

Õppematerjal

Õppematerjal

Õpikeskkond: [HITSA Moodle](#)

Kursus: Masinlõiketööd (Vanker)

Raamat: Õppematerjal

Printija: Külaliskasutaja

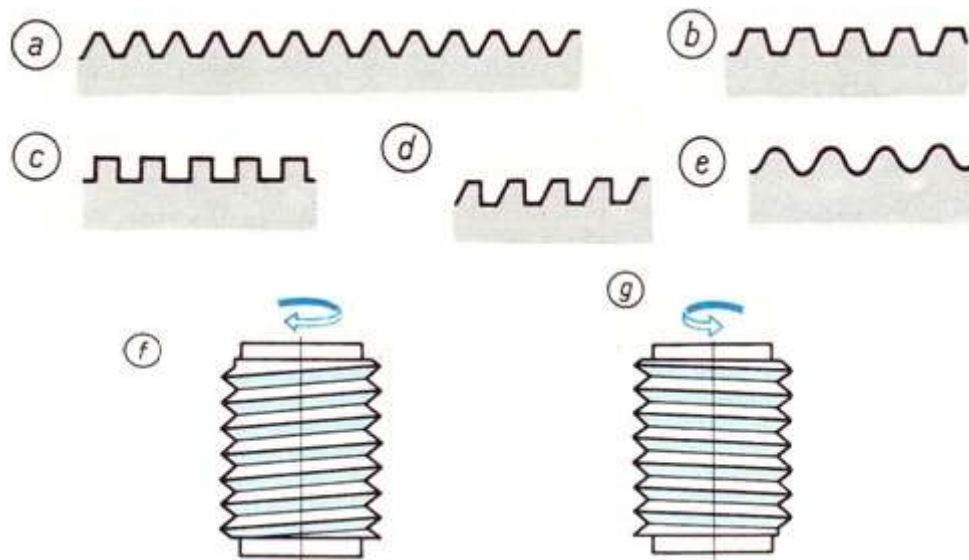
Kuupäev: laupäev, 3. november 2018, 00.03

Sisukord

1. Üldist keermetest ja keermetatud detailidest. Keerme kontrollimine
2. Väliskeerme lõikamine keermelõikuriga
3. Sisekeerme lõikamine keermepuuriga
4. Keerme rullimine
5. Treiteraga keermetamine
6. Kolmnurkkeerme lõikamine
7. Käigukeerme lõikamine
8. Kiirkeermetamine

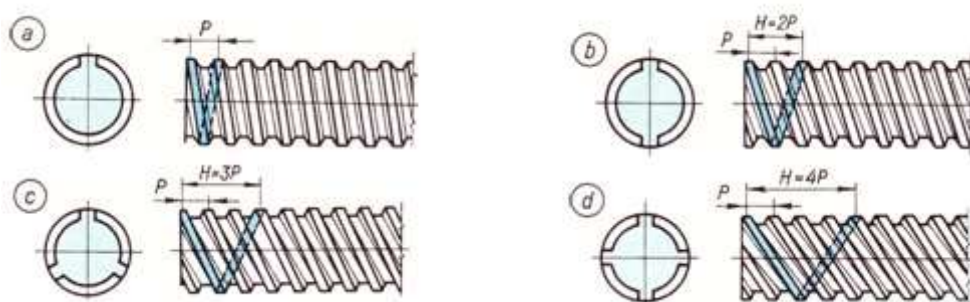
1. Üldist keermetest ja keermetatud detailidest. Keerme kontrollimine

Keermetatud detailid. Masinates, seadmetes ja aparaatides kasutatakse sageli detaile, millel on keermetatud sise- või välispind. Need on kinnituskruvid ja mutrid, käigukruvid, mis muundavad pöördliikumise kulgliikumiseks, jõukruvid (tungrauad) jne. Mõõteriistades kasutatakse mikromeetrilise (täpse) sammuga kruve ja mutreid. Kruvipind moodustub mingi profiili ühtlasel ja üheaegsel ring- ja pikiliikumisel telje suhtes. Sõltuvalt profiili kujust eristatakse kolmnurk-, trapets-, ruut-, tugi- ja ümarkeermeid (vt joonis 115 a...e). Keerme suunast lähtuvalt eristatakse paremkeeret (kruvi läheb mutrisse päripäeva keeramisel) ja vasakkeeret vt joonis 115 f, g).



Joonis 115. Keermed profiili järgi: **a** kolmnurkkeere, **b** trapetskeere, **c** ruutkeere, **d** tugikeere, **e** ümarkeere; suuna järgi: **f** parem-, **g** vasakkeere (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Keere võib olla ühe- või mitmekäiguline. Viimasel on mitu paralleelset keermeniiti: detaili otsas on näha mitme sümmeetriliselt paikneva keermeniidi algus (vt joonis 116).



Joonis 116. Mitmekäigulised keermed: **a** ühe-, **b** kahe-, **c** kolme- ja **d** neljakäiguline (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Keerme elemendid. Kui kruvi joon laotada tasapinnale, siis ta moodustab kolmnurga ABC hüpotenuusi. Kolmnurga üks kaatet AC on võrdne ringjoone pikkusega πd_2 , kus d_2 on keermeskeskläbimõõt, ning teine kaatet BC on võrdne keerme sammuga P (vt joonis 117).

Keerme sammuks nimetatakse kahe naaberkeeru samanimeliste profiilipunktide vahekaugust telgsihis (vt joonis 118).

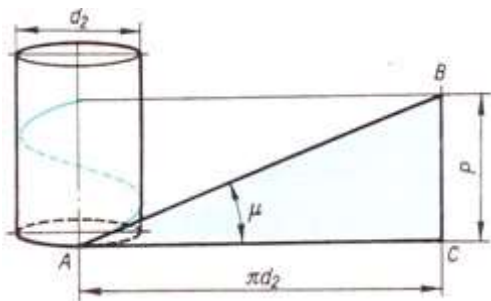
Keermeniidi sihi ja silindri telje ristpinna vahelist nurka nimetatakse **keerne tõusunurgaks** μ (vt joonis 117). Jooniselt 118 selgub, et

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{Pn}{\pi d_2},$$

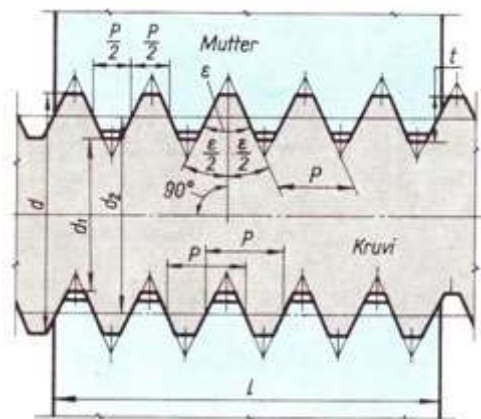
kus d_2 on keerne keskläbimõõt, s.o. mõttelise silindri läbimõõt, mille moodustaja jaotab keermeprofiili selliselt, et keermeniidi laius võrdub soone laiusega. Mida väiksem on nurk μ , seda isepidurduvam on keermesliide. Peale keskläbimõõdu d_2 , sammu P ja tõusunurga μ iseloomustavad keeret veel välisläbimõõt d , siseläbimõõt d_1 , profiilnurk ϵ ja profiilisügavus t . Keerne elemendid on joonisel 118.

Keerne profiilnurkaks ϵ , nimetatakse profiili kahe külgtahu vahelist nurka ja seda mõõdetakse keerne telje ristsirge suhtes. Keerne profiilisügavus t mm on välis- ja siseläbimõõdu poolvahe:

$$T = \frac{d - d_1}{2}$$



Joonis 117. Kruvijoone moodustumine (allikas: Denezhnoi, Stiskin & Thor, 1990)



Joonis 118. Keerne elemendid (allikas: Denezhnoi, Stiskin & Thor, 1990)

Meeterkeere on kolmnurkkeere profiilnurkaga $\epsilon = 60^\circ$. Keerne läbimõõtu ja sammu mõõdetakse millimeetrites. Meeterkeermega poltidele (väliskeermele) on kehtestatud keskläbimõõdu tolerantsid 4g, 6g ja 8g, mutritele (sisekermele) 4H, 5H, 6H ja 7H. Sõltuvalt keerne kasutusalaist erinevad tema elementide põhihälbed poltidel h, g, f, e ja d ning mutritel H ja G.

