A. OGLOBLIN

Treimistööd



77381

A-30792

A. N. OGLOBLIN

TREIMISTÖÖD

KIRJASTUS «VALGUS» · TALLINN 1970

6T4
O-16

Kaane kujundanud R. Pangsep

Originaali tiitel:
A. Н. Оглоблин
Основы токарного дела
Издание 2-е, переработанное
Издательство «Машиностроение» Ленинград 1967

УДК 621.941
Токарное дело
А. Н. Оглоблин
1970

В книге рассмотрены процесс резания и резцы, устройство токарных станков, способы закрепления обрабатываемых деталей, приведены основные сведения о допусках и посадках, описаны методы достижения чистоты и точности поверхностей, обрабатываемых на токарных станках, и их контроль.

Большая часть книги посвящена основным токарным работам — обработке наружных поверхностей, отверстий, конусов, нарезанию резьб и т. д. Изложены также способы повышения производительности при токарной обработке.

Книга рассчитана на молодых токарей 1—2-го разрядов, осваивающих свою профессию и повышающих квалификацию путем индивидуального или организованного обучения. Она может быть полезна учащимся профессионально-технических училищ и мастерам производственного обучения.

Илл. 280, табл. 35.

Raamatus käsitletakse treimistöö üldisi küsimusi, lõikamisprotsessi ja lõiketeri, treipinkide ehitust, töödeldavate pindade puhtust ja täpsust. Suur osa raamatust on pühendatud põhilistele treimistöödele: välispindade töötlemisele, aukude puurimisele, koonuste ja keermete lõikamisele jne. Tutvustatakse ka treimistööde tootlikkuse tõstmise mooduseid.

Raamat on mõeldud I ja II järgu treialitele kvalifikatsiooni tõstmiseks, kuid ta võib olla kasulik ka kutsekoolide õpilastele ja tootmisõpetuse meistritele.

Vene keelest tõlkinud A. Koppel.

3—12—4
46—70

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
77381

7. oktoobril 1966. a. suri selle ja mitmekümne teise töölistele määratud raamatu laialdaselt tuntud autor Aleksander Ogloblin.

A. Ogloblin sündis 1893. a. Permi linnas, kus sai ka hariduse ja alustas töötamist treialina. 1922. aastal, sõitnud Leningradi, töötas ta tehastes «Elektrosila» ja «Russki Dizel» konstruktorina, tehnoloogina, insener-ratsionalisaatorina, tehase rakiste tehnoloogilise, hiljem konstrueerimisbüroo juhatajana.

Tehnilist kirjandust oli sel ajal väga vähe ja eesrindlike kogemuste propageerimise entusiast A. Ogloblin hakkas kirjutama tehnilisi raamatuid ja artikleid töölistele.

Ajavahemikus 1930. kuni 1966. a. kirjutas ta üle 150 töö, milledest ligikaudu 50 olid õpikud ja käsiraamatud, nende hulgas üle 20 treimistööde alalt, üle 10 freesimistööde alalt jt. Paljusid nendest tõlgiti Nõukogude Liidu rahvaste ja võõrkeeltesse. Nende seas olid tööliste hulgas hinnatavad ja anti välja mitmetes trükkides sellised raamatud, nagu «Treimistööd», «Treiali tehniline miinimum», «Treipingid ja töötamine nendel», «Universaalne treial», «Treiali käsiraamat», «Freespingid ja töötamine nendel», «Freesija käsiraamat», «Kuidas lugeda masinaehitusjoonist», «Töötamine puurpingil» ja palju teisi. Mõned raamatud kirjutas A. Ogloblin insener-tehnilistele töötajatele.

Tööpinkide hiilgav tundmine, nendel töötamise kogemused, oskus esitada materjali hea ja oskusliku keelega, erakordselt range ja tõsine suhtumine oma raamatutesse ja materjali valikusse, kõige uue ja novaatorite kogemuste hoolikas tundmaõppimine — kõik see tõi kaasa A. Ogloblini tööde suure populaarsuse.

Kiirlõikamise arenguperioodil sõjajärgsetel aastatel haaras A. Ogloblin ühena esimestest kinni treialite ja freesijate algatusest ja püüdis teoreetiliselt põhjendada nende

uusi töid. Ta oli Leningradi Treialite Nõukogu, millest hiljem kasvas välja Novaatorite Nõukogu, üheks rajajaks ja aktiivseks osavõtjaks. Riiklike preemiate laureaadid, teenelised treialid G. Bortkevitš, V. Trutnjev, freesija J. Savitš ja paljud teised meenutavad tänuga oma õpetajat A. Ogloblinit.

Laialdane kirjavahetus treialite ja freesijatega meie maa igast nurgast, abistamine nõuande ja raamatuga oli iseloomulik tema igapäevasele tegevusele.

1930. aastast oli A. Ogloblin M. I. Kalinini nimelise Leningradi Polütehnilise Instituudi masinaehituse tehnoloogia kateedri õppejõuks, seejärel dotsendiks. Siin luges ta kursusi «Rakiste projekteerimine», «Tööpingiehituse tehnoloogia», «Metallide lõiketöötlemine» jt. ja juhendas diplomitööde projekteerimist.

Isamaasõja karmidel aastatel, Leningradi blokaadi ajal, töötas A. Ogloblin kuhugi sõitmata kangelaslinna kaitsetehastes. Tema raamatud ilmusid ka sellel raskel ajal.

A. Ogloblinit on mitmel korral valitsuse poolt autasustatud.

A. Ogloblini elu katkes selle raamatu kirjutamise perioodil. Vaatamata kõrgele vanusele mõlkus tema mõtetes selle raamatu järje — kõrgeltkvalifitseeritud treialitele määratud raamatu ja teiste tööde väljaandmine.

Selle raamatu viis lõpule toimetaja. Tahaks loota, et ta on kasulik noorte tööpingitööliste pealekasvavale põlvkonnale.

Venekeelse väljaande toimetaja.

Esimene osa. TREIMISTÖÖDE ÜLDKÜSIMUSED

I peatükk. PÕHITEATMEID LÕIKEPROTSESSIST JA LÕIKETERADEST

1. VAJALIKUD MÕISTED JA MÄÄRANGUD

Töötlemisvaru mõiste. Metallilõikepinkidel töödeldavad masinadetailid valmistatakse valanditest, sepistest, valtsmaterjali tükkidest ja teistest toorikutest. Detail saab vajaliku kuju ja mõõtmed pärast seda, kui toorikult on ära lõigatud kogu üleliigne materjal või nagu öeldakse — töötlemisvaru, mis tekib tooriku valmistamisel.

Töötlemisvaruks (üldiseks) nimetatakse metallikihti, mis tuleb toorikult tingimata eemaldada lõplikult töödeldud detaili saamiseks.

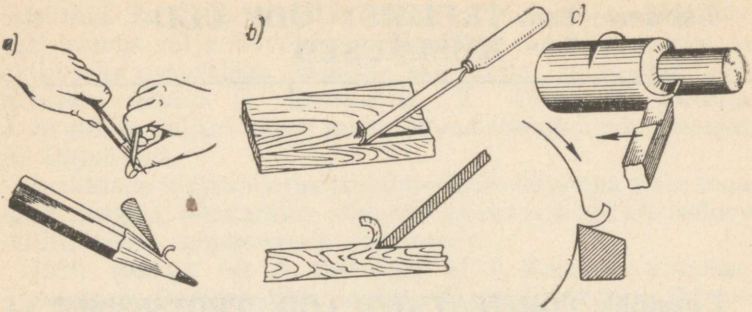
Paljusid detaile töödeldakse järjest mitmetel pinkidel, igaühel neist eraldatakse vaid osa üldisest töötlemisvarust. Nii näiteks detaili, mille mõõtmed peavad olema väga täpsed, pinnad aga väga siledad, töödeldakse eelnevalt treipinkidel, lõplikult aga lihvpinkidel.

Metallikihti, mis töödeldakse maha treipingis, nimetatakse treimise töötlemisvaruks.

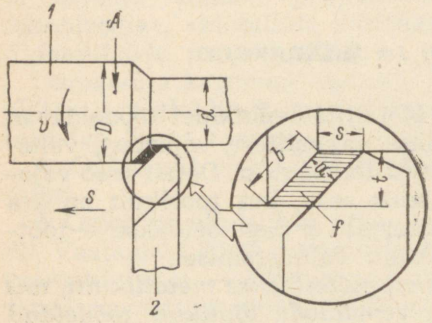
Metalli osa, mis eraldatakse (lõigatakse) toorikult tema töötlemisprotsessis, nimetatakse laastuks.

Kõik ülaltoodud määrangud on kehtivad ka mittemetalsetest materjalidest (plastmassidest, kummist jne.) detailide töötlemisel.

Kiil kui igasuguse lõikeriista alus. Metallilõikepinkidel, eriti treipinkidel töötlemiseks kasutatavad lõikeriistad on väga mitmekesised, kuid nende olemus on ühesugune. Igaüks neist lõikeriistadest on kiil, mille ehitus ja töötamine on üldtuntud. Nuga (joon. 1, *a*), millega me teritame pliiatsit, on ristlõikes kiilu kujuga. Tisleri peitel (joon. 1, *b*)



Joon. 1. Kiil kui igasuguse lõikeriista alus.



Joon. 2. Lõikeliikumised ja -elemendid treimisel.

kujutab endast samuti kiilu terava nurgaga oma otspindade vahel.

Kõige tarvitatavamaks lõikeriistaks detailide treipinkidel töötlemisel on treitera (joon. 1, *c*). Treitera tööosa lõikel on samuti kiilu kuju.

Lõikeliikumised treimisel. Joonisel 2 on skemaatiliselt näidatud detaili *1* treimine treiteraga *2*. Detail pöörleb sealjuures noole *v* suunas, aga tera liigub noole *s* suunas ja lõikab detaililt maha laastu. Esimene nendest on pea-, teine ettenihkeliikumine.

Pealiikumiseks nimetatakse treimisel detaili pöörlemist. Seda iseloomustab lõikekiirus.

Abiliikumiseks nimetatakse treimisel lõikeriista liikumist. Seda iseloomustab ettenihe.

Lõikekiirus. Detaili töödeldava pinna iga punkt, näiteks punkt *A* (joon. 2), läbib ajaühikus, näiteks ühes minutis, mingi teekonna. Selle teekonna pikkus võib olla suurem või väiksem, sõltuvalt detaili pöörete arvust minutis ja läbimõõdust, ning ta määrab lõikekiiruse.

Lõikekiiruseks nimetatakse teekonna pikkust, mille läbib detaili töödeldava pinna punkt ühes minutis.

Lõikekiirust mõõdetakse meetritega minutis ja tähistatakse tähega v. Lühiduse mõttes kirjutatakse sõnade «meetrit minutis» asemel m/min.

Lõikekiirus treimisel leitakse valemiga

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \qquad (1)$$

kus v on otsitav lõikekiirus m/min;

π — ringjoone pikkuse ja diameetri suhe, võrdub 3,14;

D — detaili töödeldava pinna läbimõõt mm;

n — detaili pöörete arv minutis.

Korrutis πDn valemis (1) tuleb jagada tuhandega selleks, et arvutatav lõikekiirus oleks väljendatud meetrites.

Valemit loetakse nii: *lõikekiirus on võrdne töödeldava detaili ümbermõõdu ja tema minutis tehtava pöörete arvu korrutisega, mis on jagatud tuhandega.*

Näide 1. Tööpingis töödeldav võll pöörleb kiirusega 300 p/min. Võlli tooriku läbimõõt on 50 mm. Kui suur on lõikekiirus?

Valemist (1) leiame

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 50 \cdot 300}{1000} = 47{,}1 \text{ m/min.}$$

Pöörete arvu minutis, mida teeb antud läbimõõduga detail etteantud lõikekiiruse puhul, määratakse valemiga

$$n = \frac{1000\, v}{\pi D}$$

Näide 2. Võlli, mille tooriku läbimõõt on 50 mm, tuleb töödelda lõikekiirusega 47,1 m/min. Mitu pööret peab võll tegema minutis?

Valemi (2) järgi leiame

$$n = \frac{1000 \text{ v}}{\pi \text{D}} = \frac{1000 \cdot 47{,}1}{3{,}14 \cdot 50} = 300 \text{ p/min.}$$

Ettenihe. Olenevalt töötingimustest võib tera edasiliikumine lõiketöötlemisel toimuda kiiremini või aeglasemalt. Seda iseloomustab ettenihe.

Ettenihkeks nimetatakse tera edasiliikumise suurust töödeldava detaili ühe pöörde jooksul.

Ettenihet mõõdetakse millimeetrites detaili ühe pöörde kohta ja tähistatakse tähega s. Lühiduse mõttes kirjuta-

takse sõnade «millimeetrites ühe pöörde kohta» asemel mm/p.

Ettenihet nimetatakse pikisuunaliseks (pikiettenihkeks), kui tera liikumine toimub paralleelselt töödeldava detaili teljega, ja ristsuunaliseks (ristettenihkeks), kui tera liigub risti detaili teljega.

Lõikesügavus. Edasiliikumisel eraldab tera detaililt metallikihi, mille paksust iseloomustab lõikesügavus.

Lõikesügavuseks nimetatakse eraldatava metallikihi paksust, mida mõõdetakse detaili töödeldava pinna ristsuunas.

Lõikesügavust mõõdetakse millimeetrites ja tähistatakse tähega *t*. Välisel pikitreimisel võrdub lõikesügavus poolega töödeldava detaili läbimõõtude vahest enne ja pärast ühte läbimit. Näiteks kui detaili läbimõõt enne treimist oli 100 mm, pärast ühte läbimit aga 90 mm, siis lõikesügavus

$$t = \frac{100 - 90}{2} = 5 \text{ mm.}$$

Lõigend, tema paksus, laius ja pindala. Tingituna laastu deformeerumisest[1] tema moodustumise protsessis tulevad laastu laius ja eriti paksus suuremad joonisel 2 toodud mõõtmetest *b* ja *a*. Laastu pikkus osutub väiksemaks detaili pinna töödeldud osa vastavast mõõtmest. Seepärast ei peegelda joonisel 2 viirutatud pind, mida nimetatakse lõigendiks, eraldatava laastu ristlõiget.

Lõigendiks nimetatakse antud lõikesügavuse ja ettenihkega eraldatava metallikihi ristlõiget. Lõigendi mõõtmeid iseloomustavad tema paksus ja laius.

Lõigendi paksuseks nimetatakse lõiketera lõikeserva asendite vahelist kaugust enne ja pärast detaili üht pööret. Lõigendi paksust mõõdetakse risti lõikeservaga.

Lõigendi paksust mõõdetakse millimeetrites (mm) ja tähistatakse tähega *a*.

Lõigendi laiuseks nimetatakse lõiketera lõikeserva töötava osa äärmiste punktide vahelist kaugust.

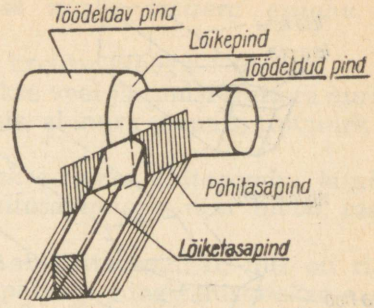
Lõigendi laiust mõõdetakse millimeetrites (mm) ja tähistatakse tähega *b*.

Joonisel 2 viirutatud rööpkülik kujutab lõigendi pindala.

Lõigendi pindala on võrdne ettenihke ja lõikesügavuse korrutisega.

---

[1] Deformatsioon — keha kuju ja mõõtmete muutumine temale mõjuvate välisjõudude toimel.



Joon. 3. Pinnad ja tasapinnad lõiketöötlemisel.

Lõigendi pindala mõõdetakse mm^2-tes, tähistatakse tähega f ja määratakse valemiga

$$f = st, \qquad (3)$$

kus f on lõigendi pindala mm^2,

s — ettenihe ühele pöördele mm,

t — lõikesügavus mm.

Kui näiteks detaili treitakse ettenihkega 0,2 mm/p ja lõikesügavusega 4 mm, siis lõigendi pindala $f = st = 0{,}2 \cdot 4 = 0{,}8\ mm^2$.

Pinnad ja tasapinnad lõiketöötlemise protsessis. Detaili töötlemisel lõiketeraga eristatakse detailil järgmisi pindu: töödeldav ja töödeldud pind ning lõikepind (joon. 3).

Töödeldavaks pinnaks nimetatakse seda pinda, millelt eraldatakse laastu.

Töödeldud pinnaks nimetatakse detaili pinda, mis saadakse pärast laastu eraldamist.

Lõikepinnaks nimetatakse pinda, mis moodustatakse töödeldaval detailil otseselt tera lõikeserva poolt.

Treitera nurkade määramiseks on kasutusel mõisted lõiketasapind ja põhitasapind.

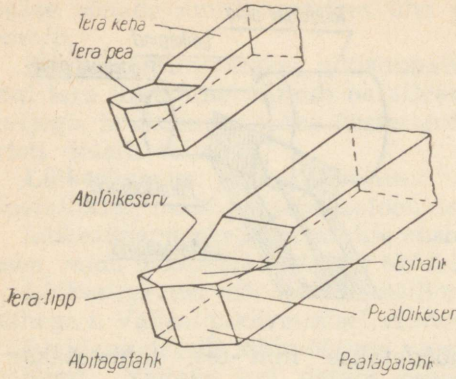
Lõiketasapinnaks nimetatakse tasapinda, mis on puutujaks lõikepinnale ja läbib tera lõikeserva.

Põhitasapinnaks nimetatakse tasapinda, mis on paralleelne nii tera piki- kui ka ristettenihkega.

Treitera osad ja tema pea elemendid. Treitera (joon. 4) koosneb peast ehk tööosast ja kehast, mille abil tera kinnitatakse.

Tera pea pindadele ja teistele elementidele on antud järgmised nimetused.

Treitera esitahuks nimetatakse seda pinda, mida mööda libiseb laast.



Joon. 4. Treitera osad ja tema pea elemendid.

Treitera tagatahkudeks nimetatakse pindu, mis on pööratud töödeldava detaili poole, kusjuures ühte neist nimetatakse pea-, teist aga abitagatahuks.

Treitera lõikeservadeks nimetatakse jooni, mis moodustuvad esitahu ja tagatahkude lõikumisel. Lõikeserva, mis teeb peamise lõiketöö, nimetatakse pealõikeservaks. Teist treitera lõikeserva nimetatakse abilõikeservaks.

Jooniselt 4 on näha, et treitera peatagatahuks on pind, millel asetseb pealõikeserv, abitagatahuks aga pind, millel asetseb abilõikeserv.

Tera tipuks nimetatakse pea- ja abilõikeserva lõikepunkti. Tera tipp võib olla terav, mahalõigatud või ümardatud.

Treitera nurgad. Treitera peanurkadeks on taganurk, esinurk, teravusnurk ja lõikenurk. Neid nurki mõõdetakse pearisttasapinnal (joon. 5).

Pearisttasapind on tasapind, mis on risti pealõikeserva ja põhitasapinnaga.

Taganurgaks nimetatakse nurka treitera peatagatahu ja lõiketasapinna vahel.

Seda nurka tähistatakse kreeka tähega α (alfa).

Teravusnurgaks nimetatakse nurka treitera esitahu ja peatagatahu vahel.

Seda nurka tähistatakse kreeka tähega β (beeta).

Esinurgaks nimetatakse nurka treitera esitahu ja pealõikeserva läbiva ja lõiketasapinnaga risti oleva tasapinna vahel.

Seda nurka tähistatakse kreeka tähega γ (gamma).

Lõikenurgaks nimetatakse nurka treitera esitahu ja lõiketasapinna vahel.

Seda nurka tähistatakse kreeka tähega δ (delta).

Peale nimetatute eristatakse veel järgmisi treitera nurki: abitaganurk, peanurk plaanis, abinurk plaanis, tipunurk ja pealõikeserva kaldenurk.

Abitaganurgaks nimetatakse nurka abitagatahu ja abilõikeserva läbiva ning põhitasapinnaga risti oleva tasapinna vahel.

Seda nurka mõõdetakse abiristtasapinnal, mis on risti abilõikeservaga ja põhitasapinnaga ning tähistatakse α_1.

Peanurgaks plaanis nimetatakse nurka pealõikeserva ja ettenihke suuna vahel.

Seda nurka tähistatakse φ_1 (fii).

Abinurgaks plaanis nimetatakse nurka abilõikeserva ja ettenihke suuna vahel.

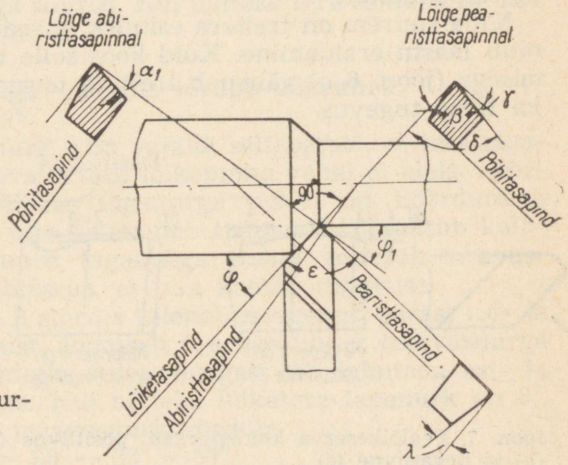
Seda nurka tähistatakse kreeka tähega φ (fii).

Tipunurgaks nimetatakse nurka, mis moodustub pea- ja abilõikeservade lõikumisel.

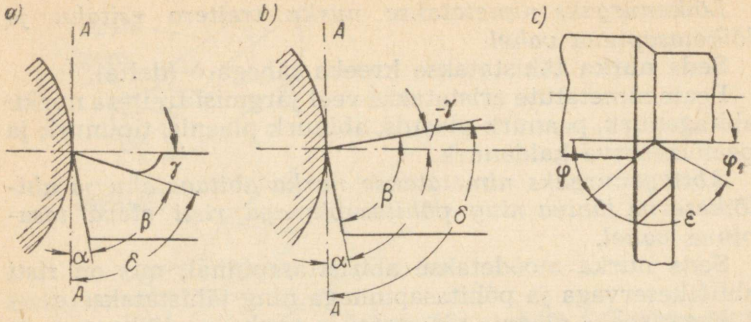
Seda nurka tähistatakse kreeka tähega ε (epsilon).

Treitera nurkade lihtsustatud kujutis, mida kasutatakse praktikas, on esitatud joonisel 6, *a* ja *b* (joon. *AA* on lõiketasapind). Joonisel 6, *c* on esitatud treitera nurgad plaanis.

Treitera pealõikeserv võib tera tipust põhitasapinnaga



Joon. 5. Treitera nurgad.



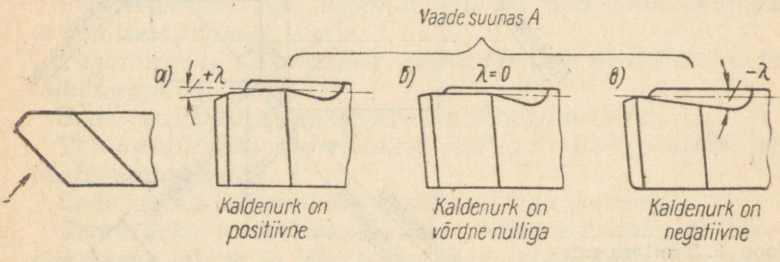
Joon. 6. Treitera nurkade lihtsustatud kujutamine.

paralleelselt tõmmatud sirge suhtes moodustada mitmesuguseid kaldenurki (joon. 7).

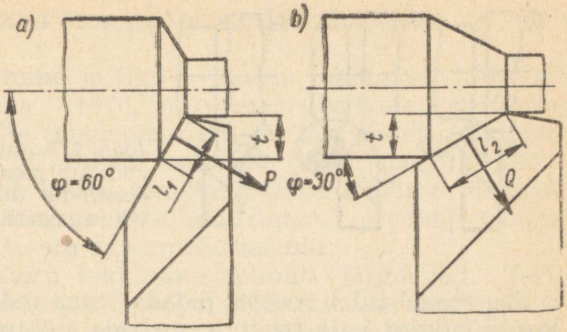
Kaldenurka mõõdetakse tasapinnas, mis läbib pealõikeserva ja on risti põhitasapinnaga ning tähistatakse kreeka tähega λ (lambda). Seda nurka loetakse positiivseks (joon. 7, *a*), kui tera tipp on lõikeserva kõige madalamaks punktiks, võrdseks nulliga (joon. 7, *b*), kui pealõikeserv on paralleelne põhitasapinnaga, ja negatiivseks (joon. 7, *c*), kui tera tipp on lõikeserva kõige kõrgemaks punktiks.

Treitera nurkade tähtsus ja üldised kaalutlused nende valimisel. Kõigil loetletud nurkadel on suur tähtsus lõikeprotsessis ja nende suuruste valikule tuleb läheneda väga tähelepanelikult.

Mida suurem on treitera esinurk γ, seda kergemini toimub laastu eraldamine. Kuid koos selle nurga suurendamisega (joon. 6, *a*) väheneb treitera teravusnurk ja seega ka tema tugevus.



Joon. 7. Pealõikeserva kaldenurgad: positiivne (*a*), võrdne nulliga (*b*) ja negatiivne (*c*).



Joon. 8. Peanurga plaanis mõju lõikeprotsessile.

Järelikult võib treitera esinurk olla suhteliselt suur pehmete materjalide töötlemisel ja vastupidi, peab olema väiksem, kui töödeldav materjal on kõva.

Esinurk võib olla ka negatiivne (joon. 6, *b*), mis tõstab tera tugevust.

Jooniselt 6, *a* selgub, et esinurga vähendamisega suureneb lõikenurk. Võrreldes seda eelöelduga esinurga ja töödeldava materjali kõvaduse sõltuvuse kohta, võib öelda, et mida kõvem on töödeldav materjal, seda suurem peab olema lõikenurk ja vastupidi.

Jooniselt 6, *a* on näha, et lõikenurga δ suuruse määramiseks, kui treitera esinurk on teada, tuleb nurgast 90° lahutada esinurga suurus. Kui näiteks tera esinurk on 25°, siis lõikenurk võrdub

$90° - 25° = 65°$,

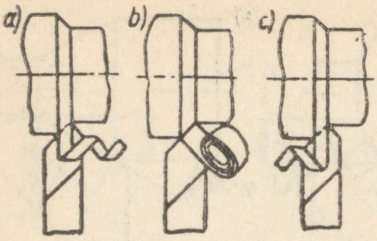
kui esinurk on aga —5°, siis võrdub lõikenurk

$90° - (-5°) = 95°$.

Treitera taganurk α on vajalik sellepärast, et tera tagatahu ja töödeldava detaili lõikepinna vahel ei oleks hõõrdumist. Liiga väikese taganurga puhul on hõõrdumine niivõrd suur, et tera kuumeneb tugevasti ja muutub kõlbmatuks. Liiga suure taganurga puhul muutub teravusnurk niivõrd väikeseks, et tera kaotab tugevuse.

Teravusnurga β suurus tuleneb iseenesest pärast esi- ja taganurga valimist. Jooniselt 6, *a* nähtub, et teravusnurga suuruse määramiseks tuleb nurgast 90° lahutada esi- ja taganurga summa. Kui näiteks lõiketera taganurk on 8°, esinurk 25°, siis teravusnurk võrdub

$90° - (8° + 25°) = 90° - 33° = 57°$.



Joon. 9. Laastu kulgemise suunad, kui peanurk plaanis on positiivne (*a*), võrdne nulliga (*b*) ja negatiivne (*c*).

See reegel tuleb meeles pidada, kuna teda läheb praktikas mõnikord vaja treitera nurkade mõõtmisel.

Peanurga plaanis φ tähtsus selgub jooniste 8, *a* ja *b* võrdlemisel, millel skemaatiliselt on näidatud treiterade töötingimused ühesuguste ettenihete *s* ja lõikesügavustega *t*, kusjuures erinevad on vaid peanurgad plaanis.

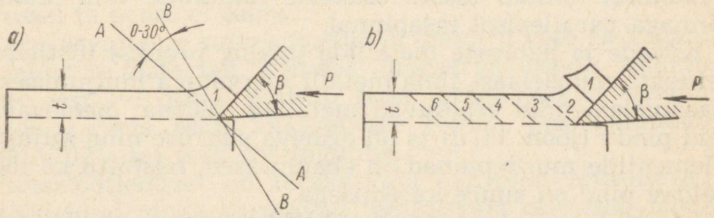
Kui peanurk plaanis on 60°, siis lõikeprotsessis tekkiv jõud *P* kutsub esile töödeldava detaili väiksema läbipaindumise kui analoogiline jõud *Q*, mis esineb nurga 30° puhul. Seetõttu sobib treitera nurgaga $\varphi = 60°$ paremini vähejäikade detailide (suhteliselt väike läbimõõt suure pikkuse puhul) töötlemiseks võrreldes teraga, millel nurk $\varphi = 30°$. Teisest küljest on nurga $\varphi = 30°$ puhul tera lõikeserva tööst vahetult osavõtva lõigu b_2 pikkus suurem vastavast pikkusest b_1, mis esineb nurga $\varphi = 60°$ puhul. Seetõttu juhib joonisel 8, *b* kujutatud tera paremini ära laastu moodustumisel tekkivat soojust ja aeg ühest teritusest teiseni suureneb[1].

Kaldenurga λ tähtsus seisneb selles, et valides temale positiivseid või negatiivseid väärtusi, võime eralduvat laastu juhtida ühele või teisele poole, mis mõnedel juhtudel on väga kasulik. Kui pealõikeserva kaldenurk on positiivne, suundub keerduv laast paremale (joon. 9, *a*); kui kaldenurk on võrdne nulliga, suundub laast pealõikeservaga risti (joon. 9, *b*); negatiivse kaldenurga puhul suundub laast vasakule (joon. 9, *c*).

[1] Üksikasjalikumalt sellest vt. lk. 20.

Laastu tekkimine ja liigid. Laastu tekkimise protsessi uuris esimesena (1870. a.) vene teadlane professor I. A. Time, kelle tähelepanekud ja järeldused kehtivad veel tänapäevalgi. Sitkete metallide (teras, messing) töötlemisel tekkivat laastu nimetas professor Time lõhestumislaastuks, habraste metallide (malm, pronks) töötlemisel tekkivat laastu aga murdelaastuks.

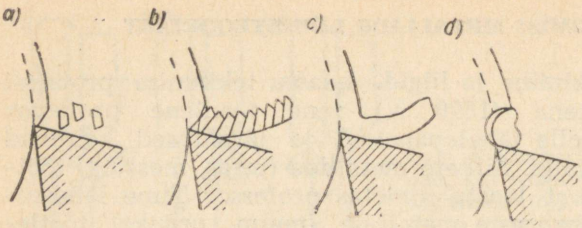
Lõhestumislaastu tekkimine toimub järgnevalt. Tera (joon. 10, *a*) lõikub jõu *P* mõjul töödeldavasse materjali ja ületab muljudes selle vastupanu. Muljumine toimub ainult metallielemendi *1* sees, mida piiravad lõhestumispind (joonisel 10, *a* tinglikult kujutatud joonega *AA*) ja tera esitahk. Hetk pärast tera liikumise algust algab elemendi (joon. 10, *b*) nihkumine (lõhestumine) järgmise elemendi suhtes, mis toimub tasapinnal *AA*.



Joon. 10. Lõhestumislaastu tekkimine.

Tera edasisel liikumisel jätkub elemendi *1* nihkumine (lõhestumine) ja üheaegselt sellega moodustub element *2*, mis hakkab nihkuma elemendi *3* suhtes jne. Vastavalt tera edasiliikumisele eralduvad kõik elemendid üksteisest, moodustades elementaarse lõhestumislaastu (joon. 11, *a*). Selline laast tekib, kui töödeldakse väikese kiirusega kõvasid, kuid sitkeid materjale, näiteks kõva terast. Metalli kõvaduse vähenemisega ja sitkuse suurenemisega moodustavad laastu elemendid enam või vähem pideva lindi (joon. 11, *b*, *c*), mida nimetatakse voolavlaastuks. Laastu pind, mis puutub kokku tera esitahuga, on sile, vastaskülg aga kare.

Vene uurija J. G. Ussatšov, kes jätkas I. A. Time tööd, näitas, et sitkete, kuid kõvade materjalide, näiteks kesk-



Joon. 11. Laastu liigid: lõhestumislaast (*a*, *b*, *c*) ja murdelaast (*d*).

mise kõvadusega ja kõva terase lõikamisel toimub peale laastuelementide lõhestumise veel metalliosakeste nihkumine igas elemendis tasapinnal *BB* (joon. 10, *a*), mida nimetatakse nihkepinnaks. Nurk lõhestumispinna ja nihkepinna vahel kõigub piirides 0 . . . 30°. Mida sitkem on metall, seda suurem on see nurk ja vastupidi.

J. G. Ussatšov näitas samuti, et suhteliselt pehme terase lõikamisel toimub laastu osakeste liikumine vaid nihkepinnaga paralleelsel tasapinnal.

Kõvade ja habraste metallide (malm, pronks) töötlemisel tekib murdelaast ilma metalli märgatava muljumiseta. Laastuelemendid eralduvad metallist mööda meelevaldseid pindu (joon. 11, *d*) ja on erineva suuruse ning kujuga. Elementide murdepinnad on ebaühtlased, mistõttu ka töödeldav pind on suure karedusega.

Laastu liik ei olene ainult töödeldavast materjalist, vaid ka reast teistest tingimustest. Kui näiteks treida keskmise kõvadusega terast treiteraga, millel on suur lõikenurk, võib tekkida mitte voolav, vaid elementaarlaast. Lõikekiiruse tõstmisel ei jõua mõned laastuelemendid sedavõrd deformeeruda, et eralduksid üksteisest. Selle tulemusena võib elementaarlaastu asemel tekkida voolavlaast.

Terakasvaja ja selle mõju lõikeprotsessile. Plastiliste metallide lõikamisel moodustub sageli tera esitahule lõikeserva juurde külgekeevitunud metalliosakeste kühm, mida nimetatakse terakasvajaks. Terakasvaja olemus, mille avastas ja põhjendas vene õpetlane J. G. Ussatšov, seisneb järgnevas. Laastu libisemisel mööda tera esitahku tekivad hõõrdejõud, mis takistavad laastu liikumist. Selle tulemusena suurenevad deformatsioonid nendes metallikihtides, mis asetsevad esitahule lähemal. Nende kihtide metalliosakesed eralduvad laastu pidevalt liikuvatest üle-

mistest kihtidest ja keevituvad tera esitahu külge, moodustades terakasvaja (joon. 12, *a*). Lõikamisel esinev suur surve soodustab terakasvaja metalli tugevnemist. Aja jooksul terakasvaja suureneb (uute metallikihtide külgekeevitumise teel), mille tõttu moodustub terakasvaja osa, mis ripub tera tagatahu kohal (joon. 12, *b*). Teatud hetkel see osa eraldub terakasvaja põhimassist ja kukub tera tagatahu ja töödeldud pinna vahele (joon. 12, *c*), kus ta surutakse viimasesse (joon. 12, *d*).

Terakasvaja osakesed, mis jäävad tera esitahule, eralduvad samuti ja kantakse ära laastu poolt (joon. 12, *e*). Sellised terakasvaja murdumised toimuvad kiiresti üksteise järel (70 ... 80 korda sekundis), mida põhjustavad arvatavasti lõikeprotsessis tekkivad vibratsioonid.

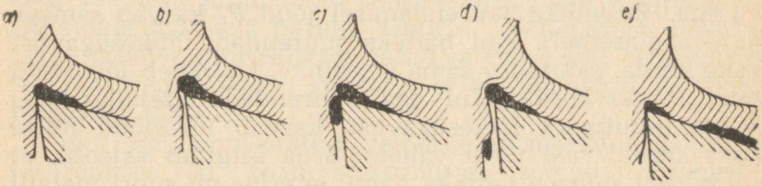
Väikestel kiirustel (3 ... 5 m/min) terakasvaja ei teki. Suurematel lõikekiirustel (60 ... 80 m/min) toimub keskmise kõvadusega teraste puhul enam või vähem märgatav terakasvaja moodustumine. Kiirustel üle 60 ... 80 m/min võib terakasvajat märgata harvemini, veel suurematel kiirustel ta enam ei esine.

