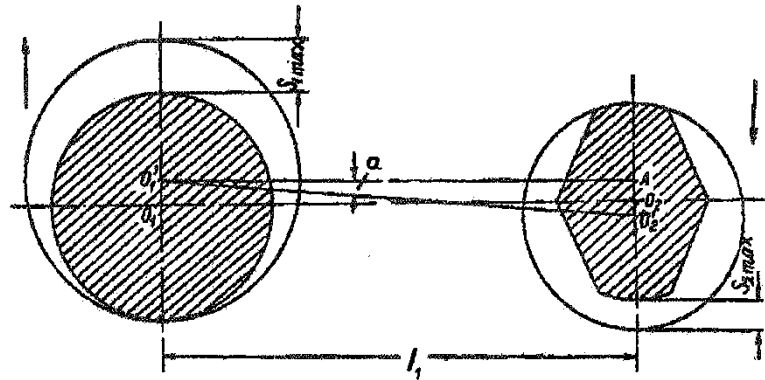
- Analüüsige kirjeldatud situatsiooni.
- Kas antud paigaldusel saavutatakse mõõteahela sulgeva lüli X nõutud täpsus?
- Mida võiks muuta, kui lüli X nõutud täpsus ei ole saavutatav?

Ülesanne 5. Paralleelsusnõude kontrollimine detaili paigaldamisel kahele sõrmele

Olgu tegu plaadiga, millel on neli ava läbimõõdiga d . Avade telgedevaheline kaugus on l_1 . Plaat lähtatakse lõtkuga kahele sõrmele, neist üks on lõigatud. Ette on antud laius b soone töödeldud külgpindade paralleelsuse hälve plaadi sümmeetriatelje B suhtes max 0,1 mm detaili pikkusel L . On vaja kontrollida, kas allpool toodud mõõtmete puhul on see nõue täidetav.



Joonis 11.2 Plaadi eskiis



Joonis 11.3 Sõrmedele paigaldamise skeem (sõrmed on näidatud viirutusega):

Tsentritevaheline kaugus $l_1 = 209,4 \text{ mm}$

Detaili pikkus $L = 300 \text{ mm}$

Avade d läbimõõdud on $\text{Ø}20 \text{ H}10_0^{+0,084}$

Sõrmede läbimõõdud:

Silindriline sõrm $\text{Ø}20 \text{ f}8_{-0,053}^{-0,020}$

Lõigatud sõrm $\text{Ø}20 \text{ d}8_{-0,098}^{-0,065}$

Lahenduskäik:

Plaadi suurimat võimalikku kõrvalekaldumist e tekkivat pöördenurka α saab arvutada alljärgnevalt. Kujutame ette, et plaati nihutatakse sõrmedel noolega näidatud suunas. Võttes aluseks sõrmede ja avade tolerantsid arvutame maksimaalsed lõtkud $S_{1 \max}$ ja $S_{2 \max}$. Lõtk on suurim ava maksimaalse ja sõrme minimaalse läbimõõdu puhul. Lihtne arvutus annab järgmise tulemuse:

$$S_{1 \max} = 0,084 + 0,053 = 0,137 \text{ mm}$$

$$S_{2 \max} = 0,084 + 0,098 = 0,182 \text{ mm}$$

Skeemil nähtava kolmnurga küljepikkuste järgi arvutame plaadi pöördenurga α suuruse. Kahel sõrmedel tekkivad lõtkud summeeritakse. Kuna arvutatakse ava tsentri e telje nihet, siis jagatakse läbimõõdule näidatud lõtk kahega. Teisisõnu leitakse raadiusele vastav lõtk ja sellest tulenevalt pöördenurga α suurus.

$$\text{Tan} \alpha = \frac{S_{1 \max} + S_{2 \max}}{2 L}$$

$$\tan\alpha = \frac{0,137 + 0,182}{2 * 209,4} = 0,0007617$$

$$\alpha = 0,0436^\circ$$

$$x = \sin \alpha * L = \sin 0,0436 * 209,4 = 0,16 \text{ mm}$$

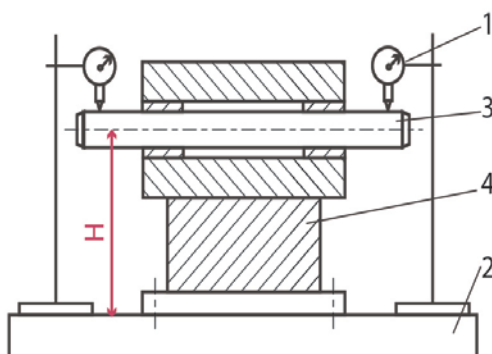
$$0,16 > 0,1$$

Pöördenurga α arvatud suuruse ja telgedevahelise kauguse 209,4 mm puhul on plaadi nihkumise suurus x (lõik AO_2') ligikaudu 0,16 mm, mis ületab nõutud paralleelsuse 0,1 mm. Arusaadav, et detaili kogupikkusel 300 mm on hälve veelgi suurem. Järelikult peab konstruktor nõutava paralleelsuse tagamiseks ette andma plaadi avade kitsama tolerantsivälja ja muutma ava ja sõrmede vahelist lõtku.

Proovige kasutades tolerantside tabeleid leida niisugused avade ja sõrmede tolerantsid, mille puhul paralleelsusnõue 0,1 mm pikkusel 300 mm on täidetav.