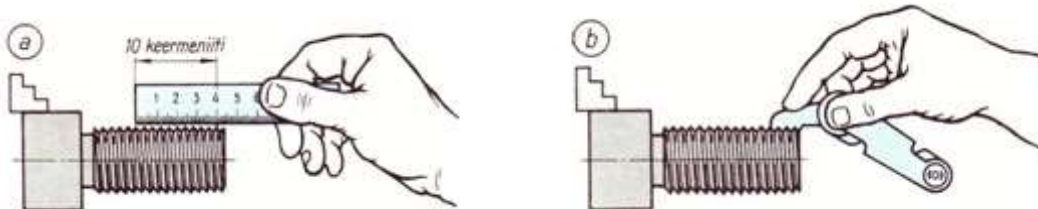
Meeterkeere võib olla jäme- või peenkeere. Esimesel juhul keerne läbimõõdu suurenemisel suureneb ka samm, kusjuures tema suurim väärtus on 6 mm. Peenkeerne samm ei sõltu läbimõõdust, s. t. suure läbimõõduga detailidel võib olla ka väikese sammuga keere. Meeterkeeret tähistatakse tähega M ja arvuga, mis näitab keerne välisläbimõõtu. Keerne tingtähise järele märgitakse tolerantsivälja tähis, näiteks 4g, 6H. Vasakkeerne tähisele lisatakse tähed LH. Peenkeerne korral järgneb tähele M keerne välisläbimõõtu näitav arv. Selle järele kirjutatakse keerne samm.

Tähistusnäiteid: M12-6h on meeterkeermega polt, mille keerme välisläbimõõt 12 mm, tolerantsiväli 6h; M12X1-LH-6H on vasakpoolse meeterkeermega mutter, keerme välisläbimõõt 12 mm, peenkeere sammuga 1 mm, tolerantsiväli 6H.

Tollkeermeid kasutatakse vanade või tollmõõdustikuga maadest (Inglismaa, USA jt.) toodud masinate remontimisel. Tollkeermel on kolmnurkne profiil nurgaga $\varepsilon = 55^\circ$, läbimõõt antakse tollides või selle osades ($1'' = 25,4 \text{ mm}$), samm näidatakse keermeniiide (keerdude) arvuga ühe tolli kohta. Joonisel märgitakse tollkeeret ainult välisläbimõõduga (näit. $1''$, $1/4''$). Igale läbimõõdule vastab teatud arv keerdusid tolli kohta (saab käsiraamatuist). Näiteks keermele $11/2''$ $n=6$ keermeniiiti ühe tolli kohta, s. t. $P = 1/6''$. Standard näeb ette tollkeermeid läbimõõduga $3/16'' \dots 4''$ ja keermeniiide arvuga $n=24 \dots 3$ ühe tolli kohta. Neil on kaks täpsus-klassi - 2 ja 3.

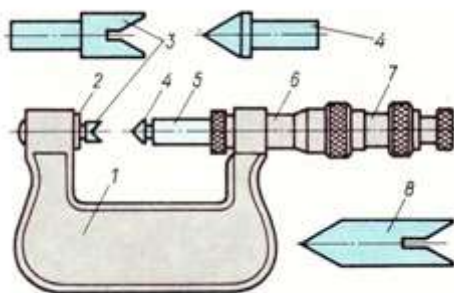
Keerme sammu saab kontrollida orienteerivalt joonlauaga, mõõtes 10 või 20 keermeniiidi vahemaa. Saadud väärtus jagatakse vastavalt 10 või 20-ga. Nii saadakse kahe naaberkeeru kaugus teineteisest (vt joonis 119 a). Tollkeermel loendatakse keerdude arv tollis.

Keerme sammu ja samal ajal profiilinurga kontrollimiseks kasutatakse keermekammide (keermesabloonide) komplekti. Meeter- ja tollkeerme jaoks on need erinevad. Igal kammil on vastava sammu ja profiilinurgaga sälgud ning neile vastavad tähised (näit. 60° , 2 mm või 55° , 11 niiti). Kamm asetatakse keermele ning valguspilu järgi määratakse kammi ja kontrollitava keerme vastavus (vt joonis 119 b).



Joonis 119. Keerme sammu kontrollimine: **a** joonlauaga, **b** keermekammiga (allikas: Denežnõi, Stiskin & Thor, 1990)

Keerme keskläbimõõtu mõõdetakse keermekruvikuga (vt joonis 120).



Joonis 120. Keermekruvik: **1** look, **2** kand, **3** prisma otsak, **4** koonusotsak, **5** kruvivarb, **6** varras, **7** trummel, **8** šabloon (allikas: Denežnõi, Stiskin & Thor, 1990)

Kruvivarva **5** otsas ja kannas **2** on avad, kuhu asetatakse mõõteotsakute paar: spindlisse koonusotsak **4** (koonuse nurk võrdub keerme profiilinurgaga) ja kanda prismaotsak **3**. Vahetusotsakud valitakse sõltuvalt kontrollitava keerme sammust. Kruviku komplektis on kõikide standardkeermete mõõteotsakud. Koonusotsak **4** viiakse keerme soonde, prismaotsak **3** aga toetub vastas asuvalle keermeniiidile. Kruviku nulli asetamiseks kasutatakse šablooni **8**. Nii saab mõõta keerme keskläbimõõtu täpsusega 0,01 mm.

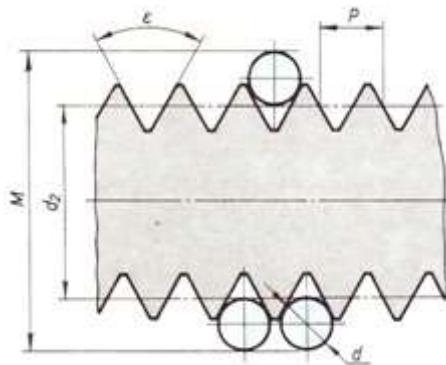
Keerme keskläbimõõtu saab täpselt mõõta kolme traadi meetodil ka tavalise kruvikuga. Selleks on tarvis veel kolme ühejämedust karastatud, täpse läbimõõduga silindrilist traati. Need asetatakse keeme soonde, ühelt poolt kaks ja teiselt poolt üks traat (vt joonis 121).

Kruvikuga mõõdetakse suurust M ; traatide välispindadelt arvutatakse keeme keskläbimõõt järgmiste valemitega:

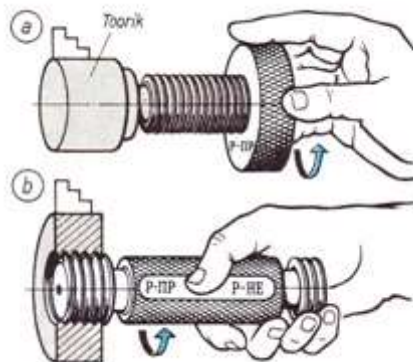
meeterkeeme puhul $d_2 = M - 3d + 0,866 P$,

tollkeeme puhul $d_2 = M - 3,166d + 0,961 P$,

kus d on traadi läbimõõt.



Joonis 121. Keeme kontrollimine kolme traadi meetodil (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)



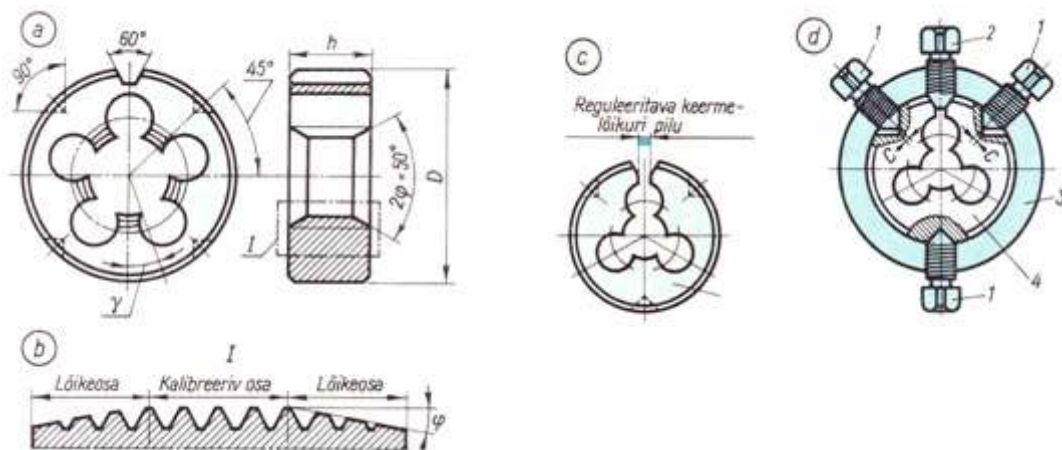
Joonis 122. Keeme kontrollimine keermekaliibriga: **a** keernerõngad, **b** keermekorgid (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Hulgitootmises kontrollitakse keeme täpsust piirkaliibritega - väliskeeret rõngaskaliibriga (vt joonis 122 a), sisekeeret korkkaliibriga (vt joonis 122 b). Läbival kaliibril PP on keeme täielik profiil ning ta peab minema keemele selle kogu ulatuses. Mitteläbival kaliibril HE on ainult 2...3 keermeniiti ja vähendatud profiil. Seda ei saa keerata kauemale kui 1...2 keerdu. **Keeret ei tohi kontrollida enne pingi täielikku seiskumist.**