Terakasvajal on suur kõvadus ja seetõttu võib ta lõigata töödeldavat materjali, kaitstes lõikeserva laastu vahetu toime eest. Sel juhul puutub laast teraga kokku esitahu pinnaosal, mis asub lõikeservast eemal. See parandab musttöötlemisel tera töötingimusi.

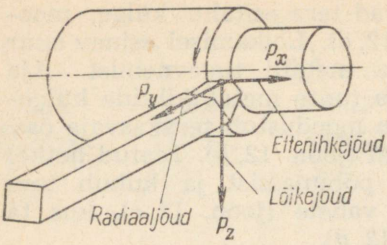
Puhastöötlemisel on terakasvaja kahjulik. Murenevad ja töödeldud pinda surutavad terakasvaja osakesed moodustavad ebatasasusi, mis detailide puhastöötlemisel on lubamatud.

Malmi ja teiste habraste metallide lõiketöötlemisel terakasvajat ei teki.

Treiterale mõjuvad jõud. Eraldatava metallikihi vastupanu survedeformatsioonidele, laastu hõõrdumine vastu esitahku ja mõned teised tegurid tekitavad lõikejõudu.



Joon. 12. Terakasvaja tekkimine ja purunemine.



Joon. 13. Lõikejõud treimisel.

Treitera töötamisel (joon. 13) jagatakse tekkiv jõud kolmeks komponendiks — lõikejõud P_z, ettenihkejõud P_x ja radiaaljõud P_y. Lõikejõud P_z on lõikepinna puutujaks ja mõjub pealiikumise sihis. Jõud P_x mõjub ettenihke sihis. Radiaaljõud P_y on ettenihkega risti. Kõiki kolme jõudu mõõdetakse kilogrammides (kG).

Kui võtta jõud P_z võrdseks ühega, võib küllaldaselt terava tera puhul lugeda, et jõud P_x muutub piirides $^1/_8$ kuni $^1/_4$ jõu P_z suurusest, jõud P_y aga $^1/_4$ kuni $^1/_2$ sama jõu suurusest.

Lõikejõu olenevus tera töötingimustest. Lõikejõu suurusele mõjuvad töödeldav materjal, lõigendi pindala ja kuju, tera nurgad, lõikekiirus ja veel paljud vähem olulised tegurid.

Töödeldava materjali mõju lõikejõule võib näha järgnevast. Lõikejõud keskmise kõvadusega terase töötlemisel on ligikaudu 2,2 korda suuremad kui keskmise kõvadusega malmi töötlemisel. Lõikejõud kõige pehmema terase töötlemisel on tunduvalt väiksemad lõikejõududest kõige kõvema terase töötlemisel. Mitmesuguse kõvadusega malmi töötlemisel ei ole see vahe nii suur.

Lõikejõud kasvavad koos lõigendi pindala suurenemisega. Kui lõigendi pindala suureneb lõikesügavuse suurenemise arvel, siis jõud P_z kasvab võrdeliselt lõikesügavusega. Ettenihke suurendamisel jõud P_z kasvab samuti, kuid aeglasemalt. Kui näiteks suurendada lõikesügavust kaks korda, säilitades sama ettenihke, suureneb lõikejõud samuti kaks korda. Kui aga suurendada ettenihet kaks korda, muutmata lõikesügavust, kasvab lõikejõud mitte kaks korda, vaid veidi vähem. Seda selgitab asjaolu, et suhteliselt suure ettenihke puhul ei esine nii suuri metalli deformatsioone, kui need esinevad väikeste ettenihete puhul.

Võrdse pindala, kuid erineva kujuga lõigendite puhul on lõikejõud erinevad. Lõigendi suurema paksuse puhul on lõikejõud väiksemad, kui väiksema paksuse puhul. Näiteks on lõikejõud lõikesügavuse 4 mm ja ettenihke 2 mm/p puhul mõnevõrra väiksem, kui lõikesügavuse 8 mm ja ettenihke 1 mm/p puhul, kuigi lõigendi pindala on mõlemal juhul ühesugune ja võrdub 8 mm^2. Seda seletab samuti metalli erinev deformatsiooniaste eraldatavas kihis.

Tera esinurga vähendamisega, s. o. lõikenurga suurendamisega lõikejõud kasvab, kuna seejuures suureneb ka kiilu nurk, milleks lõiketera on.

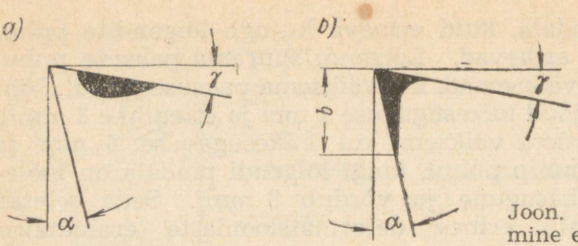
Peanurga plaanis suurendamisel ligikaudu 50 ... 55°-ni lõikejõud väheneb. Selle nurga edasisel suurendamisel lõikejõud kasvab. Peanurga plaanis muutmisest tingitud lõikejõu muutumised on väikesed. Tera tipu ümardusraadiuse suurendamisel lõikejõud kasvavad, kuid samuti vähe. Tera nürinemine kutsub esile lõikejõudude suurenemise.

Erilist mõju lõikejõududele avaldab lõikekiirus. Nii näiteks ei muutu lõikejõud peaaegu üldse keskmise kõvadusega terase töötlemisel kiirusega 20 ... 30 m/min. Suurima väärtuse saavad lõikejõud lõikekiirustel 50 ... 70 m/min. Eriti märgatav on lõikejõudude vähenemine lõikekiirustel 100 ... 150 m/min. Lõikekiirustel 250 m/min ja rohkem lõikejõud peaaegu ei muutu.

Jahutusvedelikes leiduvad määrdeained, tungides tera poolt deformeeritava metalli mikropragudesse, vähendavad laastu tekkimise alas esinevaid hõõrdejõude. Tänu sellele väheneb vastupanu lõikamisele. Mida rohkem sisaldab jahutusvedelik õli, seda olulisem on tema mõju lõikejõule.

Lõikejõu suuruse määramine ja selle praktiline tähtsus. Lõikejõu suurust määratakse vahetu mõõtmise teel eriseadmete (dünamomeetrite) või teoreetiliste arvutuste abil. Viimasel juhul tekib rida raskusi, mida põhjustavad lõikejõule mõjuvad paljud tegurid. Sellepärast määratakse lõikejõu suurus lihtsustatud valemite abil. Sealjuures tekkival veal lõikejõu suuruses ei ole enamikul juhtudel praktilist tähtsust.

Kuid isegi lihtsustatud valemite kasutamine lõikejõu määramisel on tootmistingimustes seotud mõningate raskustega. Seepärast antakse kõikides käsiraamatutes lõikejõu suurus vastavalt lõikerežiimile. Käsiraamatute



Joon. 14. Tera kulumine esi- (*a*) ja tagatahul (*b*).

poole tulebki pöörduda, kui on vaja määrata lõikejõu suurust.

Lõikejõul on suur tähtsus, kuna tema korrutamisel töödeldava detaili raadiusega saame suuruse, mis näitab, kuivõrd tööpink on koormatud antud töötingimustes ja kas see on ohtlik tööpingi kõige nõrgematele lülidele. Lõikejõu korrutamisel lõikekiirusega leiame lõiketöötlemisel vajaliku võimsuse (kW või hj). Võrreldes seda tööpingi tegeliku võimsusega, võib otsustada, kui ratsionaalselt tööpinki kasutatakse.

Tuleb märkida, et need küsimused kerkivad tootmistingimustes üles suhteliselt harva. Vastavaid andmeid võib leida spetsiaalkirjandusest[1].

Lõiketera kulumine ja püsivus. Metalliosakeste suhtelise liikumisega kaasneb nende hõõrdumine üksteise vastu, mille tulemusena eraldub hulgaliselt soojust.

Ka laastu hõõrdumisel vastu tera esitahku tekib soojust, sealjuures seda rohkem, mida suurem on lõikekiirus ja lõikejõud. Tagatahu hõõrdumine vastu lõikepinda tekitab samuti soojust.

Lõiketöötlemisel eralduv soojus jaotub laastu, lõiketera ja töödeldava detaili vahel, vaid väga väike osa hajub ümbritsevasse õhku.

Ligikaudu 70 ... 90% lõikesoojusest tekib laastus. Just sellepärast tuleb töötamisel kiirlõiketeradega juhtida lõikeprotsessis kasutatava jahutusvedeliku juga laastule.

Lõiketerasse sattuv soojus kuumutab seda, mis omakorda põhjustab tera kõvaduse ja kulumiskindluse vähenemist.

Terase töötlemisel kiirlõiketeradega, kui lõigendi pindala on suur, moodustub päris lõikeprotsessi algul tera

[1] Vt. näiteks А. Н. Оглоблин, «Справочник токаря». М.—Л. Машгиз, 1961.

esitahul süvend, mis joonisel 14, *a* on selguse mõttes näidatud suurendatuna. Treitera edasisel töötamisel süvend laieneb. Üheaegselt sellega tekib vastu lõikepinda hõõrduval tagatahul kulumisjälg, mis joonisel 14, *b* on esitatud samuti suurendatuna. Vastavalt süvendi ja kulumisjälje suurenemisele nad lõpuks ühinevad, põhjustades tera lõikeserva nürinemist.

Malmi töötlemisel on olulisem kulumisjälg tagatahul. Märgatavaid kulumisjälgi ning süvendi moodustumist esitahul ei esine. Seda seletab asjaolu, et malmi lõiketöötlemisel tekkiv murdelaast ei liugu mööda tera esitahku.

Kõvasulamist plaadikesega terade puhul on ülekaalus kulumine tagatahul.

Vastavalt tera tagatahu kulumisele muutub töödeldava detaili mõõde ja halveneb tema pinna siledus. Peale selle kulutatakse ülemäära nürinenud tera teritamiseks palju aega. Seetõttu tuleb tera teritada varem, enne kui kulumisjälg tagatahul (kulumisjälje laius *b* joonisel 14; *b*) saavutab lubatud suuruse. Kiirlõiketerasest ja kõvasulamist, välistreiteradele[1] lubatud kulumisjälgede keskmised suurused on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Välistreiterade lubatava kulumise suurus

Kiirlõiketerad		Kõvasulamterad	
Töödeldav materjal	Lubatav kulumisjälg tagatahul mm	Töödeldav materjal	Lubatav kulumisjälg tagatahul mm
Teras	0,5 . . . 2,0	Teras	0,5 . . . 1,5
Malm	2,0 . . . 4,0	Malm	0,5 . . . 1,0

Tera nürinemist ei iseloomusta ainult kulumisjälje suurus tagatahul, vaid ka tera püsivus.

Tera püsivuseks nimetatakse aega, mille vältel tera tagatahk kulub etteantud suuruseni.

Tera püsivust väljendatakse minutites (min).

Tera püsivus peab mitmesugustel töötingimustel olema erinev. Mida väiksem on tera püsivus, seda sagedamini

[1] Välistreiteraks nimetatakse lõiketera, mida kasutatakse väliste pöördpindade musttreimiseks.

tuleb teda teritada, mille tulemusena tera muutub suhteliselt kiiresti kõlbmatuks. Teisest küljest toob tera püsivuse suurendamine, mida võib saavutada vaid lõikekiiruse, ettenihke ja lõikesügavuse vähendamisega, kaasa tööpingi tootlikkuse vähenemise. Seetõttu on tera püsivuse määramine keeruline küsimus ja seda tehes arvestatakse paljude tingimustega. Näiteks, mida keerulisem on tera kuju, s. t. mida kallim on tema valmistamine, seda suurem peab olema tema püsivus. Tera püsivuse määramisel tuleb mõningatel juhtudel pöörata tähelepanu tema materjali ja valmistamise maksumusele. Ilmselt peab häälestatud tööpinkidel, kus iga nürinenud tera vahetamine võtab palju aega, kasutatavate terade püsivus olema suurem kui tavaliste tööde puhul. Kui terade teritamine antud tingimustes on tsentraliseeritud ja tööliste varustamine nendega korraldatud hästi, võib määrata teradele väiksema püsivusaja võrreldes nende teradega, mida kasutatakse halvasti organiseeritud teritamise puhul.

Märgime, et lõikekiiruste tabeli koostamisel mitmesugusteks treimistöödeks, mis tuuakse käsiraamatutes ja ka selles raamatus, lähtutakse enamasti tera püsivusajast 60 min. Teistele püsivusaegadele vastavaid lõikekiirusi võib leida samade tabelite järgi, korrutades tabelis esitatud lõikekiiruse väärtusi parandusteguritega.

Tera mitmesuguste töötingimuste mõju lõikekiirusele. Tera poolt lubatav lõikekiirus oleneb tera jaoks valitud püsivusest, töödeldava detaili materjalist, tera materjalist, nurkadest, kujust ja mõõtmetest, ettenihkest, lõikesügavusest, jahutamisest ning teistest tingimustest.

Püsivuse vähendamisel tõuseb tera poolt lubatav lõikekiirus, kuid veidi. Kui näiteks kiirlõiketera puhul, mille püsivus on 90 minutit, on võimalik kasutada lõikekiirust 15 m/min, siis kõigil samadel töötingimustel, kuid püsivusel 20 minutit, on lubatav lõikekiirus 18 m/min. Palju näitlikum on vastupidine sõltuvus, s. o. püsivuse sõltuvus lõikekiirusest. Tera püsivus kahaneb kiiresti lõikekiiruse kasvamisel. Kui näiteks mingi kiirlõiketera, töötades lõikekiirusel 15 m/min, nürineb 90 minuti jooksul pärast töötlemise algust, siis sama tera sama lõikesügavuse ja ettenihke puhul, kuid lõikekiirusel 18 m/min, nürineb 20 minuti jooksul.

Väga suurt mõju lõikekiirusele avaldavad töödeldava metalli mehaanilised omadused. Mida kõvem on metall,

seda suuremad peavad olema jõud laastu eraldamiseks, seda suurem on laastu ja tera esitahu vaheline hõõrdejõud, seda suurem hulk soojust satub terasse ning kiirendab selle kulumist.

Kõvade teraste töötlemisel tekkiv laast avaldab survet tera esitahu väikesele osale (joon. 11, *b*), mille lõikamissoojus satub peamiselt tera pea sellesse ossa, mis asub lõikeserva lähedal. Pehmete ja sitkete materjalide treimisel saadav laast toetub tera esitahu suhteliselt suuremale osale (joon. 11, *c*), mis kindlustab lõikesoojuse hea neeldumise tera pea selle osa poolt, mis asub lõikeservast kaugemal.

Seetõttu võivad lõikekiirused suhteliselt pehmete teraste töötlemisel olla enamasti suuremad kui kõvade teraste puhul.

Habraste metallide töötlemisel tekkiv murdelaast avaldab survet tera esitahule just lõikeserval (joon. 11, *d*). Sel juhul kulub tera rohkem laastu hõõrdumisest kui lõikesoojuse toimest. Eriti kehtib see malmvalandite pinnakihi mahatöötlemisel, milles alati leidub liivaosakesi. Viimased kulutavad hõõrdumisel tera esitahku ja raskendavad soojuse ärajuhtimist.

Tera materjali[1] peamiseks omaduseks, mis avaldab mõju lõikekiirusele, on tema soojuskindlus, s. o. omadus säilitada vajalikku kõvadust kuumenemisel lõikesoojuse mõjul.

Nurgad ja teised tera elemendid mõjuvad lõikekiirusele järgnevalt. Suhteliselt väikese lõikenurga puhul surub laast tera esitahule väiksema jõuga kui suure nurga puhul. See muudab eralduva soojushulga väiksemaks ja võimaldab lõikekiirust tõsta. Kuid üheaegselt lõikenurga vähenemisega väheneb ka tera teravusnurk, mis vähendab tera soojusjuhtivust ja tugevust.

Peanurga plaanis vähendamisega suureneb tera poolt lubatav lõikekiirus. See seletub asjaoluga, et üheaegselt peanurga plaanis vähendamisega (sama lõikesügavuse ja ettenihke puhul) suureneb lõigendi laius, millega koos suureneb ka tera lõikeserva tööosa pikkus ja paraneb lõikesoojuse ärajuhtimine selle osa poolt. Kuid koos peanurga plaanis vähendamisega kasvab radiaalne lõikejõud,

---

[1] Kõiki neid materjale iseloomustatakse üksikasjalikumalt edaspidi (lk. 26).

mis võib esile kutsuda vibratsioone. Viimased aga kiirendavad tera lõikeserva purunemist.

Tera tipu ümardusraadiuse suurendamine soodustab lõikekiiruse tõstmist, sest tõuseb tera soojusjuhtivus. Tera ristlõike suurendamine soodustab tera poolt lubatava lõikekiiruse tõstmist, kuna suureneb tera võime neelata lõikesoojust.

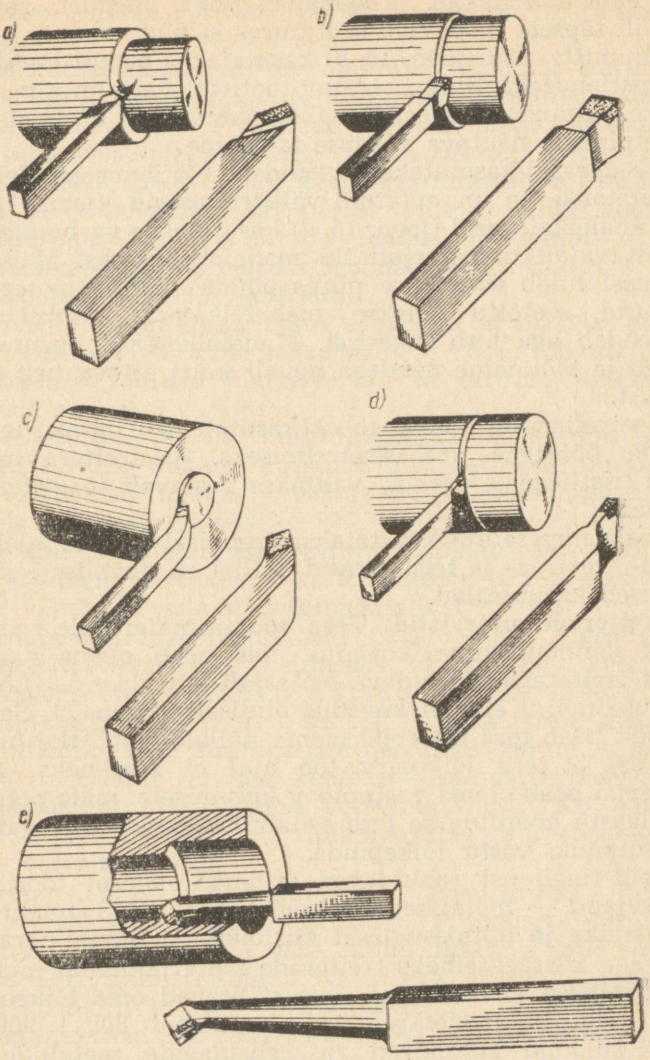
Lõigendi paksuse ja laiuse muutmine, kui ristlõike pindala jääb endiseks, mõjub erinevalt lõikekiirusele. Lõigendi paksuse suurendamisel ja vastavalt tema laiuse vähendamisel, s. o. ka lõikeserva töötava osa pikkuse vähendamisel, halveneb soojusjuhtivus ja tera püsivus väheneb. Kui aga suurendada lõigendi laiust, võtab lõikamisest osa lõikeserva pikem osa, mis suurendab tera püsivust. Öeldust järeldub, et lõikekiiruse suurendamise seisukohalt on kasulik töötada õhukese ja laia laastuga. Seda võib saada lõigendi ristlõike pindala muutmata, vähendades ettenihet ja suurendades vastavalt lõikesügavust või vähendades peanurka plaanis. Esimese võimaluse kasutamist piirab töötlemisvaru, teist aga vibratsioonid, mis tekivad radiaalse lõikejõu suurenemise tulemusena.

Jahutuse õige kasutamine võimaldab tõsta lõikekiirust. Kui vedelik juhitakse laastu moodustamise kohale pideva joana ja koguses 10 ... 15 l/min, võib terase töötlemisel kiirlõiketeradega tõsta lõikekiirust keskmiselt 20 ... 25%, malmi töötlemisel aga 10 ... 15% võrra. Lõikekiiruse väiksem suurendamisvõimalus malmi töötlemisel on tingitud sellest, et siin on tera kulumise peamiseks põhjuseks hõõrdumine, mitte aga lõikesoojus.

3. ALGTEADMISI TREITERADEST

Treiterade põhitüübid. Treipinkidel sooritatavate tööde mitmekesisus tingib vajaduse väga mitmesuguste treiterade kasutamiseks. Peamisteks ja kõige laialdasemalt kasutatavateks nende hulgas on välistreitera, silumistera, otsatera, mahalõiketera, otsasisetreitera.

Välistreimise koorimisterasid (joon. 15, *a*) kasutatakse detailide külg- või otspindade musttöötlemiseks, kus eraldatakse suurem osa töötlemisvarust. Sellepärast on nendel teradel niisugune kuju, mis kindlustab tööpingi kõige



Joon. 15. Treiterade põhitüübid: sirge välistreitera (*a*), silumistera (*b*), painutatud välistreitera (*c*), mahalõiketera (*d*), sisetreitera (*e*).

suurema tootlikkuse. Töödeldud pinna siledust, samuti detaili täpseid mõõtmeid sealjuures ei nõuta.

Silumisterasid (joon. 15, *b*) kasutatakse detaili lõplikuks viimistlemiseks. Siin eraldatav töötlemisvaru on tavaliselt väike. Silumisterale esitatavaks põhinõudeks on töödeldavale pinnale nõutava sileduse tagamine.

Otsaterasid kasutatakse otspindade töötlemiseks. Selleks kasutatakse ka painutatud välistreiterasid (joon. 15, *c*).

Mahalõiketerasid (joon. 15, *d*) kasutatakse varbmaterjali otsast vajaliku materjalitüki mahalõikamiseks. Mahalõikamisel tuleb võimaluse piires püüda vältida materjalikadusid, seetõttu tehakse mahalõiketerad kitsad, mis vähendab aga tera tugevust. Mahalõiketerad purunevad sageli ja töötamine nendega nõuab suurt ettevaatust ning oskust.

Sisetreiterasid (joon. 15, *e*) kasutatakse mitmesuguste avade, õõnsuste jms. sisetreimiseks. Sisetreitera mõõtmed (ristlõige ja pikkus) valitakse vastavalt töödeldavale avale.

Peale nimetatute kasutatakse treimisel veel sisselõike-, kuju-, keerme- ja teisi terasid, millel on tavaliselt spetsiaalsed kasutusalad.

Treiterade materjalid. Tera tööosa materjalile esitatavaks põhinõudeks on kõvadus, mis peab olema suurem igast treiteraga töödeldava materjali kõvadusest. Lõikesoojuse mõjul ei tohi kõvadus oluliselt väheneda. Samaaegselt peab tera materjal olema küllaldaselt sitke (mitte habras), et tera lõikeserv töö ajal ei mureneks. Tera materjal peab olema vastupidav kulumisele, mida põhjustab laastu hõõrdumine tera esitahul, aga samuti tagatahu hõõrdumine vastu lõikepinda.

Neid tingimusi rahuldavad erineval määral tööriistamaterjalid — metallkeraamilised kõvasulamid, mineraalkeraamika ja mitmesugused kiirlõike- ja süsinikterased.

Kõige kaasaegsemaks treiterade materjaliks on metallkeraamilised kõvasulamid, mis säilitavad oma lõikeomadusi isegi kuumenemisel temperatuurini 800 ... 900 °C. Need sulamid koosnevad raskestisulavate metallide — volframi, titaani ja tantaali karbiidide[1] peenikestest teradest, mis on kokku tsementeeritud koobaltiga. Metallkeraamilised kõvasulamid jagatakse kolme gruppi:

[1] Mingisuguse metalli karbiidiks nimetatakse tema püsivat keemilist ühendit süsinikuga.

volfram-, titaan-volfram ja titaan-tantaal-volframkõvasulamid.

Volframkõvasulamid on määratud malmi, värviliste metallide ja nende sulamite ning mittemetalliliste materjalide töötlemiseks. Treiterade valmistamiseks kasutatakse volframkõvasulamite marke BK2, BK3M, BK4, BK6, BK6M, BK8, BK8B. Täht B nendes tähistab volframkarbiidi, K — koobaltit. Arv pärast tähte K näitab koobalti sisaldust protsentides antud sulamis. Ülejäänud osa on volframkarbiid. Nii näiteks sisaldab sulam margiga BK2 2% koobaltit ja 98% volframit.

Mõnede margitähiste lõpus asuv täht M märgib, et see sulam on peeneteraline (terade suurus 0,5 ... 1,5 μm). Täht B lisatakse sulami margile, kui ta on jämedateraline (terade suurus 3 ... 5 μm).

Peeneteralise sulami kulumiskindlus on suurem sama marki tavalise sulami kulumiskindlusest, sealjuures on aga väiksemad tugevus ja vastupanu löökidele, vibratsioonidele ning murenemisele.

Sulami jämedateralisus vastupidi tõstab tema tugevust ja vastupanu löökidele, vibratsioonidele ja murenemisele ning vähendab sulami kulumiskindlust.

Titaan-volframkõvasulameid kasutatakse igasuguste teraste töötlemiseks. Treimiseks kasutatakse sulameid markidega T5K10, T5K12B, T14K8, T15K6, T30K4. Iga sellise margi puhul näitab täht T ja tema järele asetatud arv titaankarbiidi sisaldust (protsentides) antud sulamis, arv pärast tähte K aga koobalti sisaldust protsentides. Ülejäänu on antud sulamis volframkarbiid. Nii näiteks sisaldab sulam T5K10 5% titaankarbiidi, 10% koobaltit ja 85% vofram karbiidi.

Titaan-tantaal-volframsulameid kasutatakse terase töötlemisel eriti rasketel juhtudel. Praeguseni on riiklikku standardi (ГОСТ) sisse viidud üksainus selle sulami mark T7K12, mis sisaldab 7% titaani ja tantaalkarbiidi, 12% koobaltit ja 81% volframkarbiidi.

Metallkeraamilisi sulameid väljastatakse mitmesuguse kuju ja mõõtmetega plaadikeste näol.

Viimasel ajal kasutatakse teatud tingimustes tööriistamaterjalina mineraalkeraamikat, mille peamiseks koostisosaks on alumiiniumoksiid. Nende materjalide koostisse ei kuulu suhteliselt haruldased elemendid volfram, titaan, koobalt jt. Mineraalkeraamiliste lõiketerade kuumus-

kindlus on väga suur ja ulatub üle 1200 °C. Selles ongi mineraalkeraamiliste materjalide peamine eelis võrreldes kõvasulamitega, mille koostise aluseks on haruldased ja kallid elemendid ning mille kuumuskindlus on madalam. Mineraalkeraamilise sulami puuduseks on suhteliselt väike ja ebastabiilne tugevus paindele (haprus). Seepärast kasutatakse neid malmi, teraste ja värviliste metallide sulamite poolpuhas- ja puhastöötlemisel. Mineraalkeraamilisi materjale toodetakse samuti plaadikeste kujul.

Treiterade valmistamiseks kasutatakse kiirlõiketeraseid P18 ja P9. Kiirlõiketerase P18, mida kõige rohkem kasutatakse terade valmistamisel, põhilisteks koostisosadeks on volfram (17,5 ... 19%) ja kroom (3,8 ... 4,4%), mis annavad terasele isekarastumise võime ja kuumuskindluse kuumutamisel ligikaudu 600 °C. Vaadeldava terase koostisse kuuluv süsinik (0,70 ... 0,80%) ühineb volframi ja kroomiga ning tõstab tema kõvadust. Peale selle sisaldab kiirlõiketeras P18 veel vähesel määral vanaadiumi (1,0 ... ... 1,4%).

Vähem levinud kiirlõiketeras P9 sisaldab volframit (8,5 ... 10,0%), kroomi (3,8 ... 4,4%), süsinikku (0,85 ... ... 0,95%), vanaadiumi (2,0 ... 2,6%) ja teisi vähemolulisi elemente.

Peale teraste P18 ja P9 kasutatakse viimastel aastatel treiterade valmistamiseks kiirlõiketeraseid markidega P18Ф2, P14Ф4, P9Ф5, P18K2Ф2, P10K5Ф5 ja P9K9. Täht P tähistab nendes markides volframit, täht Ф — vanaadiumi, täht K — koobaltit. Tähtede järel asetsevad arvud näitavad vastavate elementide sisaldust protsentides nendes sulamites. Peale tähistes märgitud antud terasemarki iseloomustavate elementide sisaldavad need terased veel süsinikku, kroomi, molübdeeni ja teisi koostisosi.

Tera materjali, kui puudub markeering, saab määrata nn. sädemeprooviga.

Kiirlõiketerasest tera teritamisel tekivad vähesed punased sädemed, mis sarnanevad tähekestega. Mida rohkem on terases volframit, seda tumedamad on sädemed ja seda vähem neid on.

Süsinikterastest kasutatakse terade valmistamiseks teraseid У12А ja У10А. Nendes markides tähendab täht tinglikult, et on tegemist süsinikterasega, järgnevad arvud näitavad keskmist süsinikusisaldust kümnendikprotsentides, täht А tähistab tinglikult, et teras on kõrgekvalitee-

diline. Nii näiteks tähistab mark У12А kõrgekvaliteedilist süsinikterast keskmise süsinikusisaldusega 1,2%.

Peale süsiniku sisaldavad need terased mangaani, räni, kroomi, niklit, väävlit ja fosforit.

Süsinikterasest tera teritamisel tekib palju kollaseid sirgjooneliselt lendavaid sädemeid.

Kuumenemisel temperatuurini 200 °С kaotavad süsinikterasest terad püsivuse ega ole edasiseks kasutamiseks kõlblikud. Seepärast kasutatakse neid kaasajal väga harva, peamiselt pehmete ja keskmise kõvadusega materjalide töötlemiseks väikeste lõikekiirustega.

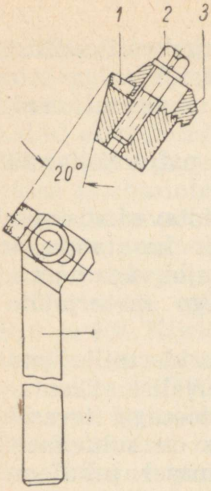
Treiterade konstruktsioonid. Tervikterasid, mille pea ja terakeha on valmistatud samast materjalist, kasutatakse väga harva. Niisuguse konstruktsiooniga terasid tehakse vaid süsinik-tööriistaterasest, mis on suhteliselt odav, aga samuti kiirlõiketerastest. Viimasel juhul on terad väikesed ja neid kasutatakse peamiselt pidemetes.

Laialdaselt on levinud joodetud või keevitatud treiterad (terad pealejoodetud või -keevitatud kiirlõiketerasest või kõvasulamist plaadikestega). Sellise tera kere on tavaliselt normaalse ristlõikega ja valmistatud süsinikterasest Ст. 6 või Ст. 7, või ka kvaliteetsest süsinikterasest 45 või 50. Eriti rasketes tingimustes töötavate terade kered, mille tugevust ei saa tõsta ristlõike suurendamise arvel, valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7 või У8 või legeeritud terasest 40Х.

Vaatamata kõvasulamist plaadikeste pealejootmise kaasaegsete meetodite kõrgele kvaliteedile kaasneb vahel selliste terade valmistamisega plaadikeste pragunemine ja hilisem purunemine. Seepärast püütakse viimasel ajal asendada plaadikeste (eriti mineraalkeraamiliste) pealejootmist või -keevitamist nende mehaanilise kinnitamisega.

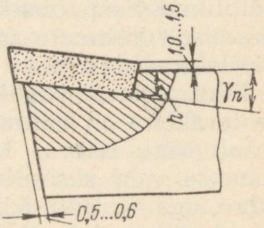
Sellisel juhul kinnitatakse plaadike *1* (joon. 16) tera kere *4* külge suruliistu *3* ja poldi *2* abil. Suruliistu üks ots toetub plaadikesele, teine — karestatud pinnale (karestamise samm 1,5 mm). Plaadikese kulumisel 1,5 mm võrra võib suruliistu nihutada edasi (selleks on suruliistus olev kinnituspoldi ava tehtud piklik). Tööasendis toetub plaadike parema servaga astme vastu, mis asetseb suruliistu alumisel küljel.

Nürinenud plaadikese asendamisel uuega ei ole vaja lõiketera pingist ära võtta. Plaadikeste kirjeldatud kin-



Joon. 16. Tera kere (pide) kõvasulamist plaadikeste kinnitamiseks.

Joon. 17. Plaadikese asend tera keres enne teritamist.



nitusviisi puudus seisneb selles, et neist kasutatakse vaid ligikaudu pool. Peale selle kuluvad kiiresti poldid, suruliistud ja teised detailid, mille abil plaadike kinnitatakse.

Viimastel aastatel hakati mehaaniliseks kinnitamiseks välja laskma mitmetahulisi mitteteritatavaid plaadikesi (täpsemalt nendest vt. lk. 305).

Kui tera (näiteks sisetreimisel) lõikeserva pikkus võib olla väikese ulatusega, valmistatakse ta lühikesena ja väikese ristlõikega. Selliste terade kinnitamiseks kasutatakse mitmesuguse konstruktsiooniga pidemeid. Pidemeid kasutatakse ka kuju- ja keermeterade kinnitamiseks. Selliste pidemete enamkasutatavaid konstruktsioone vaadeldakse vastavates peatükkides.

Kõvasulamist plaadikesega terade valmistamine. Lõiketerasid valmistatakse tööriistatsehhis eritööliste poolt. Alguses valmistatakse ette pealejoodetav plaadike. Viimase tugipinna kaardumine, kui see esineb, tuleb kõrvaldada lihvimise teel. Plaadikese tugipind ja tera kerega kokkupuutuvad külgpinnad tuleb hoolikalt puhastada tagist ja juhuslikest määrdumistest. Süsinikterasest sepistatud kere tuleb lõõmutada temperatuuril 800 . . . . . 850 °C, terastest 40X ja 45X kere aga temperatuuril 840 . . . 870 °C. Kere tugipind peab olema töödeldud. Keres asuv plaadikese pesa peab olema töödeldud nii, et plaadike lebaks tera keres kõikumata. Plaadikese sisselõikenurk

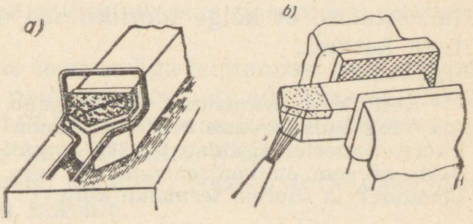
γ_n (joon. 17), mida mõõdetakse pearisttasapinnal, peab olema võrdne tera esinurgaga või sellest veidi suurem.

Plaadikese teritamise vähendamiseks esimesel korral peab pesa keres olema selline, et plaadike ulatuks kerest (pidemest) välja 0,5 ... 0,6 mm võrra. Tera esitahu mugavamaks teritamiseks peab plaadikese ülemine pind olema kere ülemisest pinnast 1,0 ... 1,5 mm võrra kõrgemal. Suurus h ei tohi ületada $^1/_3$ tera kere kõrgusest.

Joodisena võib kasutada elektrolüütilist vaske (sulamistemperatuur 1080 °C) või vask-nikkeljoodist (sulamistemperatuur 1220 °C) järgmise koostisega: 70% vaske ja 30% niklit. On olemas ka teisi joodiseid, mille koostisi tuuakse tööriistamajandust käsitlevates raamatutes.

Pesa ja plaadikese pinna oksüdeerimise vältimiseks, oksiidide eemaldamiseks, aga samuti pindade märgumisomaduste parandamiseks jootmise ajal kasutatakse räbusteid, kõige tavalisemalt booraksit, mis on eelnevalt sulatatud, peenendatud ja sõelutud läbi peene sõela.