Ülesanne 6. Ava telje kõrguse tagamine

Tegu on olukorraga, mil eeltöödeldud korpuse 4 ava telje kõrguse tagatakse ühendatava koostu mõõtmete järgi, kuna mõõtmine on võimalik alles koostamise käigus. Niisugune olukord võib tekkida nt remottööde puhul. (vt joonis 5.37)



Joonis 11.4 Ava telje kõrguse mõõtmise skeem 1– mõõtekell; 2 - plaat; 3 – mõõtmistorn; 4 - korpus

Võivad tekkida erinevad olukorrad:

- ava telje kõrgus on nõutavast suurem, ja lubamatut hälvet on võimalik korrigeerida korpuse 4 aluspinna töötlemisega, kui korpuse alusplaadi paksus on piisav;
- kui ava telje kõrgus on nõutavast väiksem, siis plaadi 2 ja korpuse 4 vahele peab paigaldama kompensatori (vaheplaadi), mille paksus arvutatakse. Kompensator lihvitakse arvatud paksuse mõõtmega.

Lähteolukord:

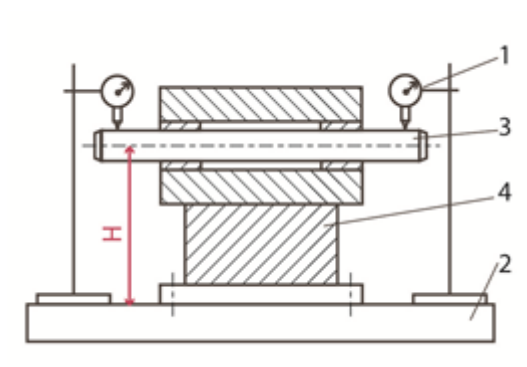
- nõutav ava telje kõrgus H, mm $255,25 \pm 0,05$
- korpuse 4 alusplaadi paksus, mm 20
- korpuse 4 alusplaadi minimaalne paksus, mm 16
- kompensatori e vaheplaadi minimaalne paksus, mm 4

Valige õige lahendus järgnevas tabelis kirjeldatud juhtudel ning märkige see tabeli parempoolses veerus ristiga.

Ava telje kõrguse H tegelik mõõde	Lahendus	Õige lahendus
237,50	Lihvida kompensator paksusega $17,75 \pm 0,01$ ja paigutada see plaadile 2 korpuse 4 alla	
253,40	Lihvida kompensator paksusega $1,85 \pm 0,01$ ja paigutada see plaadile 2 korpuse 4 alla	
260,40	Lihvida korpuse 4 alusplaati õhemaks 5,15 mm võrra	
256,40	Lihvida korpuse 4 alusplaati õhemaks 1,15 mm võrra	

Ülesanne 7. Ava telje paralleelsuse kontroll korpuse lähtepinna suhtes

Ülesandeks on määrata pärast töötlemist ava telje tegelik paralleelsus korpuse 4 lähtepinna suhtes korpuse pikkusel. Mõõteskeemi lihtsustamiseks loetakse kaugus mõõtmispunktide vahel ja korpuse pikkus võrdseks (mõõtekell nihutatakse võimalikult lähedale korpuse otspinnale). Mõõtekella nihutatatakse mõõtmislaual 2 vasakpoolsesse ja parempoolsesse asendisse. (vt ka ptk 5.4)



Joonis 11.5 Paralleelsuse kontrollimise skeem. 1 – mõõtekell; 2 – mõõtmislaud; 3 – mõõtmis-
torn; 4 – töödeldud korpus

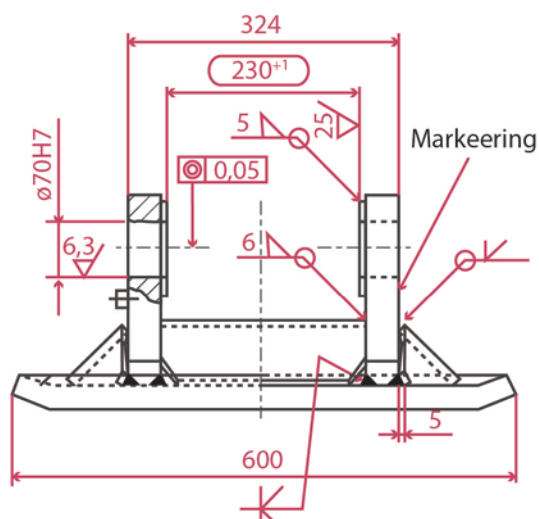
Mõõtmistulemused:

Lubatud kõrvalekaldumine paralleelsusest	$\pm 0,05$
Mõõtekella näit vasakpoolses asendis	0,010
Mõõtekella näit parempoolses asendis	0,018

1. Arvutage vea suurus?
2. Analüüsige, millised võimalused on vea kõrvaldamiseks?

Ülesanne 8. Tehnoloogilise skeemi valik

Valmistatakse lihtsat lehtmaterjalist metallkonstruktsiooni, mille olulisteks komponentideks on alusplaat ning kaks külgplaati (püsttuge). Detailid liidetakse omavahel keevisõmblustega. Kummaski külgplaadis on ava läbimõõduga 70H7, nõutav on avade samatelgsus 0,05 mm (vt järgnevat eskiisi).



Joonis 11.6 Metallkonstruktsioon

Valmistamine on võimalik kahe tehnoloogilise skeemi järgi.

Tehnoloogiline skeem 1.

Enne koostamist töödeldakse vasakpoolses ja parempoolses püsttoes olevaid avasid ($\varnothing 70H7$) ühekaupa, kasutades selleks väiksemat (odavamat) tööpinkki. Lõplikult töödeldud avade nõutava samatelgsuse tagamiseks peab koostamisel kahe külgplaadi omavahelist asendit enne keevitamist rihtima, milleks peab kasutama suhteliselt täpset rakist.

Tehnoloogiline skeem 2.