2. Väliskeerme lõikamine keermelõikuriga

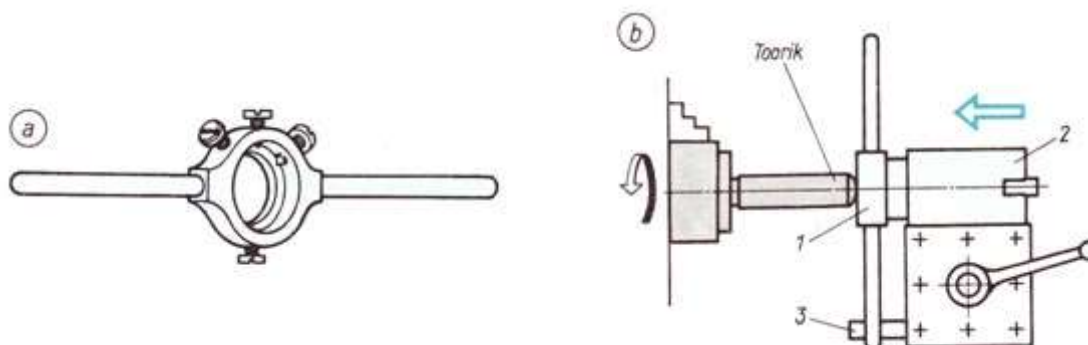
Ümarkeermelõikuriga lõigatakse kolmnurkse profiliga ja kuni 2-mm sammuga väliseid kinnituskeermeid. Mõnikord kasutatakse keermelõikurit treiteraga lõigatud jämekeerme kalibreerimiseks. Keermelõikur (vt joonis 123 a) sarnaneb tööriistaterasest valmistatud mutriga, millel on samasugune keere nagu lõigatav keeregi. Vastavalt keermelõikuri mõõtmetele on sellesse puuritud **3...8** keermeniiti lõikavat ava. Ava ja keeme pinna lõikejoonel moodustub kammitaoline lõikeserv, kusjuures lõikuri külgedel olevate faaside tõttu moodustub terik, mille ülesanne on lõigata metalli. Lõikuri keeme silindriline osa (**5...6 keerdu**) kalibreerib lõigatava keeme ja annab sellele nõutava pinnakareduse.

Keermelõikurit saab kasutada mõlemapoolselt, s. t. pärast ühe otsa lõikeosa kulumist pööratakse lõikur pööras ümber ja jätkatakse tööd teise otsaga. Keermelõikuri otspinnale on märgitud temaga lõigatava keeme mõõde.



Joonis 123. Ümarkeermelõikur; **a** pealtvaade, **b** elemendid, **c** reguleeritav keermelõikur, **d** keermelõikuri kinnitamine hoidikusse; **1** kinnituskruid, **2** reguleerikruvi, **3** hoidik, **4** keermelõikur (allikas: Denežnõi, Stiskin & Thor, 1990)

Keermelõikur kinnitatakse käsipööra (vt joonis 124 a). Kulumise kompenseerimiseks kasutatakse reguleeritavaid piluga keermelõikureid. Lõigatava keeme keskläbimõõtu reguleeritakse kruvidega **1** ja **2** (vt joonis 123 e, d).

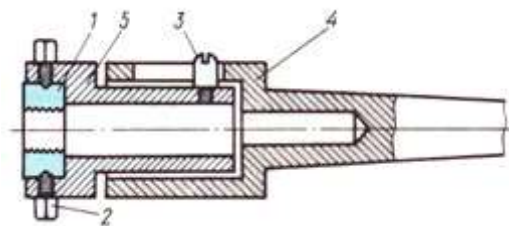


Joonis 124. Keermelõikuriga keermetamine; **a** pöörraud, **b** tugilati kasutamine; **1** pöör, **2** juhik, **3** tugilatt (allikas: Denežnõi, Stiskin & Thor, 1990)

Käsipööraga lõikamisel viiakse lõikur tooriku otsa juurde tsentripuki pinooli otsa survele, mis suunab lõikurit. Pööra käepide toetub supordile. Pärast kahte-kolme pinooliga surutud keerdu saab keermelõikur ettenihke juba tekkinud keermelt. Keermelõikurit võib suunata ka terahoidikusse kinnitatud juhikuga, kusjuures pööra pide toetub tugilatile, mis on kinnitatud samuti terahoidikusse (vt joonis 124 b).

Käsipööraga tuleb ettevaatlikult töötada, jälgida, et käsi ei jääks pööra käepideme ja toe vahele.

Ohutum ja parem on keeret lõigata liughoidikusse kinnitatud keermelõikuriga, mis asetatakse tsentripuki pinooli (vt joonis 125).

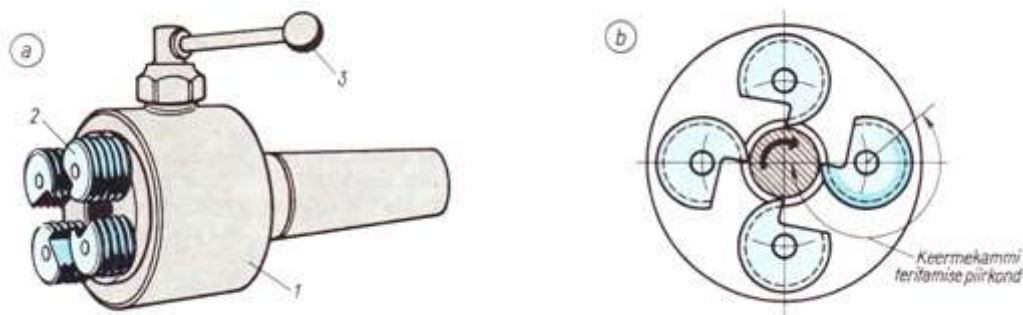


Joonis 125. Liughoidik: **1** keermelõikur, **2** kinnituskruvi, **3** tihvt, **4** torn, **5** hoidik (allikas: Denezhnoi, Stiskin & Thor, 1990)

Keermetatav varras treitakse veidi peenemaks kui on kavandatava keeme läbimõõt. Sellega kompenseeritakse lõikamisel tekkivat metalli voolamist keeme harja poole. Keermetamiseks soovitatavad varda läbi- mõõdud on antud käsiraamatus. Enne keermetamist tuleb tooriku ots faasida, mis kergendab lõikuri rakendumist.

Keermelõikuriga keermetamisel on lõikekiirus **2...4 m/min** terase ja malmi ning kuni **10 m/min** värviliste metallide korral. Määrdevahendiks kasutatakse terase töötlemisel emulsiooni, mineraalõli või sulfofresooli, malmi töötlemisel aga petrooli.

Väliskeeme lõikamisel on tootlikkus suurem kui kasutatakse **iseavanevat keermetuspead** (vt joonis 126).

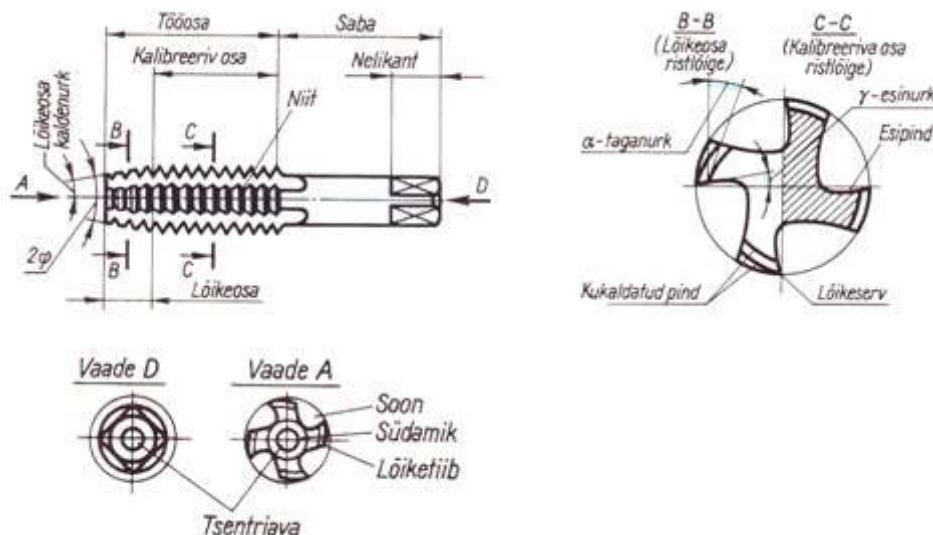


Joonis 126. Iseavanev keermetuspea; **a** üldvaade, **b** ketasterade tööskeem; **1** kere, **2** ketastera, **3** lõikuri avamismehhanismi hoob (allikas: Denezhnoi, Stiskin & Thor, 1990)

Keres **1** on radiaalsed sooned, milles nihkuvad pakid. Nende külge on kinnitatud ketasterad **2**. Lõikur kinnitatakse sabapidi tsentripukki ning ketasterad viiakse toorikusse tsentripuki käsiratta abil. Edasise ettenihke saab lõikur tekkinud keermelt. Iseavanevate keermetuspeadega töötamisel võib lõikekiirus olla **15...20 m/min**. Pärast keeme lõikamist vabastatakse detail lõikurist hoova pööramisega (ketasterad eemalduvad radiaalselt) ning lõikur viiakse algasendisse tagasi pinooli abil. Kettaid teritatakse esipinnalt teritusjaoskonnas terituspingil.