Tera kere ja plaadikest saab jootmisprotsessis kõige paremini kuumutada kõrgsagedusvoolu induktoris (joon. 18, *a*), mille sisemised mõõtmed peavad olema 20 ... 30 mm võrra suuremad tera kere mõõtmetest. Pärast seda, kui tera on kuumenenud räbusti sulamistemperatuurini (booraksi kasutamisel ligikaudu 750 ... 800 °C), puistatakse ta üle räbustiga, võetakse välja induktorist ja puhastatakse pesa metallharjaga räbust. Seejärel puistatakse pesa uuesti üle räbustiga, asetatakse sinna plaadike, peale pannakse joodis ja raputatakse uuesti üle räbustiga nii, et ta ühtlase kihina üleni kataks joodise ja plaadikese. Pärast seda kuumutatakse tera ligikaudu temperatuurini 1200 °C ja niipea kui joodis sulab, võetakse tera kiiresti induktorist välja ning surutakse teravaotsalise vardaga plaadike pesasse. Aeglaseks jahutamiseks asetatakse tera 2 ... 3 tunniks kasti, milles on peenendatud puidusüsi või kuiv liiv.



Joon. 18. Tera kuumutamine plaadikese pealejootmiseks.

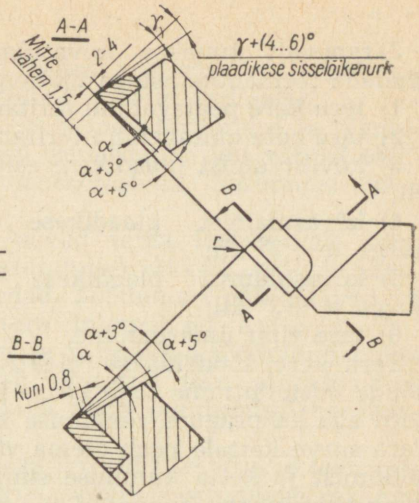
Kõrgsagedusseadme puudumisel joodetava tera kuumutamiseks võib selleks kasutada muhvelahje või äärmisel juhul gaasipõletit ja atsetüleeni-hapniku leeki. Töö tuleb sellisel juhul anda kogenud keevitajale. Põleti leek peab olema taandav (atsetüleeni ülehulgaga) ja suunatud tera kerele (joon. 18, *b*), mitte aga plaadikesele.

Kõvasulamist plaadikesega terasid teritatakse ja plangitakse teemantketastel. Kõige kvaliteetsemalt saab kõvasulamist plaadikesega terasid teritada ja plankida, kui kasutada looduslikke (tähis *A*) või tehislikke (tähis *AC*) teemante. Teemandi head lõikeomadused võimaldavad teritamisel suruda tera vastu ketast väiksema jõuga, kui see on nõutav teistest materjalidest ketaste kasutamisel. Tänu sellele kuumeneb tera teemantkettaga teritamisel 4...5 korda madalama temperatuurini, kui teiste ketaste puhul. See väldib pragude tekkimist plaadikeses teritamisprotsessi jooksul. Praod on mõnikord silmale märkamatud, kuid hästi nähtavad luubi abil. Eriti tundlikud pragude tekkimisele teritusprotsessis on vähese koobalti- ja suure titaanisisaldusega (BK2, BK3M, T30K4 jne.) kõvasulamid. Töömahukuse vähendamiseks ja teritus- ning plankimisketaste kokkuhoiuks soovitatakse teritamisel kasutada pea- ja abitagatahkudel kolme, esitahul aga kahte nurka (joon. 19).

Kõvasulamist plaadikesega terade teritamiseks soovitatakse teemantkettaid A12, A10, A8 ja A6 (kus 12, 10 jne. tähistavad ketta teralisust, näiteks teralisus 12 näitab, et selle ketta terade väikseim mõõde on 0,12 mm), kontsentratsiooniga[1] 100% ja metallilise sideainega (tähis M). Sel juhul võib kasutada ka kettaid margiga AC, s. t. tehisteemandist kettaid. Teralisuse valikul tuleb arvestada töötlemisvaru teritamiseks: mida suurem on töötlemisvaru, seda suurem peab olema tera. Tera mõõtmete suurenemisega väheneb teemandi kulu ja tõuseb järsult tootlikkus, kuid halveneb töödeldud pinna siledus. Ketta mõõtmed valitakse vastavalt olemasolevatele seadmetele (arvestades, et kõige tootlikumad on suurimate mõõtmetega kettad).

---

[1] Ketta kontsentratsiooni iseloomustab teemandi hulk antud kettas. Tinglikult loetakse kontsentratsioon 100%-liseks, kui ketta iga kuupmillimeeter sisaldab 0,00439 karaati (1 karaat võrdub 0,2 g). Mida kõrgem on kontsentratsioon, seda paremad on ketta lõikeomadused ja suurem teemandi kulu.



Joon. 19. Nurgad terade teritamisel ja plankimisel teemantketastega.

Ketta pöörlemiskiirus peab olema 30 ... 35 m/sek, pikiettenihe 0,5 ... 1,0 m/min, ristettenihe 0,02 ... 0,03 mm ühele kaksikkäigule. Teritamisel tuleb kasutada jahutamist (1 ... 2 l/min), mis tunduvalt vähendab lõikejõudu, tõstab töödeldud pinna siledust, suurendab teritamise tootlikkust ja vähendab oluliselt teemantketaste kulumist.

Jahutusvedelikuna soovitatakse kasutada järgmise koostisega (protsentides) emulsiooni:

trinaatriumfosfaat	0,60
vaseliinõli	0,05
booraks	0,30
kaltsineeritud sooda	0,25
naatriumnitraat	0,10
vesi	98,70

Teemantketaste rihtimiseks soovitatakse kasutada abrasiivkettaid või rohelist ränikarbiidi teralisusega 25 ... 16, kõvadusega CM1 ... CM2, keraamilise sideainega ja koos jahutusega.

Teemantketta pinna puhastamiseks laastudest kasutatakse pimsskivi.

Kõvasulamist terade teemandiga teritamisel kasutatavad tööpingid ja rakised peavad olema jäigad. Ketaste viskumine ei tohi ületada 0,01 mm. Ketas on kas lame õõnsusega (ПВ) või silindriline kausikujuline (ЧЦ).

Ülaltoodud soovituste täitmisel vastab tera töödeldud pinna siledus 8 ... 10 klassile.

Järgnevalt tuuakse kõvasulamist plaadikesega tera pindade teemantketastega töötlemise järjekord:

1) tera kere peatagatahu teritamine nurga α +5° all;
2) tera kere abitagatahu teritamine nurga α +5° all;
3) kõvasulamist plaadikese esitahu teritamine nurga γ all;
4) kõvasulamist plaadikese peatagatahu teritamine nurga α +3° all;
5) kõvasulamist plaadikese abitagatahu teritamine nurga α +3° all;
6) tera tipu ümardamine.

Tera kere töödeldakse elektrokorundketastega. Selle nõude mittetäitmine toob kaasa ketta «rasvumise», mõnikord aga ka pragude tekkimise kõvasulamist plaadikesse. Tera surve kettale peab olema väike, et vältida pragude tekkimist ja ketta kulumise suurenemist. Ketta pöörlemine peab olema suunatud ülevalt alla, s. t. ketas peaks nagu peale jooksma eemaletõmbuvale terale. Kettaid tuleb õigeaegselt rihtida, kuna «rasvunud» ketta puhul tekivad kõvasulamist plaadikesse praod.

Teemantketaste puudumisel võib kõvasulamist plaadi-

Tabel 2

Kettad ja ringkiirused kõvasulamist terade teritamisel

Operatsioon	Tera kere materjali kõvasulami margid	Ketta iseloomustus			Ringkiirus m/sek.
		Materjal	Kõvadus	Teralisus	
Tera kere tagatahkude teritamine	Süsinikteras: 45, 50, Y8 jt.	Elektrokorund	C1 ... ... CM2	40 25	25
Kõvasulamist plaadikese esi- ja tagatahkude teritamine	Kõvasulam: BK4, BK6, BK8, BK8B, T5K10, T5K12B, T14K8, T15K6, T17K12	Roheline ränikarbiid	M2 ... ... CM1	40 25	12 16
	Kõvasulam: BK2, BK3M, BK6M, T30K4	Sama	M1 ... ... M3	25 16	12 16

kesega terasid teritada ka teistest materjalidest ketastega, juhindudes sealjuures tabelis 2 toodud andmetest.

Kõvasulamist plaadikesega terade teritamise ja plankimise järjekord on sel juhul samasugune kui nendel teradel, mida teritatakse teemantketastega, kasutades samu operatsioone.

Pärast tera teritamist jäävad tema lõikeservale isegi peeneteralise lihvketta kasutamisel täkked, esi- ja tagatahud on aga liigselt karedad. Töötamisel põhjustavad nii täkked kui ka karedus tera intensiivset kulumist, mis alandab tera lõikeomadusi ja suurendab töödeldud pinna karedust. Sellepärast tuleb teritatud tera plankida teemantkettal ja ainult nõutava ketta puudumisel boorkarbiidpastaga kaetud kettal.

Kõvasulamist plaadikesega terasid plangitakse teemantketastega, mille iseloomustus, samuti kasutatavad režiimid on toodud järgnevalt.

Ketta teralisus[1]	A5, AA, AM40, AM28, AM20
Sideaine	orgaaniline
Ketta kontsentratsioon %:	
A5 ja A4	50
AM40, AM28, AM20 jt.	25
Ketta pöörlemiskiirus m/sek	30 ... 35
Pikiettenihe m/min	0,30 ... 0,80
Ristettenihe mm kaksikkäigule	0,005 ... 0,01

Plankimisel tuleb kasutada jahutust (1 ... 2 l/min).

Õigel plankimisel väheneb plangitud pindade karedus kuni 11. siledusklassini ja isegi rohkem.

Vastavate teemantketaste puudumisel võib kõvasulamist plaadikesega terasid plankida boorkarbiidpastaga kaetud pöörlevatel malmketastel (HB 120 ... 160), kusjuures ketta pöörlemiskiirus on 1,0 ... 1,5 m/sek.

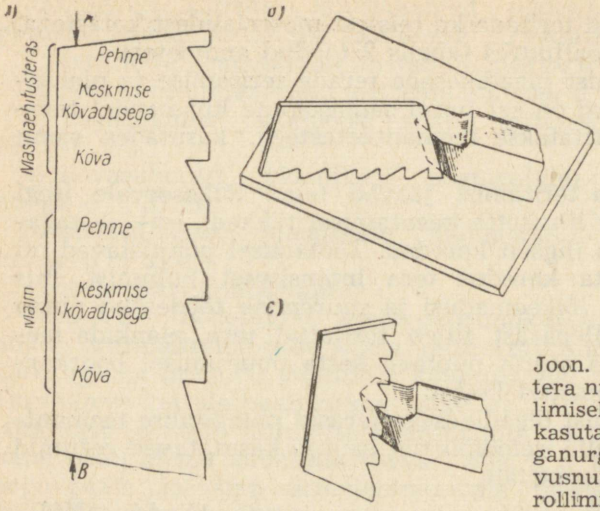
Normaalset tootlikkust tagav pasta koosneb (kaalu järgi) 70% boorkarbiidist ja 30% parafiinist. Suurendatud tootlikkust tagav pasta sisaldab 85% boorkarbiidi ja 15% parafiini.

Plankimismaterjalile soovitatakse järgmist teralisust:

musttöötlemisel	M40
puhastöötlemisel	M20 ... M28

Kõvasulamist plaadikesega tera pindade töötlemise järjekord plankimisel:

[1] Mida kõrgem peab olema plankimise kvaliteet, seda väiksemad tuleb valida abrasiivmaterjali terad.



Joon. 20. Šabloon (*a*) tera nurkade kontrollimiseks ning selle kasutamine tera taganurga (*b*) ja teravusnurga (*c*) kontrollimisel.

1) peatagatahu plankimine nurga α all 1,5 ... 3 mm laiuse faasi ulatuses;

2) esitahu plankimine nurga γ all 2 ... 4 mm laiuse faasi ulatuses;

3) tera tipu ümardamine.

Tera abitagatahku ei plangita.

Kõrge kvaliteedi saamiseks plankimisel on vajalik, et teemant- või malmketta viskumine ei ületaks 0,05 mm. Plankimisketta pöörlemine peab olema vastupidine teritamisketta pöörlemisele ja suunatud lõikeservale alt. Enne pasta kandmist malmkettale tuleb viimane kergesti üle hõõruda petrooleumi kastetud viltharjaga. Kettale kantav pastakiht peab olema õhuke, paks kiht ei kiirenda plankimist. Tera tuleb sujuvalt viia plankimiskettani ja kergelt suruda selle vastu. Tugev surumine ei kiirenda plankimist, suurendab vaid pasta kulu ja kiirendab ketta kulumist.

Tera nurkade õigsust kontrollitakse lihtsamatel juhtudel šabloonidega, mis sarnanevad joonisel 20, *a* esitatuga. Šablooni kaldküljed *A* ja *B* moodustavad tema alusega (joonisel 20, *a* paremal) nurgad, mis võrduvad 90°— α. Sealjuures võrdub nurk külje *A* juures näiteks 8°, külje *B* juures 12°. See võimaldab kontrollida plaadil tera taganurga õigsust, nagu on näidatud joonisel 20, *b*. Sälgud

šablooni aluses on tehtud erinevate nurkadega nii, et nad oleksid võrdsed tera teravusnurkadega mitmesuguste materjalide töötlemisel. Tera teravusnurkade kontrollimine sellise šablooni abil on näidatud joonisel 20, c. Šabloon tuleb asetada tasapinda, mis on risti pealõikeservaga.

Tera nurkade kontrollimiseks ja mõõtmiseks kasutatakse samuti erilisi universaalseadmeid.

Tera plangitud pindade siledust ja täkete puudumist lõikeserval kontrollitakse luubi abil, mis annab 10-...20-kordse suurenduse.

Mineraalkeraamilistest kõvasulamitest plaadikestega terade valmistamine. Mineraalkeraamilisi plaadikesi joodetakse peale messingiga JI-62. See protsess tuleb läbi viia väga hoolikalt, et vältida plaadikese eemalepõrkumist ja pragunemist. Sealjuures esinevad raskused põhjustavad mineraalkeraamiliste plaadikeste puhul mitmesuguste pidemete laialdast kasutamist, mis sarnanevad joonisel 16 esitatud või ka teiste konstruktsioonidega.

Mineraalkeraamiliste plaadikestega terasid teritatakse rohelisest ränikarbiidist lihvketastel, mis on valmistatud keraamilise sideainega ja on kõvadusega mitte üle CM1. Teritamisprotsessi kasutuselevõtmise perioodil peavad kettad olema kõvadusega M2...M3.

Ketaste teralisus on eeltöötlemisel 40, lõpptöötlemisel 25...16.

Ketta ringkiirus peab olema ligikaudu 5 m/sek. Kui teritatakse kõva kettaga, peab selle ringkiirus olema 2...4 m/sek.

Plaadikese lagunemise vältimiseks tuleb mineraalkeraamilise plaadikesega terasid teritada jahutusega (kaltsineeritud sooda 1...2%-line vesilahus).

Mineraalkeraamilise plaadikesega terasid plangitakse malmkettal boorkarbiidpastaga, mille teralisus on 3...6.

Lõiketerade valmistamine kiirlõike- ja süsinikterastest. Väikeste mõõtmetega kiirlõiketerasest terad valmistatakse terviklikena. Keskmised ja suured terad valmistatakse hinnalise kiirlõiketerase kokkuhoidmise eesmärgil plaadikeste pealekeevitamise teel.

Kiirlõiketerasest plaadikesed keevitatakse tera kere külge mitmesuguste pulbrite abil. Keevituspulber asetatakse 3 mm paksuse kihina plaadikese ja tera kere vahele. Pärast seda asetatakse tera kõrgsagedusinduktorisse,

äärmisel juhul aga ahju või isegi sepaääsile, kus teda kuumutatakse, kuni omandab helepunase värvuse. Veendunud selles, et plaadike ei ole paigast nihkunud, lüüakse plaadikesele üks kord vasaraga tema kinnitamiseks. Seejärel asetatakse tera uuesti ahju ja kuumutatakse keevitustemperatuurini, s. o. kuni helekollase, peaaegu valge värvuseni ja mullikeste ilmumiseni plaadikesele. Võtnud tera ahjust välja, surutakse plaadike tihedasti vastu keret käsipressi abil või sepavasara kergete ja sagedaste löökidega (üle silumisvasara). Jahutatud tera võib karastada nagu terviktera.

Kiirlõiketerasest terasid kuumutatakse karastamisel astmeliselt: algul kuumutatakse aeglaselt määratud temperatuurini, seejärel kiiresti järgmise temperatuuriastmeni ja alles seejärel tõstetakse kuumutustemperatuur kiiresti 1240 ... 1300 °C-ni.

Tera jahutatakse õlis või külma õhu joas. Noolutamiseks tera kuumutatakse, hoides teda 3 ... 4 tundi ahjus, pärast seda jahutatakse õlis või õhujoas. Tera materjali omadused paranevad, kui noolutatakse 2 ... 3 korda, kusjuures temperatuuri hoitakse 1 tunni jooksul pärast kuumutamist.

Süsinikterastest valmistatakse terad tavaliselt terviklikena, sõltumata nende mõõtmetest. Sellistele teradele antakse vajalik kuju mehaanilise töötlemise või sepistamisega. Teradele vajaliku kuju andmine sepistamisega on alati seotud tema materjali kvaliteedi halvenemisega — kasulike elementide väljapõlemisega, pragude tekkimisega jne. Seepärast tuleb taolist moodust kasutada ainult äärmise vajaduse korral ja sel juhul rangelt jälgida kõiki sepistamise eeskirju. Sepistatud terasid tuleb lõõmutada, mis kaotab terases sepistamisel tekkinud sisepinged. Selleks kuumutatakse terad vastava terasemargi lõõmutamistemperatuurini, pärast seda jahutatakse tera kuivas puidusões, tuhas või liivas.

Tera karastamiseks kuumutatakse tema pea vastava temperatuurini, seejärel jahutatakse selleks määratud vedelikus või õlis; pärast seda noolutatakse. Iga operatsiooni iseloom ja kestus määratakse sõltuvalt terase sordist.

Vajaliku temperatuurini (760 ... 800 °C vastavalt terase margile) kuumutatud süsinikterasest terad jahutatakse toatemperatuuriga vees.

Sitkuse andmiseks tera noolutatakse. Selleks võetakse jahutatav tera, niipea kui tema pea tumeneb, veest välja, puhastatakse pea tagist ja oodatakse, kuni see uuesti kuumeneb antud terasele vastava temperatuurini (mida määratakse muutevärvuse järgi) soojuse arvel, mis on jäänud tera jahutamata osadesse. Niipea kui antud temperatuurile vastav muutevärvus jõuab tera tipuni, jahutatakse viimane kiiresti vees.

Uusi keevitatud plaadikestega kiirlõiketerasest ja süsinikterasest terasid, samuti sepistatud terasid teritatakse kahe võttega. Esialgselt teritatakse terad enne nende karastamist elektrokorundist kettaga, mille teralisus on 80...50 ja kõvadus C1...CT1. Selle teritamisega tuleb anda terale kõik nurgad. Uute terade lõplik teritamine, samuti töötamisel nürinenud terade teritamine toimub valgest elektrokorundist kettal, mille teralisus on 40 või 25 ja kõvadus CM...CM1. Ketta ringkiirus on 25...35 m/sek intensiivse jahutuse juures.

Terad, mille peale on kuju antud mehaanilise töötlemisega, ja samuti terad täpselt pealekeevitatud plaadikesega teritatakse täielikult pärast termilist töötlemist (ilma eelteritamiseta).

Lõplikult teritatud tera plangitakse kettal või viimistletakse abrasiivluisuga. Kiirlõiketerasest terade plankimiseks kasutatakse jämeda- või peeneteralist pastat.

Jämedateralise pasta koostis kaaluprotsentides:

valge või normaalne elektrokorund teralisusega M40...M28	70
tehniline stearin	28
oleiinhape	2

Peeneteralise pasta koostis kaaluprotsentides:

valge või normaalne elektrokorund teralisusega M20...M10	65
tehniline stearin	32
oleiinhape	3

Üldmärkmeid terade teritamise ja plankimise kohta. Terade teritamine ja plankimine on üks kõige ohtlikumatest treiali poolt täidetavatest töödest. Seepärast tuleb nende sooritamisel tingimata täita järgmisi ohutustehnika nõudeid:

1) kui teritatakse kuivalt ja tööpingil ei ole kaitseklaasi, peab treial tingimata ette panema spetsiaalsed prillid;

2) tera teritamisel ei tohi seista otse pöörleva ketta ees, vaid veidi küljel, et ketta purunemisel killud ei tabaks töölist;

3) alus, millele teritatavat tera toetatakse, peab olema lihvkettale võimalikult lähedal;

4) ketas peab alati olema töökorras ja hästi rihitud;

5) ketta viskumine ei ole lubatud;

6) ketast kattev kaitsekate peab alati olema kohal.

II peatükk. TREIPINGID JA NENDE HOOLDAMINE

1. UNIVERSAALTREIPINK 1A62

Üldkirjeldus[1]. Joonisel 21 on esitatud tehase «Krasnõi Proletari» universaaltreipink 1A62.

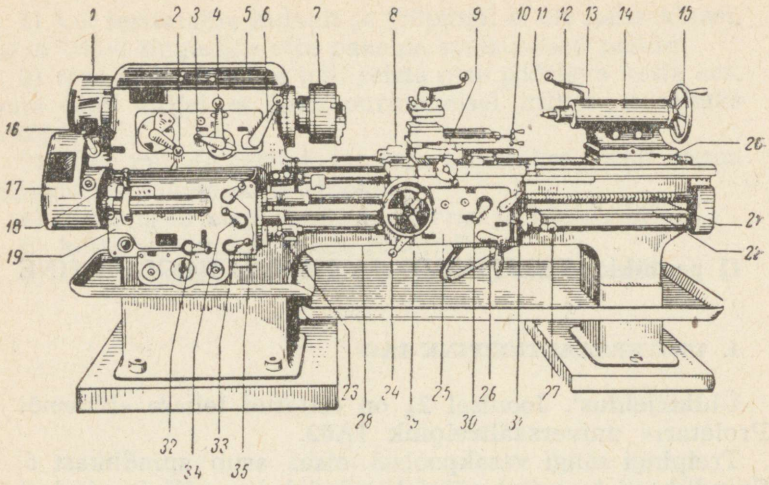
Treipingi sängi vasakpoolsel otsal asub spindlikast 5. Spindlikasti laagritel pöörleb spindel (peavõll joonisel ei ole näidatud), mille parempoolsele otsale keeratakse padrun 7 või mingi teine rakis töödeldava detaili kinnitamiseks. Spindlis on kooniline ava, millesse võib asetada tsentri, mida kasutatakse samuti detailide ülesseadmiseks ja kinnitamiseks.

Spindel saab seadme kaudu, mis on asetatud spindlikasti keresse ja mida nimetatakse kiirustekastiks, pöörlemise elektrimootorilt, mis on asetatud eraldi alusele treipingi taga. Ülekanne toimub elektrimootori ja tööpingi rihmarattaid ühendavate kiilrihmade (joonisel on viimane kaetud kattega 1), mitme hammasratta, siduri ja teiste detailide abil, mis kokku moodustavad kiirustekasti.

Kiirustekast on ehitatud selliselt, et elektrimootori püsiva pöörete arvu juures minutis võib spindli pöörete arvu muuta küllaltki laiades piirides. Nii on vaadeldava pingi spindlil 24 kiirust — 16,5 ... 1200 pööret minutis. Nende kiiruste hulgas langevad kolm ühte, nii et praktiliselt ei ole tööpingi 1A62 spindlil mitte 24, vaid 21 töökiirust.

Selline spindli pöörlemiskiiruste arv võimaldab kasutada niisugust lõikekiirust, mis kõige rohkem sobib antud töö tingimustega. Spindli pöörlemiskiirusi muudetakse

[1] Kõikidel joonistel, mis kuuluvad universaaltreipingi mudel 1A62 juurde, on ühed ja samad detailid tähistatud samade numbritega.



Joon. 21. Universaaltreipink 1A62.

kolme käepideme *2*, *4* ja *6* abil, mis asetsevad spindlikasti seinal.

Sängi parempoolsel otsal asub tagumine tsenterpukk *14*, mille pinoolis *12* asub tagumine tsenter *11*. Tagumist tsenterpukki saab asetada spindlikastist erinevatele kaugustele. Peale selle võib nihutada tsenterpuki pinooli käsiratta *15* pööramisega ja kinnitada vajalikku asendisse käepideme *13* abil. Tagumise tsenterpuki kere on paigutatud vaheplaadile *20*, mis asetseb sängi juhtpindadel. Tsenterpuki kere võib nihkuda mööda plaati treiali poole või vastupidi, treialist eemale. Tsenterpuki kere *14* keskmise asendi puhul tulevad tsentrite vahele kinnitatud töödeldavad detailid silindrilised, nihutatud tsenterpuki kere puhul aga koonilised.

Sirgjoont, mis ühendab eesmise ja tagumise tsentri tippu ja kui sealjuures tagumine tsenterpukk on keskmises asendis ning tagumise tsentri telg langeb kokku eesmise tsentri teljega, nimetatakse tööpingi tsentrite jooneks. Viimane on paralleelne sängi juhtpindadega.

Lõikeinstrument (tera) kinnitatakse supordile *8*. Suport koosneb mitmest osast, mis liiguvad erinevates suundades. See kindlustab terale vajalikud ettenihked — pikisuunalise, mis on paralleelne tööpingi tsentritejoonega ja rist-

suunalise, mis on risti selle joonega. Supordi ülemist osa võib pöörata ümber vertikaalse telje, tera ettenihe võib sel juhul toimuda tööpingi tsentritejoone suhtes nurga all, mis on vajalik kooniliste pindade töötlemisel.

Kõik tera ettenihked võivad toimuda käsitsi, piki- ja ristettenihe aga ka automaatselt. Käsitsi pikiettenihe toimub käsiratta *29* pööramise teel, mis asub, nagu paljudki teised tööpingi ettenihete juhtimise käepidemed, supordipõlle *25* esiseinal.

Käsitsi ristettenihe saadakse käepideme *9*, aga supordi ülemise (pööratava) osa ettenihe käepideme *10* abil.

Tera automaatne ettenihe saadakse käigukruvilt *21* või käiguvõllilt *22*, mis erinevate kiirustega pöörlemise saavad omakorda ettenihetekastilt *19*. Käigukruvi kasutatakse keermetamisel, käiguvõlli kõigil ülejäänud treimistöödel. Käigukruvilt saadav ülekanne lülitatakse sisse käepideme *34*, käiguvõllilt saadav ülekanne aga käepidemete *34* ja *30* abil. Nii käigukruvilt kui ka käiguvõllilt saadavate ülekannete üheaegne sisselülitamine lõhuks tööpingi. Seepärast on vaadeldaval tööpingil seade (supordipõlles), mis seda takistab. Supordipõllel asetseva käepidemega *31* lülitatakse sisse ja välja tööpingi veomutter, aga käepidemega *26* käiguvõllilt saadav ettenihe. Käepideme *24* ülesandeks on reverseerida (muuta pöörlemissuunda) käiguvõlli, mis muudab supordi liikumissuunda.

Ettenihetekast *19* on katte *17* all asuva kitarri hammasratastega ühendatud tööpingi spindliga nii, et spindli pöörlemiskiirus ja tera ettenihke suurus on rangelt kooskõlas. Ettenihetekast on ehitatud nii, et asetades käepidemed *18*, *32*, *33* ja *35* erinevatesse asenditesse, võib käigukruvi kaudu saada ettenihked, mis vastavad kõigi kasutuselolevate keermete sammudele, käiguvõlli kaudu aga saada palju erinevaid ettenihkeid, mis on vajalikud ülejäänud treimistöödeks.

Kasutades kitarri vahetusrattaid, mille ehitust vaadeldakse alamal, võib lõigata mittestandardse sammuga keeret. Samasuguseid hammasrattaid kasutatakse täpsete keermete lõikamisel. Käepideme *3* abil võib lõigatava keerme sammu suurendada *2*, *8* või *32* korda, vastavalt käepideme *6* asendile.

Käepidet *16* kasutatakse tööpingi häälestamiseks parem- või vasakpoolse keerme lõikamisel.

Kasutades ettenihetekasti kõiki võimalikke ettenihkeid,

võib vaadeldaval pingil lõigata meeterkeeret sammuga 1 ... 12 mm, tollkeeret niitide arvuga 2 ... 24 ühes tollis, aga samuti moodul- ja pitškeeret.

Peale selle võib treipingil 1A62 saada töötamisel käiguvõlli kaudu automaatseid pikiettenihkeid 0,082 ... 1,59 mm/pöördele ja ristettenihkeid 0,027 ... 0,52 mm/pöördele.

Käepidemete *23* ja *27* abil lülitatakse tööpink sisse ja välja ning reverseeritakse.

Kiirustekast. Joonisel 22 on toodud treipingi 1A62 kiirustekasti kinemaatiline skeem. Kõik kiirustekasti detailid ja osad on kujutatud skeemil tinglikult, mis tunduvalt lihtsustab kiirustekasti ehituse ja tema detailide koostöö tundmaõppimist. Kiirustekasti võllid on mugavamaks kujutamiseks näidatud tinglikult asetsevana ühel tasapinnal. Kiirustekasti kõige tähtsamaid sõlmi vaadeldakse alamal.

Kiirustekasti vedav võll *I* saab pöörlemise elektrimootorilt rihmaratta *36* kaudu. Sellel võllil pöörleb vabalt kahe hammasrattaga *37* ja *38* plokk ning hammasratas *40*. Esimeste parempoolne ja teiste vasakpoolne osa on hõõrdsiduri *39* kere poolteks, mille abil toimub spindli pöörlemise sisse- ja väljalülitamine, aga samuti pöörlemissuuna muutmine. Kasutades ühte käepidemetest *23* või *27*, võib hõõrdsiduri puksi ümber paigutada piki võlli *I*. Puksi vasakpoolse asendi puhul ühendatakse hammasratasplokk *37, 38* pöörleva võlliga *I* ning tööpingi spindel saab otsepöörlemise. Puksi parempoolse asendi korral on võlliga *I* ühendatud hammasratas *40*. Sel juhul saab tööpingi spindel, nagu seda alamal selgitatakse, tagasipöörlemise. Puksi keskmise asendi puhul on tööpink välja lülitatud.

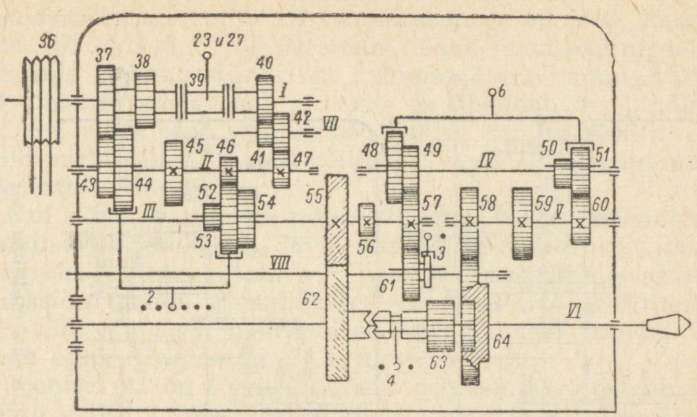
Kiiruste kasti võllile *II* on asetatud kahest hammasrattast *43* ja *44* plokk ning hammasrattad *45, 46* ja *47*.

Hammasratasplokk *43, 44* pöörleb pidevalt koos võlliga *II*, kuid teda võib nihutada piki võlli ja anda talle üks kahest tööasendist. Vaadeldava ploki sellist ehitust, mida nimetatakse nihutatavaks, tähistatakse skeemil võlli teljega paralleelse joonega.

Hammasratasploki esimene tööasend, kus hambumises on hammasrattad *37* ja *43*, on näidatud joonisel *22*; selle ploki teises asendis on hambumises hammasrattad *38* ja *44*.

Hammasrattad *45, 46* ja *47* on võllile *II* kinnitatud liikumatult, skeemil on see märgitud ristikesega.

Võllil *III* asetseb nihutatav plokk kolmest hammasrat-



Joon. 22. Treipingi 1A62 kiirustekasti kinemaatiline skeem.

tast *52, 53* ja *54*, millel on kolm tööasendit. Üks nendest (keskmine) on näidatud joonisel, ploki vasakpoolse asendi puhul on hambumises hammasrattad *45* ja *52*, parempoolse asendi puhul hammasrattas *47* ja *54*.

Hammasratasplokke *43, 44* ja *52, 53, 54* nihutatakse käepideme *2* abil.

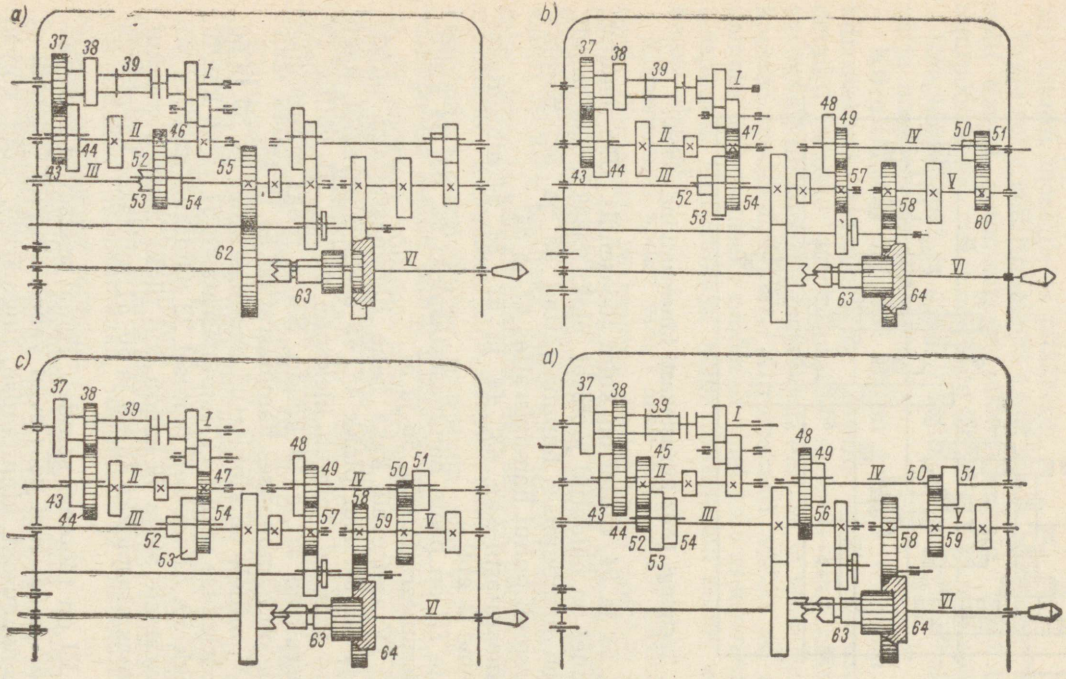
Võllile *III* on peale hammasratasploki *52, 53, 54* kinnitatud hammasrattad *55, 56* ja *57*.

Võllil *IV* asetsevad kaks kahe hammasrattaga plokki *48, 49* ja *50, 51*. Kui plokk *48, 49* asetseb paremal, nagu näidatud joonisel, toimub ülekanne võllilt III võllile IV hammasrataste *57* ja *49* kaudu. Sama ploki nihutamisel vasakule on hambumises hammasrattad *56* ja *48*.

Võll *V*, millele on kinnitatud hammasrattad *58, 59* ja *60*, saab pöörlemise võllilt *IV* hammasrataste *51* ja *60* kaudu, kui plokk *50, 51* asetseb joonisel 22 näidatud asendis, või hammasrataste *50* ja *59* kaudu, kui plokk asetseb vasakul.

Hammasratasplokke *48, 49* ja *50, 51* juhitakse käepideme *6* abil.

Võll *VI* on tööpingi spindel. Temal asetsevad hammasrattad *62* ja *64*. Nad pöörlevad vabalt spindlil (skeemil ei ole mingisuguseid kinnitamise tingmärke), kuid võivad olla temaga seotud nukksiduri *63* abil, mida juhitakse käepidemega *4*. Siduri *63* vasakpoolse asendi puhul on spindliga ühendatud hammasratas *62* ja spindel saab pöör-



Joon. 23. Mõned pöörlemise vedavalt võllilt spindlile ülekandmise skeemid treipingi 1A62 kiirustekastis.

lemise vahetult võllilt *III* hammasrataste *55* ja *62* kaudu. Kui nihutada sidur *63* paremale, läheb tema parempoolne ots, mis kujutab silindrilist hammasratast, hammasrattas *64* olevasse vastavasse õõnsusse ja ühendab ta spindliga *VI*. Sel juhul saab spindel pöörlemise samuti võllilt *III*, kuid mitte vahetult, vaid võllidel *IV* ja *V* asetsevate hammasrataste kaudu.