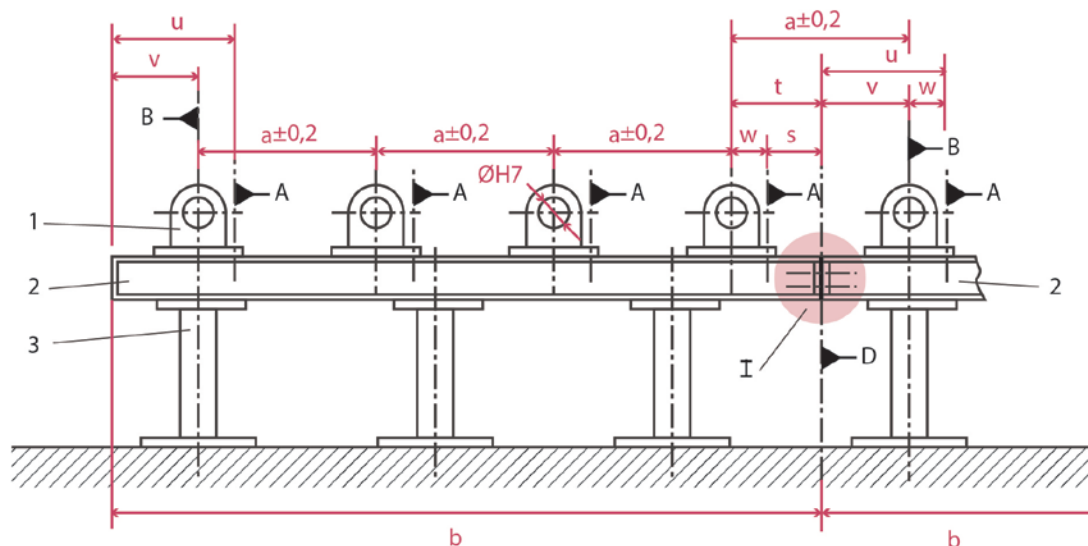
Avasid $\varnothing 70H7$ töödeldakse lõplikult piisava täpsuse ja pinnakvaliteediga tööpingis, nt horisontaalsetreipingis ühe läbimiga pärast metallkonstruktsiooni koostamist suhteliselt lihtsas koostamisrakises, ja keevitamist.

Märkige järgneva tabeli tühjadel väljadel ristiga väide, mis on Teie arvates tõene skeemi 1 või skeemi 2 puhul.

Väide	Skeem 1	Skeem 2
Koostamine on töömahukam		
Täpsuse saavutamine nõuab lukksepa suuremaid oskusi		
Rakised on keerulisemad ja kallimad		
Täpsus on lihtsamini saavutatav		
Keevitamine on lihtsam		
Mehaaniline töötlemine on keerulisem		
Millise skeemi valiksite oma eelnevate väidete alusel		

Ülesanne 9. Konveieri koostamise tehnoloogia analüüs

Allpool näidatud joonisel on kujutatud küllaltki tüüpilise konveieri või transportööri kandekonstruktsiooni teostus moodulitena e sektsioonidena.



- | | | | |
|---|---|---|------------------------|
| a | laagritugede avade telgedevaheline kaugus ehk samm | A | tihvtiava telg |
| b | transportööri sektsiooni pikkus | B | laagritoe ava telg |
| s | tihvtiava telje kaugus kandetala 2 parempoolsest otspinnast | D | kahe tala 2 liitepind. |
| t | laagritoe ava telje kaugus tala 2 parempoolsest otspinnast | | |
| u | tihvtiava telje kaugus tala 2 vasakpoolsest otspinnast | | |
| v | laagritoe ava telje kaugus tala 2 vasakpoolsest otspinnast | | |
| w | laagritoe ava telje kaugus tihvtiava teljest (tagatud laagritoe valmistamisega) | | |

Joonis 11.7 Konveieri sektsioonide koostamise skeem

Tegu võib olla pika transportööriga, mille kandekonstruktsiooni põhikomponendiks on tala (2). Tala tugedeks on jalad (3). Talale monteeritakse laagritoeid e laagripukid (1). Konveieri kandekonstruktsioon olgu jagatud sektsioonideks ehk mooduliteks. Talad liidetakse omavahel poltliitega, mis võimaldab vajadusel pikka transportööri mooduliteks demonteerida. Kui on tegemist laagritugede avadesse monteeritavate ketirataste võllidega, siis võllide telgedevahelise kauguse ehk sammu täpsus on tavaliselt määrav konveieri tõrgeteta tööks. Laagritugede laagri-pesa läbimõõt on $\varnothing H7$. Suurus ise pole selles näites oluline. Käsitlema peaks mõõtetega s , t , u ja w . Olenevalt sellest, kui suur on tootmisprogramm ehk -sari, võib antud konstruktsiooni puhul tekkida veel mitu põhjendatud küsimust. Vastake järgnevas tabelis toodud küsimustele, märkige tabeli vabal väljal valitud vastus.

Nr	Küsimus	Vastus	
		Jah	Ei
1	Kas laagripesade avad $\varnothing H7$ töödeldakse enne koostamist?		
2	Kas laagripukid peavad olema ühendatud talaga keevisliitega?		
3	Kas laagripukid peavad olema ühendatud talaga keermesliitega?		
4	Kas kaagripesade avad $\varnothing H7$ töödeldakse peale koostamist?		
5	Kas laagripukkide asend talal rihitakse universaalsete vahenditega?		
6	Kas laagripukkide asend talal rihitakse rakiste abil?		
7	Kas peaks muutma konstruktsiooni nii, et sektsioonide asend piki-suunas oleks reguleeritav (koht I)?		

Arvutage välja mõõtmete t ja v tolerantsid.

Ülesanne 10. Materjali kulu arvutus saagimisel

Detailide valmistamiseks APJ-pingis tellitakse materjali ümarvarda kujul. Enne töötlemist töötlemiskeskuses, valmistatakse ette tükitoorikud lintsaega järkamise teel.