3. Sisekeerme lõikamine keermepuuriga

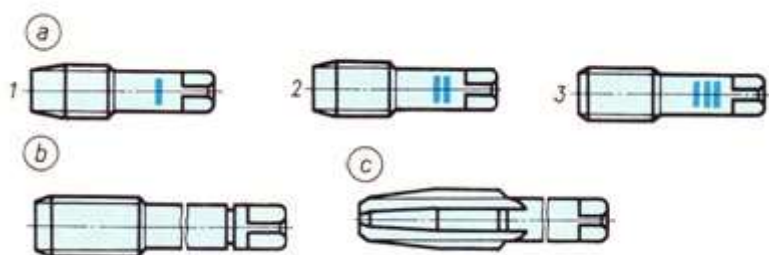
Kuni **20-mm** läbimõõduga sisekeermeid lõigatakse treipingil keermepuuriga. Keermepuur (vt joonis 127) on kruvi, mis on sama läbimõõdu, sammu ja profiilnurgaga nagu lõigatav keere. Ta valmistatakse tööriistaterasest. Keermepuuril on pikisooned, mis kergendavad laastu eemaldumist. Soone ja keermetatud pinna lõikejoonel moodustub lõikeserv.



Joonis 127. Keermepuuri osad ja elemendid (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Keermepuur lõikab oma terikuga (kooniline ots), kus hammaste kõrgus pidevalt kasvab. Vastavalt puuri avasse keeramisele lõikab tema terik toorikusse keermesooned. Iga hammas lõikab osa töötlusvarust ning pärast teriku läbimist on keermel täielik profiil. Lõikekoonuse hammaste tagapinnad on kukaldatud Archimedese spiraali järgi. Tänu sellele moodustub lõikamist kergendav taganurk α . Terikule järgneb kalibreeriv osa, mille hambad ei ole kukaldatud ($\alpha = 0$). Kalibreeriv osa suunab puuri ja viimistleb keermepuuri profiili. Pärast puuri nürinemist saab teda lõikehammade esipindu pidi teritada. Et kalibreeriv osa on kukaldamata, siis pärast teritamist ava keermel läbimõõt ei muutu.

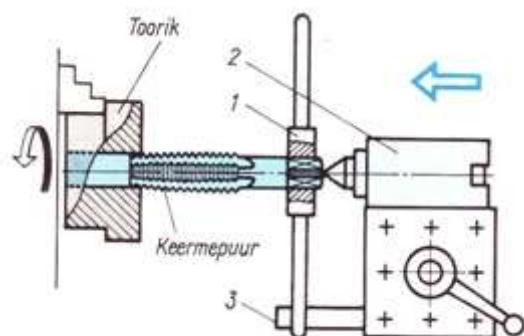
Keermepuurid on kolme või nelja hambikuga. Kasutusotstarbe järgi jagunevad nad käsipuurideks (vt joonis 128 a), masinpuurideks (vt joonis 128 b) ja pikendatud sabaosaga mutrikermpuurideks (vt joonis 128 c). Käsipuurid moodustavad kahe või kolmekaupi komplekti (vt joonis 128 a), millest igaüks lõikab osa töötlusvarust.



Joonis 128. Keermepuurid: **a** käsipuuride (lukksepapuuride) komplekt, **b** masinpuur, **c** mutrikermpuur (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

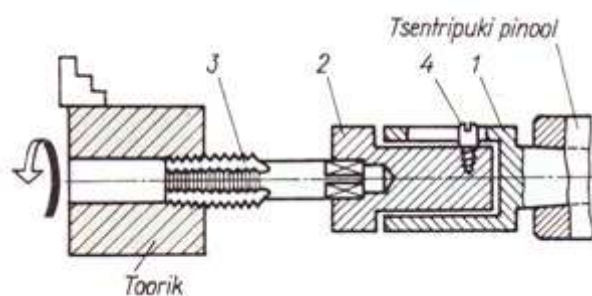
Igale keermepuurile on märgitud terase mark ja keermepuuri mõõde. Komplekti esimese (eelkeermepuuri), teise (vahekeermepuuri) ja kolmanda (lõppkeermepuuri) puuri eristamiseks on nende sabad märgistatud vastava arvu täketega (vt joonis 128 a).

Keerme lõikamiseks kasutatakse pööra **1**, mille nelikantpessa asetatakse puur. Keermepuuri surutakse avasse tagatsentri abil, kusjuures pööra käepide toetub supordile. Nii võib lõigata ainult kuni **8-mm** läbimõõduga keermeid. Suurema läbimõõduga keermete lõikamisel kinnitatakse terahoidikusse tsentertugi **2** ja piirav liist **3** (vt joonis 129). Keermepuuri surutakse tsentriga ning pöör toetub liistule. Et puur ja liist liiguvad koos, siis viltujooksu ei esine. See hoiab ära praagi tekkimise ja keermepuuri murdumise.



Joonis 129. Pööra abil keermetamine; **1** pöör, **2** tsentertugi, **3** piirav liist (allikas: Denežnõi, Stiskin & Thor, 1990)

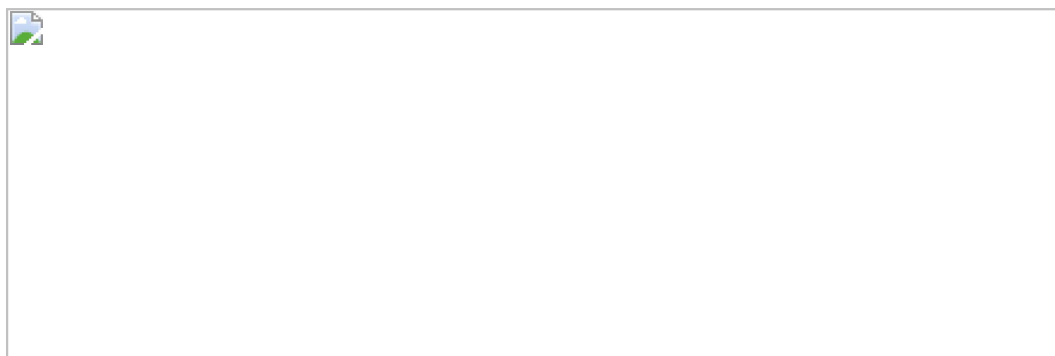
Eriti otstarbekas on kinnitada keermepuur liugtorni (vt joonis 130). Torni kooniline saba läheb tsentripuki pinooli, keermepuur **3** sabapidi liughoidiku **2** neli-kantpessa. Keermepuur viiakse pöörleva tooriku avasse tsentripuki käsiratta abil. Kui toorikusse on lõigatud kaks-kolm keerdu, ei ole surve enam vajalik, sest puur läheb koos liughoidikuga tekkinud keermes mõjul edasi ja väljub kerest **1**.



Joonis 130. Keermepuuri liugtorn: **1** kere, **2** liughoidik, **3** keermepuur, **4** tihvt (allikas: Fetštenko & Mahmutov)

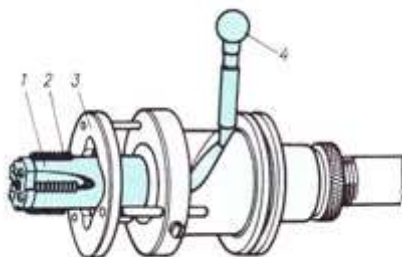
Roostevabasse ja kuumuskindlasse terasesse lõigatakse keermeid keermepuuridega, mille hambikutel on hambad malekorras, s. o. üle ühe ära lõigatud. Tekkinud lai vahe soodustab laastu edasinihkumist, väldib puuri kinnikiilumist ja vähendab terakasvajad (vt joonis 131 a).

Eriti vastupidavad on **keerdsoontega keermepuurid** (vt joonis 131 b). Parem-keermepuuriga keermetamisel eraldub laast avast kergesti.