Kui sidur *39* lülitada nii, et võlliga *I* oleks ühendatud hammasratasplokk *37, 38* ja asetada kõik kiiruste kastis olemasolevad nihutatavad hammasratasplokid, samuti nukksidur nende võimalikesse erinevatesse tööasenditesse, siis võlli *I* püsival pöörlemisel saab treipingi spindel *VI*, nagu eespool näidatud, *24* erinevat kiirust.

Joonisel 23 on toodud näiteid pöörlemise ülekandmise kohta võllilt *I* spindlile *VI* kiirustekasti detailide mõningate asendite puhul, kusjuures ülekandest osavõtvad hammasrattad on (tinglikult) näidatud hammastega, kõik ülejäänud on aga kujutatud ristkülikuina.

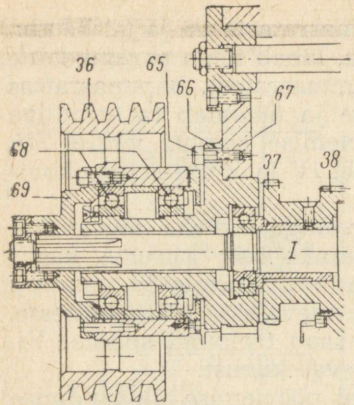
Joonisel 23, *a* on hammasratasplokk *43, 44* nihutatud vasakpoolsesse, plokk *53, 54* keskmisse, nukksidur *63* vasakpoolsesse asendisse. Meenutame, et siduri *63* sellise asendi puhul on spindliga ühendatud hammasratas *62*. Ülekanne võllilt *I* spindlile *VI* toimub antud juhul hammasrataste *37, 43, 46, 53, 55* ja *62* kaudu.

Joonisel 23, *b* asub hammasratasplokk *43, 44* samas asendis, aga plokk *52, 53, 54* on nihutatud parempoolsesse asendisse. Plokid *48, 49* ja *50, 51* on asetatud samuti paremale. Hammasratas *64* on siduri *63* abil ühendatud spindliga *VI*. Pöörlemise ülekanne võllilt *I* spindlile *VI* toimub hammasrataste *37, 43, 47, 54, 57, 49, 51, 60, 58* ja *64* kaudu.

Joonisel 23, *c* asetsevad hammasratasplokid *43, 44*; *52, 53, 54* ja *48, 49* paremal, plokk *50, 51* on nihutatud vasakule. Hammasratas *64* on siduri *63* abil ühendatud spindliga. Pöörlemine kantakse võllilt *I* üle spindlile *VI* hammasrataste *38, 44, 47, 54, 57, 49, 50, 59, 58* ja *64* kaudu.

Joonisel 23, *d* on hammasratasplokk *43, 44* nihutatud paremale, aga plokid *52, 53, 54*; *48, 49* ja *50, 51* — vasakule. Hammasratas *64* on ühendatud siduri *63* kaudu treipingi spindliga. Pöörlemine kantakse võllilt *I* tööpingi spindlile hammasrataste *38, 44, 45, 52, 56, 48, 50, 59, 58* ja *64* kaudu.

Kui vaadeldavas kiirustekastis siduri *39* abil ühendada võlliga *I* hammasratas *40* (joon. 22), siis antakse võlli *I*



Joon. 24. Treipingi 1A62 veorihmaratas.

pöörlemine võllile *II* edasi hammasrataste *40, 41, 42* ja *47* kaudu. Plokk *41, 42*, mis asetseb võllil *VII*, kujutab endast parasiithammasrattaid[1], mispärast võll *II* pöörleb antud juhul vastassuunas võrreldes suunaga, millises ta pöörles siis, kui võlliga *I* oli seotud hammasratasplokk *37, 38*. Vastassuunas pöörlevad ka võllid *III, IV* ja *V*. Spindel *VI* saab tagasipöörlemise 12 erineva kiirusega. Spindli kiiruste arv tagasipöörlemisel on kaks korda väiksem kui otsepöörlemisel, kuna pöörlemise ülekandmisest võllilt *I* võllile *II* ei võta osa hammasratasplokk *43, 44*.

Tutvunud kiirustekasti ehitusega tervikuna, vaatleme nüüd mõningaid tema sõlmi.

Joonisel 24 on näidatud vaadeldava kiirustekasti veorihmaratas *36*. Viimane pöörleb kahel kuullaagril *68*, mis on asetatud puksile *66*. Puks on omakorda kinnitatud poltidega *65* kiirustekasti kere vasakpoolse seina *67* külge. Rihmarattaga *36* ühendatud ääriku *69* kaudu antakse rihmaratta pöörlemine edasi kiirustekasti võllile *I*. Tänu sellisele konstruktsioonile võetakse elektrimootorilt rihmarattale pöörlemist ülekandva kiilrihma pingutusjõud vastu spindlikasti kere, mitte aga võlli *I* poolt.

Kiirustekasti seinast paremal asetseb võllil *I* meile juba tuttav hammasratasplokk *37, 38*. Need hammasrattad,

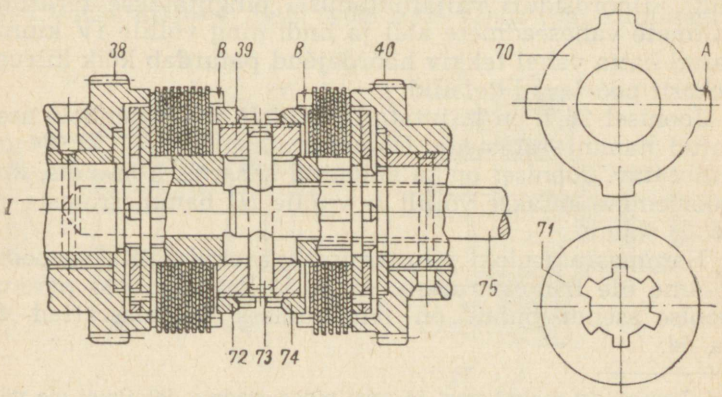
[1] Parasiitseks nimetatakse hammasratast, mis on asetatud kahe (vedava ja veetava) hammasratta vahele, kusjuures viimased annavad pöörlemist edasi ühelt võllilt teisele. Parasiithammasratas ei muuda nende hammasrataste ülekandesuhet (vedava hammasratta hammaste arvu ja veetava hammasratta hammaste arvu suhet), kuid muudab veetava hammasratta pöörlemissuuna vastupidiseks.

nagu eespool juba märgitud, on hõõrdsiduri vasaku poole kereks (joon. 25), mille abil pannakse pöörlema ja peatatakse spindel, samuti muudetakse tema pöörlemissuunda sisselülitatud elektrimootori puhul. Siduri parema poole kereks on hammasratas *40*. Mõlemad hammasrattad on võllile *I* asetatud vabalt ja ühendatakse viimastega õhukeste terasketaste (*70* ja *71*) abil, mida nimetatakse hõõrdketasteks. Kettad on võllile *I* kinnitatud vaheldumisi. Ketaste *70* välispinnal asetsevad nukid *A* lähevad pikisoonde *B*, mis on tehtud siduri vasak- ja parempoolsesse keresse; võlliga *I* need kettad seotud ei ole.

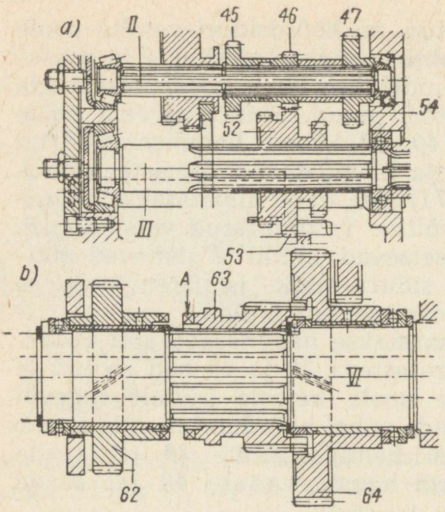
Kettad *71* vastupidi haaratakse hammasava abil võlli *I* sama osa poolt, hammasratastega *38* ja *40* nad seotud ei ole. Siduri ühe või teise poole ketaste küllalt tugeval kokkusurumisel tekib nende vahel hõõrdumine, mis annab pöörlemise võllilt *I* edasi hammasrattale *38* (et saada spindli otsepöörlemist), või hammasrattale *40* (et saada tagasipöörlemist).

Siduripoolte ketaste kokkusurumine toimub nende vahele asetatud liikuva puksi *39* ja viimasel asuvate reguleerimismutrite *72* ja *74* abil.

Liikuv puks on ühendatud tihvtiga *73*, mis paikneb võlli pikibaasis ja tõmmitsaga *75*, mis asub võlli tsentraalavas ja mida juhitakse käepidemete *23* või *27* (joon. 21) abil. Ükskõik kumma käepideme pööramine antakse edasi tõmmitsale *75* mitmete kangide, võllikute ja teiste detailide kaudu.



Joon. 25. Treipingi 1A62 hõõrdrihm.



Joon. 26. Treipingi 1A62 kiirustekasti nihutatav kolme hammasrattaga plokk (*a*) ja nukksidur (*b*).

Ketastele avaldatavat survejõudu reguleeritakse mutrite *72* ja *74* asendi muutmisega. Kui siduri töötamisel esineb ühtede ketaste libisemine teiste suhtes, tuleb mutreid tingimata aeglaselt reguleerida, et vältida ketaste kahjulikku kuumenemist ja tööpingi normaalse töötamise rikkumist.

Üheaegselt hõõrdsiduri väljalülitamisega pidurdub ka treipingi spindel. Selleks on ühele kiiruste kasti võllile (võll *IV*, joon. 22) asetatud malmketas, mida haarab teraslint[1]. Hõõrdsiduri väljalülitamisel pingutatakse teraslint mitmete vaheseadmete abil ja lindi ning võllile *IV* kinnitatud ketta vahel tekkiv hõõrdejõud pidurdab kõik kiirustekasti pöörlevad detailid.

Joonisel 26, *a* on kujutatud võllid *II* ja *III* nendele asetatud hammasratastega. Hammasratasplokk *52*, *53*, *54* on nihutatav. Joonisel on ta näidatud keskmises asendis, kus pöörlemine antakse võllilt *II* võllile *III* hammasrataste *46* ja *53* kaudu.

Hammasratasploki nihutamisel vasakule antakse pöörlemine üle hammasrataste *45* ja *52* kaudu. Ploki parempoolse asendi puhul on hambumises hammasrattad *47* ja *54*.

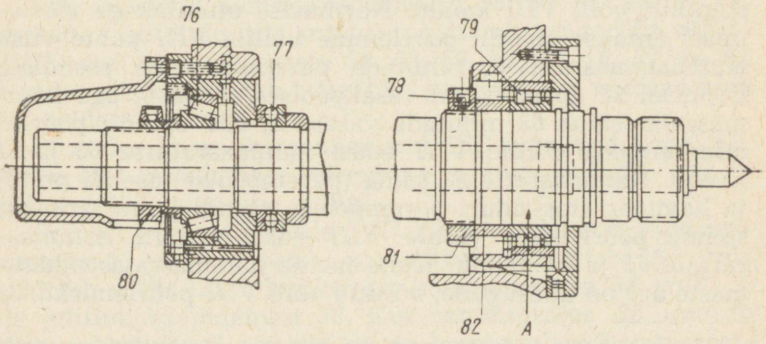
[1] Joonisel 22 malmketast ja teisi piduriseadme detaile ei ole näidatud.

Joonisel 26, *b* on näidatud vaadeldava kiirustekasti spindli *VI* osa, millel vabalt asetsevad hammasrattad *62* ja *64*. Nende hammasrataste vahel, spindli hammastatud osal, asetseb nukksidur *63*. Siduri parem ots koos sinna lõigatud hammastega suubub hammasratta *64* vasakul otsal asuvasse samasuguste hammastega õõnesse, millega antakse spindlile edasi hammasratta *64* pöörlemine. Kui sidur *63* on nihutatud vasakule, siis sisenevad tema vasakul otsal asetsevad nukid *A* samasuguste nukkide vahedesse hammasratta *62* parempoolsel otsal. Tööpingi spindel saab nüüd pöörlemise hammasrattalt *62*.

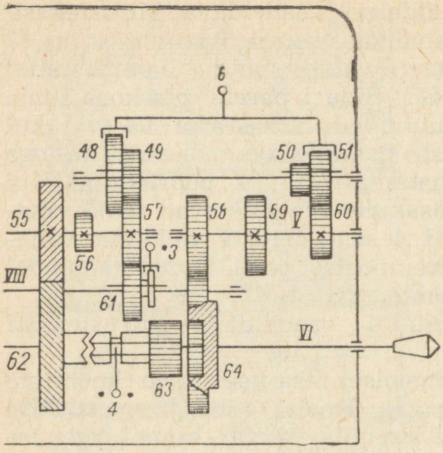
Joonisel 27 on kujutatud vaadeldava kiirustekasti spindli laagrid.

Spindli eesmise (parempoolse) otsa kael *A* on kooniline (väga väikese kaldnurgaga). Kaelal asetseb spetsiaalse kaherealise rull-laagri *79* sisemine rõngas, kuna laager ise paikneb kiirustekasti parempoolses seinas. Laagri sisemise rõnga ava on samuti kooniline. Mutri *81* abil, mis mõjub laagri rõngale vahepuksi *82* kaudu, võib laagrit reguleerida. Mutri *81* keeramisel nihkub laagri sisemine rõngas mööda spindli koonilist kaela, mille tulemusena rõnga välismõõt veidi suureneb. Sealjuures kaotatakse laagri rullide ja rõngaste vahel kulumise tõttu tekkinud lõtk. Mutri isepöörlemise vältimiseks lukustatakse ta vajalikus asendis kruviga *78*.

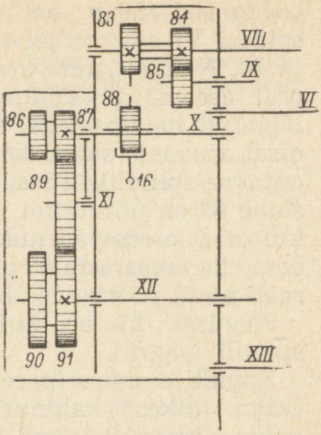
Spindli tagumine (vasakpoolne) ots pöörleb koonilises rull-laagris *76*, mida saab mutri *80* abil reguleerida samuti, nagu eesmist laagrit. Spindlile paremalt vasakule mõjuvad telgsuunalised jõud võetakse vastu tugi-kuullaagris



Joon. 27. Treipingi 1A62 spindli laagrid.



Joon. 28. Osa treipingi 1A62 kiirustekasti kinemaatilisest skeemist.



Joon. 29. Treipingi 1A62 trenseli ja kitarri kinemaatiline skeem.

77. Vasakult paremale suunatud telgsuunalised jõud võetakse vastu rull-laagris *76*.

Trensel, kitarr ja ettenihetekast. Ettenihkeliikumine, nagu eespool märgitud, saadakse tööpingi spindlilt. Seepärast jääb ettenihke suurus ühe spindli pöörde kohta muutumatuks, sõltumata spindli pöörlemiskiirusest. Eriti oluline on see keermete lõikamisel. Vaadeldava tööpingi juures saab ettenihkemehhanism (joon. 28)[1] pöörlemise spindlilt võlli *VIII* kaudu. Normaalse ettenihkega töötlemisel antakse spindli pöörlemine võllile *VIII* kahte viisi. Kui hammasratas *61* nihutada parempoolsesse asendisse (joonisel 28 on näidatud vasakpoolses asendis), aga hammasratas-sidur *63* nihutada vasakule, siis spindli pöörlemine antakse võllile *VIII* edasi hammasrataste *63* ja *61* kaudu. Hammasratta *61* sama (parempoolse) asendi puhul ja hammasratas-siduri parempoolse asendi puhul antakse spindli pöörlemine võllile *VIII* edasi samuti hammasrataste *63* ja *61* kaudu. Kuna nende hammasrataste hammaste arv on ühesugune, võrdub võlli *VIII* pöörlemiskiirus

[1] Joonisel 28 on kujutatud osa tööpingi kiiruste kasti kinemaatilisest skeemist, mis täielikult on toodud joonisel 22.

mõlemal juhul spindli omaga. Hammasratas-siduri *63* vasakpoolse asendi, s. o. esimese vaadeldud juhuse puhul, saab tööpingi spindel pöörlemise vahetult võllilt *III* hammasrataste *55* ja *62* kaudu, mis vastab spindli kõige suurematele pöörlemiskiirustele. Kui hammasratas-sidur asetada paremale (teine juhus), saab tööpingi spindel, nagu eespool näidatud, pöörlemise võllilt *III* võllidel *IV* ja *V* asetsevate hammasrataste kaudu, mis vastab spindli kõige madalamatele pöörlemiskiirustele.

Normaalsetest suuremate ettenihete saamiseks tuleb hammasratas *61* nihutada vasakule, s. o. viia hambumisse hammasrattaga *57* (nagu näidatud joonisel 28), hammasratas-sidur *63* aga asetada paremale, mille juures hammasratas *64* on ühendatud tööpingi spindliga.

Kui sealjuures hammasratasplokid *50, 51* ja *48, 49* on asetatud paremale, s. o. nii nagu näidatud joonisel 28, antakse pöörlemine spindlilt võllile *VIII* edasi hammasrataste *64, 58, 60, 51, 49, 57* ja *61* kaudu. Nende hammasrataste hammaste arvud on sellised, et spindli ühele pöördele vastab võlli *VIII* kaks pööret. Supordi ettenihe spindli ühele pöördele on kaks korda suurem normaalsest.

Kui hammasratasplokk *50, 51* nihutada vasakpoolsesse asendisse, siis ploki *48, 49* sama asendi puhul antakse spindli pöörlemine võllile *VIII* hammasrataste *64, 58, 59, 50, 49, 57* ja *61* kaudu. Sel juhul vastab spindli ühele pöördele võlli *VIII* kaheksa pööret, mille tõttu supordi ettenihe on kaheksa korda normaalsest suurem.

Märgime, et sama tulemuse saab ploki *50, 51* paigutamisel paremale, aga ploki *48, 49* asetamisel vasakule.

Kui mõlemad hammasratasplokid *50, 51* ja *48, 49* on asetatud vasakule, siis antakse pöörlemine spindlilt võllile *VIII* edasi hammasrataste *64, 58, 59, 50, 48, 56, 57* ja *61* kaudu, mis kindlustab ettenihke suurenemise normaalsega võrreldes *32* korda.

Järgmine ettenihkemehhanismi lüli on trensel (joon. 29), mille abil muudetakse ettenihke suunda spindli ühe ja sama pöörlemissuuna puhul.

Trensel koosneb võllile *VIII* kinnitatud kahe hammasrattaga *83* ja *84* plokist, parasiithammasrattast *85*, mis pöörleb võllil *IX*, nihutatavast hammasrattast *88* võllil *X* ja juhtimiskäepidemest *16*. Kui hammasratas *88* asetseb joonisel näidatud asendis, on ta hambumises hammasrattaga *83*.

Joonisel hambumist ei ole näha, kuna kõik trensli võllid on kujutatud asetsevana tinglikult ühel tasapinnal.

Pöörlemine antakse võllilt *VIII* võllile *X* hammasrataste *83* ja *88* kaudu. Võlli *X* pöörlemise suund on selline, millega lõigatakse vasakpoolset keeret. Kui hammasratast 88 nihutada paremale ja viia ta hambumisse hammasrattaga 85, antakse võlli *VIII* pöörlemine võllile *X* edasi hammasrataste *84*, *85* ja *88* kaudu suunaga, mis on vajalik parempoolsete keermete lõikamisel.

Suurendatud ettenihkega töötamisel, aga samuti võlli *XII* ühendamisel otse tööpingi käigukruviga (täpsemalt sellest alamal) muutub ettenihke suund vastupidiseks.

Kitarr (joonis 29) koosneb kahe hammasrattaga *86* ja *87* plokist, võllil *XI* asetsevast vahehammasrattast ja teisest kahe hammasrattaga *90* ja *91* plokist.

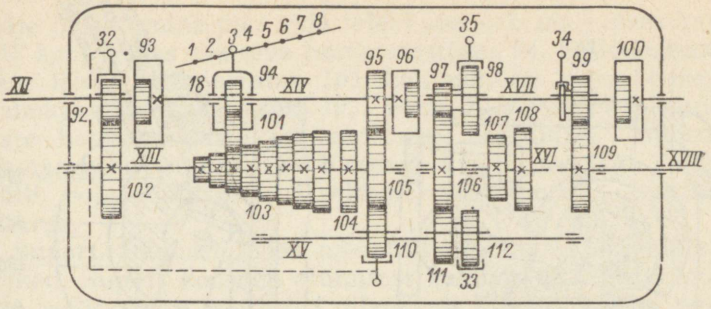
Plokkide hammasrataste hammaste arvud on järgmised:

Hammasratas	Hammaste arv
86	32
87	42
90	97
91	100

Kui plokkidel on joonisel esitatud asend, toimub ülekanne võllilt *X* võllile *XII* hammasrataste *87*, *89* ja *91* kaudu. Selline plokkide asend vastab meeter- ja tollkeerme lõikamisele. Kui plokid *86*, *87* ja *90*, *91* ära võtta, ümber pöörata ja uuesti asetada tagasi oma kohale, siis on võll *XII* seotud võlliga *X* hammasrataste *86*, *89* ja *90* kaudu, mis on vajalik moodul- ja pitškeerme lõikamisel.

Treipingi 1A62 ettenihetekasti ehituse skeem on esitatud joonisel 30. Võlli *XII* parempoolsel otsal asetseb hammasratas *92*, mis võib olla kahes asendis. Esimeses asendis (joon. 30) on hammasratas *92* hambumises hammasrattaga 102, teises asendis siseneb aga siduri *93* õõnesse analoogiliselt sellega, kuidas kiirustekasti nukksidur *63* läheb hammasrattasse *64* (joon. 22).

Kui treitakse siledaid pindu või lõigatakse meeter- või moodulkeeret, peab hammasratas *92* (joon. 30) asetsema vasakul. Sel juhul antakse võlli *XII* pöörlemine hammasrataste *92* ja *102* kaudu üle võllile *XIII*, millele on kinnitatud plokk *103* kaheksast hammasrattast pidevalt suureneva hammaste arvuga (*26*, *28*, *32* jne. kuni *48*). Sidestushammasratta *101* ja temaga pidevalt hambumises oleva hammasratta *94* abil antakse võlli *XIII* pöörlemine edasi

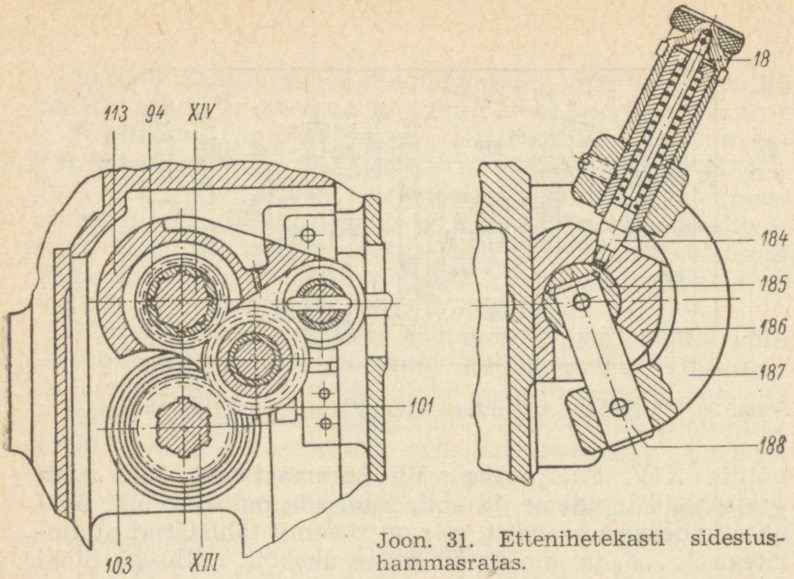


Joon. 30. Treipingi 1A62 ettenihetekasti kinemaatiline skeem.

võllile *XIV*. Sealjuures võib hammasratast *101*, mida juhitakse käepideme *18* abil, nihutada mööda võlli *XIV* ühte kaheksast asendist, mis on skeemil tähistatud numbritega *1 ... 8*, ja viia hambumisse ükskõik millisega ploki *103* kaheksast hammasrattast.

Võlli *XIV* pöörlemine antakse hammasrataste *95, 105* ja *110* kaudu edasi võllile *XV*. Võll *XVI* saab pöörlemise võllilt *XV* hammasrataste *111* ja *106* kaudu, kui hammasratasplokk *111, 112* asub vasakul, ja hammasrataste *112* ja *108* kaudu, kui sama plokk asub paremal. Võllile *XVII* antakse pöörlemine edasi hammasrataste *106* ja *97* kaudu, kui hammasratasplokk *97, 98* asub vasakul (näidatud joonisel), või hammasrataste *107, 98* kaudu pärast seda, kui sama plokk on nihutatud paremale. Võllilt *XVII* antakse pöörlemine edasi käiguvõllile *XVIII* või käigukruvile. Esimesel juhul võtavad pöörlemise edasiandmisest osa hammasrattad *99* ja *109*, milledest viimane on kinnitatud käiguvõllile. Käigukruvi saab pöörlemise, kui hammasratas *99* on viidud sidurisse *100*, mis on kinnitatud käigukruvi vasakpoolsele otsale.

Siledate pindade treimisel, toll- ja samuti pitskeerme lõikamisel viiakse hammasratas *92* sidurisse *93*. Pöörlemise edasiandmine võllilt *XII* käigukruvile või käiguvõllile toimub järgnevalt. Võllilt *XIV*, mis saab pöörlemise vahetult võllilt *XII*, antakse see edasi võllile *XIII* hammasrataste *94* ja *101* ning ühe hammasratastest *103* kaudu. Võllilt *XIII* antakse hammasrataste *104* ja *110* kaudu pöörlemine edasi võllile *XV* ja sealt omakorda edasi käigukruvile või käiguvõllile võllide *XV* ja *XVII*



Joon. 31. Ettenihetekasti sidestushammasratas.

ning nendel asetsevate hammasrataste kaudu samuti, nagu hammasratta *92* vasakpoolse asendi korral. Kui lõigatakse suurendatud täpsusega keeret, siis kasutatakse supordi ettenihete jaoks vahetushammasrattaid, mis asetatakse kitarrile, ettenihetekast aga lülitatakse välja. Sellega välditakse ettenihetekasti suure hulga hammasrataste valmistamisel vältimatute ebatäpsuste kahjulik mõju.

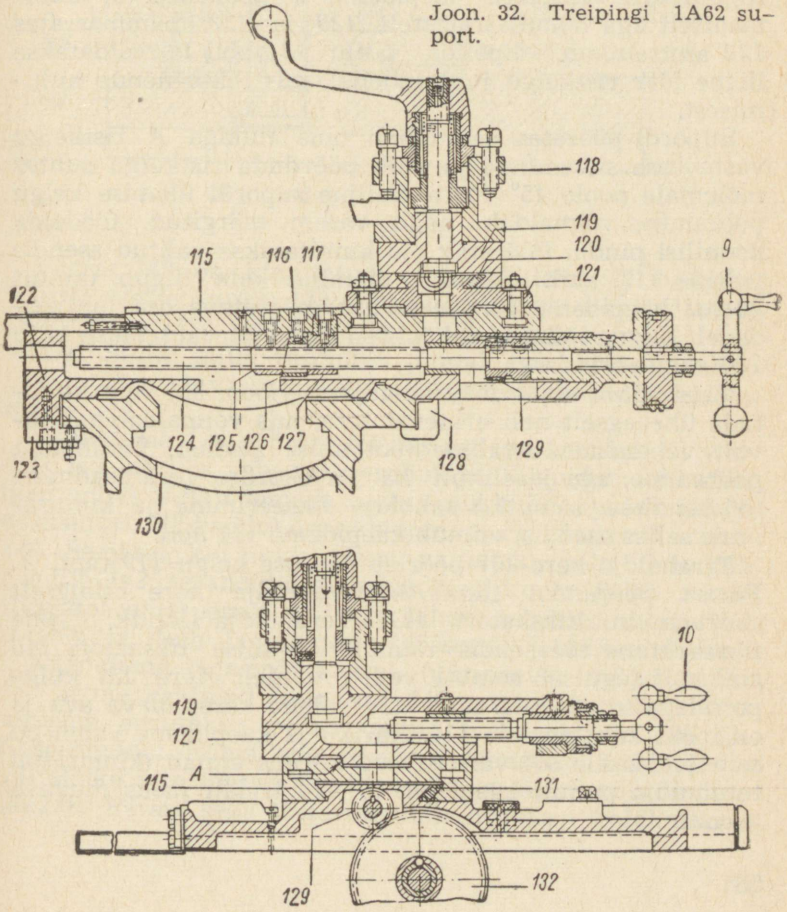
Ettenihetekasti sellisel häälestamisel tuleb hammasratas *92* viia sidurisse *93*, hammasratas *97* sidurisse *96* ja hammasratas *99* sidurisse *100*. Võlli *XII* pöörlemine antakse käigukruvile edasi võllide *XIV* ja *XVII* kaudu.

Joonisel 31 on kujutatud vaadeldava ettenihetekasti sidestushammasratta ehitus.

Fiksaator *184* läheb käepideme *18* sees asuva vedru toimel ühte kaheksast (vastavalt hammasrataste *103* arvule) avast detailis *186*. Detail ise on kinnitatud ettenihetekasti esiseinale. Kui käepidet *18* tõmmata enda poole, siis fiksaator väljub avast detailis *186*, peale selle võib käepideme lasta lahti ja, nihutades teda paremale või vasakule, viia fiksaator teise avasse detailis *186*. Käepideme *18* pööramine ja nihutamine kutsub klambri *187* ja sõrme *188* kaudu esile võlliku *185* samasugused liikumised. Vastavad liikumised (pöördumine ümber võlli *XIV*

telje ja liikumine piki seda telge) sooritab sealjuures karp *113* koos temas asetseva hammasrattaga *94*. Selle tulemusena läheb hammasratas *101* hambumisse mõne teisega kaheksast hammasrattast *103*. Võlle *XIII* ja *XIV* ühendavate hammasrataste ülekandesuhe sealjuures muutub. Samaaegselt muutub ka tööpingi käigukruvi või käiguvõlli pöörlemiskiirus, järelikult ka supordi ettenihke suurus.

Suport. Joonisel 32 on näidatud treipingi 1A62 supordi lõiked. Suport koosneb alumisest kelgust *122*, ristkelgust *115*, pööratavast osast *121*, ülemisest kelgust *119* ja terahoidjast *118*.



Joon. 32. Treipingi 1A62 suport.

Alumine kelk *122* liigub sängi *130* juhtpindadel ja surutakse selle vastu liistudega *123* ja *128*. Alumist kelku liigutatakse käsitsi või automaatselt supordipõlles asuva seadme abil, mida vaadeldakse alamal.

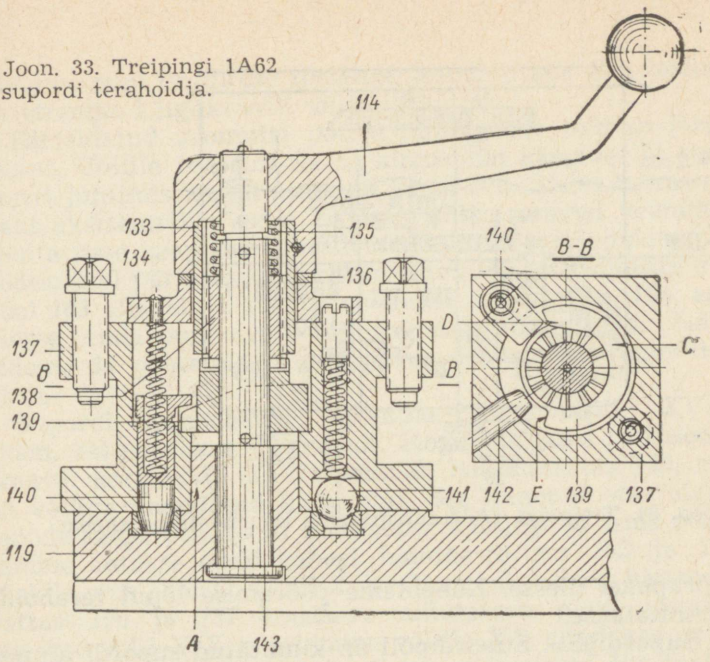
Ristkelgu liigutamine alumisel kelgul toimub kruvi *124* ja kahest osast *125* ja *127* koosneva mutri abil, mis on kinnitatud ristkelgu külge. Kruvi *124* ja teda ümbritseva mutri kulumise mõju kõrvaldamiseks on osade *125* ja *127* vahele asetatud kiil *126*. Lastes seda kiilu kruvi *116* abil alla, võib osasid *125* ja *127* laiali nihutada ja sellega kõrvaldada tekkinud lõtku kruvi keerme külgpindade ja mutri vahel. Kruvi *124* pöörleb puksides, mis asetsevad alumise kelgu seintes ega saa nihkuda telgsuunas. Käsitsi liigutatakse ristkelku käepideme *9* pööramisega, automaatselt aga hammasratastelt *129* ja *132*; hammasratas *132* asetseb supordipõlles. Kiilu *131* abil kõrvaldatakse liigne lõtk ristkelgu juhtpindadel, mis tekib nende kulumisest.

Supordi pööratav osa läheb oma nukiga *A* ristkelgu vastavasse süvendisse ja võib pöörduda ristkelgu suhtes mõlemale poole 45° võrra. Selline supordi ülemise kelgu pööramine võimaldab, nagu varem märgitud, töödelda koonilisi pindu. Pööratav osa kinnitatakse valitud asendis poltide *117* abil. Supordi ülemine kelk liigub (ainult käsitsi käepideme 10 pööramisel) pööratava osa juhtpindadel. Liigne lõtk nendel juhtpindadel kõrvaldatakse kiilu *120* reguleerimisega.

Vaadeldava supordi terahoidjasse (joon. 33) võib kinnitada üheaegselt neli erinevat tera, mis võimaldab tunduvalt vähendada detailide töötlemise kestust. Terahoidja pööramine, aga järelikult ka järjekordse tera seadmine tööasendisse, samuti terahoidja fikseerimine ja kinnitamine selles asendis, toimub käepideme *114* abil.

Terahoidja kere *137* pöörleb ülemise kelgu *119* tapil *A*. Pärast pööramist fikseerib terahoidja kere esialgselt vedruga kuulfiksaatori *141*. Terahoidja lõplik, täpne fikseerimine tööasendis toimub koonilise fiksaatori *140* abil, mis tegutseb samuti vedru toimel. Kere *137* külge poltidega kinnitatud äärik *134* sulgeb keres oleva ava ja on toeks käepidemele *114*. Ääriku ja käepideme vahel on seib *136*, mille sobivalt valitud kõrgus annab (kinnitatud terahoidja puhul) käepidemele *114* treiali jaoks mugava asendi.

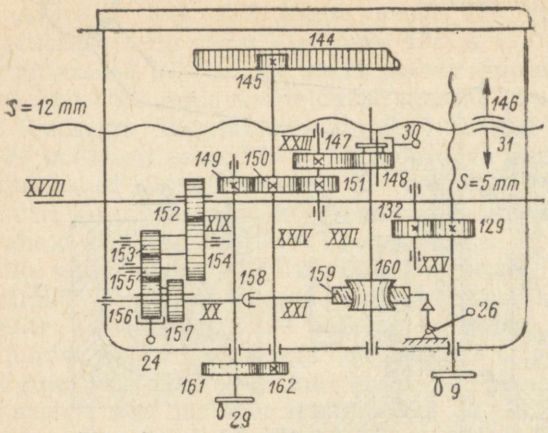
Joon. 33. Treipingi 1A62 supordi terahoidja.



Varras *143* on kinnitatud supordi ülemisele kelgule. Vardal asetseb nukk *139* põrkhammastega ülemisel otsal ja põrksidur *138*, mis surutakse nuki otsa vastu vedru *135* toimel. Sidur, mille välimisel pinnal on hambad, läheb puksi *133* vastavasse avasse. Puks on pressitud käepidemesse *114*.