Andmed:

Detaili pikkus $l_0 = 122\text{mm}$

Otspindade töötlemisvaru $x = 1,5\text{ mm}$

Sae lõikejälje arvestuslik laius $y = 2,0\text{ mm}$

Materjali tarnitakse lattidena $L = 12\text{ m}$

1. Mitu m materjali peab tellima 360 detaili valmistamiseks? Mitu latti see on?
2. Mitu lisadetaili saab valmistada 4 meetrisest latist?
3. Kuidas mõjutab tulemust kui toorikute tükeldamine lintsael asendada detailide lõikamisega lattmaterjalist APJ-seadmes kasutades mahalõiketera laiusega 3mm.

Ülesanne 11. Värviku kulu arvutus

(vt ka ptk 6.1)

Pinnatöötuse võimalik tähistus metallkonstruktsiooni koostu joonisel või tehnilistes tingimustes:

EPZn(R)CR 160/3-FeSa²/₂

Lähteandmed

Värvi (pinnakatte) tihedus	670 g/l
Värvi kattevõime	6,2 m ² /l.
Värvitava koostu pindala	12,5 m ²
Värvi kadu värvimisel	15 %

Ülesande lahendamiseks arvuta värvikulu ja kirjuta leitud arvvärtus tabelisse (jrk nr 1) ja märgi ringiga tõene vastuse variant jrk nr 2, 3, 4 all vastaval väljal A, B või C.

Jrk nr	Näitaja	Arvväärtus		
		A	B	C
1	Värvikulu, kg		
	Variant	A	B	C
2	Värvikihi summaarne paksus, mm	0,160	0,320	0,480
3	Kihtide arv värvimisel	1	2	3
4	Värvaine komponentide arv	1	2	3

Ülesanne 12. Tükiaja arvutus

(vt ka ptk 7 – Tööaja normeerimine ja hinnakalkulatsioonid)

Meeldetuletuseks vt tüki aja arvutamiseks kasutatavat valemit¹:

$$t_{tk} = t_p + t_a + t_{op} + t_{org} + t_{tehn} + t_v + \frac{t_{e-l}}{n}$$

Olgu tegu detaili valmistamisega, arvutuslikult ja tehase normatiivide alusel määratud suurustega ühe detaili kohta:

t_p 2 min

t_a 5 s

t_{op} (arvutada lahendamise käigus)

t_{org} 2 s

t_{tehn} 10 s

t_v (kogemuslikult 4 % operatiivajast, arvutada)

ja detailide partii kohta:

t_{e-l} 30 min

n 100 tk

Tükiaeg arvutada ja väljendada minutites, $t_{tk} = \underline{\hspace{2cm}}$ min

¹ kasutusel on erinevaid valemeid olenevalt ettevõtte eripärast

Ülesanne 13. Operatsioonikaardi analüüs

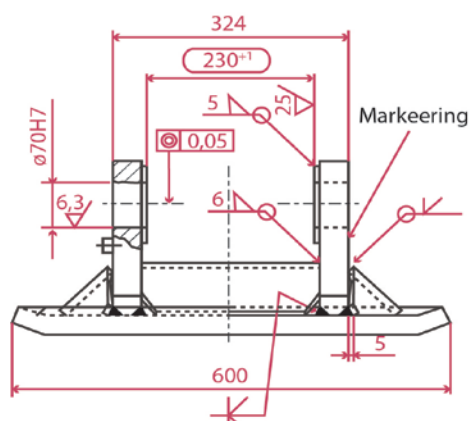
Tutvuda Lisas 2 toodud operatsioonikaardiga ning leida vastused järgmistele küsimustele:

1. Milline on detaili valmistamiseks vajalik toorik (materjal, mõõdud)?
2. Kas töötlemisel peab kasutama jahutust?
3. Milline on puhastöötlemise operatsioonide löikekiirus v_c ?
4. Milline on löikesügavus a_p eeltötlusoperatsioonidel?
5. Milline on vajalik materjali kogus partii tootmiseks? (Aluseks võtke detailide arv ja materjali kulunorm detaili kohta)
6. Millised on tooriku mass ja materjali arvestuslik kulunorm tooriku kohta Millest see erinevus tuleneb?
7. Mitu meetrit materjali kulub partii valmistamiseks? $\varnothing 85$ ümarmaterjali kaal on $\sim 26\text{kg/jm}$.
8. Milline on puhastöötlemise operatsioonidel kasutatav ettenihe?

Ülesanne 14. Tehnoloogilise spetsifikatsiooni koostamine

Lihtsustatuna vaadeldakse kolmest detailist koosnevat koostu: kaks külgtuge (vasak ja parem), mis keevitatakse ühe alusplaadi külge. Külgtugedes on samatelgsed avad $\varnothing 70H7$. (vt ka joonis 7.2)

Käesoleva ülesande lahendamise käigus märkige allpool toodud lihtsustatud tehnoloogilises spetsifikatsioonis valitud operatsioonide numbrid ringiga.