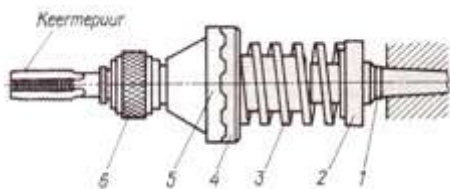
Joonis 131. Kõrgtootlikkusega keermepuurid: **a** malepuur, **b** keerdsoontega keermepuur (allikas: Fetštenko & Mahmutov)

Keerme lõikamisel tuleb läbimi lõpul keermepuur välja kruvida. Selleks kuluvat aega saab vähendada, kui kasutada keermetuspead KB, mille lõikekammid sisenevad kereesse **1** (vt joonis 132). Hoovaga **4** viiakse kammid **2** tööasendisse. Kui keere on täies pikkuses valmis, surub piirik äärikule **3**, mille tulemusena rakendub erimehhanism ning kammid sisenevad ke-resse. Nüüd saab keermepuuri vabalt avast välja võtta. Sellise keermetuspeaga saab lõigata üle **32-mm** läbimõõduga keermeid.



Joonis 132. Keermetuspea KB: **1** lõikepea, **2** reguleeritavad lõikekammid **3** äärik, **4** kammide liigutamise mehhanismi hoob (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Kui on tegemist umbkeermega, siis tekib keermepuuri ja ava põhja põkkumise oht. Põkkudes puur vältimatult murdub ja keere rebeneb. Umbkeermeid lõigatakse kaitsetornidega (vt joonis 132).



Joonis 133. Kaitsetorn keermepuuriga keermetamiseks: **1** koonilise sabaga kere, **2** tugimutter, **3** survevedru, **4** nukksidur, **5** torn, **6** kiirvahetuspadrun (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Joonisel 133 olev kaitsetorn koosneb koonilise sabaga kerest **1**, liuguvast nukksidurist **4**, survevedrust **3** ja tornist **5**, millesse kinnitub keermepuuri hoidev kiirvahetuspadrun **6**.

Kui keermepuur põkkub ava põhjaga, libisevad siduri nukid mööda torni kaldpindu, suruvad vedru kokku ning lahutavad siduri. Selle tagajärjel pöörlemine keermepuurile enam edasi ei kandu ja puur seiskub kohe.

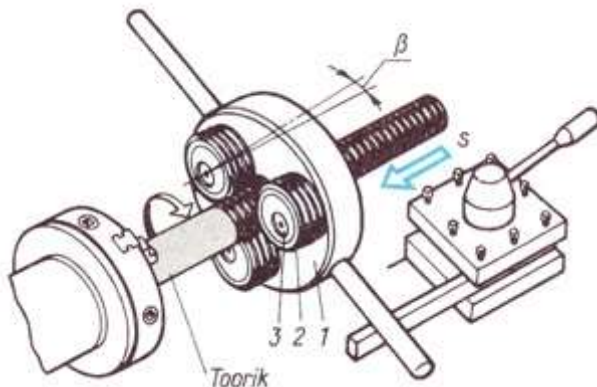
Ava ettevalmistamine keermepuuriga keermetamiseks. Keermepuuriga keermetamisel voolab soone põhjast mõningane kiht metalli harja poole, mis vähendab ava läbimõõtu ja raskendab lõikamist. Seepärast tuleb ava läbimõõt võtta mõnevõrra suurem, kui on keeme siseläbimõõt. Et teras on plastse deformatsiooni suhtes tundlikum kui malm, siis võetakse terastooriku ava suurem kui malmtoorikul. Keermetamisele kuuluva ava läbimõõd leitakse käsiraamatuist.

Keermepuuriga keermetamisel võetakse lõikekiirus **5...15 m/min**. Kasutatakse sobivat määrdevedelikku.

4. Keerme rullimine

Keerme rullimine seisneb tooriku materjali plastses deformeerimises, mille tulemusena kujuneb keere. Rullimisel on lõikamisega võrreldes järgmised eelised: 1) metalli kiude ei lõigata läbi, need painduvad ja tihenevad. Selle tulemusena saadakse tugev, kulumiskindel keere; 2) hoitakse kokku metalli, sest tooriku läbimõõt ei võeta siin mitte keermes- välisläbimõõdu, vaid keskläbimõõdu järgi.

Treipingil rullitakse väliskeeret reguleeritavate keermesrullidega (keermespea HП-1). Keermespea kere **1** (vt joonis 134) uretes asetsevatele vahetükkidele kinnitatakse telgedel **3** asetsevad keermesrullid **2**. Rullide keermesamm ja -profiil on samad mis lõigataval keermel. Keermes- läbimõõtu reguleeritakse rullide ekstsentrisktelgede tappide pööramisega.



Joonis 134. Väliskeerme rullimine; **1** kere, **2** rull, **3** rulli telg (allikas: Denezhnoi, Stiskin & Thor, 1990)

Keermespea võib kinnitada erilisse hoidikusse ja koos sellega tsentripukki. Sisselõikumise hetkel võib ka keermespead käes hoida ja seejärel toetada tema käepideme terahoidikusse kinnitatud plaadile (vt joonis 129). Rullimine tagab suure tootlikkuse, keermes- suure täpsusastme (kuni 6h), samuti väikese pinnakareduse ($Ra = 0,63 \dots 0,32 \mu\text{m}$).

Kergmetallidesse võib töödelda sisekeeret siserullimisega. Tööriist meenutab keermepuuri. Sellel on sisselõike- ja kalibreeriv osa, kuid laastu eraldussooned puuduvad.

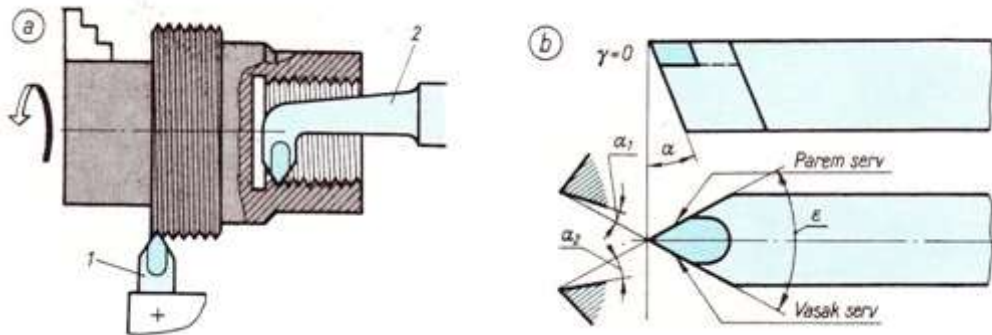
Keermetatava ava läbimõõdu saab siin umbkaudu määrata valemiga

$d_{\text{ava}} = d_l - 0,4P$. Seda täpsustatakse esimese detaili järgi. Siserullimisega saadakse samuti üsna suur keermes- täpsusaste (kuni 5H) ja väike pinnakaredus ($Ra = 0,63 \dots 0,32 \mu\text{m}$). Keermes- rullimisel kasutatakse mineraalõli.

5. Treiteraga keermetamine

Keermetreiterad

Kõrgete samateljelisusnõuete ja täpse sammuga keermes lõigatakse treipingis keermetreiteraga, mille ettenihe vastab lõigatava keermes sammule. Treiteraga võib lõigata välis- ja sisekeeret (vt joonis 135 a, b).



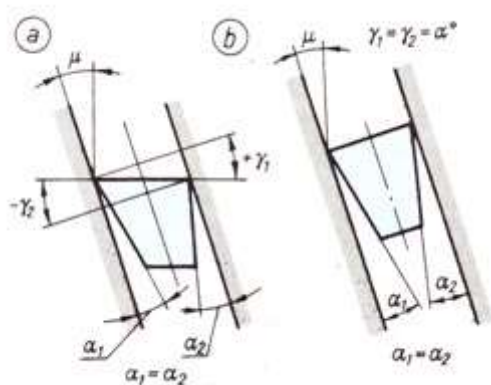
Joonis 135. Keermetreiterad; **a** treiterad töö, **b** kermisplaadiga puhastreimistega geomeetiline kuju; **1, 2** välis- ja sisetreitera (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Tera valmistatakse kiirlõiketerasest või kõvasulamist; ta profiil vastab lõigatava keermes profiilile. Meeterkeermes lõikamisel tera profiilnurk $\varepsilon = 60^\circ$, tollkeermes korral $\varepsilon = 55^\circ$. Teraga keermetamisel võib tekkida mõningane profiiliviga. Seepärast tera tegelik profiilnurk kitseneb pisut: kiirlõikaeterasest teradel 10...20', kermisteradel 20...30' võrra.