Käepideme *114* pööramisel vastupäeva keerdub ta vardalt *143* lahti ja vabastab terahoidja. Käepideme edasisel pööramisel tõstab temaga seotud nukk *139* (puksi *133* ja põrksiduri *138* kaudu) oma kaldpinnaga *C* ülesse fiksaatori *140*. Seejärel, kui nukis oleva väljalõike sein *D* toetub tihvtile *142*, terahoidja pöördub. Sealjuures tuleb kuulfiksaator oma pesast välja ja läheb sellesse uuesti, kui terahoidja saab järjekordse tööasendi (eelfikseerimine).

Käepideme tagasipööramisel (päripäeva) väljub nuki *139* astme kaldpind fiksaatori *140* astme alt, mille tõttu viimane surutakse vedru toimel oma pesasse (lõplik fikseerimine). Käepideme edasisel pööramisel nukis oleva väljalõike sein toetub tihvtile *142* ja nuki pöördumine lakkab. Pärast seda tõstavad nuki otsmised kaldhambad



Joon. 34. Treipingi 1A62 supordipõlle kinemaatiline skeem.

põrkpuksi ülesse. Käepideme pööramise lõpul terahoidja kinnitatakse.

Supordipõll. Supordipõll on kinnitatud supordi alumise kelgu külge. Supordipõlle ehitus on skemaatiliselt näidatud joonisel 34, kusjuures kõikide tema detailide vastastikune paigutus on kujutatud tinglikult.

Supordi käsitsi pikiettenihe toimub käsiratta *29* abil, mille pööramine antakse hammasrataste *149* ja *150* kaudu edasi võllile *XXIV*. Selle võlli otsal paikneb hammasratas *145*, mis on hambumises tööpingi sängi külge kinnitatud hammaslatiga *144*. Käsiratta *29* pööramisel veereb hammasratas *145* mööda hammaslatti *144*, mille tõttu supordipõll ja suport liiguvad pikiettenihke suunas. Pikiettenihke suurust võib määrata limbi abil, mis on ühendatud hammasrattaga *161*. Viimane saab pöörlemise hammasrattalt *162*, mis on kinnitatud ühele võllile hammaslatil liikuva hammasrattaga *145*.

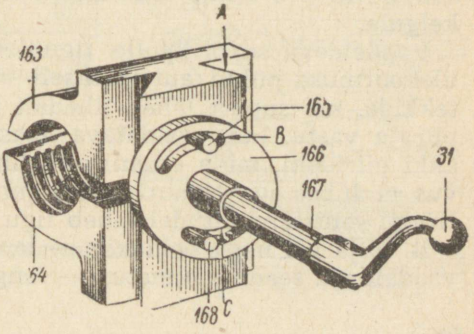
Käigukruvilt (samm $S = 12$ mm) saadakse supordi ettenihe veomutri *146* sisselülitamisega, mida juhib käepide *31*. Veomutter (joon. 35) koosneb kahest poolest — ülemisest *163* ja alumisest *164*. Mõlemad pooled võivad oma tappidega *A* liikuda ülesse ja alla mööda juhtpindu, mis asuvad supordipõlle seina tagumisel küljel. Kui veomutri pooled on kokku nihutatud ja haaravad käigukruvi, on supordi ettenihe käigukruvilt sisse lülitatud. Kui veomutri

ülemine pool on ülesse tõstetud, alumine aga alla lastud, on ettenihe käigukruvilt välja lülitatud.

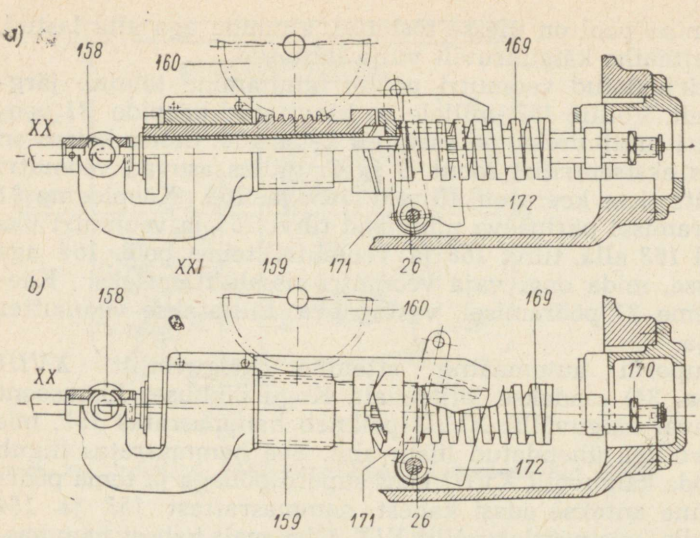
Kirjeldatud veomutri poolte nihutamine toimub järgmiselt. Võllile *167*, millele on kinnitatud käepide *31* veomutri juhtimiseks, on asetatud ketas *166*. Selles kettas on kaks ekstsentrilist soont *B* ja *C*, milles asuvad veomutri poolte sisse keeratud tihvtid *165* ja *168*. Käepideme *31* pööramisel päripäeva nihkuvad tihvt *165* ja veomutri üks pool *163* alla, tihvt *168* ja veomutri teine pool *164* aga ülesse, mida ongi vaja veomutri sisselülitamiseks. Käepideme *31* pööramisel vastupäeva lülitatakse veomutter välja.

Supordi automaatne ettenihe käiguvõllilt *XVIII* (joon. 34) saadakse järgnevalt. Kogu pikkuses liistusoont omaval käiguvõllil *XVIII* paikneb hammasratas *152*, mis on võlliga ühendatud liistu abil. See hammasratas liigub mööda käiguvõlli *XVIII* koos supordipõllega ja tema pöörlemine antakse edasi kahest hammasrattast *153* ja *154* plokile, mis pöörleb võllil *XIX*. Olenevalt kahest hammasrattast *156* ja *157* koosneva nihutatava ploki asendist antakse võlli *XIX* pöörlemine võllile *XX* edasi kas hammasrataste *153*, *155* ja *156* või hammasrataste *154* ja *157* kaudu. Esimesel juhul (näidatud joonisel 34) pöörleb võll *XX* käiguvõlli *XVIII* suhtes vastassuunaliselt, teisel juhul — samasuunaliselt. Järelikult on see hammasrataste grupp supordi ettenihke suuna muutmise seadmeks (käiguvõlli pöörlemisel ühes ja samas suunas). Vaadeldud seadet juhitakse käepideme *24* abil.

Võlli *XX* pöörlemine antakse kuulliigendi *158*, võlli *XXI*, teo *159* ja tiguratta *160* kaudu edasi võllile *XXII* ning sellel asetsevale nihutatavale hammasrattale *148*, mida juhitakse käepideme *30* abil.



Joon. 35. Veomutter.



Joon. 36. Langev tigu treipingi 1A62 supordi ettenihke automaatseks väljalülitamiseks.

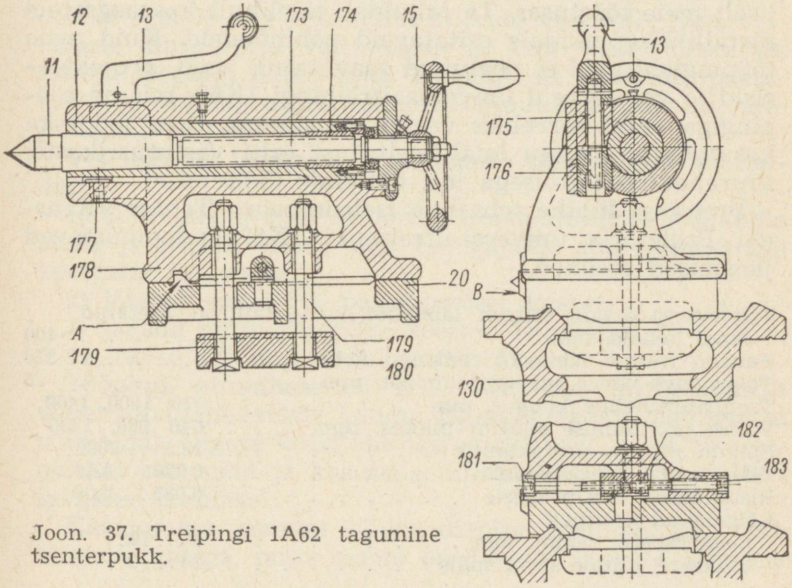
Selle hammasratta pöörlemine antakse asendis, mis on kujutatud joonisel *34*, edasi hammasrattale *147*, aga järelikult ka temaga ühele võllile *XXIII* kinnitatud hammasrattale *151*. Edasi saab hammasrataste *151* ja *150* kaudu pöörlemise võll *XXIV* koos hammasrattaga *145*, mis veereb hammaslatil *144*. Suport saab automaatse pikiettenihke. Kui hammasratas *148* on viidud hambumisse võllile *XXV* kinnitatud hammasrattaga *132*, antakse võlli *XXII* pöörlemine hammasrataste *148*, *132* ja *129* kaudu edasi kruvile ($S = 5$ mm), mis annab ettenihke supordi ristkelgule.

Vaadeldava supordipõlle tiguülekanne *159*, *160* lülitub ülekoormuse puhul automaatselt välja. Ülekoormus võib tekkida, kui suport läheb tihedalt tema liikumist piirava piiraja vastu, kui eraldatava laastu ristlõige suureneb äkki piirideni, mida ettenihkemehhanismi detailide tugevus ei luba, aga samuti teiste juhuslike põhjuste tõttu. Kõigil sellistel juhtudel läheb tigu tigurattaga hambumisest välja või nagu öeldakse — langeb. Siit on tulnud ka vaadeldava seadme nimetus — langev tigu (joon. 36).

Kuulliigend 158 on ehitatud nii, et võlli *XX* pöörlemine antakse võllile *XXI* edasi ka siis, kui nende teljed ei lange kokku, vaid moodustavad mingisuguse nurga. Võllil *XXI* vabalt asetseva teo *159* parempoolsel otspinnal on hambad, mis moodustavad poole nukksidurist. Samasugused hambad on võlli *XXI* hammaspinnal asetseva puksi *171* vasakpoolsel otspinnal. Puks *171* surutakse teo vastu vedruga *169*, mida saab reguleerida mutri *170* abil. Võlli *XXI* ja koos temaga ka tigu toetab tööasendis (joon. 36, *a*) toend *172*; pöörlemise ülekanne teolt *159* tigurattale *160* toimub tavaliselt.

Vaadeldava seadme lubamatu ülekoormuse puhul pidurdatakse tiguratast *160* ja tigu *159*. Võllilt *XXI* teole pöörlemist edasiandev puks *171* jätkab pöörlemist, eemaldub paremale ja pöörab tigu hoidvat toendit *172*. Võlli parempoolne ots vajub oma massi tõttu alla (joon. 36, *b*). Tigu langeb ja läheb hambumisest välja. Teo sisselülitamiseks tuleb toend käepideme *26* abil tingimata viia joonisel 36, *a* näidatud asendisse.

Tagumine tsenterpukk. Tagumise tsenterpuki (joon. 37) keret võib koos plaadiga *20* liigutada (käsitsi) mööda sängi



Joon. 37. Treipingi 1A62 tagumine tsenterpukk.

130 juhtpindu. Vajalikus asendis kinnitatakse tsenterpukk kahe poldi *179* ja liistu *180* abil.

Tsentritele kinnitatud detailide kooniliste pindade töötlemiseks nihutatakse tagumise tsenterpuki keret, mööda plaadil asuvaid juhtpindu *A* risti tööpingi tsentrite joonega. Nihutatakse plaadisse kinnitatud poltide *181* ja *183* ning mutri *182* abil. Kui tagumise tsenterpuki keret on vaja nihutada näiteks paremale (joonise *37* järgi), tuleb polti *183* veidi välja keerata, polti *181* aga sisse keerata. Kere keskmine asend, kus töödeldakse silindrilisi pindu, määratakse käsikaudu kerel ja plaadil asuvate töödeldud tasapindade kokkulangemise järgi.

Pinooli *12* liigutatakse kruvile *173* kinnitatud käsiratta pööramisega. Kruvi pöörleb pinooli pressitud mutris *174*. Pinooli pöörlemist koos kruviga takistab liist *177*. Pinooli äärmises parempoolses asendis toetub kruvi *173* tagumise tsentri *11* otsale ja surub selle välja.

2. UNIVERSAALTREIPINK 1K62

Eelmärkmed. Universaaltreipinke 1A62 on kodumaised tehased valmistanud laialdaselt ja teda kasutatakse hulgaliselt meie tööstuses. Ta rahuldab täielikult kaasaegsetele metallilõikepinkidele esitatavaid põhinõudeid. Kuid meie tööpingiehitajad ei peatunud saavutatul, vaid projekteerisid ja valmistasid universaaltreipingi 1K62, mis on tööpingiga 1A62 võrreldes veelgi täiuslikum. Uusi tööpinke kasutatakse praegu laialdaselt just eriti vastutusrikaste, suurendatud täpsusega jne. detailide töötlemisel.

Treipingi lühike tehniline iseloomustus. Tehase «Krasnõi Proletari» universaaltreipinki 1K62 iseloomustavad järgmised andmed.

Töödeldava detaili suurim läbimõõt, kui detail on asetatud sängi kohale, mm	400
Suurim treitav läbimõõt ristkelgu kohal, mm	220
Töödeldava varva suurim läbimõõt, mm	45
Tsentritevaheline kaugus, mm	710, 1000, 1400
Välise pikitreimise suurim pikkus, mm	640, 930, 1330
Spindli pöörete arv minutis	12,5 ... 2000
Pikiettenihe, mm/pöördele	0,070 ... 4,16
Ristettenihe, mm/pöördele	0,035 ... 2,08
Lõigatavad keermed:	
meeterkeere, samm, mm	1 ... 192
tollkeere, niitide arv 1 tollis	24 ... 2

moodulkeere, samm moodulites	0,5 ... 48
pitškeere, samm pitšides	96 ... 1
Peaelektrimootori võimsus, kW	7 või 10.

Tööpingi ehituse lühike kirjeldus. Joonisel 38 on näidatud universaaltreipink 1K62 tsentrite kõrgusega 215 mm. Tema karbikujulisel ristribidega sängil on kaks karastatud prismaatilist juhtpinda — eesmine supordi ja tagumine tagumise tsenterpuki liigutamiseks. Sängi vasaku jala sisse on ehitatud peaelektrimootor, parema jala sisse aga jahutusvedeliku paak. Kiirustekast saab liikumise elektrimootorilt kiilrihmülekande kaudu, mis ühendab elektrimootorit kiirustekasti vedava võlli rihmarattaga. Kiirustekasti sees asuva hammasrataste süsteemi kaudu, mis on vastastikku seatavad erinevatesse asenditesse, antakse liikumine spindlile ja edasi ettenihete ahelale. Hammasrataste nihutamine mööda hammasvõlli käepidemete *1* ja *4* abil võimaldab spindlile anda 23 erinevat kiirust otsepöörlemisel ja 12 kiirust kiirendatud tagasipöörlemisel. Käepideme *4* nihutamisega valitakse nõutav pöörete arvude rida (käepideme kohal asuva tabeli järgi) ja käepideme *1* pööramisega spindli vajalik pöörete arv.

Spindli pöörete arvudel 630 ... 2000 tuleb käepide endast eemale viia ja seejärel pöörata vasakule. Hammasrataste murdumise vältimiseks ei tohi pöörlemiskiirusi muuta tööpingi käigu ajal. Tööpingi käivitamine, peatamine ja spindli pöörlemissuuna muutmine toimub käepidemete *19* ja *24* abil.

Vaadeldava tööpingi kiirustekasti mehhanism võimaldab:

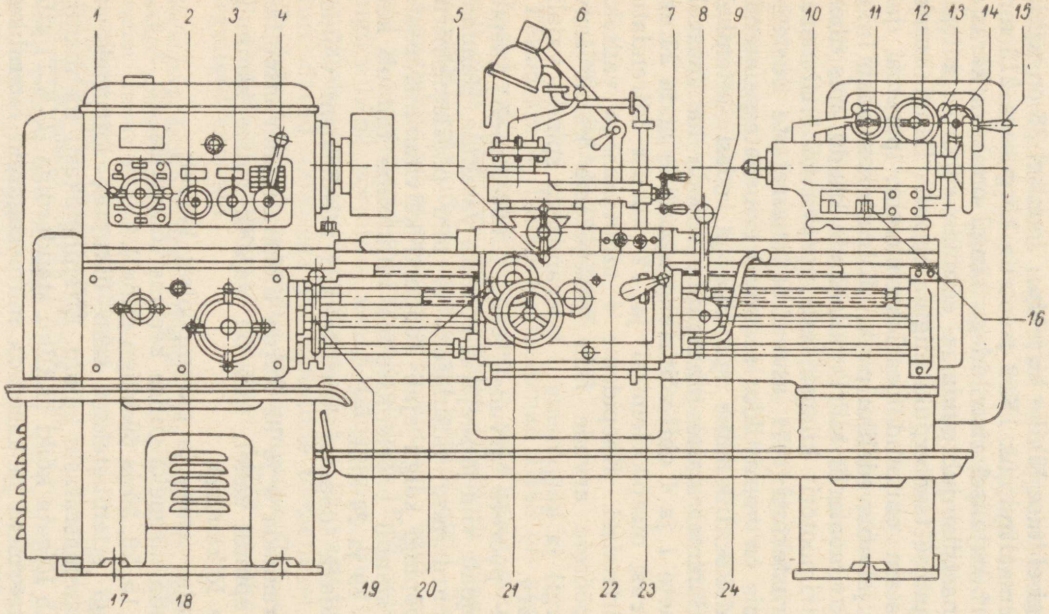
1) suurendada 8 ja 32 korda ülekandesuhet ettenihete ahela ja spindli vahel, mis on vajalik suure sammuga keermete lõikamisel;

2) lõigata vasak- ja parempoolset keeret;

3) jagada mitmekäigulise keerme lõikamisel (2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 ja 60 käigu puhul).

Tööpingi ettenihetekast saab liikumise kiirustekastilt vahetushammasrataste kaudu. Ettenihetekasti mehhanism võimaldab lõigata kõiki riikliku standardiga (ГОСТ) ettenähtud keermeid ja kasutada mitmesuguseid ettenihkeid tavalisel treimisel.

Kasutamata sammu suurendamise mehhanismi, võib käigukruvidega, mille samm on 12 mm, lõigata järgmisi



Joon. 38. Universaaltreipingi 1K62 üldvaade.

keermeid: meeterkeeret sammuga 1 ... 12 mm; tollkeeret niitide arvuga 2 ... 24 ühes tollis; moodulkeeret sammuga 0,5 ... 3 moodulit ja pitškeeret sammuga 96 ... 7 pitši.

Kasutades sammu suurendamise mehhanismi, võib pöörete arvuga 12,5 ... 40 minutis lõigata keeret sammuga, mis ületab normaalse 32 korda, pöörete arvuga 50 ... 160 aga 8 korda.

Käiguvõlli kaudu saab suport igasugusel spindli pöörete arvul pikiettenihke 0,07 ... 2,08 mm ja ristettenihke 0,035 ... 1,04 mm spindli ühe pöörde kohta. Spindli pöörete arvul 50 ... 630 minutis võib saada supordi pikiettenihke 2,28 ... 4,16 mm ja ristettenihke 1,14 ... 2,08 mm spindli ühe pöörde kohta.

Täpsemate keermete lõikamisel ühendatakse käigukruvi spindliga otse (minnes mööda ettenihete ahelast) vahetushammasrataste kaudu. Nende hammasrataste ülekandesuhe valitakse vastavalt lõigatava keerme sammule.

Keermete liigid, käigukruvi lülitamine otse ja ettenihked saadakse käepideme *17* pööramisega. Käepideme *18* pööramisega valitakse tabeli järgi keermete või ettenihete rida, antud reast vajaliku keerme või ettenihke saamiseks tuleb trumli ketas käepideme taga tõmmata välja enda poole, pöörata ketta ja trumli märkjoonte kokkulangemiseni, pärast seda nihutada ketas edasi endisesse asendisse.

Tööpingi supordipõlles on neli hammassidurit, mille abil antakse supordi alumisele ja ristkelgule edasi- ja tagasikäik. Selleks kasutatakse ainult ühte käepidet *9*. Käepideme nihutamise suund ühe või teise liikumise sisselülitamiseks ühtub soovitava liikumise suunaga. Supordi kiirendatud liikumist kõigis nimetatud neljas suunas saab käepidemesse *9* paigutatud nupplülitile vajutamisel. Sellega lülitatakse sisse supordi kiirendatud liikumise elektrimootor. Viimane asetseb sängi parempoolses osas ja annab liikumise edasi käiguvõllile. Supordipõlles asetseb kaitse-nukksidur, mis rakendub ülekoormusel tekkivate jõudude mõjul.

Tagumine tsenterpukk kinnitatakse käepideme *13* pööramisega, eriti tugevasti aga mutri *16* abil.

Treipinki 1K62 juhitakse järgmiste käepidemete, käsirataste ja nupplülitite abil (joon. 38): *1* — käepide spindli pöörete arvu seadmiseks; *2* — käepide lõigatava keerme normaalse ja suurendatud sammu seadmiseks, samuti

asendi seadmiseks jagamisel (mitmekäigulised keermed); *3* — käepide parem- või vasakpoolse keermetamise seadmiseks; *4* — käepide spindli pöörete arvu rea (vastavalt käepideme kohal olevale tabelile) seadmiseks; *5* — käepide supordi ristkelgu liigutamiseks; *6* — käepide terahoidja pööramiseks ja kinnitamiseks; *7* — käepide supordi ülemise kelgu liigutamiseks; *8* — nupplüliti supordi alumisele ja ristkelgule kiirendatud liikumise sisselülitamiseks; *9* — käepide supordi alumise ja ristkelgu liikumise juhtimiseks; *10* — käepide tagumise tsenterpuki pinooli kinnitamiseks; *11* — jahutusvedeliku pumba lüliti; *12* — liinilüliti; *13* — käepide tagumise tsenterpuki kinnitamiseks; *14* — elektrilampide lüliti; *15* — käsiratas tagumise tsenterpuki pinooli nihutamiseks; *16* — tagumise tsenterpuki täiendavaks kinnitamiseks määratud poldi mutter; *17* — käepide ettenihkele, keermele, käigukruvile või Archimedese spiraalile ümberlülitamiseks; *18* — käepide ettenihke suuruse või lõigatava keerme sammu seadmiseks; *19* — käepide spindli sisselülitamiseks, peatamiseks ja pöörlemissuuna muutmiseks; *20* — nupplüliti hammasratta väljalülitamiseks hambumisest hammaslatiga (keerme lõikamisel); *21* — käsiratas supordi liigutamiseks pikisuunas; *22* — nupplüliti peaelektrimootori sisselülitamiseks ja peatamiseks; *23* — käepide veomutri tööss elülitamiseks; *24* — käepide spindli sisselülitamiseks, peatamiseks ja pöörlemissuuna muutmiseks.

3. TREIPINKIDE HOOLDAMINE JA NENDEL TÖÖTAMISE OHUTUS

Treipingi hooldamine. Treipingi konstruktsiooni ja valmistamisega määratud tootlikkus ja täpsus oleneb suurel määral pingi hooldamisest. Seepärast on treial kohustatud treipinki süstemaatiliselt puhastama laastudest, tolmust ja purust, ning pinki regulaarselt õlitama. Äärmisel juhul tuleb tööpinki tingimata puhastada üks kord vahetuses. Petrooleumis niisutatud lapiga, veel parem narmastega, pestakse tööpingilt mustus ja külgekuivanud õli. Kui treipingil on töödeldud malmdetaile, tuleb harjaga kõikjalt maha nühkida laastud. Pärast puhastamist tulevad treipingi kõik töödeldud pinnad kergelt määrida õliga, et kaitsta neid roostetamise eest.

Eriti tähtis on tööpingi hõõrduvate osade õigeaegne õlitamine.

Kiirustekasti keresse tuleb valada küllaldaselt industriaalõli 30. Paljude treipinkide kiirustekastides on õli kõrgeima nivoo näitaja, mis lihtsustab õlihulga jälgimist. Kiirustekasti mehhanisme õlitavad treipingi töötamise ajal hammasrattad, mis pritsivad õli laiali. Kiirustekastis soovitatakse õli vahetada mitte harvemini kui üks kord kuus. Kui treipink pannakse tööle esmakordselt, tuleb käikulaskmise ajal kiirustekasti valatud õli esimest korda tingimata vahetada pärast 10-päevast, teist korda aga pärast 20-päevast töötamist, alles pärast seda võib üle minna õli regulaarsele vahetamisele. Pärast töötanud õli väljalaskmist tuleb kiirustekasti pesta puhta petrooleumiga. Sissevalatavat õli soovitatakse läbi sõela filtreerida.

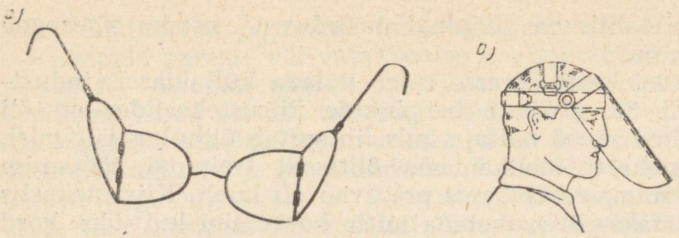
Eriti hoolikalt tuleb õlitada treipingi spindli laagreid. Paljudel kaasaegsetel treipinkidel, sealhulgas ka eespool vaadeldud treipingil 1A62, õlitatakse spindli eesmist laagrit ja hõõrdsidurit spetsiaalse elektripumba abil. Selle korrasolekut tuleb tingimata pidevalt jälgida. Kui laagreid õlitatakse tahtide abil, peab täitmisel kontrollima nende korrasolekut. Selleks tuleb tingimata pärast õlinõu õliga täitmist taht välja võtta ja kontrollida, kas õli läheb õlitamiskohale.

Etteninetekasti õlitatakse samuti kui kiirustekastigi pritsimisega. Peale selle on kiirustekasti ülaossa asetatud laagrite täiendavaks õlitamiseks tahtide abil õlireservuaar. Erilistes torudes asuvate tahtide kaudu liigub õli sellest reservuaarist õlitamiskohale. Supordipõlle eriti vastutusrikkaid detaile, nagu näiteks langevat tigu, õlitatakse vastavat reservuaari täitva õli pritsimisega. Kõiki supordipõlle ülejäänud hõõrduvaid pindu õlitatakse tahtide abil üldisest reservuaarist, mis asetseb supordipõlle ülaosas, või kuuliga suletud ava kaudu.

Samasuguse ava kaudu määritakse üks kord vahetuses supordi kõigi osade liugpindu. Vähemalt üks kord vahetuses tuleb puhta õliga määrida sängi juhtpindu, supordi osasid, käigukruvi ja käiguvõlli pinda ning nende laagreid.

Samuti üks kord vahetuses tuleb tingimata määrida tagumise tsenterpuki pinooli ja kruvi.

Tööpingi mõningaid osasid määritakse tehnilise vaseliiniga. Viimasega täidetakse õlinõu, mis asub määritavate pindade lähedal.



Joon. 39. Kaitseprillid ja kaitsemask.

Treipingi reguleerimine. Treipingi valmistamisel talle antud täpsus ja tema üksikute osade korralik töötamine võib mõne aja pärast saada häiritud. Tööpingis tekkivate ebakorrapärasuste vältimiseks tuleb teda aeg-ajalt reguleerida.

Reguleerimisele kuuluvad spindli laagrid, hõõrdsidur, pidur, langeva teo vedru (kui ta on olemas), ristsupordi mutter (kui ta on reguleeritav), aga samuti supordi osade kõik liistud ja kiilud.

Kõiki ülalnimetatud osasid võib reguleerida treial, kuid ainult siis, kui ta on tingimusteta veendunud, et tunneb hästi reguleerimise reegleid, samuti tööpingi kontrollimise võtteid pärast reguleerimist.

Nende reeglite täitmise vajadust kinnitab järgmine lihtne näide.

Treial märkas, et on vaja reguleerida supordi alumise kelgu suruliiste. Ta sooritas vajaliku reguleerimise, asetades sealjuures supordi spindlikasti lähedale, s. o. just sängi juhtpindade sellele osale, mis tavaliselt kuluvad ülejäänud osadest kiiremini. Kui treial pärast seda lülitab sisse supordi automaatettenihke tagumise tsenterpuki suunas, siis suport, niipea kui ta jõuab vähem kulunud osale, kiilutakse kinni. Ettenihkemehhanismi murdumine on peaaegu vältimatu. Seda ei oleks juhtunud, kui treial pärast suruliistude reguleerimist oleks suporti liigutanud käsitsi sängi juhtpindade kogu ulatuses.

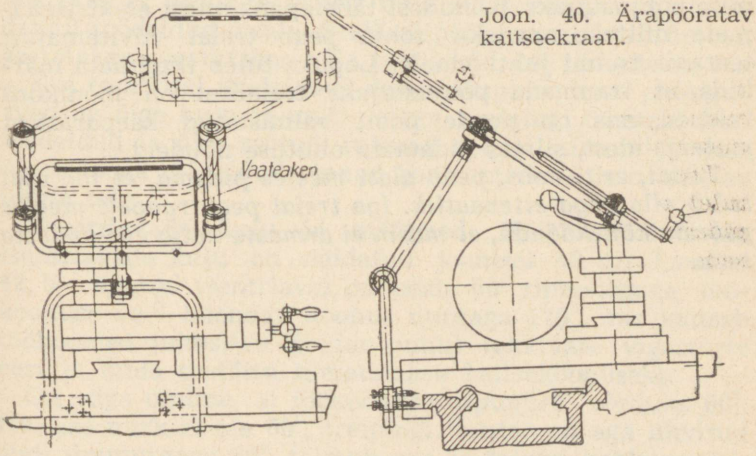
Analoogilised tulemused võivad treiali vigadele järgneda ka treipingi teiste reguleerimiste puhul.

Treipingil töötamise ohutus. Treipingil töötamise ohutuse tagab tema konstruktsioon ja mitmesugused abivahendid. Kuid ka praegu esineb traumasid, tavaliselt kergeid, aga üksikutel juhtudel ka raskeid. Õnnetusjuhtu-

mite põhjuseks on reeglina ettevaatamatus ja treialite hoolimatus ohutust tagavate reeglite suhtes treipingil töötamisel.

Kõige sagedamini tekivad vigastused eemalelendavatest laastudest. Pehmete metallide — messingi, valgevase jne. — töötlemisel lendavad väikesed laastuosakesed kaugele tekkimiskohast. Isegi kõige väiksem laastuke võib tekitada raske vigastuse, kui ta lendab silma. Veel ohtlikumad on teraslaastud, mis tekivad mõnede teraste kiirlõikamisel. Kõige lihtsamaks kaitseks väikeste lendavate laastukeste vastu on prillid (joon. 39, *a*), veel parem on aga läbipaistev kaitsemask (joon. 39, *b*), mis ei sule ainult silmi, vaid treiali terve näo. Veel mugavam ja kindlam vahend treiali kaitsmiseks eemalelendavate laastude, isegi suurte eest, on supordile kinnitatud läbipaistev kaitseekraan. Näide sellisest ekraanist on esitatud joonisel 40 kahes asendis — tööasendis (pidev joon) ja ärapööratuna (kriips-punktjoon). Viimasel juhul on treialil vaba juurdepääs töödeldavale detailile selle ülesseadmiseks ja äravõtmiseks, mõõtmiseks, tööriista vahetamiseks jne. Ekraani viimine tööasendisse ja tagasi toimub kiiresti ja mugavasti käepideme *1* abil.

Sitkete teraste töötlemisel tekib laast pikkade spiraalidena, mis lähevad selliselt segamini, et nende eemaldamine on raske, töötava pingi puhul aga väga ohtlik. Kätega



Joon. 40. Ärapööratav kaitseekraan.

selliseid laaste treipingilt eraldada ei tohi, tingimata tuleb kasutada teraskonkse. Veel parem on aga ennetada selliste laastuse tekkimist, kasutades mingisugust olemasolevat meetodit laastude purustamiseks (neid vaadeldakse lk. 301).

Õnnetusjuhtumid toimuvad ka tööpingi pöörlevate osadega, peamiselt hammasratastega ettevaatamatu ümberkäimise tulemusena. Kaasaegsetel tööpinkidel kaetakse kõik hammasrattad kaitsekatetega, kusjuures mõned nendest on tehtud äravõetavatena. Hammasratastega seotud õnnetusjuhtumid toimuvad peaaegu alati töölise enda ettevaatamatuse või hoolimatuse tõttu.

Sageli saavad töölised vigastusi vahetult töödeldavalt detaililt, eriti kui sellel on väljaulatuvaid osi. Ka siin on ainsaks kaitsevahendiks ettevaatus ja tihedasti ligihoiduv tööriietus. Riietuse käised peavad tihedalt ümbritsema töölise käsi kämbla juures. Tunduva osa õnnetusjuhtumeist tekitab hooletu ümberkäimine töödeldava detailiga selle asetamisel tööpinki ja sealt äravõtmisel.

Töötamisel jahutusega satub jahutusvedelik mõnikord, kui tööpingil ei ole spetsiaalset vanni, põrandale tööpingi juures. Et märjal põrandal mitte kukkuda ja libiseda, asetatakse tööpingi juurde puitrestid. Äärmisel juhul tuleb põrandale puistata saepuru.

Elektrimootorite lülitamiseks kasutatavad mittekorras elektriseadmed (reostaadid, lülitid) ja nendega ettevaatamatu ümberkäimine võivad olla samuti õnnetusjuhtumite põhjustajaks. Kõikidest tähelepanekutest elektriseadmete mittekorrasoleku kohta peab treial viivitamatult teatama tsehhi juhtkonnale. Lõpuks tuleb tingimata märkida, et traumade põhjustajaks treialitel on mõnikord rakised, mis on nende poolt valmistatud käepärastest materjalidest, silmas pidamata ohutuse nõudeid.

Treial, eriti noor, peab alati meeles pidama, et töö ajal tuleb olla väga ettevaatlik. Iga treial peab rangelt meeles pidama kõnekäändu, et masin ei armasta nalja ega andesta seda.

III peatükk. TREIPINGIL TÖÖDELDAVATE DETAILIDE KINNITAMINE

1. RAKISED TSENTRITEL TÖÖDELDAVATE DETAILIDE KINNITAMISEKS

Detailide tsentritel töötlemise kord. Joonisel 41 on skemaatiliselt näidatud detaili *5* kinnitamine tsentritele. Avade abil, mis on puuritud detaili otspindadesse, asetatakse ta treipingi esimesele *4* ja tagumisele *6* tsentrile. Treipingi spindlikasti poole pööratud detaili otsale on asetatud kaasavedaja *3*. Treipingi spindlisse keeratud kaasaveopadruni *1* ja sellesse kinnitatud sõrme *2* abil antakse spindli pöörlemine (kaasavedaja kaudu) edasi töödeldavale detailile. Pärast seda, kui detaili üks ots on töödeldud, võetakse ta tsentrite vahelt ning kaasavedaja asetatakse detaili töödeldud otsale. Seejärel pööratakse detail ümber, asetatakse uuesti tsentritele ja töödeldakse tema teine ots.

Kui tsentritel töödeldava detaili otspindadesse puuritud avad on õige kuju ja mõõtmetega, treipingi tsentrid õieti töödeldud ja üles seatud, tulevad detaili esimese ja teise ülesseadega töödeldud pinnad kontsentrilised, s. o. neil on ühine telg.

Tsentriavade kuju ja mõõtmed. Kõige tarvitatavam tsentriavade kuju on näidatud joonisel 42, *a*. Joonisel 42, *b* näidatud tsentriaval on peale 60° tipunurgaga töökoonuse veel täiendav koonus nurgaga 120°, mis kaitseb töökoonust juhuslike löökide puhul tekkivate vigastuste eest ja mida seetõttu nimetatakse kaitsekoonuseks.

On väga oluline, et töökoonuse tipunurk võrduks 60°. Kui see nurk ei ole 60°, treipingi tsenter on aga lihvitud õieti tipunurgaga 60°, toimub ava ja tsentri kokkupuutu-

mine mitte 60° koonuse pinda mööda, vaid kitsas vöös, mistõttu tsentriava kiire kulumine on vältimatu, detaili kõrvalekaldumine õigest asendist ja sageli praagi tekkimine.