Joonis 11.8 Eskiis metallkonstruktsiooni mõõtmetega

Operatsiooni nr	Operatsiooni nimetus ja lühiselgitus	Seade ja/või rakis, abimaterjalid
1	Alusplaadi ja kahe külgtoe väljalõikamine lehtmaterjalist	Giljotiinkäärid
1	Alusplaadi ja kahe külgtoe väljalõikamine lehtmaterjalist	Laserlõikepink
2	Alusplaadi värvimine	Värvikamber
2	Alusplaadi painutamine	Painutuspress
3	Alusplaadi ja kahe püsttoe koostamine	Koostamisrakis
3	Alusplaadi ja kahe püsttoe koostamine ja eelkeevitus	Koostamisrakis, keevitusautomaat

4	Koostu mehaaniline töötlemine: ava $\varnothing 70H7$ töötlemine	Sisetreipink
4	Alusplaadi ja kahe püstoe koostamine ja keevitus	Keevitusrakis, keevitusautomaat
5	Koostu mehaaniline töötlemine: ava $\varnothing 70H7$ töötlemine	Sisetreipink
6	Koostu kruntimine ja värvimine	Värvipüstol
6	Koostu puhastamine	Haavelduskamber
7	Avade $\varnothing 70H7$ kaitsmine värvipritsmete eest	Koostaja laud, papp, teipimislint
8	Koostu kruntimine ja värvimine	Värvipüstol, värvimis- kamber
9	Koostu pakendamine	Pakendamise alus, pakkematerjal

Analüüsi, kas Teie poolt valitud tehnoloogiliste operatsioonide järjekord on loogiline!

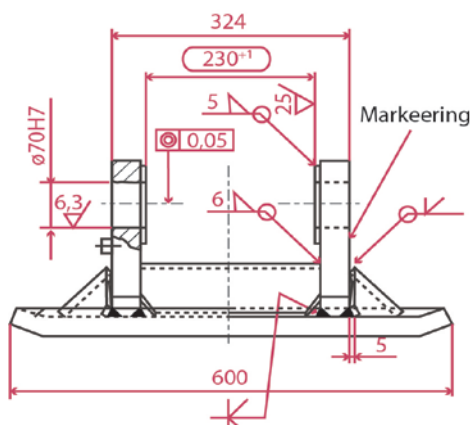
Ülesanne 15. Marsruutkaardi koostamine

(vt ptk 7, joonis 7.3)

Lähteandmed leiate ülesandes „Tehnoloogilise spetsifikatsiooni koostamine“.

Käesolev ülesanne seisneb marsruutkaardi koostamises allpool näidatud koostu ühele detailile – alusplaadile.

Marsruutkaart (olenevalt ettevõttes kasutusel olevast tootmise juhtimise süsteemist e-kujul, lihtsa tabeli kujul paber kandjal vms) peab kajastama detaili liikumist tootmisprotsessis, alates tooriku valmistamisest kuni koostamiseni ja sisaldama informatsiooni kasutatavatest seadmetest ja rakistest.



Joonis 11.9 Metallkonstruktsiooni eskiis

Operatsioonid alusplaadi valmistamiseks: alusplaadi väljalõikamine, puhastamine, painutamine. Pärast valmistamist peab alusplaat sattuma keevitamis-koostamisjaoskonda koostamiseks püsttugedega.

Lähtudes ülaltoodud kirjeldusest koostage marsruutkaart paber kandjal tabeli kujul.

Ülesanne 16. Tootmisgraafiku analüüs

Olgu tegemist tootega “Tugirull” (vt ka Joonis 7.1), mille ühekordne tellimus on 30 tk.



Joonis 11.10 Lõpetatud tugirullid

Tootmise ettevalmistamise käigus (tootmestamisel) koostatakse tehnoloogiline spetsifikatsioon, mis sisaldab kõiki operatsioone ning kasutatavate seadmete ja rakiste loetelu (vt ka ülesannet ”Tehnoloogilise spetsifikatsiooni koostamine”). Koos tehnoloogilise spetsifikatsiooniga koostatakse marsruutkaardid kõikide komponentide kohta. Marsruutkaardid kirjeldavad komponendi (detaili, alamkoostu või ostutoote) liikumist tehnoloogilises voos ettevõtte jaoskondades ja töökohtadel (vt ülesannet ”Marsruutkaart”).

Tehnoloogilise spetsifikatsiooni ja marsruutkaartide alusel koostatakse ettevõttes tootmisgraafik, mis kujutab endast joondiagrammi. Selleks on võimalik kasutada erineva keerukusastmega tarkvara. Antud näites on toodud excel-formaadis koostatud joondiagramm.

Nimetatud dokumentatsioon on koostelukksepa üheks oluliseks töövahendiks.

Vaadeldav tootmisgraafik näeb ette osa komponentide üheaegset või isegi ennetavat valmistamist selliselt, et koostamine toimuks tõrgeteta ja mittetootlike seisakuteta.

Pos	Nimetus	Kogus, tk	Ajakulu, päevi	Tööpäevad, algus-lõpp													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1.1	Alusplaat	30	2	T													
1.2	Püsttugi	60	2		T												
1	Tugi (alamkoost 1)	30	4		W	K			M								
	Tugi 1 värvimine	30	2						V								
2	Kaitse	30	3			T											
3	Laager (ostutoode)	30															
4	Võll	30	4		M												
5	Rõngas (ostutoode)	60															
6	Plaat	30	1			T, M											
7	Rull	30	6			M											
9	Polt	120															
1.00	Koost		4														
	Pakendamine		1														VL
	Laadimine, lähetamine		1														VL

Tähistused:

L - materjali ladu, T - toorikute jsk, M - mehaanika jsk, W - keevitus, V - värvimine, K - koostamine, VL - valmistoodangu ladu

Joonis 11.11 Tootmisgraafik

Näidatud tootmisgraafik on lihtsustatud. Ajakulu on võetud ümardatuna päevades. Tükiaegade järgi arvutatud summaarne ajakulu moodustab selles näites 26 päeva. Tootmisgraafik on siin koostatud nii, et tänu nn paraleeltegevustele on tellimus on täidetav 13 päevaga.

Anaüüsi näidatud tootmisgraafikut. Kuidas on võimalik tellimuse täitmist kiirendada?