Puhaskeermetustera esinurk $\gamma = 0^\circ$, mustkeermetusteral 5...10°. Külgtahkude taganurgad (α_1 ja α_2) võetakse 3...5°, mille korral taganurk tera tipu juures $\alpha_t = 12...15^\circ$. Keermetera teritust kontrollitakse nurgamõõdiku või šablooniga.

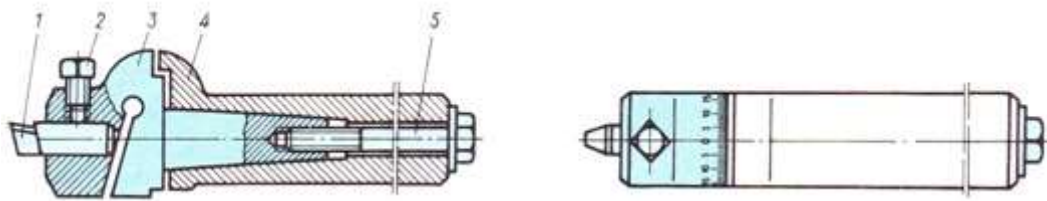
Et suure sammuga keermes lõikamisel tera külgpinnad ei hõõrduks vastu keermes seinu, kasutatakse kaht moodust:

1) tera käigusuunalise külgpinna taganurk võetakse suurem keermes tõusunurgast. Paremskeermeteral **ateritus** = $\alpha_1 + \mu$, kus μ on keermes tõusunurk (vt joonis 136 a). Sellisel juhul hakkab aga parempoolne lõikeserv töötama negatiivse esinurgaga ($-\gamma_2$), mis suurendab keermes pinnakaredust;



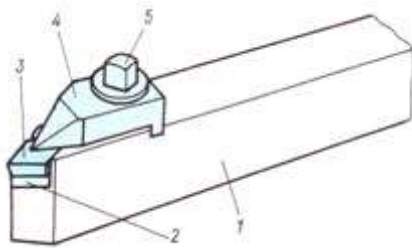
Joonis 136. Keermetreitera paigaldamine: **a** treitera pööratud, **b** treitera pööratud nurga μ võrra (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

2) tera külgpindade taganurgad valmistatakse võrdsed ($\alpha_1 = \alpha_2$), kuid tera paigaldamisel pööratakse teda keermes tõusunurga μ (vt joonis 136 b) võrra. Selleks kasutatakse jaotistega pöördpead (vt joonis 137).



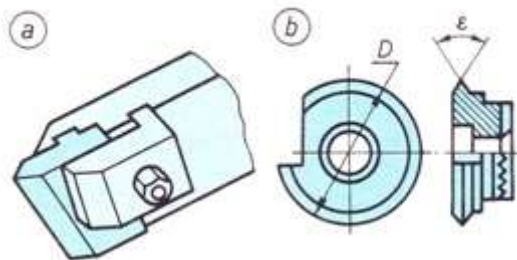
Joonis 137. Keermetera pöördpea : **1** terapea, **2** kruvi, **3** pöördpea, **4** kere, **5** polt (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Sageli kasutatakse mehaaniliselt kinnitatud kermisplaadiga keermetreiteri. Üks sellistest teradest on joonisel 138. Kermisplaat **3** paigaldatakse terakehasse **1** freesitud soonde ja kinnitatakse surveklambriga **4**. Plaadil on **4** lõikeserva ja seda saab kasutada palju kordi.



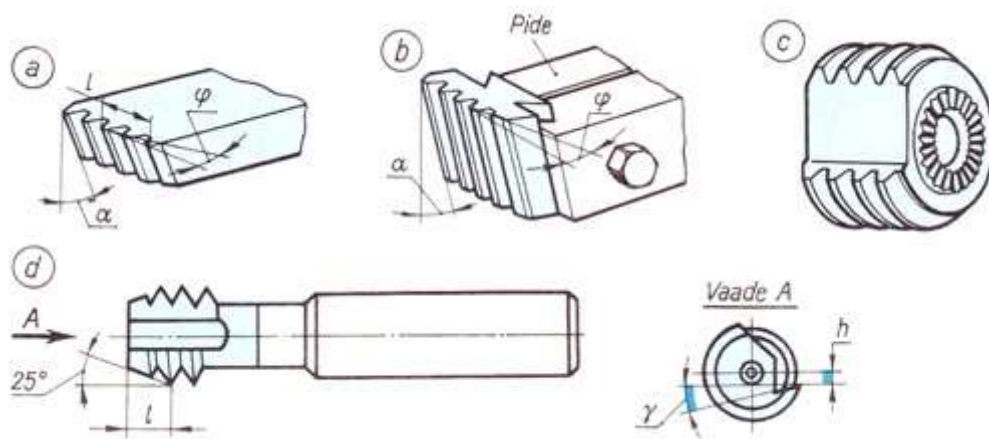
Joonis 138. Mehaaniliselt kinnitatud kermisplaadiga keermetreitera: **1** terakeha, **2** tugiplaat, **3** kermisplaat, **4** surveklamber, **5** polt (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Teritamise lihtsustamiseks ja teritamiskordade arvu vähendamiseks, samuti tera vahetamisele kuluva aja vähendamiseks kasutatakse sageli prisma- ja ketasteri (vt joonis 139), millel teritatakse ainult esipinda.



Joonis 139. Esipinnalt teritatavad keermetreiterad: **a**, **b** prisma- ja ketasteri (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

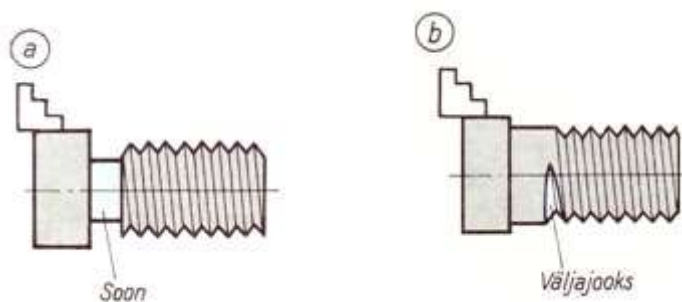
Läbiva keeme lõikamiseks kasutatakse sageli keermekammi, mis oma profiililt meenutab keermepuuri. Selle lõikeosa hammaste kõrgus kasvab järjest. Lõikeosale järgneb kalibreeriv osa. Sellise kammi abil saab ühe läbimiga töödelda keeme täieliku profiili. Konstruktsioonilt võivad kammid olla varras (vt joonis 140 a), prisma- (vt joonis 140 b) või ümarkammid (vt joonis 140 e, d).



Joonis 140. Keermekammid: **a** varraskamm, **b** prismakamm, **c** väliskeerme ümarkamm, **d** sisekeerme ümarkamm; **1** kammi lõikeosa (allikas: Denežnõi, Stiskin & Thor, 1990)

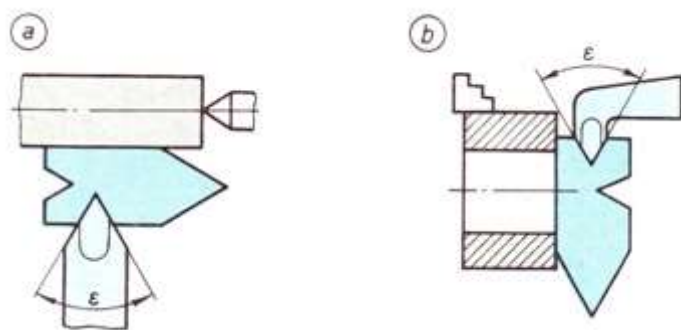
6. Kolmnurkkeerme lõikamine

Tooriku ettevalmistamine. Tooriku musttreimisel arvestatakse seda, et keermetamisel surutakse teatav hulk metalli keerme põhjast välja. Seepärast peab varda läbimõõt olema keerme välisläbimõõdust veidi väiksem, ava läbimõõt aga keerme siseläbimõõdust suurem. Keermetamiseks määratud varda ja ava läbimõõdu valik sõltub töödeldavast materjalist ja keerme sammust. Varda ja ava läbimõõd leitakse käsiraamatuist. Keermetatava lõigu lõppu treitakse tera väljumiseks soon (vt joonis 141 a). See ei tohi olla keerme sammust kitsam (kermistega kiirtöötlemisel on see piir **2...3 sammu**). Soon peab olema keermest **0,1...0,2 mm** sügavam. Mõnikord ei kujutata detaili joonisel keerme lõpus mitte soont, vaid tera väljajooksukohta (vt joonis 141 b), s. t. lõiku, kus keere pole täielik.



Joonis 141. Keerme lõpetamine **a** soonega keerme lõpus, **b** keerme väljajooksuga (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Treitera paigaldamine. Keermetera paigaldatakse täpselt tooriku telje kohale. Tooriku teljest allpool paiknev tera moonutab keerme profiili, üleval paiknev tera aga hakkab hõõrduma vastu detaili. Et keerme profiil tuleks õige, paigaldatakse tera šablooni järgi (vt joonis 142). Šabloon asetatakse toorikule selle telgtasandil ning tera viiakse šablooni salku. Lõikeservade asendit kontrollitakse pilu järgi. Seejärel tera kinnitatakse ja šabloon eemaldatakse.