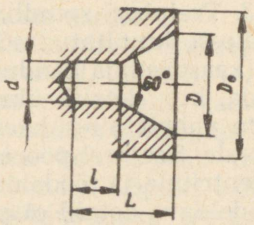
Tsentriava silindriline osa detaili otspinnas, mis on pööratud tagumise tsenterpuki poole, täidetakse paksu määrdeainega. Treipingi töötamisel määrdeaine kuumeneb (hõõrdumissoojusest detaili ja tsentri vahel), püüab välja voolata ja määrib hästi tsentri ja tsentriava hõõrduvaid pindu.

Tsentriavade mõõtmed ei tohi olla väga väikesed, sest avad kuluksid siis kiiresti ja tsentritele ülesseadmise täpsus väheneks. Liiga suured tsentriavad kahjustavad detaili välisilmet. Tabelis 3 on toodud tsentriavade praktikas kontrollitud mõõtmed.

Näiteks võlli valmistamisel valtsmetallist läbimõõduga 25 mm tulevad tsentriava mõõtmed valida tabeli 3 neljandast reast.

Tabel 3

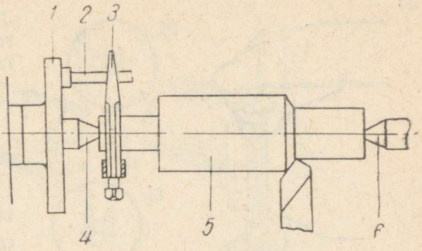
Tsentriavade mõõtmed



Mõõtmed millimeetrites

Tooriku läbimõõt	Avade mõõtmed				Otspinna väikseim läbimõõt D_0
	D	d	L	l	
5 . . . 8	2,5	1,0	3,5	1,2	5,0
8 . . . 12	4,0	1,5	4,0	1,8	6,5
12 . . . 20	5,0	2,0	5,0	2,4	8,0
20 . . . 30	6,0	2,5	6,0	3,0	10,0
30 . . . 50	7,5	3,0	7,5	3,6	12,0
50 . . . 80	10,0	4,0	10,0	4,8	15,0
80 . . . 120	12,5	5,0	12,5	6,0	20,0

Joon. 41. Detaili tsentrite vahele kinnitamise üldvaade.



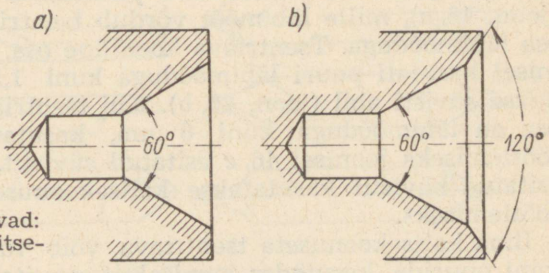
Tabeli kasutamisel tuleb tingimata juhinduda järgmistest reeglitest:

1) tsentriavad peavad võlli mõlemal otspinnal olema ühesuguste mõõtmetega isegi siis, kui võlli otspindade läbimõõdud on erinevad;

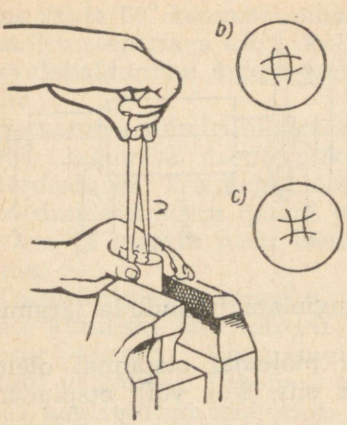
2) kergete töötingimuste puhul osutub sageli võimalikuks tabelis antud tsentriava mõõtmete asemel valida lähimad väiksemad mõõtmed, väga raskete töötingimuste puhul aga vastupidi — lähimad suuremad mõõtmed.

Tsentriavade õige asendi vajadus. Detaili tooriku õigeks asetamiseks treipingi tsentritele ja tsentriavade ühtlaseks kulumiseks peavad nad asetsema ühel teljel. See telg peab asetsema võimalikult lähedal tooriku teljele. Toodud tingimuse mittetäitmisel võib töötlemisvaru detaili ühel küljel osutuda niivõrd väikeseks, et kogu see külg (või osa temast) jääb töötlemata.

Tsentriavade märkimine. Kõige lihtsamalt saab tsentriavasid märkida sirkli abil, mille üks haru on painutatud sissepoole. Sirkli harud asetatakse nii, et nende vahe oleks ligikaudu võrdne märgitava tooriku raadiusega. Seejärel võetakse sirkel parema käega ja surutakse vasaku käe pöidlaga painutatud haru ots kruustangidesse kinnitatud



Joon. 42. Tsentriavad: tavaline (*a*); kaitsekoonusega (*b*).



Joon. 43. Tsentriava märkimine sirkliga (*a*) ja saadavate märkjoonte asend (*b*, *c*).

detaili külgpinna sisse, (joon. 43, *a*). Pärast seda tõmmatakse sirkli terava otsaga detaili otspinnale neli märkjoont (joon. 43, *b* ja *c*).

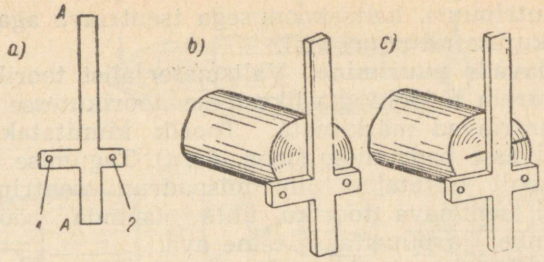
Kui sirkli harude vahe oli suurem detaili raadiusest, on märkjoontel joonisel 43, *b* esitatud kuju, kui aga harude vahe oli väiksem detaili raadiusest, on märkjoontel joonisel 43, *c* esitatud kuju. Mõlemal juhul asub tsenter märkjoonte sees ja on silma järgi kergesti määratav.

Täpsest valtsmetallist toorikud, eriti väikese töötlusvaruga, samuti töödeldud detailid, milledel tsentriavasid ei ole, märgitakse märkimisnurgiku abil (joon. 44, *a*). Tihvtid *1* ja *2* on pressitud nurgiku lühemasse harusse nii, et nende kaugus servast *AA* oleks võrdne. Selline nurgik asetatakse detaili otspinnale (joon. 44, *b*) ja tõmmatakse sinna märkjoon. Seejärel pööratakse nurgikut meelevaldse nurga võrra ja tõmmatakse teine joon (joon. 44, *c*). Märkjoonte lõikepunkt määrab tooriku või detaili tsentri.

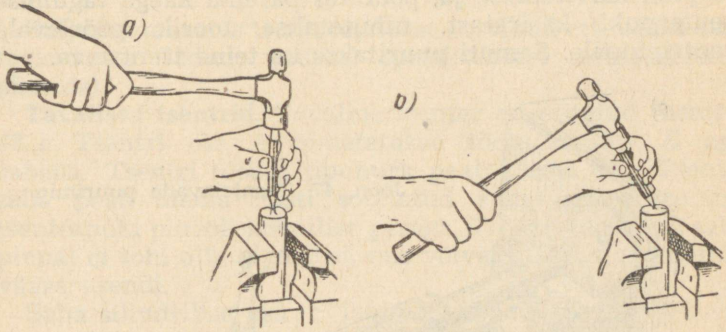
Tsentriavade kärnimine. Pärast tsentriavade märkimist nad kärnitakse (joon. 45, *a*). Sealjuures tehtavat viga võib kõrvaldada märkimistsentri nihutamisega nõutavas suunas, nagu näidatud joonisel 45, *b*.

Tsentripuurid. Tsentriavasid puuritakse spiraalpuuriga (joon. 46, *a*), mille läbimõõt võrdub tsentriava silindrilise osa läbimõõduga. Tsentriava kooniline osa, kui ettepuurimisel kasutati puuri läbimõõduga kuni 1,5 mm, töödeldakse süvisti abil (joon. 46, *b*). Kui tsentriava silindriline osa on läbimõõduga kuni 6 mm, kasutatakse koonuse töötlemiseks joonisel 46, *c* esitatud süvistit. Joonisel 46, *d* esitatud süvistit kasutatakse kaitsekoonusega tsentriava töötlemiseks.

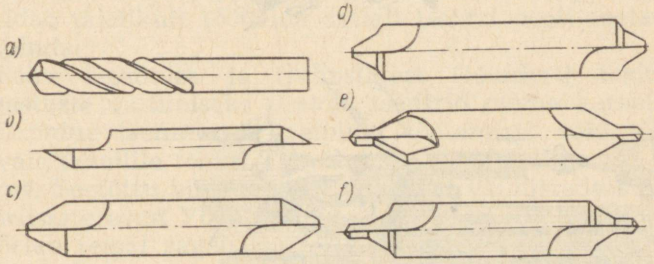
Ilma kaitsekoonuseta tsentriava võib tunduvalt kiiremini puurida, kasutades joonisel 46, *e* esitatud kombinee-



Joon. 44. Märkimisnurgik (*a*) ja tsentriavade märkimine (*b*, *c*) nurgiku abil.



Joon. 45. Tsentriava märkimine.

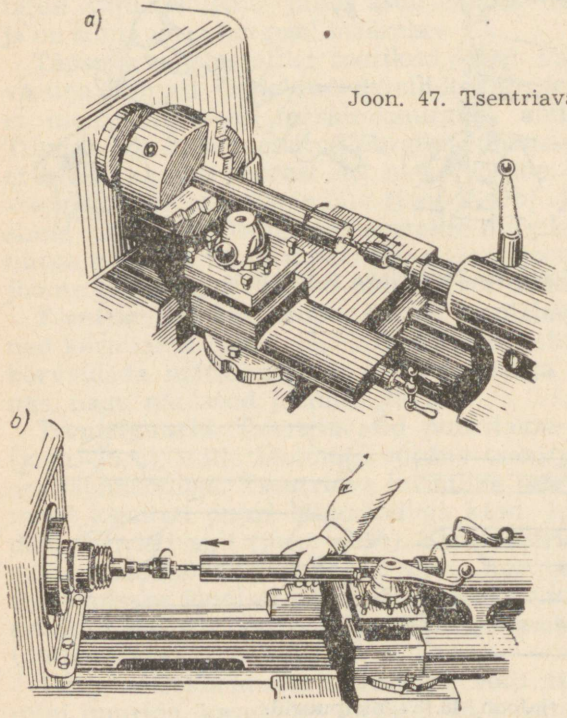


Joon. 46. Tsentripuurid.

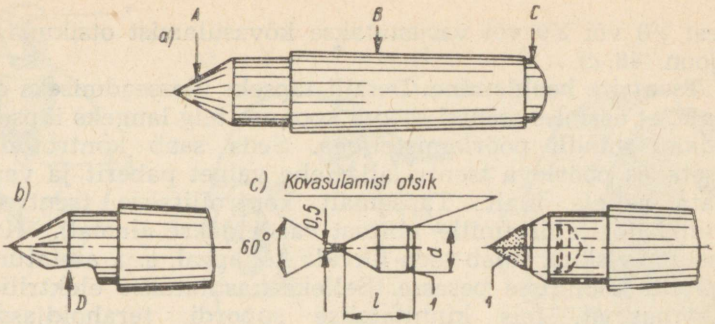
ritud tsentripuuri, kaitsekoonusega tsentriava aga joonisel 46, *f* kujutatud puuri abil.

Tsentriavade puurimine. Valtsmaterjalist toorikutesse, samuti varem töödeldud väikestesse toorikutesse puuritakse tsentriavad märkimata. Toorik kinnitatakse isetsentreerivasse padrunisse (joon. 47, *a*). Tagumise tsentripuki pinooli asetatakse puurimispadrun tsentripuuriga. Puurinud tsentriava tooriku ühte otspinda, pööratakse toorik ümber ja puuritakse teine ava.

Märgitud ja kärnitud toorikuid tsentreeritakse järgmiselt. Esimese tsentri asemel asetatakse treipingi spindlisse padrun tsentripuuriga. Toorik seatakse üles nii, nagu on näidatud joonisel 47, *b* ja hoitakse külgpinnast (aga veel parem — keskele kinnitatud kaasavedajast) vasaku käega. Tööpink käivitatakse ja, pöörates parema käega tagumise tsenterpuki käsiratast, nihutatakse toorik pöörlevale tsentripuurile. Samuti puuritakse ka teine tsentriava.



Joon. 47. Tsentriavade puurimine.



Joon. 48. Tsenter (*a*), pooltsenter (*b*) ja tsenter kõvasulamist otsikuga (*c*).

Paljudes tehastes tsentreeritakse toorikud ettevalmistustöökodades (ladude juures) spetsiaalsetel tsentreerimispinkidel.

Tavalised tsentrid. Tavaline tsenter on esitatud joonisel 48, *a*. Tsentri osa *A* nimetatakse tööosaks, osa *B* aga sabaks. Tsentri tööosa tipunurk peab olema 60°. Tsentri saba peab olema hästi sobitatud spindli ja tagumise tsenterpuki pinooli koonilise pesaga. Tsentri tööosa ja saba pinnal ei tohi olla vigastusi, mis võivad põhjustada detaili väära asendi.

Saba silindrilise osa *c* läbimõõt peab olema väiksem saba minimaalsest läbimõõdust. Sel juhul ei riku saba silindrilise osa läbimõõdu suurenemine, mida võib tekitada tsentri väljalöömine spindlist, tsentri ülesseadmise täpsust.

Sisselõige *D* niinimetatud pooltsentri juures (joon. 48, *b*), mis asetatakse ainult tagumisse tsenterpukki, võimaldab täielikult töödelda detaili tsentri poolt toetatavat otspinda.

Kiire kulumise ja (juhuslikest löökidest) tekkivate vigastuste vältimiseks peavad tsentrid olema karastatud.

Eesmine tsenter on treipingi töötamisel vaid töödeldavale detailile toeks. Ta pöörleb koos detailiga ega kuumene. Seetõttu võib eesmisi tsentreid valmistada süsinikttööriistaterasest У6. Tagumine tsenter on liikumatu, detail pöörleb temal sageli suure kiirusega, mille tulemusena tsenter kuumeneb, kaotab oma kõvaduse ja kulub kiiresti. Seepärast tehakse tagumised tsentrid süsinikteras-

test У8 või У9 või varustatakse kõvasulamist otsikuga *1* (joon. 48, *c*).

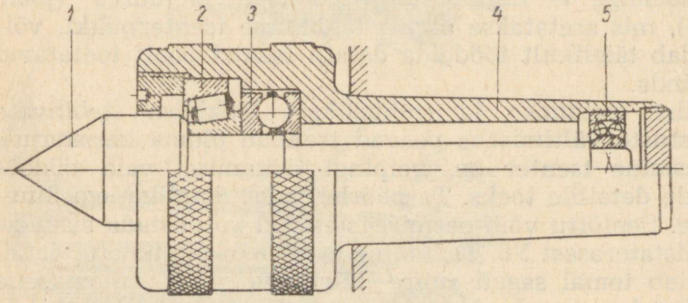
Tsentrite hooldamine. Detaili täpseks ülesseadmiseks on vaja, et eesmise tsentri tööosa koonuse telg langeks täpselt kokku spindli pöörlemisteljega. Seda saab kontrollida, asetades pöörleva tsentri alla lehe valget paberit ja vaadata sellele ülalt. Täpsemalt kontrollitakse tsentreid indikaatori abil (mille ehitust vaadeldakse alamal). Kui tsenter viskub, tuleb teda lihvida kohapeal, s. o. asetatuna spindli koonilisse pesasse. Selleks kasutatakse elektrilist lihvmasinat, mis kinnitatakse supordi terahoidjasse. Supordi ülemine kelk asetatakse treipingi tsentrite joonega 30° nurga alla, edasi nihutamine toimub käsitsi. Koonuse tipunurga õigsust kontrollitakse šablooniga.

Enne tsentri lihvimist tuleb tööpingi sängile asetada riidelapp, et kaitsta sängi lihvimisel tekkiva tolmu eest.

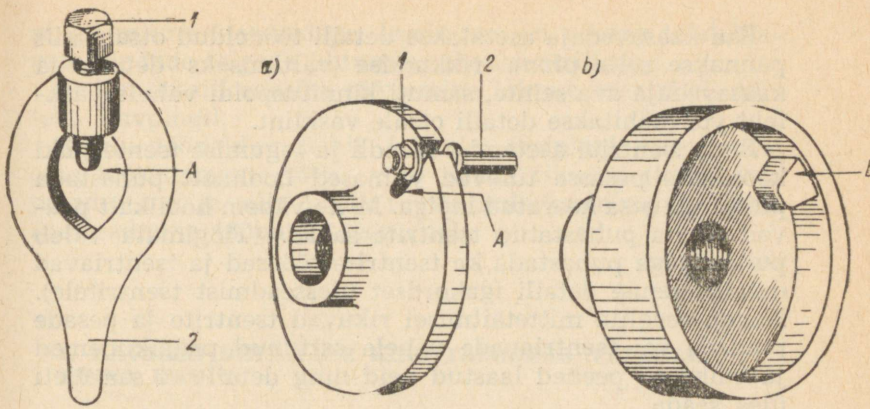
Tagumise tsentri koonus peab olema õige, sileda pinnaga ja ilma vigastusteta; koonuse telg peab ühtuma sabaosa teljega. Seepärast tuleb tagumisi tsentreid aeg-ajalt vahetada või lihvida, asetades selleks tsentri spindli koonilisse pesasse.

Pöörlevad tsentrid. Selleks et vältida tagumise tsentri kahjulikku kulumist, eriti kiirlõikamisel, kasutatakse mitmesuguse konstruktsiooniga pöörlevaid tsentreid. Tehases «Kalibr» toodetav pöörlev tsenter on esitatud joonisel 49. Tsenter *1* ise pöörleb sel juhul rull-laagritel *2* ja kuullaagritel *5*, mis asetsevad keres *4*. Tsentrile mõjuvad telgjõud võetakse vastu tugilaagris *3*.

Kaasavedajad. Treimisel kasutatav kaasavedaja on näi-



Joon. 49. Pöörlev tsenter.



Joon. 50. Tavaline kaasavedaja.

Joon. 51. Kaasaveopadrunid: tavaline (*a*) ja ohutu (*b*).

datud joonisel 50. Kaasavedaja asetatakse avaga *A* töödeldavale detailile ja kinnitatakse poldiga *1*. Kaasavedaja osa *2* nimetatakse sabaks. Selliseid kaasavedajaid kasutatakse mitmesuguste mõõtmetega.

Kaasaveopadrunid. Tavaline kaasaveopadrun on esitatud joonisel 51, *a*. Sõrm *2* asetatakse sisselõikesse *A* ja kinnitatakse vajalikku asendisse mutriga *1*. Selle padruni väljaulatuvad osad — sõrm ja mutter, sisselõike välisservad, kaasavedaja polt ja mutter — võivad haarduda töötamisel treiali riiete (käiste) taha ja vigastada tema käsi. Seetõttu tuleb kasutada kaetud kaasaveopadruneid (joon. 51, *b*), kus sõrme asendab nukk *B*. Kaasavedaja asub padruni sees ja väljaulatuvaid osasid tal sel juhul ei ole.

Detailide tsentritele kinnitamise tööpraktika. Kaasavedaja valimisel tuleb tingimata jälgida, et detaili ots, millele kaasavedaja asetatakse, läheks vabalt (kuid mitte liiga) kaasavedaja avasse. Liiga suure kaasavedaja puhul libiseb kinnituspolt mööda töödeldava detaili silindrilist pinda ja paindub. Kaasavedaja kinnituspolt peab võimalikult vähe välja ulatuma, kuna ta võib haarduda töölise riietuse (käiste) taha, mis vältimatult toob kaasa treiali käte vigastamise. Kaasavedaja saba ei tohi samuti ulatuda üle padruni sõrme, kuna ka sel juhul võidakse vigastada töölise käsi.

Kui kaasavedaja asetatakse detaili töödeldud otsale, siis pannakse selle pinna rikkumise vältimiseks detaili ja kaasavedaja ava seinte, samuti kinnituspoldi vahele vaskleht või mähitakse detaili otsale vasklint.

Enne tsentrite asetamist spindli ja tagumise tsenterpuki koonilisse pesasse tulevad viimased hoolikalt puhastada puitpulga otsa keeratud lapiga. Mitte vähem hoolikalt peavad olema puhastatud tsentrite sabad. Tingimata tuleb puitpulgaga puhastada ka tsentrite tööosad ja tsentriavad detailis (enne detaili igakordset ülesseadmist tsentritele). Nende reeglite mittetäitmisel rikuvad tsentrite ja pesade pindade või tsentriavade vahele sattunud prügikübemed ja väikesed peened laastud neid ning detaile ei saa õieti üles seada.

Vältimatuks tingimuseks tsentritel töötamise puhul on tagumise tsentri hoolikas määrimine. Ebapiisav on määrida tsentrit ainult enne detaili ülesseadmist treipinki. Aeg-ajalt tuleb tööpink peatada, viia tagumise tsenterpuki pinool veidi tagasi ja lisada määret.

Toome mõned määrdeaine koostised.

1. Solidoolile lisada veidi peenendatud kriiti, et ei tekiks liiga paks segu.

2. Solidoolile lisada peenendatud põlevväävlit. Segu tuleb paks, mistõttu on kasulik lisada sinna petrooleumi.

Tsentri nõrga surve puhul detail vibreerib. Tsentri liiga tugeva surve puhul surutakse kogu määrdeaine välja ja tsenter kulub läbi. Tagumise tsentri surve loetakse õigeks, kui detaili võib ilma pingutuseta pöörata tsentritel niipalju, kui seda võimaldab kaasavedaja.

Töötamisel detail kuumeneb ja surub pikenedes suure jõuga tsentritele. Tekkinud survest kas kulub läbi tsenter või paindub detail. Et seda vältida, tuleb perioodiliselt kontrollida tagumise tsentri survejõudu detailile (eriti pikkade detailide töötlemisel).

Kui tsentritel töödeldakse detailide partiid, peab olema kaks kaasavedajat. Ajal, mil automaatettenihkega treitakse üht detaili, võib treial kinnitada kaasavedaja järgmisele töödeldavale detailile.

Tsentritele kinnitatavad detailid. Treipingis töödeldav detail tuleb tingimata kinnitada tsentritele järgmistel juhtudel:

1) kui detaili, näiteks astmelist võlli, töödeldakse trei-

pingil mitme ülesseadega, kusjuures on nõutav töödeldavate pindade telgede ühtumine (kontsentrilisus);

2) kui detaili edasine töötlemine toimub tsentritel, näiteks lihvpingil;

3) kui töödeldav detail (näiteks treipingi käigukruvi) oma töötingimuste tõttu võib saada rikutud (kulumine, paindumine) ja selle detaili remontimiseks on vajalik tema ülesseadmine tööpingis tsentritele.

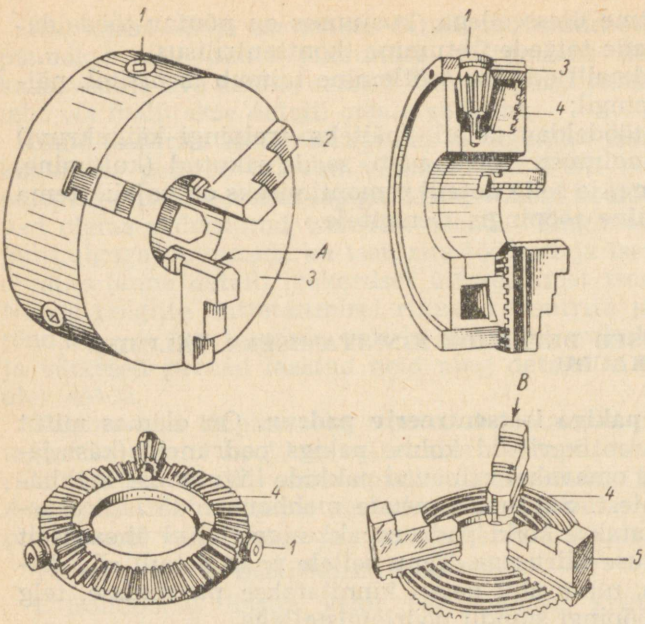
2. RAKISED DETAILIDE KINNITAMISEKS VÄLIMISE PINNA KAUDU

Kolme pakiga isetsentreeriv padrun. On olemas mitut tüüpi isetsentreerivaid kolme pakiga padruneid (käsiajamiga), mis omavahel erinevad pakkide liigutamise mehhanismi poolest. Sõltumata nende mehhanismide iseärasustest liigutatakse kõiki padrunipakke igal juhul üheaegselt ja ühesuguse kiirusega. Tänu sellele peab detaili silindrilise pinna, mille abil detail kinnitatakse padrunisse, telg ühtuma tööpingi spindli pöörlemisteljega.

Üheks kõige enamkasutatavamaks padruniks on spiraalsoonega isetsentreeriv kolme pakiga padrun (joon. 52). Sellise padruni keres asub kooniline terashammasratas *4*, mille vastasküljel on spiraalsoon. Padruni pakkidele *2* on tehtud mitu nukki, mis lähevad hammasratta *4* spiraalsoonde. Pöörates kolmest hammasrattast *1* ühte võtmega (mille ruudukujuline saba läheb hammasratta otspinnal asuvasse samasugusesse avasse), pöördub ka hammasratas *4*. Selle hammasratta vastasküljele lõigatud spiraalsoone tõttu liiguvad nukid padruni keres olevates soontes, mida ongi vaja detaili kinnitamiseks.

Vaadeldaval padrunil on kaks pakkide komplekti. Esimesi nendest (pakid *2*) kasutatakse detaili kinnitamiseks sisemise, teisi (pakid *5*) — välimise pinna kaudu.

Kui välispind, millega detail kinnitatakse padrunisse, on väikese läbimõõduga, võib kasutada samuti pakke *2*. Antud juhul puutuvad pakid detailiga kokku mööda pindu *A*. Sellist moodust kasutatakse eriti sagedasti detailide valmistamisel varbmaterjalist, mis antakse ette läbi spindlis oleva ava. Pakke *5* kasutatakse mõnikord detailide kinnitamiseks ava pinna kaudu. Sel juhul puutuvad nad



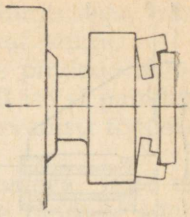
Joon. 52. Spiraalsoonega isetsentreeriv kolme pakiga padrun ja tema detailid.

detailiga kokku pindade *B* kaudu ja töötavad nn. lahtipigistamisele.

Pakkide ühe komplekti asendamisel teisega tuleb esimesena kere soonde asetada tingimata see pakk, millel on number 1 (või üks kärniga märgitud punkt). Pärast seda, kui suure hammasratta pööramisel on selle paki esimene nukk läinud spiraalsoonde, võib järgmisesse soonde asetada paki numbriga 2, seejärel aga (viimasesse soonde) paki numbriga 3. Padruni õigel koostamisel peavad kõik pakid, mis suure hammasratta pööramisega on viidud tsentrini, tihedalt puutuma üksteise vastu. Padruni ebaõigel koostamisel puutuvad omavahel kokku ainult kaks pakki, kolmas aga mitte. Sellisel juhul tulevad kõik pakid välja võtta ja uuesti tagasi panna padruni kere soontesse nii, nagu eespool näidatud.

Uude spiraalsoontega padrunisse kinnitatud täpselt töödeldud detaili viskumine on 0,06 ... 0,12 mm (olenevalt

Joon. 53. Kulunud pakkide soontega padrunisse kinnitatud detaili asend.



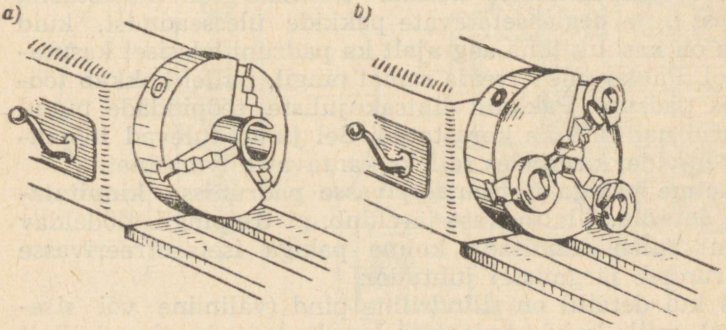
padruni läbimõõdust). Viskumine suureneb kiiresti, tingituna hammasratta spiraalsoone ja pakkide nukkide tööpindade kulumisest. Padruniga tsentreerimise täpsus sõltub ka soonte täpsusest, mida mööda pakid liiguvad. Nende soonte kulumisel eemalduvad pakid detaili kinnitamisel padruni kerest (joon. 53) ja detail saab väära asendi.

Padruniga tsentreerimise täpsuse tõstmiseks võib kasutada malmist lõhispuksi (joon. 54, *a*).

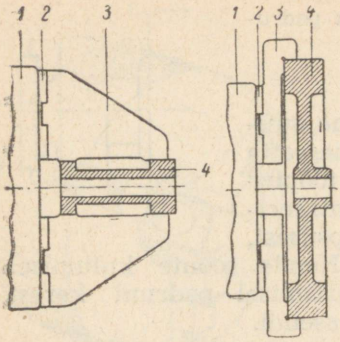
Mustalt töödeldud puks lõigatakse läbi, kinnitatakse padruni pakkide vahele ja treitakse seest vastavalt temas töödeldava detaili läbimõõdule. Treimise ajal asetatakse lõhesse vaskplaadike, mis pärast treimist eemaldatakse.

Puksi asend pakkide suhtes peab olema alati sama, mispärast puksile või ühele pakkidest tuleb teha märk kriidi või kärniga. Veelgi parem, kui puksi külgpinda on keeratud väike kruvi, mis töötamise ajal peab asuma alati vastu ühte ja sama padruni pakki. Ääris tehakse puksile selleks, et ta ei nihkuks piki padruni telge.

Detaili suurte mõõtmete korral vedrutab lõhispuks halvasti. Niisugustel juhtudel, samuti tsentreerimise parandamiseks, asetatakse padruni pakkidele ja kinnitatakse lukustuskruvide abil malmrõngad (joon. 54, *b*). Kruvide



Joon. 54. Lõhispuks (*a*) ja pealepandavad rõngad (*b*), mis suurendavad padruniga tsentreerimise täpsust.



Joon. 55. Isetsentreeriva padruni pealeasetatavad pakid.

pead ei tohi ulatuda üle rõnga pinna. Asetanud pakid ligikaudu antud detaili kinnitamiseks vajalikku asendisse, treitakse rõngastesse väljalõiked detaili läbimõõdu järgi. Lõhispuks ja rõngad suurendavad detaili ülesseadmise täpsust ja kaitsevad peale selle detaili pinda padruni pakkide poolt tehtavate vigastuste eest.

Kolme pakiga padrunite kasutamispiiride laiendamine. Mõnede, näiteks pikkade või lühikeste kuid suure läbimõõduga detailide kinnitamisel võivad olla väga kasulikud spetsiaalsed pealeasetatavad pakid, mis sarnanevad joonisel 55 esitatutega. Sellel joonisel: *1* — padruni kere; *2* — peapakid; *3* — pealeasetatavad pakid; *4* — töödeldav detail.

Pealeasetatavaid pakke valmistamisel sageli ei karastata, mis võimaldab treida nende tööpindu pärast kinnitamist peapakkidele. Selline treimine on kohustuslik pärast uute pealeasetatavate pakkide ülesseadmist, kuid seda on kasulik teha aeg-ajalt ka padruni edasisel kasutamisel. Pakke tuleb treida samal pingil, millel hakkab töötama padrun. Pakkide lihtsakujuliste tööpindade puhul võivad nad olla ka karastatud. Sel juhul tulevad tööpinnad lihvida, kasutades selleks kantavat lihvmasinat.

Kolme pakiga isetsentreerivasse padrunisse kinnitatavad detailid. Ülaltoodust järeldub, et treipingil töödeldav detail tuleb kinnitada kolme pakiga isetsentreerivasse padrunisse järgmistel juhtudel:

1) kui detailil on silindriline pind (välimine või sisemine), mille kaudu teda võib kinnitada padrunisse küllalt tugevasti;

2) kui detaili võib töödelda niisuguse kinnitusega, mis ei nõua suurt, padrunile kahjulikult mõjuvat jõudu;

3) kui padrunist kõige kaugemal asuvate pindade töötlemisel detaili ülesseade peab vastu ja detail ise ei paindu;

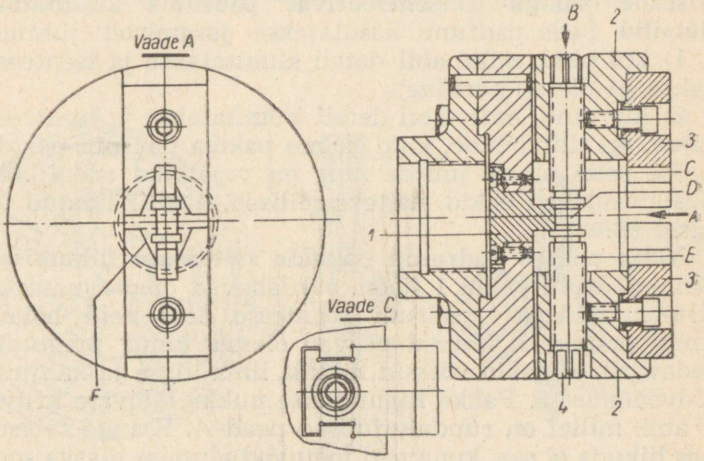
4) kui padrunisse kinnitatav detail on tervenisti töödeldav ühe ülesseadega;

5) kui detaili töödeldakse mitme ülesseadega, kuid ei nõuta erinevate ülesseadetega töödeldavate pindade ranget kontsentrilisust.

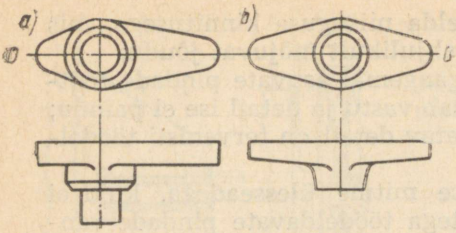
Kolme pakiga isetsentreerivasse padrunisse kinnitatud pikki detaile tuleb toetada tagumise tsentriga.

Kahe pakiga isetsentreerivad padrunid. Selle padruni (joon. 56) peapakke *2* liigutatakse kruvi *4* abil, mille ühel otsal (näiteks *C*) on parempoolne, teisel otsal (*E*) aga vasakpoolne keere. Vastavad keermed on ka pakkidel *2*. Padruni kruvi keskmises osas on kael *B* ääristega, mis haaravad poollaagri *1*. Poollaager on kinnitatud padruni kere külge. Seetõttu ei liigu kruvi telgsuunas, kui teda pööratakse (ükskõik kumma) ruudukujulise otsa kaudu võtmega, ühesuguse kiirusega liiguvad ainult peapakid *2* koos nende külge kinnitatud pealeasetatavate pakkidega.

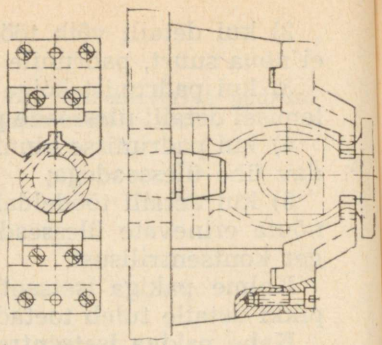
Joonisel 57 on toodud näited kahe pakiga padruni abil töödeldavatest detailidest. Nende vaatlemisel on lihtne veenduda, et kolme pakiga padrun ei sobi selliste detailide kinnitamiseks.



Joon. 56. Kahe pakiga isetsentreeriv padrun.



Joon. 57. Näited kahe pakiga padrunis töödeldavatest tüüpilistest detailidest.



Joon. 58. Näide kahe pakiga padruni seadistamisest.

Spetsiaalselt ühe (või mitme) detaili töötlemiseks valmistatud pealepandavad pakid *3* kindlustavad detailide tsentreerimise nende ülesseadmisel ja kinnitamisel. Pealepandavatel pakkidel joonisel 57, *b* kujutatud detaili kinnitamiseks on ühesugused väljalõiked kontuuri *F* järgi (joon. 56). Teise detaili jaoks (joon. 57, *a*) on väljalõiked erinevad, kuna ühesugused pakid ei kindlusta sellise detaili sümmeetrilist ülesseadmist telje *00* suhtes.