Selleks on mitu võimalust:

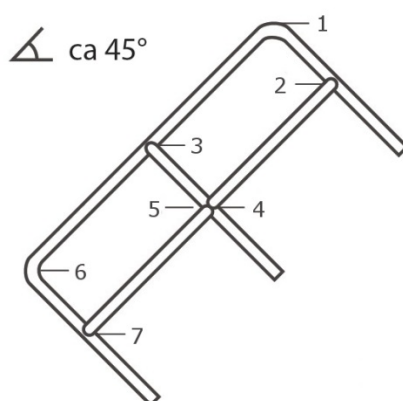
- lühendada alusplaatide ja püsttugede valmistamise tsüklit;
- alustada koostamist varem;
- organiseerida koostamine samaaegselt mitmel töökohal jne.

Joonestage analoogse joondiagrammi kujul tootmisgraafik samade lähteandmetega, mis näeb ette kirjeldatud tellimuse täitmise 10 päevaga.

Ülesanne 17. Terasest toodete ettevalmistus kuumtsinkimiseks

Meeldetuletuseks:

Toote väljatõstmisel sulatsingi vannist väljub sulatsink õõnsast konstruktsioonist nõrgumisavade kaudu, tuulutusavad võimaldavad vältida vaakumit, mis takistaks sulatsingi väljavoolamist ja mille tõttu osa sulatsingist jääks torusse. Nõrgumisavad puuritakse õõnsa detaili alumises, tuulutusavad aga ülemises punktis. Tuulutusavad on vajalikud ka sulatsingi vanni kastmisel. Õõnes konstruktsioon täitub sulatsingiga, õhk väljub tuulutusavade kaudu, välditakse õhukottide tekkimist.



Joonis 11.12 Õõnsast profilmaterjalist toote asend väljatõstmisel sulatsingi vannist

Märkige tõesed väited ristiga järgneva tabeli vabadel väljadel.

Ava number	Nõrgumisava	Tuulutusava
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Vastused enesekontrollküsimustele

Peatüki nr	Õiged vastused
1	1b; 2c; 3b
2	1a; 2b; 3c; 4c
3	1a; 2a; 3c; 4d; 5a
4	1d; 2b; 3b; 4a; 5e; 6a; 7b
5	1c; 2b; 3c; 4b; 5a; 7b; 8a; 9b; 10a; 11b; 12a; 13c; 14c
6	1b; 2a; 3c; 4b; 5b; 6b; 7a; 8a; 9b; 10c
7	1c; 2b; 3b; 4c; 5b; 6c
8	1c; 2a; 3b; 4c
9	1b; 2b
10	1b; 2c; 3b

Viidatud allikad

1. Teras- ja alumiiniumkonstruktsioonide valmistamine. EVS-EN 1090-1:2009+A1:2011.
2. **Kulu, P., et al., et al.** Materjalid. Tallinn: s.n., 2001.
3. AISI-316. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 02.03.2014. a.] <http://et.wikipedia.-org/wiki/AISI-316>.
4. **Kulu, P.** Metalliopetus. Tallinn: TTÜ kirjastus, 2005.
5. HGL Hydraulic Swing Beam Shear. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 12.03.2014. a.] <http://www.fab-line.com/products/hgl-hydraulic-swing-beam-shear/>.
6. Wasserstrahlschneidemaschine. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 24.04.2014. a.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstrahlschneidemaschine>.
7. Extrusion. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 23.04.2014. a.] <http://en.wikipedia.org/-wiki/Extrusion>.
8. GEKA Tools | U and I profile cutting accessories. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 23.04.2014. a.] http://www.geka-tools.com/geka-tools_com/dm/equipment-for-cutting-u-and-i-profiles.asp?nombre=11868&nodo=&hoja=0&sesion=11803.
9. Hydraulische Profilstahlschere GEKA HYD 165 SD. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 14.02.2014. a.] <http://www.hessemaschinen.com/produkte/datenblatt-/profilstahlscheren-1/972-hyd-165-sd/>.
10. Ferracci Machines USA | Automatic circular saw for aluminum. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 02.06.2014. a.] <http://www.directindustry.com/prod/ferracci-machines-usa/automatic-circular-saws-aluminum-58814-965825.html>.
11. Dakin-Flathers | Bimetal band saw blade. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07.04.2014. a.] <http://www.directindustry.com/prod/dakin-flathers/bimetal-band-saw-blades-54696-359405.html>.
12. Ferracci Machines USA. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 12.02.2014. a.] <http://www.ferraccimachinesusa.com/>.
13. Dunkes | Straightening, highly accurate and economical. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07.04.2014. a.] <http://www.dunkes.de/en/straightening,highlyaccurateandeconomical>.
14. Chris Heapy | Workshop Techniques. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 22.04. 2014. a.] <http://easyweb.easynet.co.uk/~chrish/cancelled%20account/t-mark.htm>.
15. Hauke Metallbau GMBH. *Leistungsspektrum*. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 02.03. 2014. a.] <http://www.hauke-metallbau.de/>.