Joonis 142. Keermetera paigaldamine šablooni järgi: **a, b** välis- ja sisekeermetamiseks (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Treiteraga keermetamise võtted. Keere lõigatakse mitme läbimiga. Iga läbimi lõpus viiakse tera keermest välja, suurt tagastatakse algasendisse ja alustatakse uut läbimit. Läbimite arv ja iga läbimi lõikesügavus sõltuvad keerme sammust ja treitera materjalist. Kui näiteks tahetakse lõigata kiirlõiketerasest P6M5 valmistatud teraga keeret sammuga 2...3 mm (9...7 niiti 1" kohta), soovitatakse 5...6 must- ja 3 puhaslähimit, kermisteraga keermetamisel soovitatakse aga kõigest 3 must- ja 2 puhaslähimit. Läbimite arv määratakse käsiraamatu järgi.

Pika keerme lõikamisel on otstarbekas viia suurt algasendisse käsitsi või kiire automaatkäiguga, kui veomutter on lahutatud. Ent seejuures tekib uue läbimi alguses raskusi tera viimisega keermesse.

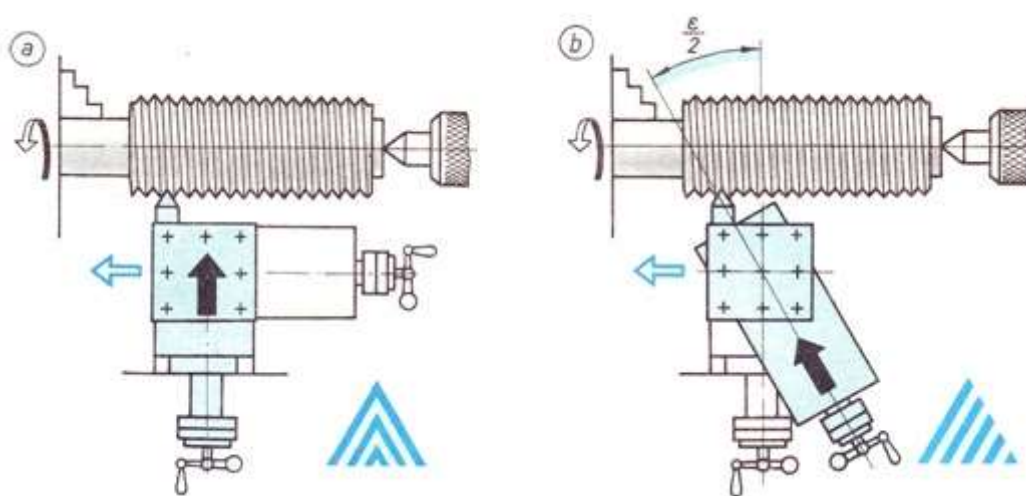
Kui käigukruvi samm jagub keerme sammuga jäägita (täisarvkeere), siis satub tera keermesse mutri sisselülitamisel igas asendis. Kui tegemist on murdarvkeermega, s.t. käigukruvi samm ei jagu täpselt keerme sammuga, siis viiakse suurt tagasi spindli kiirkäiguga ilma et seejuures lahutataks veomutrit. Sellisel juhul hakkab kruvipaari lõtk tööd

häärima. Et seda vähendada, viiakse tera iga uue läbimi eel kahe-kolme sammu võrra keerme piirkonnast välja ja alles siis alustatakse uut läbimit.

Detailide partii keermetamisel on soovitatav jaotada keermetamise operatsioon kaheks - must- ja puhastöötluseks. Enne puhaskermetamist tuleb treitera uuesti teritada.

Keermetamise alghetkel surub telgjõud tera veidi eemale. Seetõttu tuleb esimene keermeniit mõnevõrra paksem kui järgmised. Ka viimane keermeniit kujuneb paksemaks, sest jõudude mõju lakkamisel treitera sirgestub. Et mutter läheks kruvi otsa, tuleb esimest ja viimast keermeniiti faasida.

Tera küljetine sisseviimine. Suure sammuga (**üle 2 mm**) keerme lõikamisel ei viida tera sisse mitte risti, vaid küljelt. Sel juhul töötab vaid üks lõike-serv. Nii kergendatakse lõikamist ja parendatakse keerme kvaliteeti (vt joonis 143 a, b). Selliselt töötamiseks pööratakse supordi ülemist kelku $\epsilon/2$ (meeterkeerme korral $\epsilon/2 = 30^\circ$) nurga võrra oma normaalasendist kõrvale. Treitera viiakse lõiketasandisse supordi ülemise kelgu käsiratta abil. Viimased **1...2** puhaslähimist sooritatakse ristettenihkega.



Joonis 143. Keermetera sisseviimine: **a** risti, **b** küljelti nurga $\epsilon/2$ võrra pööratud supordikelguga (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Vasakkeerme lõikamisel pannakse käigukruvi pöörlema vastu spindli pöörlemise suunda. Selleks lülitatakse sisse käigukruvi tagastusmehhanism (trensel). Vasakkeermetamisel viiakse tera sisse keerme taga olevast soonest, suurt aga liigub vasakult paremale.

Treiteraga keermetamise lõikerežiimid.

Lõikesügavuse määrab läbimite arv.

Ettenihe on ühekäigulise keerme lõikamisel võrdne keerme sammuga, mitmekäigulise keerme lõikamisel keerme käiguga ($H = kP$ mm, kus k on käikude arv).

Lõikekiirus sõltub tooriku ja treitera materjalist. Terasse keermetamisel kiirlõiketerasest treiteraga valitakse lõikekiirus 20...35 m/min, malmi töötlemisel 10...15 m/min. Kui kasutatakse kermistera, on vastavad piirid 100...150 ja 40...60. Puhaslähimite tegemiseks suurendatakse lõikekiirust 1,5...2 korda. Sisekeermetamisel vähendatakse lõikekiirust 20...30 %.

7. Käigukeerme lõikamine

Jõuülekannetes kasutatakse trapets-, tugi-, täisnurk-, moodul- ja pitskeeret.

Trapetskeermeprofiil vastab võrdkülgsele trapetsile külgedevahelise nurgaga 30° .

Tugikeermeprofiil on mittevõrdkülgne trapets, mille külgede kaldenurgad on 30° ja 3° . Surve võtab vastu külg, mille kaldenurk on 3° .

Täisnurkkeermeprofiil on ruut või ristkülik. Soone sügavus on harilikult pool keermesammu. Täisnurkkeermed ei ole standardiseeritud ning tööstuses kasutatakse neid harva (asendatakse trapetskeermega).

Moodulkeermeprofiil on võrdkülgne trapets külgedevahelise nurgaga 40° . Seda kasutatakse tiguülekannetes. Keermesamm on standardse mooduli kordne: $P = \pi m$.

Pitskeeret kasutatakse samuti tigude valmistamisel. Tema sammu mõõdetakse tollides

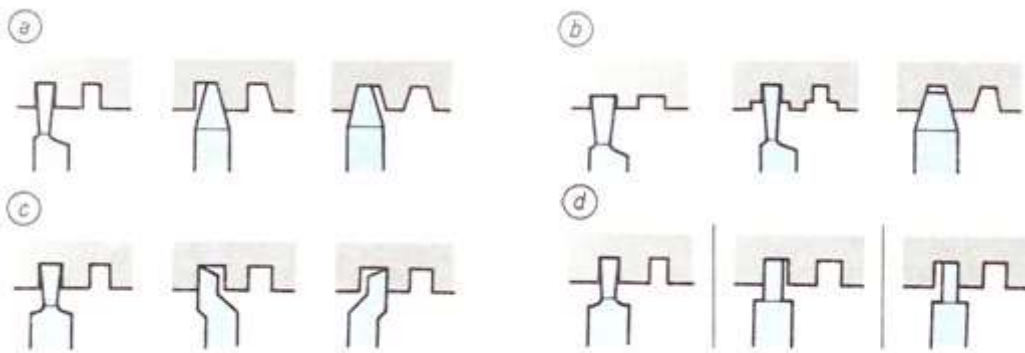
$$P = \frac{n25,4}{Pp}, \text{ kus}$$

Pp on ette antud pits (diameetraalsamm).