Kahe pakiga padrunis võib tsentreerida ja kinnitada detaile ka silindriliste pindade abil.

Kahe pakiga isetsentreerivas padrunis kinnitatavad detailid. Seda padrunit kasutatakse järgmistel juhtudel:

1) kui pind, mille abil detail kinnitatakse ja tsentreeritakse, ei ole silindriline;

2) kui pind, mille abil detail kinnitatakse ja tsentreeritakse, on silindriline, kuid kolme pakiga padruni pakid ei pääse selle pinna juurde ning on vajalikud erikujulised pealepandavad pakid, näiteks sellised, nagu näidatud joonisel 58.

Nelja pakiga padrunid pakkide sõltumatu liikumisega. Selle padruni pakid *1* (joon. 59) lähevad oma ruudukujuliste nukkidega *4* padruni soontesse, kus neid hoiavad kinni mutrid *2*. Mutrid peavad olema kinni pingutatud sedavõrd, et pakid võiksid liikuda ilma liigse ja kahjuliku lõdvenemiseta. Pakke liigutatakse nukke läbivate kruvide *3* abil, millel on ruudukujulised pead *A*. Kruvid telgsuunas liikuda ei saa, kuna nad toetuvad alumise otsaga soone seinale, ruudukujulise otsa juurde tehtud äärisega aga

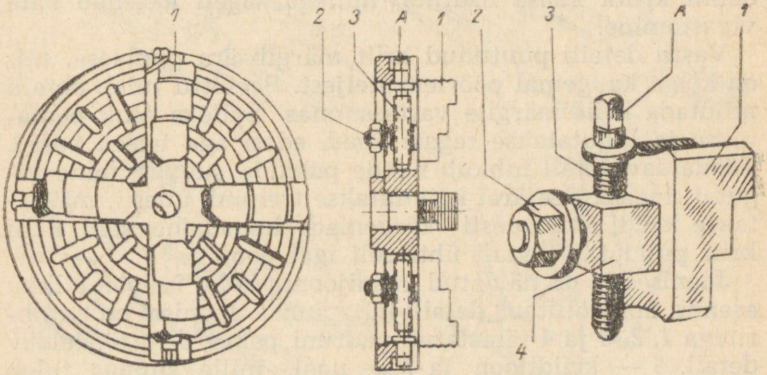
padruni pöiale. Kruvide ruudukujulised pead asetsevad padruni pöida tehtud süvendites ega tohi sellest välja ulatuda (ohutuse huvides).

Padruni esiküljele on kantud ringikujulised märkjooned 10 . . . 15 mm kaugusele üksteisest. Kasutades neid märkjooni, võib kõik pakid asetada kiiresti padruni tsentrist võrdsetele kaugustele. Joonisel 59 on pakid asetatud detaili kinnitamiseks välispinna abil. Vajaduse korral võib pakid ümber pöörata ja kinnitada detaili sisemise pinna abil.

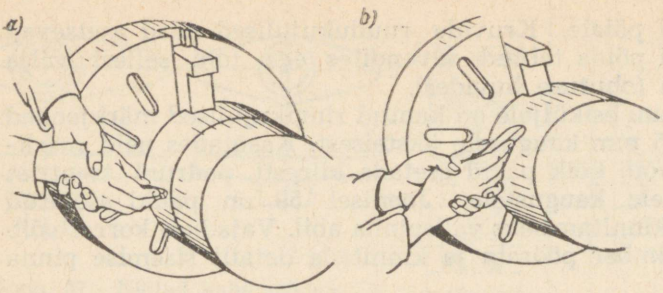
Nelja pakiga padruni oluliseks puuduseks on temasse kinnitatava detaili asendi aegaviitev kontrollimine, millele kuluv aeg küll kogemuste omandamisel lüheneb.

Nelja pakiga padrunis töödeldava detaili ülesseadmise kontrollimine. Kontrollitakse ülesseatava detaili külg- või otspinna, aga ka mõlema pinna järgi.

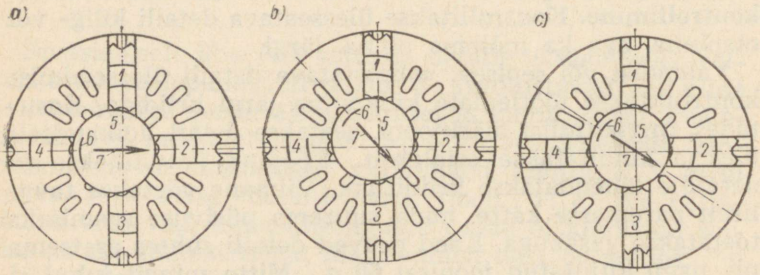
Valandist või sepisest valmistatava detaili ülesseadmist kontrollitakse töötlemata külgpinna järgi kriidiga. Kasutades ringikujulisi märkjooni, seatakse detail ligikaudselt üles ja kinnitatakse esialgselt. Tööpink käivitatakse ja detailile lähendatakse kriiditükk. Viimane võetakse tavaliselt paremasse kätte, mida suurema püsivuse saamiseks toetatakse vasakuga. Käed peavad detaili suhtes asetsema nii, nagu kujutatud joonisel 60, *a*. Mitte mingil juhul ei tohi käsi hoida nii, nagu kujutatud joonisel 60, *b*, sest kriidi väga tugeval surumisel detaili pinna vastu võib



Joon. 59. Nelja pakiga padrun.



Joon. 60. Nelja pakiga padrunisse kinnitatud detaili asendi kontrollimine kriidiga.



Joon. 61. Detaili nihutamise suunad tema asendi kontrollimisel padrunis.

detail kriidi kaasa haarata, millega sageli kaasneb käte vigastamine.

Vastu detaili puutunud kriit märgib ära pinnaosa, mis on kõige kaugemal pöörlemisteljest. Seetõttu tuleb detaili nihutada kriidimärgile vastassuunas. Selleks pink peatatakse ja liigutatakse tagasi ühed, edasi aga teised pakid. Töödeldav detail nihkub nende pakkide suunas, mida liigutati tagasi. Seejärel käivitatakse treipink uuesti, määratakse kriidi abil uuesti «kõrgemad» kohad jne. seni, kuni kriit puudutab detaili ühtlaselt igal pool.

Joonisel 61 on näidatud kriidijoonte kolm iseloomulikku asendit kontrollitava detaili külgpinnal. Joonisel on numbritega *1*, *2*, *3* ja *4* tähistatud padruni pakid, *5* — töödeldav detail, *6* — kriidijoon ja *7* — nool, mille suunas tuleb detaili nihutada.

Kui kriidijoon asetseb nii, nagu joonisel 61, *a*, s. o. sümmeetriliselt paki *4* suhtes, .tuleb kergelt ja ühtlaselt tagasi liigutada pakke *1* ja *3*, veidi rohkem tagasi liigutada pakki *2*, edasi liigutada pakki *4* ja uuesti kinnitada pakid *1* ja *3*.

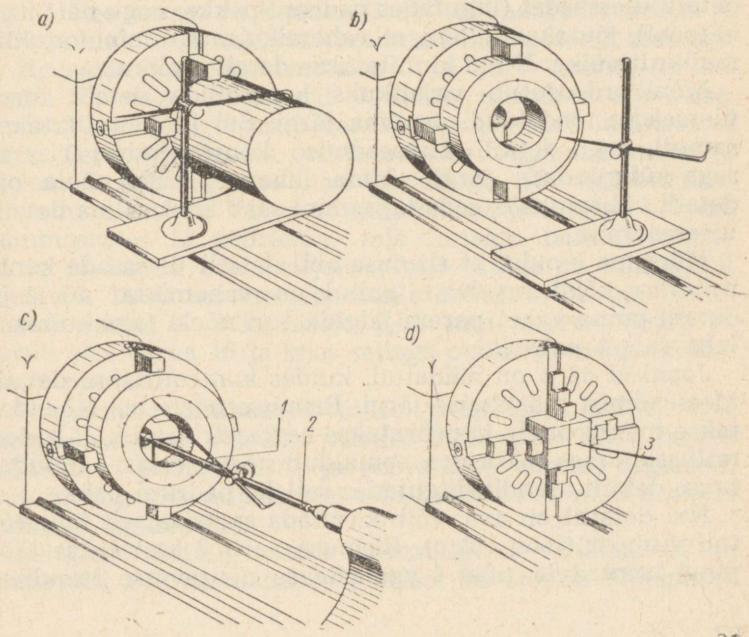
Kui kriidijoon asub täpselt kahe paki vahe keskel, näiteks pakkide *1* ja *4* vahel (joon. 61, *b*), tuleb detaili õigeks ülesseadmiseks tingimata ühtlaselt tagasi liigutada pakke *2* ja *3* ning edasi liigutada pakke *4* ja *1*.

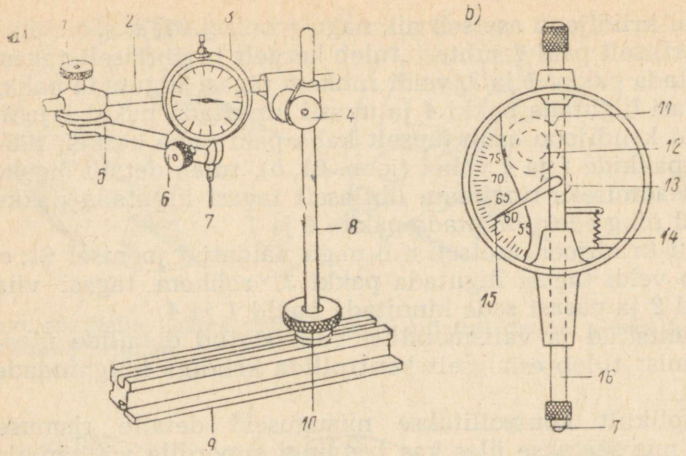
Kui kriidijoon asetseb nii, nagu näidatud joonisel 61, *c*, tuleb veidi tagasi liigutada pakki *3*, rohkem tagasi viia pakki *2* ja pärast seda kinnitada pakid *1* ja *4*.

Stantsitud ja valtsmetallist valmistatud detailide ülesseadmist tuleb esialgselt kontrollida kriidiga külgpindade järgi.

Lõplikult kontrollitakse niisuguseid detaile rismuse abil, mis seatakse üles kas treipingi supordile või sängile asetatud terasplaadile (joon. 62, *a*). Rismuse märknõela painutatud ots viiakse kontrollitava detaili pinna juurde

Joon. 62. Nelja pakiga padrunisse kinnitatud detaili asendi kontrollimine rismusega.





Joon. 63. Indikaator (*a*) ja tema ehitus (*b*).

nii, et kontrollitava pinna ja nõela otsa vahele jääks vahemik 0,3 . . . 0,5 mm. Seejärel pööratakse aeglaselt detaili ja jälgitakse, kuidas muutub vahemiku suurus. Muutes detaili ülesseadet (liigutades padruni pakke, nagu näidatud eespool), jõutakse selleni, et vahemiku muutumine on võimalikult väike. Nüüd kinnitatakse detail lõplikult.

Mõnikord osutub vajalikuks kontrollida detaili õiget ülesseadet töödeldud otspinna järgi. Sel juhul talitatakse samuti, nagu detaili ülesseadmise kontrollimisel rismusega külgpindade järgi. Mida lähemal asub nõela ots detaili välispinnale, seda täpsemini saab kontrollida detaili ülesseadmist.

Märgime lõpuks, et rismuse abil detaili ülesseade kontrollimise kõigi mooduste puhul on vahemikku nõela ja detaili pinna vahel parem jälgida, kui nõela taga hoitakse leht valget paberit.

Joonisel 62, *b* on näidatud, kuidas kontrollitakse detaili ülesseadmist märkimise järgi. Rismuse nõela ots lähendatakse märkjoonele ja pööratakse aeglaselt detaili. Jälgides, millises kohas märkjoon eemaldub nõela otsast, muudetakse detaili asendit, liigutades selleks padruni pakke.

Kui detailil on ava, võib kasutada spetsiaalselt ülesseatud rismust (joon. 62, *c*). Rismuse varb *2* asetatakse tööpingi tsentritele, nõel *1* aga viiakse nõutavasse asendisse

selliselt, et tema terav ots langeks kokku märkjoonega. Pärast seda pööratakse varba (koos nõelaga) tsentritel.

Kui detaili otspinnale on kantud telje märkjooned (joon. 62, *d*), siis võib supordi terahoidjasse eesmise tsentri terava otsaga ühekõrgusele kinnitatud traaditüki *3* terava otsa lähendada kontrollitava detaili otspinnale. Kui detail on üles seatud õieti, langeb traadi terav ots põiksupordi liigutamisel kokku mõlema märkjoonega detaili kahe asendi puhul.

Selline kokkulangemine peab näiteks esinema detaili joonisel 62, *d* näidatud asendi puhul horisontaalse märkjoonega, samuti pärast detaili pööramist poole pöörde võrra.

Detaili ülesseadmist töödeldud külgpinna järgi kontrollitakse algul samuti kriidi järgi, seejärel aga rismuse abil. Viimasel juhul ei tohi vahemik pöörleva detaili pinna ja rismuse nõela otsa vahel muutuda.

Veel täpsemalt kontrollitakse detaili asendit töödeldud pinna järgi indikaatori abil. Indikaatori üldvaade ja mõned detailid on esitatud joonisel 63.

Indikaatori alusele *9* (joon. 63, *a*) kinnitatakse karestatud mutri *10* abil sammas *8*, millel klamber *4* hoiab varrast *2*. See varras on klambri *1* abil ühendatud vardaga *5*, millele klambri *6* abil on kinnitatud indikaator *3* otsikuga *7*. Keerates vabaks klambrite *1*, *4* ja *6* kruvid, samuti mutri *10*, võib indikaatorit *3* seada mistahes asendisse. Otsik *7* (joon. 63, *b*) asub varval *16*, mis läbib indikaatori kere. Kere sees olevale varva osale on lõigatud hambad ja ta moodustab väikese hammasrattaga *12* hambumises oleva hammaslati. Varva *16* nihutamisel piki telge hakkab hammasratas *12* pöörlema, mis antakse hammasrataste *11* ja *13* kaudu edasi teljele. Telje külge on kinnitatud osuti *15*. Osuti ots asetseb skaala kohal, mille iga jaotus vastab varva *16* liikumisele 0,01 mm võrra. Vedru *14* surub alla varva *16* ja koos sellega otsiku *7* vastu mõõdetavat pinda.

Paigutanud indikaatori aluse treipingi supordile või sängile asetatud plaadile, viiakse indikaatori otsik detaili töödeldava pinna juurde ja pööratakse viimast aeglaselt. Detaili õige asendi puhul ei tohi indikaatori osuti kõrvale kalduda algasendist.

Märgitud detaili asendi kontrollimine indikaatori ja seadevõlli abil on näidatud joonisel 64. Detaili *1* otspinna

sellesse punkti, mida näiteks peab läbima töötlemisele kuuluva ava telg, tehakse kärniga süvend. Süvendisse läheb terava (vasakpoolse) otsaga seadevõll *2*, mille parempoolset otsa toetab tagumise tsenterpuki tsenter *3*. Võlli külgpinna vastu on surutud indikaatori *4* otsik. Detaili õige ülesseadmise puhul ei tohi tema aeglasel pööramisel indikaatori osuti kõrvale kalduda, s. o. näidata võlli viskumist.

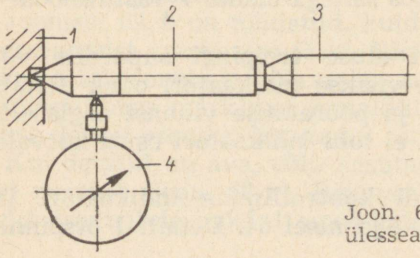
Nelja pakiga padrunisse kinnitatavad detailid. Seda padrunit kasutatakse detailide kinnitamiseks välimise silindrilise pinna kaudu juhtudel:

1) kui detaili töödeldakse suure kinnitusjõuga;
2) kui detaili kinnitatakse töötlemata pinna kaudu;
3) kui detaili ei ole võimalik töödelda isetsentreerivates (kolme või kahe pakiga) padrunites, näiteks kui nad on väikeste mõõtmetega, kui detailid on keerulise kujuga jne.;
4) kui on vaja tagada detaili täpne asend, kusjuures ülesseadmiseks kasutatakse varem töödeldud pindu (risмuse või indikaatori abil).

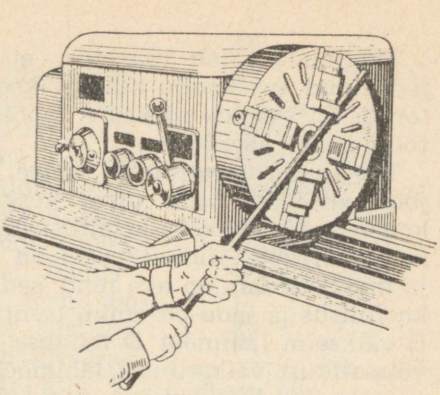
Nelja pakiga padrunid, nagu alamal märgitud, leiavad tunduvalt rohkem kasutamist teistel juhtudel, näiteks kui detail kinnitatakse mittesilindrilise pinna kaudu või kui töödeldakse detaili pindu (välimist või sisemist), mille telg on kinnitamiseks kasutatava silindrilise pinna suhtes nihutatud jne.

Padrunite hooldamine. Padruni konstruktsioonist hoolimata sõltuvad tema täpsus ja tööiga hooldamisest.

Kui padrun ei ole vajalik antud töö täitmiseks, tuleb kogu padrun, aga eriti pakkide sooned üle hõõruda kuiva lapiga. Selline puhastamine on eriti vajalik, kui padrunis töödeldi malmdetaili. Pärast seda tuleb läbitorkamise teel puhastada lapiga (veel parem aga narmastega) padrunisse lõigatud ava ja pakkide soonte avatud osad ning asetada



Joon. 64. Tsentritel märgitud detaili ülesseadmise täpsuse kontrollimine.



Joon. 65. Padruni keeramine.

padrun tööriistakappi. Aeg-ajalt tuleb padrun lahti võtta ja puhastada temale kogunenud mustusest. Enne padruni keeramist tööpingi spindlile tuleb spindel üle hööruda kuiva lapiga, seejärel petrooleumis niisutatud lapiga ja lõpuks kergelt määrida puhta õliga (padruni keeramise kergendamiseks). Enne padruni igakordset keeramist treipingi spindlile tuleb padrunis olev keere hoolikalt puhastada.

Padruni spindlile keeramise kergendamiseks ja sängi juhtpindade rikkumise vältimiseks asetatakse viimastele puittahvel. Laudade paksus peab olema selline, et padruni ava telg langeks kokku treipingi spindli teljega või oleks sellest mõnevõrra madalamal.

Padrunit keeratakse puitlati abil, mis asetatakse padruni pakkide vahele (joon. 65). Tingimata tuleb olla eriti ettevaatlik, kui padruni keeramine läheneb lõpule, et vältida käte vigastamist. Keeratava padruni alla tuleb asetada puitlaud.

3. RAKISED DETAILIDE KINNITAMISEKS AVADE KAUDU

Isetsentreerivad ja nelja pakiga padrunid. Kolme pakiga isetsentreerivaid ja nelja sõltumatult liikuva pakiga padruneid, mida vaadeldi eespool, kasutatakse ka detailide kinnitamiseks silindriliste avade kaudu. Ühtede ja teiste padrunite kasutusala määratakse antud juhul põhiliselt eespool märgitud tunnuste järgi. Väga harva kasutatakse selleks otstarbeks kahe pakiga padruneid.

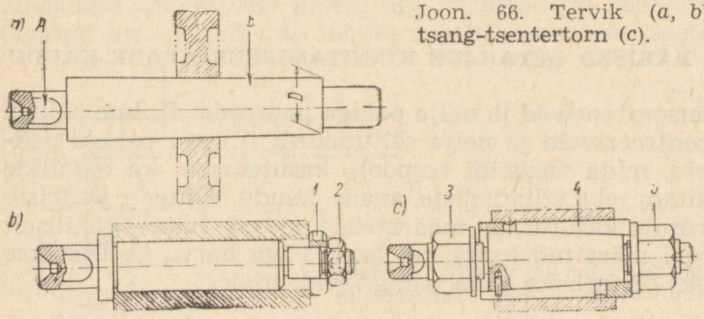
Tingimata tuleb märkida, et detailide kinnitamiseks töödeldud ava kaudu kasutatakse padrunite asemel sageli torne, eriti avade väikeste mõõtmete puhul ja detailide töötlemisel partiidena.

Tervik- ja tsangtornid. Kõige lihtsam torn on näidatud joonisel 66, *a*. Selle torni keskmiseks (töö-) osaks on koonus väga väikese koonilisusega, mis on tavaliselt ligikaudu 1/2000. Mida täpsem on ava ülesseatavas detailis ja mida siledam on ava pind, seda väiksem võib olla torni koonilisus ja seda paremini tsentreerib torn. Koonilise osa *B* väikseim läbimõõt *D* tehakse mõnevõrra väiksem ava võimalikust väikseimast läbimõõdust. Kaasavedaja mugavamaks pealeasetamiseks tehakse torni vasakpoolsele otsale väljalõige *A*.

Treipingi tsentritele seatakse torn ülesse tsentriavade abil. Töödeldavat detaili hoiavad sellisel tornil ainult hõõrdejõud, mispärast detail peab olema asetatud tornile küllaldaselt tihedalt. Torn kinnitatakse detaili sisse vask- või pliivasara löökidega või spetsiaalse pressi abil, milleks tuleb torni enne kergelt määrida õliga.

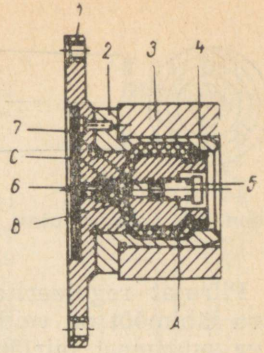
Kirjeldatud torne võib kasutada ainult kergetel töödel. Nende tornide põhiline puudus seisneb selles, et detaili asend tornil oleneb ava tegelikust läbimõõdust. Selline olukord ei võimalda niisuguseid torne kasutada, kui detaili töödeldakse piirajatega.

Vaadeldud puudusi ei ole tornil, mis on kujutatud joonisel 66, *b*, kuna äärisele toetuva detaili asend on tornil palju täpsemini määratud. Detail asetatakse sellisele tornile ja hoitakse seal paigal hõõrdumisega, mis tekib otspindadel mutri *2* kinnikeeramisega. Seibil *1* on väljalõige,



Joon. 66. Tervik (*a*, *b*) ja tsang-tsentertorn (*c*).

mutter *2* tehakse ava läbimõõdust väiksem. Seetõttu piisab detaili tornilt äravõtmiseks mutri lahtikeeramisest ühe või kahe pöörde võrra ning seibi eemaldamisest. Selliste tornide puuduseks on ebatäpne tsentreerimine, mida tingib lõtk detaili ja torni vahel. Joonistel 66, *a* ja *b* kujutatud torne on otstarbekohane kasutada siis, kui avade täpsus nende järgi ülesseatavates detailides ei ole alla 2. klassi.

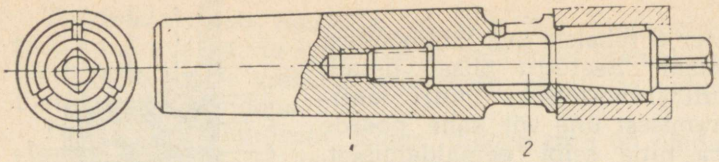


Joon. 67. Hüdroplasttäidisega torn.

Vähem täpsete avade puhul kasutatakse mitmesuguse konstruktsiooniga laialisurutavaid torne. Üks sellistest tornidest — tsangtorn — on kujutatud joonisel 66, *c*. Tsang *4* kujutab endast puksi koonilise avaga ja silindrilise välispinnaga. Tsangi vetruvus kindlustatakse pikisuunaliste väljalõigetega (kaks, kolm, mõnikord neli kummastki otsast), mis asetsevad vaheldumisi. Keerates kinni mutrit *5*, nihkub tsang vasakule ja laieneb, millega detail kinnitataksegi. Detaili mahavõtmiseks tuleb mutrit *5* tingimata veidi tagasi keerata. Pärast seda võib mutri *3* abil tsangi *4* nihutada sedavõrd paremale, et detaili saab tornilt vabalt ära võtta.

Torn elastse koorikuga. Torn (joon. 67) on ehitatud ja töötab järgnevalt. Torni kerele *1* on pressitud puks *2*, mis tsentreerib ja kinnitab töödeldavat detaili *3*. Selleks on kere *1* külgpinda ja puksi sisepinda tehtud süvendid, mis moodustavad rõngastühimiku *A*. Mõne kaldava *B* kaudu on tühimik *A* ühendatud kambriga *C*. Tühimik *A*, kaldavad *B* ja kamber *C* on täidetud hüdroplastiga[1] mark CM (joonisel ristviirutus). Kruvi *5* keeramisel liigub kolb *7* vasakule, surudes (ava *B* kaudu) hüdroplasti tühimikku *A*. Puksi *2* õhukese seina läbimõõt suureneb sealjuures ja detail *3* tsentreeritakse ja kinnitatakse küllaldaselt tugevasti tema töötlemiseks. Kolvi *7* liikumist tõkestab kruvipiiraja *6*.

[1] Hüdroplast on kummitaoline mass sulamistemperatuuriga 130 ... 140 °C.

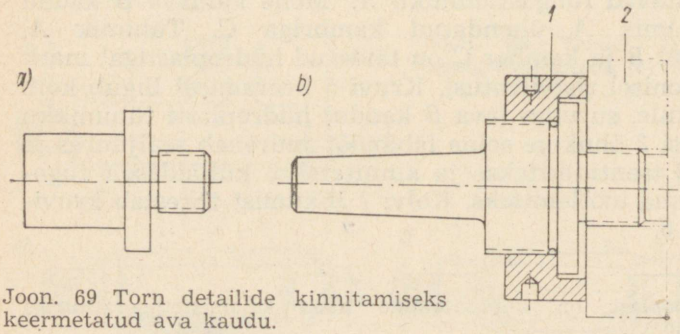


Joon. 68. Laialisurutav spindeltorn.

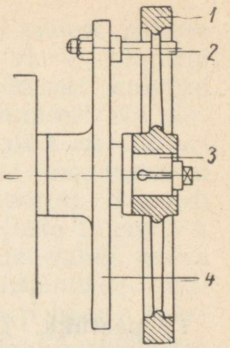
Piirajat reguleeritakse kaliiberpuksi järgi, milles oleva ava läbimõõt on veidi suurem töödeldavas detailis oleva ava suurimast piirläbimõõdust. Kork *4* suleb ava, mille kaudu väljub õhk sulatatud hüdroplasti valamisel torni. Detail asub tornil 2. klassi liikuv- või liugistuga, tsentreerimise täpsus on 0,01 ... 0,03 mm.

Spindeltornid. Joonisel 68 näidatud tornide kasutamisel kinnitatakse töödeldav detail torni kere *1* laialisurutavale osale. Selles torni osas on kolm sisselõiget; laiali surutakse teda poldi *2* koonilise osa mõjul, mida võtme abil keeratakse torni keresse *1*. Torni kere kooniline saba asetatakse treipingi spindli koonilisse pessa. Selliste tornide juures kasutatakse sageli ka hüdroplasti.

Tornid kinnitamiseks keermetatud ava kaudu. Kõige lihtsamal juhul kasutatakse detaili kinnitamiseks keermetatud ava kaudu torni (joon. 69, *a*), mille keermetatud osale keeratakse töödeldav detail. Sileda osaga kinnitatakse torn kolme pakiga isetsentreerivasse padrunisse. Sellise detailide kinnitamise mooduse puuduseks on raskused tornilt mahavõtmisel pärast töötlemist. Ka tsentreerimise täpsus on väike.



Joon. 69 Torn detailide kinnitamiseks keermetatud ava kaudu.



Joon. 70. Detaili kinnitamine tornile kaasaveopadruni abil: 1 — töödeldav detail (hammasratas); 2 — padruni sõrm; 3 — torn; 4 — kaasaveopadrun.

Joonisel 69, *b* kujutatud tornil ei ole neid puudusi. Torni kere vasakule otsale on lõigatud suure sammuga vasakpoolne keere, millel asetseb mutter *1*. Enne töödeldava detaili *2* keeramist tornile peab mutter olema tihedalt surutud vastu tornil olevat äärikut. Et töödeldud detaili lahti keerata, piisab mutri *1* vähesest vabastamisest. Sel juhul kindlustab torni äärik mutri *1* ja järelikult ka töödeldava detaili püsiva asendi telgsuunas.

Üldmärkmeid töötlemisest tornidel. Mida lihtsam on torni konstruktsioon, seda täpsem (kontsentrilisuse suhtes) tuleb tema abil töödeldud detail. Torni enda treipingis tsentreerimise seisukohalt on parem täpsus tsentritele toetuvatel tornidel, võrreldes spindlitornidega.

Pikkade detailide töötlemisel tuleb tingimata kasutada tsentritele toetuvaid torne, kusjuures ajal, mil detaili töödeldakse (tera automaatse ettenihkega), tuleb töötlemiseks ette valmistada järgmine detail. Sellise töötamisviisi puhul peab tingimata olema kaks torni, mis mõnikord võimaldavad abiaegade tunduvat kokkuhoidu. Spindlitornidega niiviisi töötada ilmselt ei saa. Teiselt poolt on detailide ülesseadmine spindlitornidele mugavam ja detailide kinnitamine nendele toimub kiiremini, kui tsentritele toetuvate tornide kasutamisel.

Kaasaveopadrunite kasutamine töötamisel tornidega. Suure läbimõõduga detailide töötlemisel tornidel, eriti aga eraldatava laastu suure ristlõike puhul, võib detail tornil pöörduda. Selle vältimiseks tuleb kasutada joonisel 70 kujutatud võtet. Siin ei anta spindli pöörlemine töödeldavale detailile edasi mitte detaili ja torni vahelise hõõrdumisega, vaid kaasaveopadruniga.

IV peatükk. TREIPINKIDEL TÖÖDELDAVATE PINDADE KAREDUS (SILEDUS) JA TÄPSUS

1. JÄIKUS JA VIBRATSIOONID TREIMISEL

Üldmõisted. Detailide treimisel tuleb tingimata arvestada tööpingi sõlmede (supordi, spindlikasti, tagumise tsenterpuki), töödeldava detaili, samuti tera või teiste lõikeriistade jäikusega[1], või nagu sageli öeldakse — süsteemi tööpink-detail-tööriist jäikusega. Näide sellisest süsteemist koormatud olukorras on toodud joonisel 71, kus joon 00 näitab koormamata pingi telge. Lõikejõudude mõjul on treipingi esimene tsenter nihkunud (eemale surutud) oma normaalsest asendist suuruse h_1, tagumine aga suuruse h_2 võrra. Sama jõu mõjul on detail paindunud, kusjuures läbipaine vastab suurusele h_3, suport on eemale surutud suuruse h_4 võrra.

Süsteemi tööpink-detail-tööriist üksikute komponentide väikese jäikuse tulemusena tekkivad hälbed esinevad alati, kusjuures neist igaühe suurus on üksikutel juhtudel erinev. Kui kõigi hälvete suurus on tühine, vastavad detaili kuju, samuti töödeldava pinna mõõtmed ja karedus nendele esitatud nõuetele. Kui mõne või ka ainult ühe vaadeldud süsteemi komponendi jäikus ei ole piisav, on töötlemise tulemused ebarahuldavad ja tekivad vibratsioonid, mis takistavad normaalset lõikamist. Loomulikult avaldab väikeste lõikejõudude puhul süsteemi tööpink-detail-tööriist väikene jäikus palju väiksemat mõju, kui suure koormuse puhul.

[1] Jäikuseks nimetatakse tööpingi sõlmede, töödeldava detaili või lõikeriista omadust vastu panna nendele mõjuvale lõikejõule.

Tööpingi, töödeldava detaili ja tööriista vähese jäikuse põhjused. Arvukate katsetega on selgitatud, et tööpingi jäikus ei olene niivõrd tema detailide jäikusest, kuivõrd sõlmede hoolikast koostamisest ja reguleerimisest. Nii näiteks on paljude tööpinkide suportide detailid ise küllaldaselt jäigad, mittekvaliteetsel koostamisel moodustavad aga väikese jäikusega tööpingi sõlme (supordi). Supordi väikene jäikus võib tekkida ka teiste põhjuste tulemusel. Supordi alumise ja ristkelgu juhtpindade vahel asuva kiilu ebaõige reguleerimine, nimetatud juhtpindade kulumine terves pikkuses jne. Kõikide nende põhjuste tulemusena esinevad supordi, aga järelikult ka lõiketera hälbed.

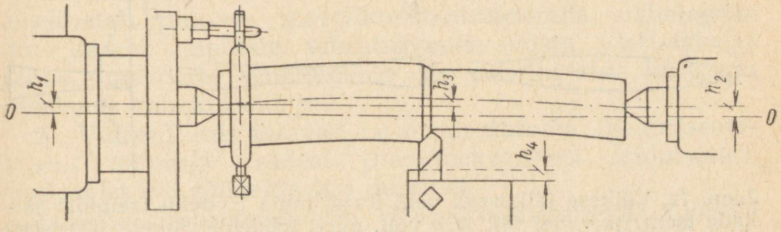
Detaili jäikus oleneb tema mõõtmetest ja konstruktiivsetest iseärasustest. Kuid on olemas mitmeid mooduseid, mis tunduvalt võimaldavad tõsta töödeldava detaili jäikust.

Selliste mooduste näiteks on tagumise tsentri kasutamine mitte väga pikkade detailide töötlemisel, lünettide kasutamine väga pikkade ja peenikeste detailide välistreimisel jne.

Tööriistade hälbed detailide tööpinkidel töötlemise mitmesugustel juhtudel võivad samuti olla rohkem või vähem olulised ja peegelduda erinevalt töödeldava detaili kujus ja mõõtmetes. Lõiketera hälvete põhjusteks on tera liiga väikese ristlõike valik liiga pika väljaulatuva osa puhul, mitteküllaldase tugevusega kinnitus jne.

Jäikuse muutumine lõikeprotsessis. Ühe ja sama detaili ühel ja samal tööpingil töötlemise protsessis võib süsteemi treipink-detail-tööriist jäikus muutuda.

Töötlemise protsessis ei ole lõikejõud püsivad tingituna

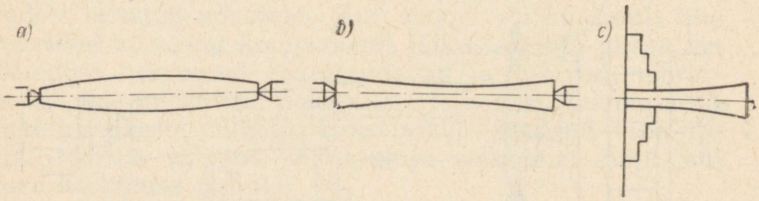


Joon. 71. Näide süsteem tööpink-detail-tööriist vähese jäikuse tulemusest.

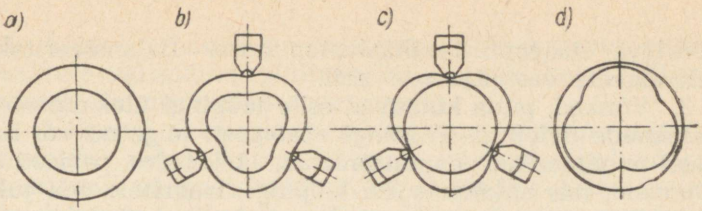
eraldatava laastu vahelduvast ristlõikest (näiteks lõikesügavuse muutumise tõttu valandite koorimisel), samuti töödeldava detaili materjali ebaühtlasest kõvadusest. Lõikejõud suurenevad samuti vastavalt tera nürinemisele. Loomulikult suureneb koos lõikejõududega supordi hälve. Näiteks põhjustab supordi ristkelgu juhtpindade ebaühtlane kulumine erineva hälbe ristkelgu erinevate asendite puhul.