16. Novel tube bender boosts productivity by 500% for leading American tubular part fabricator. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 03.06.2014. a.] <http://www.wordsun.com/news/release/novel-tube-bender-boosts-productivity-by-500-for-midwest-tubular-part-fabricator/en>.
17. Kohlegefeuerter Kessel für eine Accucraft Edrig. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 01.05.2014. a.] <http://www.schienendampf.com/34487225nx30160/kohlebefeuert-f5/kohlegefeuerter-kessel-fuer-eine-accucraft-edrig-t471-s24.html>.
18. **Soots, R.** Metallide lõiketöötlemine. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2006.
19. Meeterkeerme profiil ja tolerantsid | Mait Purde. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 15.05.2014. a.] <http://eprints.tktk.ee/15/2/index.html>.
20. Schaben - Lumag AG. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 15.04.2014. a.] <http://www.lumag.ch/schaben.html>.
21. Selbstbau Biax-Ersatz. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 11.04.2014. a.] <http://www.die-minilok.de/Werkstatt/Schaber.htm>.
22. **Põldma, V.** Mehaanilise töötlemise tehnoloogiad ja kasutatavad seadmed. Tallinn: Innove.
23. Mehaanikainseneri käsiraamat. Tallinn : TTÜ Kirjastus, 2012.
24. Zylinderkopf. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 05.05.2014. a.] <http://www.t4-wiki.de/wiki/Zylinderkopf>.
25. **Põdra, P.** Ainesliited. [Loengukonspekt] Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2010. a.
26. Kirk Frameworks. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 12.04.2014. a.] <http://www.kirkframeworks.com/>.
27. Fügetechnik der Zukunft. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 16.05.2014. a.] http://www.henkel.de/presse/presse-informationen-2011_20110225-fuegetechnik-der-zukunft-36413.htm.
28. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 16.01.2014. a.] www.sika.com.
29. Digitales Wissen für die Produktentwicklung im Maschinenbau. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 18.03.2014. a.] <http://www.tedata.com/620.0.html>.
30. FMW-Friedrich der Erfinder des Radialpunktietens. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 12.04.2014. a.] http://neu.fmw-friedrich.de/de/nietverfahren_de.htm.
31. Splined shafts and splined shaft connections. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 15.05.2014. a.] <http://www.tandler.de/en/produkte/verzahnungstechnik/keilwellen-und-zahnwellenverbindungen/>.

32. [Võrgumaterjal] http://medias.ina.de/medias/de!hp.tg.cat/tg_hr*ST4_102835979.
33. Stierli-Bieger | Welding rotator. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 13.03.2014. a.] <http://www.directindustry.com/prod/stierli-bieger-ag/welding-rotators-65196-442585.html>.
34. Welding Manipulator / Welding Column And Boom. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 28.03.2014. a.] http://www.pipeweldingrotator.com/quality-1841660-welding_manipulator_welding_column_and_boom.html.
35. Climax Portable Machining & Welding Systems. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 1. 04.2014. a.] <http://climaxportable.com/>.
36. FARO. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 14. 02.2014. a.] <http://www.faro.com/>.
37. PRÜFTECHNIK | Shaft alignment. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 22.05. 2014. a.] <http://www.pruftechnik.com/>.
38. **Ансеров, М.** *Приспособления для металлорежущих станков.* Ленинград : Машиностроение, 1975.
39. **Buschmann, H.** *Rakiste projekteerimine.* Tallinn: TTK kirjastus, 2008.
40. Konstruktion / Druckbehälter. [Võrgumaterjal] 12.03.2014. a. <http://www.schmidt-edelstahl.at/?dir=behaelter-drucktanks>.
41. How to build an accurate measuring fixture in the minimum of time. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 25.01.2014. a.] <http://www.horst-witte.de/sg/press/2009/how-to-build.php>.
42. Artform Lösungen normteile. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 15.02.2014. a.] <http://www.artform.de/index.html#leistungen>.
43. Konstruktionsbüro Cramer & Co. GmbH. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 14.05.2014. a.] <http://www.cramer-co.de/en/reference/welding-equipment>.
44. Exterior Adhesives: Choosing the Right Outdoor Glue. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 12.01.2014. a.] <http://stevemaxwell.ca/exterior-adhesives-choosing-the-right-outdoor-glue/>.
45. RZ Customs | Powder-Coating. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 23.03. 2014. a.] http://www.rz-customs.com/?page_id=77.
46. GALV-EST AS. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 12.02.2014. a.] <http://www.galv-est.ee/>.
47. AS Paldiski Tsingipada. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 20.03. 2014. a.] <http://www.zincpot.ee/>.
48. Thermal spraying. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 16.05.2014. a.] http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_spraying.

49. Alumiiniumprofiilide töötlemisvõimalustest. [Võrgumaterjal] Sapa Profiilid AS, 2013. a. [Tsiteeritud: 20.02.2014. a.] <http://www.sapagroup.com/ee/sapa-profiilid-as/rakendusala/alumiiniumprofiilide-tootlemisvoimalustest/>.
50. Uuenduslik tootmine. *Käsiraamat*. Tallinn: TTÜ kirjastus, 2011.
51. **Mesila, R.** Tootmistehnoloogia. MAT loengute abimaterjalid MET0040. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2006.
52. Töötervishoiu ja tööohutuse käsiraamat kutsekoolidele. Tallinn: Sotsiaalministeerium, 2012.
53. Mazzella DOG Welded Alloy Chain Sling. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 15.05.2014. a.] <http://www.amazonsupply.com/mazzella-welded-alloy-fixed-leg-capacity>.
54. Camlok TTT Horizontal girder clamp. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 05.05.2014. a.] <http://www.cranehandling.com/camlok-products/index.php?page=horizontal-girder-split-toe>.
55. VACU STONE LIFT B.V | Vacuum lifting device. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 16.01.2014. a.] <http://www.vacustonelift.nl/en/content/vsl-tot-1000-kg>.
56. **Pakkin, M.** Metallkonstruktsioonide toorikute valmistamine. [Õpiobjekt] Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2012. a.
57. **Lepola, P. ja Makkonen, M.** Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki: Werner Söderstrom OY, 2005. ISBN 951-0-27158-6.
58. **Katainen, H. ja Mäkinen, A.** Muovaava ja leikkava työstö. Helsinki: Capella Finland OY., 1997. ISBN 951-0-14464-9.
59. **Grote, K-H ja Feldhusen, J.** Taschenbuch für den Maschinenbau. s.l.: Springer, 2007. ISBN 978-3-540-49714-1.
60. **Arensburger, D. ja Kulu, P.** Metalliõpetus ja metallide tehnoloogia. III Materjali ja tehnoloogia valik. Tallinn: TTÜ kirjastus, 1999.
61. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07.01.2014. a.] www.galv-est.ee.
62. Herstellung von Schweißbaugruppen. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 15.03.2014. a.] <http://www.tiger-lift.eu/de/schweissbaugruppen.html>.
63. GANTER Standard Machine elements. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 12.03.2014. a.] <http://www.zinorm.de/getGanter.php>.
64. Tigrip - Trägergreifer TTG. *H.-O. Rosinski GmbH*. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 12.04.2014. a.] <http://www.rosinski-hebezeuge.de/Yale/Blechgreifer/TTG.php>.