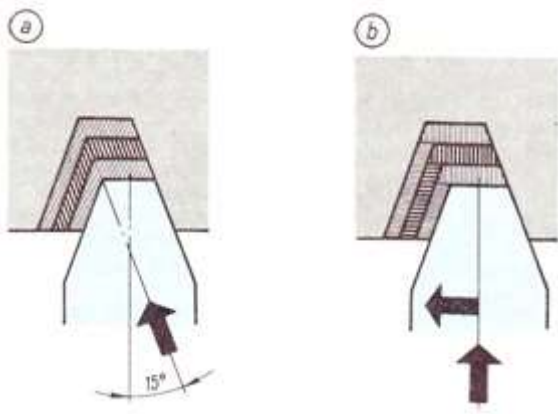
Käigukeermete lõikamise viise. SKuni 3-mm sammuga trapets-, tugi- ja täisnurkkeeret lõigatakse teritatud teraga mitme läbimi jooksul nagu kolmnurk-keeretki.

Suurema sammuga trapetskeermepuhastamisel lõigatakse esmalt täisnurkne keermesoon, millele seejärel antakse trapetsprofiiliga puhastkeermetera abil lõplik kuju (vt joonis 144 a). Keermetera viiakse sisse nurga $\varepsilon/2$ all või risti- ja külglõikumist ühitades (vt joonis 145 a, b). Kuni 8-mm sammuga trapetskeeret on otstarbekas enne lõigata laia sooneteraga 0,25h sügavuselt (h on keermeprofiili kõrgus), seejärel kitsa sooneteraga profiili täieliku sügavuseni, lõplikult puhastada aga trapetsprofiiliga keermetera abil (vt joonis 144 b).

Jämedat täisnurkkeeret lõigatakse kõigepealt kitsa sooneteraga (vt joonis 144 c); seejärel töödeldakse eraldi keermeniitide parem- ja vasakpoolsed küljed. Joonisel 144 d on kujutatud täisnurkkeermepuhastamine kahe, must- ja puhastõõlussooneteraga.



Joonis 144. Käigukeermepuhastamine: trapetskeermepuhastamine **a** kahe ja **b** kolme treiteraga; täisnurkkeermepuhastamine **c** kolme ja **d** nelja treiteraga (allikas: Denezhni, Stiskin & Thor, 1990)



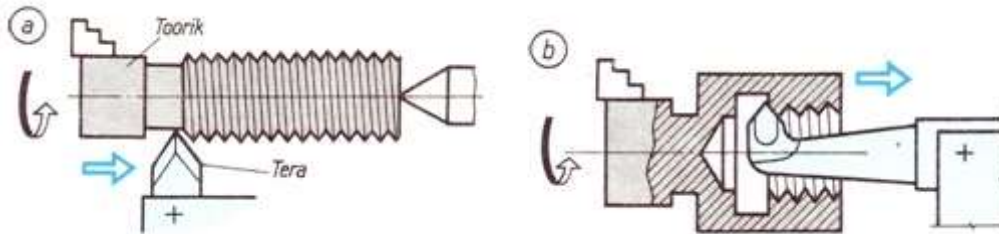
Joonis 145. Keermetera lõikesse viimine trapetskeerme lõikamisel: **a** küljeti, **b** kombineeritult (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Trapets- ja täisnurkprofiiliga sisekeeret lõigatakse vastavat profiili omavate teradega, mis on kas terviklikud või koostatavad.

Kui kruvipaari (kruvi ja mutter) valmistatakse üksiktootmises, siis kontrollitakse kruvi keeret mutriga (keeratavuse kontroll). Suursari- ja hulgitootmises kontrollitakse trapetskeeret kaliibriga. Täisnurk-, trapets-, tugi- ja moodulkeerme sammu ning profiili kontrollitakse šablooniga. Täpsem (laboratoorne) kontroll tehakse instrumentaal- ja universaalmikroskoobiga.

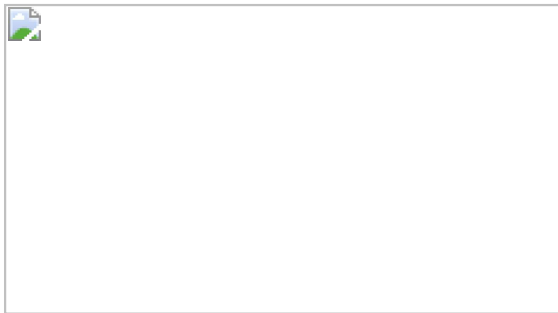
8. Kiirkeermetamine

Kermisteraga kiirkeermetamine tõstab järsult tööviljakust ja keermete kvaliteeti. Siin esineb aga tera toorikusse sisselõikamise oht tera keermest väljumisel, sest treial ei jõua ühel ajal viia tera lõpusoonest välja ja trenslit sisse lülitada. Et seda vältida, alustatakse keermete lõikamist väljajooksusoonest, kusjuures spindel pöörleb vastupidi tavalisele suunale. Ettenihke suund paremkeermete lõikamisel on vasakult paremale, s. t. Treitera väljub keermest ja liigub toorikust eemale (vt joonis 146 a). Sisekeermete lõigatakse painutatud peaga treitera abil (vt joonis 146 b).



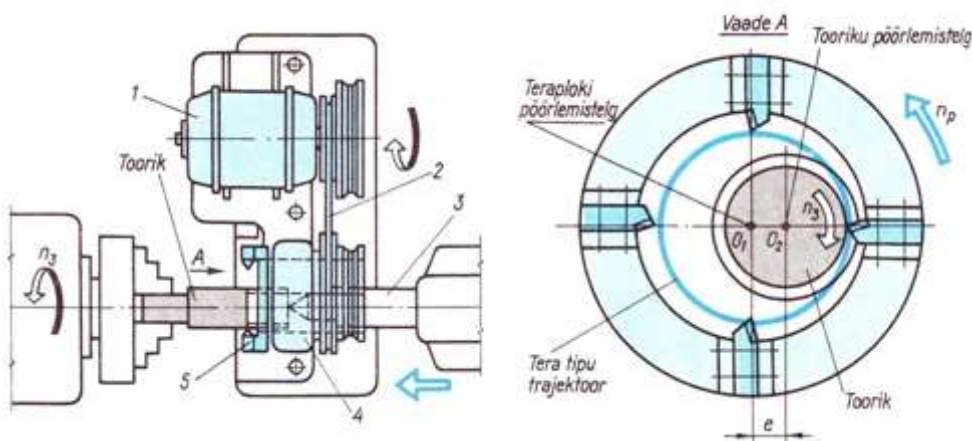
Joonis 146. Kiirkeermetamine väljajooksuga: **a**, **b** välis- ja sisekeermetamine (allikas: Denezhnoi, Stiskin & Thor, 1990)

Kiirkeermetamisel kasutatakse läbimi lõpus tera automaatseks väljaviimiseks rakiseid. Terahoidikuga rakis viskab vedru mõjul tera eemale läbimi lõpus, s.t. siis, kui tera on jõudnud soonde ja lõikejõu mõju lakkab (vt joonis 147).



Joonis 147. Kiirkeermetusrakis: **1** keermetreitera, **2** kera, **3** pide, **4** vedru (allikas: Denezhnoi, Stiskin & Thor, 1990)

Trapetskeermete lõikamine lendteraga. Sari- ja hulgitootmises keermetatakse trapetskeermega kruvisid lendteraga (vt joonis 148). Supordi ristjuhikutele paigaldatakse ülemise supordi asemele õõnsa spindliga spindlipea **4**. Spindli külge kinnitatakse terahoidik **5**, milles paiknevad nõutava profiiliga kermistreiterad. Spindli paneb kiil-rihmülekanne **2** vahendusel pöörlema elektrimootor **1**, mis on samuti kinnitatud supordikelgule. Toorik kinnitatakse pingi spindli padrunisse. Tema teine ots läheb läbi spindlipea **4** ja toetub tagumisele tsentrile.



Joonis 148. Keermetamine lendteraga; **1** elektrimootor, **2** kiilrihmülekanne, **3** tsentripuki pinool, **4** spindlipea, **5** nelja treitera hoidik (allikas: Deneznõi, Stiskin & Thor, 1990)

Spindlipea pöörlemistelg on tooriku telje suhtes nihutatud, mistõttu terad lõikavad toorikut järjekorras ja lühikesel lõikealal. Spindlipea paigutatakse tooriku telje suhtes keerme tõusunurgaga võrdse nurga alla.

Spindlipea koos terahoidikuga pöörleb kiiresti (kuni 2000 p/min), toorik aga aeglaselt (kuni 20 p/min). Samal ajal lülitatakse sisse keerme sammuga võrdne ettenihe nagu tavalise teraga keermetamisel. Nende kolme liikumise liitmine võimaldab keermetada ühe läbimiga, mis annab kõrge tootlikkuse. Keere saab pinnakareduse $Ra = 1,25...0,63 \mu m$.

Lendteraga keermetamisel moodustub peente laastude keeris; seepärast asetatakse rakisele kate.