65. **Kübarsepp, J. ja Kulu, P.** Materjalitehnika seletav sõnaraamat. Tallinn: TTÜ kirjastus, 2014.

Lisa 1. Lehtmaterjalist toorikute lõikamisviiside võrdlus						
Lõikamise viis	Giljotiinkääridel	Gaasileegiga lõikamine (hapniklõikamine)	Plasmalõikus	Laserlõikus	Vesijuga-lõikus	Traat-erosioon
Protsess	Mehaaniline lõikamine	Juhitud keemiline reaktsioon, metalli kiire oksüdeerimine ja eemaldamine puhta hapniku joas	Elektrikaarega lõikamine, ioniseeritud gaasiga, kõrge temperatuuril (kuni 28 000 °C), erosiooniprotsess	Sulatamine kontsentreeritud laserkiirega	Mehaaniline erosioon veejoas (abrasiiviga või ilma)	Erosioon elektrilaenguga
Lõigatavad materjalid	Metallist ja muud lehtmaterjalid kõvadusega kuni 30 HRC	Peamiselt terased	Peamiselt terased, korrosioonikindel teras, alumiinium	Peamiselt terased, korrosioonikindel teras, alumiinium	Peaaegu eranditult kõik materjalid	Voolujuhtivad materjalid
Lõigatava materjali max paksus, mm	Tav. kuni 50, max 200	Tav. kuni 300, max 750 ²	75	25	Tav. kuni 100, max 600 ³	300
Lõigatava tooriku (detaili) täpsus, mm	Tav. ±0,5		Kuni 0,25	Kuni 0,03, tavaliselt ±0,025	Kuni 0,03	Kuni 0,0003
Lõigatava tooriku (terasest detaili serva) pinnakaredus Ra, µm	Väga suur	Väga suur	Väga suur	1,3 (1...10)	2...6,5	Väga väike
Lõigatava ava min läbimõõt, mm		>20	>1,5	>1,0	>1,5	
Lõikekiirus	Mõned sekundid töötükli kohta	Kuni 800 mm/min	Kuni 1000 mm/min	Kuni 2500 mm/min	Kuni 500 mm/min	Kuni 250 mm ² /min (lõike pindala järgi)
Lõikeserva asend ja pind		Täisnurkne, ebatasane	Kaldu, ebatasane	Täisnurkne, sile	Täisnurkne, sile	
Suhteline tootlikkus	Kõrge (sirge lõige)	Madal	Keskmine	Kõrge	Keskmine/madal	
Seadmed	Manual- ja APJ-seadmed	APJ-seadmed	APJ seadmed	APJ seadmed	APJ seadmed (safiirdüüsiga)	APJ seadmed

² Uuenduslik tootmine. Käsiraamat. Tallinn 2011. TTÜ kirjastus (lk 227-230).

³ www.flowwaterjet.com/de-DE/waterjet-technology/comparative-cutting.aspx

Lisa 2.		Operatsioonikaart			Toote Nr, nimetus Sõrm						
					Detaili Nr, nimetus						
Operatsiooni nimetus Sõrme treimine				Nr. 2	Det. Arv	Det. mass	Toor.mass	Kulunorm	Kkoef.		
Toorik (materjal), mark, nimetus: Ümarteras				Ø65x86 Rst. 37-2	tk. 50	kg 1,2	kg 2,2	Kg 2,5	0,55		
Siire	Paigaldus. Operatsiooni, siirde sisu, Jahutus.				Seade, rakised, lõikeriistad, mõõteriistad					Tt	Te
					Ap	f _n	i	V _c	n	Tp	Ta
	Kolmepakilises isetsentreeravas padrunis, vesiemulsioon				Isetsentreeriv padrun, terikplaat CNMM 12 0408-PR GC4025, terikplaat CNMG 120408PF GC4015, Terikplaat: N123K2-0600-0002GF GC4125, terahoidja: DCLNL 2525M12, terahoidja: C4-LF123 K25-27070B, adapter: C6-ASHA-45071-25, baashoidik: C6 RC2090-4260 Baashoidik: C4-RC2080-59110A, 200/0,1, 50/0,01, 75/0,01						
1	<ul style="list-style-type: none"> Treida otspind Ø65 pikkusel 85_{-0,5}, eeltreida silinderpind Ø53±0.2 l=25±0.52, töödelda mõõtu silinderpind Ø40_{-0,35} l=32_{-0,5} 				4,5...6,5	0,28	1	342	1600		
2	<ul style="list-style-type: none"> töödelda raadiuspind R3, eeltreida silinderpind Ø31±0.25 l=65±0.74, 				0,5...3,5	0,15	1	550	3300		
3	<ul style="list-style-type: none"> Peentreida faas 3x30 				1	0,12	1	200	2100		
Koostas:	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Kontrollis	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Leht: 1	Lehti: 2		
			07.03.2005								