Tagumise tsenterpuki väikene jäikus avaldub tavaliselt rohkem võlli töötlemise algul, spindlikasti väikene jäikus aga töötlemise lõpul. Tsentritele asetatud detaili jäikus on väiksem, kui tera eraldab laastu detaili keskel. Lõiketera väikene jäikus annab end tunda suurimate lõikejõudude tekkimise hetkel.

Süsteemi tööpink-detail-tööriist väikesest jäikusest põhjustatud nähted. Oletame, et treipingi piisava jäikusega spindlisse ja tagumisse tsenterpukki asetatud tsentritel töödeldakse võlli. Lõikejõudude mõjul võll paindub (eemaldub lõiketerast), kusjuures läbipaine on kõige suurem, kui tera eraldab laastu võlli keskel. Selle tulemusena võlli läbimõõt keskosas muutub suuremaks kui otstes. Võll saab tünnilise kuju, mis joonisel 72, *a* on näidatud suurendatuna. Läbipainde suurus, aga järelikult ka kõrvalekaldumine silindrilisest kujust oleneb võlli mõõtmetest, eraldatava laastu mõõtmetest, lõiketera nurkadest, tera esitahu kujust ja teistest tingimustest. Jäiga võlli kuju, mida töödeldi väikese jäikusega spindlisse ja tsenterpukki asetatud tsentritel, on esitatud joonisel 72, *b*. Kui töödeldav võll on kinnitatud padrunisse, tagumise tsentriga teda aga ei toetata, saab võll joonisel 72, *c* esitatule sarnase kuju. Võlli sellise kuju põhjustavad kas võlli enda,



Joon. 72. Väikese jäikusega võlli kuju, mida töödeldi treipingi jäikade tsentrite vahel (*a*); jäik võll, mida töödeldi väikese jäikusega tsentritel (*b*); padrunisse kinnitatud võll, mida töötlemisel ei toetatud tagumise tsentriga (*c*).



Joon. 73. Terasketta kuju muutumine tema kinnitamisel kolme pakiga padrunisse sisepinna töötlemiseks: enne sisepinna töötlemist (*a*); pärast kinnitamist padrunisse (*b*); pärast sisetreimist (*c*); pärast pingist mahavõtmist (*d*).

padruni või treipingi spindlikasti väikene jäikus, või ka kõikide loetletud tegurite üheaegne koosmõju.

Peab märkima ka neid töödeldava pinna kuju muutumise võimalusi, mis tekivad detaili kinnitamisel tööpinki. Väga sageli esinevad need õhukeseseinaliste detailide töötlemisel. Oletame näiteks, et terasrõngas (joon. 73, *a*) on sisepinna töötlemiseks kinnitatud kolme pakiga padrunisse. Kinnitusjõu (padruni pakkide) toimel võtab rõngas kuju, mis liialdatuna on näidatud joonisel 73, *b*. Pärast sisepinna töötlemist on rõngal silindriline kuju (joon. 73, *c*). Pärast padruni pakkide lahtikeeramist rõngas «vetrub», tema välispind muutub silindriliseks, äsja töödeldud sisepind võib aga olla väga kaugel sellest kujust (joon. 73, *d*), milline tal oli pakkidesse kinnitatuna.

Vibratsioonide tekkimise põhjused. Detailide treipinkidel töötlemisel tekkivad vibratsioonid toovad kaasa pingi ebaõige töötamise, tööriista enneaegse kulumise ja töödeldud pinna sileduse halvenemise.

Vibratsioonid tekivad ühe või mitme teguri mõjul; olulisemad nendest on loetletud allpool.

1. Võnked, mis antakse edasi teistelt vibreerivatelt masinatelt pinnase, metallkonstruktsioonide, vahelagede jne. kaudu. Selliste vibratsioonide vastu võitlemiseks tuleb tugevdada vundamente ja vahelagesid, kasutada elastseid vahealuseid jne.

2. Võnked, mis tekivad tasakaalustamata (balansseerimata) tööpingi osadest (hammasratastest, siduritest), padrunist või töödeldavast detailist.

Selliste vibratsioonide vastu võitlemiseks tulevad balansseerida nii tööpingi kui ka padruni pöörlevad osad, samuti tööpinki kinnitatav toorik, kui ta tekitab terve

pöörleva süsteemi tasakaalustamatuse. Balansseeritakse täiendavate vastukaalude abil.

3. Võnked, mida kutsuvad esile tööpingi ülekandemehhanismide defektid. Tööpingi ebaõigesti lõigatud või halvasti monteeritud hammasrattad, tekitades perioodilisi jõudusid, mis antakse edasi tööpingi laagritele või juhtpindadele, võivad teatud tingimustel olla vibratsioonide tekkimise põhjuseks. Analoogiliselt mõjuvad rihmade ebakvaliteetsed liitekohad. Selliste vibratsioonide vastu võitlemiseks tuleb kõrvaldada loetletud ja nendega analoogilised defektid.

4. Võnked, mis tekivad lõikeprotsessi katkendliku iseloomu tõttu. Paljudel juhtudel tingib töötlemismeetod ise jõudude võnkumise, mille kutsub esile tööriista, näiteks hõõritsa, töö iseloom. Teistel juhtudel on töödeldaval pinnal endal vahemikud. Kõige sagedamini esinevad selliste pindade töötlemisel üksikud löögid, kuid töödeldavate pindade ja vahemike regulaarsel kordumisel võivad tekkida vibratsioonid. Katkelise töödeldava pinna mõju vibratsioonide tekkimisele peab igal konkreetsel juhul kõrvaldama töödeldava detaili jäikuse tehisliku suurendamise teel.

5. Omavõnked sisetreimisel, välistreimisel jne.

Tasakaalustatud detaili töötlemisel täiesti korras tööpingil võivad tekkida tugevad vibratsioonid, kusjuures isegi nähtuse kõige hoolikamal vaatlemisel ei õnnestu avastada mingisuguseid väliseid, eriti aga ülalloetletud põhjusi.

Selliseid vibratsioone nimetatakse lõikeprotsessi omavõnkeiks.

Võnkesagedus (võngete arv sekundis) sõltub põhiliselt süsteemi tööpink-detail-tööriist jäikusest. Mida jäigem on süsteem, seda suurem on võnkesagedus, s. t. vibratsioon on väiksem.

Vibratsiooni intensiivsust (jõudu) mõõdetakse harjade (ebatasasuste) kõrgusega töödeldud pinnal. See sõltub paljudest põhjustest.

1. Lõikekiiruse tõstmine suurendab algul vibratsioonide intensiivsust, mis saavutab tavaliselt suurimad väärtused kiirustel 80 . . . 150 m/min, lõikekiiruse edasisel suurendamisel vibratsioonid vähenevad. Järelikult on vibratsioonide vältimise seisukohalt kiirlõikamise tingimused palju soodsamad.

2. Lõigendi laiuse suurendamine (lõikesügavus vastab tavalisele välispinna pikitreimisele) toob kaasa vibratsioonide (intensiivsuse) tugevnemise.

3. Lõigendi paksuse (ettenihke) suurendamine avaldab vastupidist mõju. Laastu paksuse suurendamisel võnkeintensiivsus väheneb veidi. Kuid lõigendi paksuse muutmise mõju on tunduvalt väiksem lõigendi laiuse muutmise mõjust.

4. Lõiketerasid väikeste nurkadega plaanis, mis võimaldavad töötada suurte ettenihetega suurte lõikekiiruste juures, ei saa sageli kasutada ainult suurte vibratsioonide tekkimise tõttu.

5. Esinurga suurenemisega (s. o. lõikenurga vähenemisega) vibratsioonide intensiivsus väheneb. Lõiketerad negatiivse esinurgaga kalduvad rohkem vibratsioone tekitama kui lõiketerad positiivsete nurkadega.

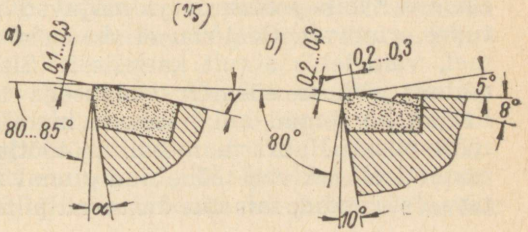
Vahendid vibratsioonidega võitlemiseks. Treipinkidel lõikamise protsessis tekkivat omavõnkumist (vibratsiooni) võib vältida järgmiste moodustega:

1) süsteemi tööpink-detail-tööriist jäikuse tõstmisega: näiteks vähendades tagumise tsenterpuki pinooli, lõiketera jms. väljaulatuvust; paljudel juhtudel õnnestub tagumise tsenterpuki väljaulatuvuse vähendamise ja tagumise tsentri surve reguleerimisega kaotada vibratsioone;

2) ratsionaalsete lõikerežiimide valikuga, lõikamisega suurtel või (mis on küll vähemsoovitatav) väikestel kiirustel suurendatud ettenihkega;

3) lõiketera ratsionaalse valikuga ja tema õige teritamisega — kasutades suuri nurkasid plaanis, suurendades esinurka või töödeldes esitahule faasi negatiivsete esinurkade puhul, aga kasutades samuti tera spetsiaalset teritamist (faasid, sooned jms.).

Näiteid välistreimise terade sellisest teritamisest, kus esitahule on töödeldud täiendav vibratsioone summutav faas, on toodud joonisel 74. Kui joonisel 74, *a* kujutatud



Joon. 74. Novaatori D. I. Rõžkovi poolt konstrueeritud vibratsioone summutava faasiga lõiketerad.

lõiketera kasutatakse väikese süsinikusisaldusega teraste Ст. 2, Ст. 3, 20X jt. töötlemiseks, valitakse esinurk $\gamma = 20 \ldots 25°$. Konstruktsiooni- ja tööriistateraste 35, 40, 50, 60, У6, У7, 40X, ХВГ jt. töötlemiseks, tuleb kasutada tera nurgaga $\gamma = 0 \ldots 20°$. Väikese jäikusega detailide treimisel võetakse esinurk piirides $25 \ldots 35°$.

Vibratsioone summutava faasiga tera lõige (pearisttasapinnas), mida kasutatakse töötlemisel lõikesügavusega alla 1 mm, on kujutatud joonisel 74, *b*.

Vibratsioone summutava faasiga terad tulevad ülesse seada treipingi tsentrite joone kõrgusele.

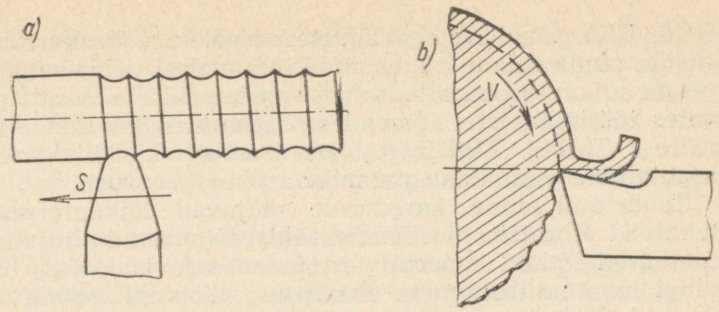
Sageli, eriti töötamisel lõikekiirustega 120 ... 150 m/min, ei kaota ükski ülalkirjeldatud vahend vibratsioone. Sel juhul tuleb kasutada spetsiaalseid seadmeid — vibratsioonide summuteid.

2. PINNAKAREDUSE JA TÄPSUSE SÕLTUVUS TREIMISTINGIMUSTEST

Treipingil töödeldud pinna karedus ja selle tekkimise põhjused. Treiteraga töödeldud pinnal tekivad ebatasasused kruvijooneliste harjade ja soonte näol (joon. 75, *a*), mis sarnanevad keermele. Nad on hästi märgatavad suure ettenihke S puhul ja avastatavad vaid spetsiaalsete seadmete abil, kui ettenihe on väike.

Sellised ebatasasused asuvad ettenihke suunas, moodustades ristkareduse erinevalt pikikaredusest (joon. 75, *b*), mida tekitavad ebatasasused lõikekiiruse v suunas. Viimaste ebatasasuste päritolust räägitakse alamal.

Treimisel on suurema tähtsusega ristkaredus. Seetõttu iseloomustab treipingis töödeldud pinna siledust peamiselt kruvijooneliste harjade kuju ja mõõtmed. Selliste harjade kõrgus oleneb erineval määral paljudest teguritest, mis esinevad lõikeprotsessis ja mõjuvad mitmesugustel juhtudel erinevalt. Seetõttu ei saa neid määrata arvutamise teel, vaid leida ainult katseliselt. Sitkemate materjalide, näiteks väikese süsinikusisaldusega teraste, treimisel on harjad kõrgemad kui habraste metallide, näiteks malmi, töötlemisel. Habraste metallide töötlemisel (murdelaastu esinemisel) tekivad töödeldud pinnal mõnikord hästi nähtavad süvendid, mis moodustavad pikikareduse.



Joon. 75. Treimisel tekkiv rist- (*a*) ja pikikaredus (*b*).

Pinnakaredus väheneb, kui materjal (teras) on termiliselt töödeldud, mis suurendab tema struktuuri ühtlust.

Harjade tegelik kõrgus oleneb ettenihke suurusest. Suurte ettenihete puhul erineb tegelik kõrgus tunduvalt arvutuslikust ja ületab selle mitu korda.

Lõikesügavuse mõju pinnakaredusele on väike ega oma praktilist tähtsust.

Lõikekiirus mõjub oluliselt pinnakareduse tekkimisele. Lõikekiirusel 3 ... 5 m/min. on ebatasasuste mõõtmed tähtsusetud; lõikekiiruse suurenemisel ebatasasused kasvavad; lõikekiiruse suurenemisel kuni 60 ... 70 m/min. ebatasasuste kõrgus väheneb ja lõikekiirustel ligikaudu 70 m/min. on pinnakaredus väikseim.

Edasine lõikekiiruse suurenemine ei avalda tunduvat mõju töödeldud pinna karedusele. Lõiketeral asuv. terakasvaja suurendab selle teraga töödeldud pinna karedust.

Tunduvat mõju pinnakaredusele avaldab töötlemisel kasutatava jahutusvedeliku koostis. Parimaid tulemusi saadakse, kui jahutusvedelik sisaldab mineraalõli, seebilahust ja teisi aineid, mis tõstavad tema määrdeomadusi.

Paljude uurijate katsed näitavad, et tera mittekvaliteetse plankimise tulemusena esinevad lõikeserva ebatasasused kanduvad töödeldavale pinnale üle suurendatult.

Tera seisukord mõjub samuti pinnakaredusele. Natuke nürinenud teraga töödeldud pind tuleb sageli veidi siledam, kui terava teraga töödeldud pind. Tera edasisel nürinemisel pinnakaredus suureneb. Ka lõiketera materjalil on vaadeldaval juhul tähtsus. Nii näiteks on kõvasulamist

BK6, BK8 plaadikestega lõiketeradega väga raske saada siledat pinda sitkete materjalide töötlemisel, mida selgitab nende sulamite pinna kalduvus murenemisele vaadeldavates töötingimustes. Samades tingimustes kõvasulamite, näiteks T5K10, T15K6 jt., aga samuti kiirlõiketeraste kasutamine võimaldab parandada pinnakaredust.

Töödeldud pinna karedusele mõjuvad lõikeprotsessis tekkivad vibratsioonid. Erilist tähtsust omavad siinjuures üleliigsed lõtkud supordi juhtpindades ja laagrites, tööpingi hammasülekannete ebatäpsus, tööpingi pöörlevate osade halb balansseeritus, töödeldavate detailide väikene jäikus, lõiketera nurgad ja väljaulatuvus ning paljud põhjused, mis on märgitud raamatu erinevates peatükkides. Kõik need kahjulikud nähtused kutsuvad treimisel esile pinna pikikareduse.

Pinnakareduse klassifikatsioon ja tähistus. ГОСТ 2789-59 näeb masinaehituses kasutatavatele detailidele ette 14 sileduse klassi. Sileduse klasside tähistus, mida kasutatakse detailide joonistel, on toodud tabelis 4.

Tabel 4

Masinadetailide pinnasileduse klasside tähistamine

Pinnasileduse klass	Tähis	Pinnasileduse klass	Tähis	Pinnasileduse klass	Tähis
1	▽1	6	▽6	11	▽11
2	▽2	7	▽7	12	▽12
3	▽3	8	▽8	13	▽13
4	▽4	9	▽9	14	▽14
5	△5	10	▽10		

Kui pinnasiledust on vaja eriti täpselt määritleda, lubab ГОСТ 2789-59 jagada 6 ... 14 klassi järkudeks. Igal klassil nendest võib olla kolm järku, mida tähistatakse tähtedega а, б ja в. Vastav täht asetatakse antud pinnasileduse klassi tähistava arvu järele. Nii näiteks märgib tähis ▽ 8а, et antud pinna karedus peab vastama 8. pinnasileduse klassi vastavale järgule ГОСТ 2789-59 järgi.

Masinadetailide pinnakaredust määratakse antud pinna võrdlemisel etalonpinnaga või täpsemalt spetsiaalsete seadmete abil.

Tingimused, milledest sõltub detailide töötlemise täpsus treipinkidel. Vaatamata kaasaegsete treipinkide kõrgele kvaliteedile, töötlemismeetodite täiustamisele, kasutatavate mõõteriistade täpsusele ja teistele soodsatele tingimustele, mis mõjuvad detailide töötlemise täpsusele, ei ole võimalik saavutada detaili täpseid mõõtmeid ega õiget kuju.

Selle peamisi põhjusi vaadeldakse alamal.

Tööpingi ja kinnitusrakiste ebatäpsus. Tööpingi ebatäpsus peegeldub töödeldud detaili kuju täpsuses. Kui näiteks treida detaili treipingis, mille spindli kaelad on ovaalsed, tulevad detaili pinnad samuti ovaalsed, aga mitte silindrilised; nii et kui mõõta detaili kahte ristuvat läbimõõtu ühes ja samas ristlõikes, saadakse erinevad tulemused.

Teiseks treipingil töödeldavate silindriliste detailide õigest kujust kõrvalekaldumise liigiks on detailide koonilisus, mis tekib ebaõigesti ülesse seatud spindli (kui detaili töödeldakse padrunis) või tagumise tsenterpuki (kui detail on ülesse seatud tsentritele) tõttu.

Paljudel juhtudel põhjustavad detaili töötlemise ebatäpsust kinnitusrakiste ebatäpsus või mittekorrasolek. Iseenesest on näiteks mõistetav, et tugevasti kulunud tsentriavadega tornile asetatud puksi välispinna treimisel ei ole võimalik saada välis- ja sisepinna kontsentrilisust, mis tavaliselt on nõutav. Detaili kuju ebatäpsused tingivad ka tema mõõtmete ebatäpsuse.

Lõikeriista kuju, mõõtmete ja ülesseade ebatäpsused ja kulumine. Väga sageli olenevad töödeldava detaili või tema üksikute osade mõõtmete ja kuju täpsus eelkõige kasutatava lõikeriista mõõtmete ja kuju täpsusest. Soone laius, mida töödeldakse sisselõiketeraga, tuleb nõutavaga võrdne vaid siis, kui lõikeserva pikkus vastab soone laiusele. Kujupinna täpsus oleneb selle pinna töötlemiseks kasutatava kujutera täpsusest[1].

Kui täpse laiusega sisselõiketera, millel peatuti varem, on soone töötlemiseks üles seatud nii, et tema pealõikeserv ei ole paralleelne detaili teljega, tuleb soon terast laiem ja tema kuju ei ole õige.

Samuti sõltub detaili mõõtmete täpsus tera tööasendisse

---

[1] Siin peetakse silmas töötlemist teraga, mille lõikeserva kuju vastab detaili telge läbivat tasapinnalist lõiget piiravale kõverjoonele.

ülesseadmise täpsusest, kui näiteks detaili nõutav läbimõõt seatakse limbi abil.

Olulist tähtsust tööprotsessis omab tera kulumine. See võib mõnikord olla nii suur, et detaili läbimõõt spindli juures tuleb veidi suurem läbimõõdust tagumise tsentri juures, kust alustati treimist.

Mõõteriista täpsus ja nende ebaõige kasutamine. Mõõteriista ebatäpsus võib olla põhjustatud tema mittekvaliteetse valmistamise, samuti loomulikust kulumisest või hoolimatust kasutamisest tekkinud halva seisukorra poolt. Mittekvaliteetne valmistamine põhjustab mõõteriista ebatäpsust tootmise ajakohase organiseerimise juures harva, kuna kõiki mõõteriistu kontrollitakse hoolikalt enne müügilelaskmist ja enne väljaandmist töökohale.

Täpsemad mõõteriistad (nihkmõõdik ja kruvimõõdik[1]) varustatakse spetsiaalsete passidega, milles näidatakse antud mõõteriista vead.

Mõõteriistade loomulik kulumine ei tohi olla ebatäpse mõõtmise põhjuseks, kui antud töökojas on hästi organiseeritud ja tegutseb mõõteriistade perioodiline kontroll, mida teostavad spetsiaalsed töölised.

Mõõtmise viga võib olla kõige suurem, kui selleks kasutatakse mittesobiva täpsusega mõõteriistu. Nii näiteks on mõõtmise suurim võimalik täpsus (kogenud tööliste poolt) välistastri ja mõõtjoonlaua abil ligikaudu 0,3 mm. Nende mõõteriistade kasutamine täpsemate mõõtmete puhul on mõõtmisvigade allikaks. Mõõteriista ebaõige asetamine mõõdetava pinna suhtes võib tuua kaasa suuri mõõtevigu. Kui näiteks mõõta välisläbimõõtu tasapinnas, mis ei ole detaili teljega risti, vaid on kaldu, on viga mõõtmisel vältimatu. Kasutades mõõteriista või kaliibri pealeasetamisel kontrollitavale detailile liiga suurt jõudu, võib kogenematul töölisel olla mõõtmise ebatäpsus mitu sajandikku millimeetrit. Viga tekib ka siis, kui mõõtmise ajal ei arvestata detaili temperatuuri. Loomulikult on lõikeprotsessis kuumenenud detaili mõõtmed suuremad, kui jahtunud detailil.

---

[1] Kruvimõõdikut kasutatakse siin mikromeetri (mõõteriista) tähenduses. — *Tõlk.*

Kokkupuutuvad detailid. Vaadates detailide liiteid märkame, et need on oma iseloomult väga erinevad. Mõnedel juhtudel jääb mingi liite üks detail teise sama liite detaili suhtes liikumatuks, teisel juhul sooritab nii- või teistsugust liikumist (näiteks pöörlemist, edasiliikumist vms.) teise detaili suhtes.

Kahte detaili, mis moodustavad liite ja on sarnased ühega vaadeldud juhustest, nimetatakse kokkupuutuvaiks.

Haaravad ja haaratavad detailid. Kahe detaili kokkupuutumisel üks neist nagu haarab teist, seepärast nimetatakse esimest nendest detailidest (teise suhtes) haaravaks, teist aga haaratavaks.

Kokkupuutuvate detailide kujud võivad olla väga mitmesugused ja nende täpselt tegelikkusele vastavad nimetused on paljudel juhtudel kohmakad ning ebamugavad nii hääldamiseks kui ka kirjutamiseks. Seepärast on tinglikult kokku lepitud nimetada haaravat detaili (selle detaili pinda, mis on antud kokkupuutes) igal juhul avaks, aga haaravat detaili (pinda, mis on antud kokkupuutes) — võlliks.

Istu mõiste. Kui kokkupuutuvate detailide töötlemisel (mõlema või ühe nendest) või masina koostamisel ei oleks arvestatud kokkupuute nõutavat iseloomu, siis sellistest detailidest koostatud masin ei oleks ilmselt töökõlblik.

Teiste sõnadega: igasuguse masina rahuldava töötamise tingimuseks on tema detailide kokkupuute, või nagu öeldakse — istu iseloomu õige valik ja täideviimine.

Istuks nimetatakse kahe teineteise sisse asetatud detaili kokkupuute (või liite) iseloomu või tüüpi, mis ühel või teisel määral kindlustab detailide liite tugevuse või vastastikuse liikumise vabaduse.

Liikumatud ja liikuvad istud. Istusid, mille juures peab olema kindlustatud kokkupuutuvate detailide liite tugevus, nimetatakse liikumatuteks.

Sellise iseloomuga liiteid saadakse, kui kokkupuutuvate detailide koostamisel on võlli läbimõõt ava läbimõõdust veidi suurem, mille tõttu detailide vahel tekivad pärast koostamist survepinged.

Vaba liikumisega või (väheselt) liikuvateks nimetatakse selliseid istusid, mille juures on ette nähtud kokkupuutuvate detailide alaline suhteline liikumine nende töötamise

ajal. Nende detailide vastastikune suhteline liikumine on võimalik, kui ava läbimõõt on võlli läbimõõdust veidi suurem.

Masinaehituses kasutatavad istud. Meie masinaehituses on kindlaks määratud ja kasutatakse mitmeid istusid — alates istudest, mille puhul võll on avasse asetatud suure survega ja mis tagavad detailide suure tugevusega liite, ning lõpetades istudega, millede puhul võll pöörleb avas täiesti vabalt.

Liikumatud istud

1. Kolmas press-ist (Пр 3)
2. Teine press-ist (Пр 2)
3. Esimene press-ist (Пр 1)
4. Kuum-ist (Гр)
5. Press-ist (Пр)
6. Kergepress-ist (Пл)
7. Umb-ist (Г)
8. Kinnis-ist (Т)
9. Pingul-ist (Н)
10. Tihe-ist (П)

Liikuvad istud

1. Liug-ist (С)
2. Liikuv-ist (Д)
3. Käigu-ist (Х)
4. Kergekäigu-ist (Л)
5. Vabakäigu-ist (Ш)
6. Termiline käigu-ist (ТХ)

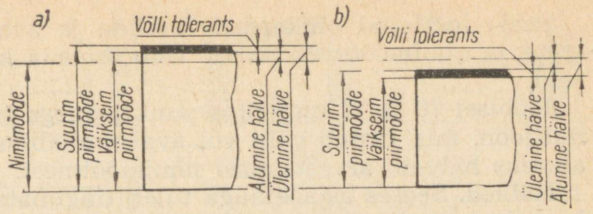
Sulgudes on antud istude kasutatavad lühendatud tingtähised.

Toodud loetelus on istud esitatud teatud järjestuses: alates detailide liite kõige rangemast liikumatust kindlustavatest istudest (kuum-ist) ja lõpetades istuga (termiline käigu-ist), mille juures esineb detailide suhteliselt kõige vabam kokkupuutumine.

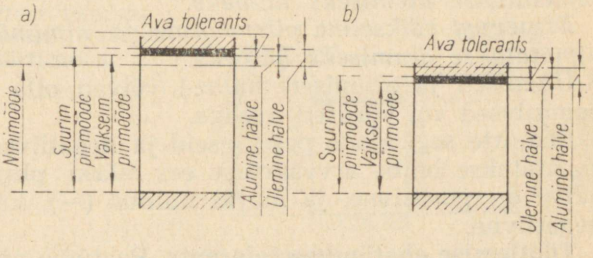
Umb-, kinnis-, pingul- ja tihe-istu nimetatakse täpsemalt üleminekuistudeks, kuna kokkupuutuvate detailide mõnede tegelike mõõtmete puhul on nende liide liikumatu, mõnede puhul aga liikuv.

Nimi- ja tegelikud mõõtmed. Detaili mõõtmed määrab antud masinat (või detaili) projekteeriv konstruktor, lähtudes väga mitmesugustest nõuetest. Just need mõõtmed ongi märgitud detaili joonisele ja neid nimetatakse nimimõõtmeteks.

Eespool nägime, et paljude põhjuste tõttu ei saa detaili töödelda nii, et tema töötlemise teel saadud mõõtmed langeksid täpselt kokku nimimõõtmetega.



Joon. 76. Võlli piirmõõtmed ja mõõtmete hälbed.



Joon. 77. Ava piirmõõtmed ja mõõtmete hälbed.

Töötlemise teel saadud mõõtmeid nimetatakse kokkuleppeliselt tegelikeks mõõtmeteks. Järelikult on detaili tegelikuks mõõtmeks mõõtmise teel saadud mõõde.

Mõõtme hälveks või lihtsalt hälveks nimetatakse erinevust tegeliku mõõtme ja nimimõõtme vahel.

Piirmõõtmed. Ühesuguste detailide tegelikud mõõtmed, isegi nende töötlemisel ühe ja sama meetodiga, ei tule omavahel võrdsed, vaid kõiguvad teatud piirides.

Piirmõõtmeiks nimetatakse neid mõõtmeid, mille vahel võib kõikuda tegelik mõõde. Ühte neist nimetatakse suurimaks, teist väikseimaks piirmõõtmeks.

Kahe detaili kokkupuutel on nõutav iseloom ilmselt ainult siis, kui lubatavad piirmõõtmed määratakse varem kas katseliselt või arvutuslikult ja kui tegelik mõõde asub piirmõõtmete vahel.

Vastavalt istu iseloomule võivad võlli suurimad ja väikseimad piirmõõtmed olla tema nimimõõtmest suuremad (joon. 76, *a*) või väiksemad (joon. 76, *b*). Täpselt samuti võivad ava suurimad ja väikseimad piirmõõtmed olla tema nimimõõtmest suuremad (joon. 77, *a*) või väiksemad (joon. 77, *b*).

Peale loetletud olukordade võllide ja avade piirmõõtmete ja nimimõõtmete vahel võib esineda ka teisi juhuseid.

Joonisel 76 ja 77 on kriips-punktjoonega tähistatud nn. nulljoon, mis vastab võlli või ava nimiläbimõõdule ja on aluseks hälvete arvestamisel nimimõõtmest.

Hälbed. Seoses äsjaöelduga tuleb tingimata üksikasjalikumalt peatuda ülalnimetatud hälbe mõistel.

Erinevust suurima piirmõõtme ja nimimõõtme vahel nimetatakse ülemiseks hälbeks.

Erinevust väikseima piirmõõtme ja nimimõõtme vahel nimetatakse alumiseks hälbeks.

Ülemised ja alumised hälbed võivad olla positiivsed, negatiivsed või võrdsed nulliga.

Et mitte segi ajada positiivseid ja negatiivseid hälbeid, kasutatakse hälbe arvväärtuse ees märki pluss (+), kui hälve on positiivne, ja märki miinus (—), kui hälve on negatiivne.

Töötlemise ebatäpsuse tolerants. Peatume nüüd mõistel, mille täpne mäletamine on vajalik terve tolerantside ja istude kohta käiva materjali omandamiseks.

Töötlemise ebatäpsuse tolerantsiks (või lühidalt tolerantsiks) nimetatakse erinevust suurima ja väikseima piirmõõtme vahel.

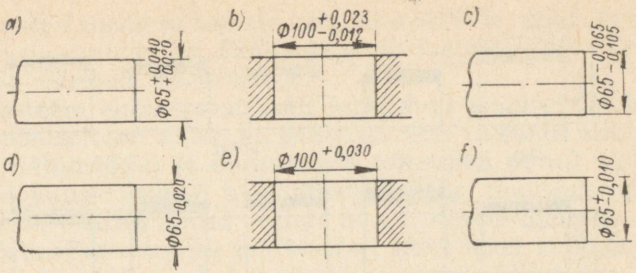
Kui näiteks võlli suurim piirmõõde on 65,040 mm, väikseim aga 65,020 mm, siis võrdub tolerants antud juhul 65,040 — 65,020 = 0,020 mm.

Joonistel 76 ja 77 on töötlemise ebatäpsuse tolerantsid näidatud jämedate joontega, kusjuures nende joonte paksus, mis vastab tolerantsi suurusele, on võetud ülemääraselt suur (võrreldes nimimõõtmega) vaid joonise selguse huvides.

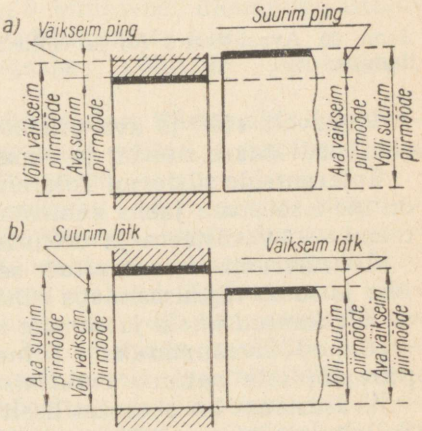
Töötlemise tolerants kõigub tavaliselt mõnest sajandikust mõne tuhandiku millimeetrini.

Hälvete ja tolerantside suurused väljendatakse mitmesugustes istude ja tolerantside tabelites mitte millimeetri osades, nagu seda on tehtud ülaltoodud näites, vaid mikromeetrites. Mikromeeter võrdub 0,001 mm ja tähistatakse lühidalt μm.

Tolerantside tähistamine joonistel hälvete arvsuurustena. Detaili mõõtmete lubatavad hälbed nimimõõtmetest näidatakse joonistel arvuliselt antud mõõtme järel koos vastavate märkidega: positiivsed märgiga (+) ja negatiiv-



Joon. 78. Näiteid tolerantside tähistamisest joonistel hälvete arvväärtustena.



Joon. 79. Pingud (*a*) ja lõtkud (*b*).

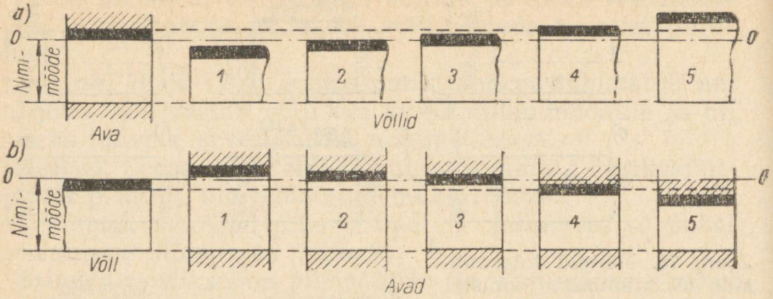
sed märgiga (—). Nulliga võrduvaid hälbeid joonisel ei näidata. Ülemine ja alumine hälve kirjutatakse teineteise alla: ülesse ülemine ja alla alumine hälve. Näiteid hälvete märkimise kohta joonisele on toodud joonisel 78, *a* ... *f*.

Pingud ja lõtkud. Eespool määrasime kindlaks, et istu iseloom oleneb kokkupuutuvate detailide tegelike mõõtmete vahekorrast, või nagu öeldakse — pingu (joon. 79, *a*) või lõtku (joon. 79, *b*) olemasolust antud detailide vahel.

Pinguks nimetatakse ava läbimõõdu ja võlli läbimõõdu negatiivset vahet enne koostamist, mis pärast koostamist annab liikumatu liite.

Vastavalt võlli ja ava piirmõõtmete vastastikusele seosele nimetatakse pingu suurimaks või väikseimaks (joon. 79, *a*).

Lõtkuks nimetatakse ava läbimõõdu ja võlli läbimõõdu positiivset vahet, mis kindlustab nende suhtelise liikumise.



Joon. 80. Avasüsteemi (*a*) ja võllisüsteemi (*b*) skemaatiline kujutamine.

Vastavalt võlli ja ava piirmõõtmete vastastikusele seosele määratakse suurim ja väikseim lõtk (joon. 79, *b*).

Tolerantside süsteem. Tolerantside ja istude standardiga on meie tööstuse jaoks kehtestatud kaks tolerantside süsteemi — avasüsteem ja võllisüsteem.

Avasüsteemi iseloomustab see, et seal jäävad kõikide ühe ja sama täpsusastmega (ühe klassi) istude puhul, mis on üle kantud ühele ja samale nimiläbimõõdule, ava piirmõõtmed muutumatuks. Erinevad istud saadakse võlli piirmõõtmete vastava muutmisega.

Avasüsteem on skemaatiliselt kujutatud joonisel 80, *a*. Sellelt jooniselt on näha, et põhiava ühe ja sama nimimõõtme (läbimõõdu) ja muutumatu tolerantsi puhul võib erinevaid istusid saada võlli piirmõõtmete muutmisega. Tõepoolest — võll *1* läheb isegi kõige suurema piirläbimõõdu puhul vabalt väikseimasse avasse. Ühendades suurima piirläbimõõduga võlli *2* väikseima avaga, saame nulliga võrduva lõtku, kuid kõigi teiste ava ja võlli läbimõõtude puhul saame antud juhul liikuva liite. Võllide *3* ja *4* istud kuuluvad ülemineku-istude gruppi, kuna ava ja võllide *3* ning *4* ühtede tegelike mõõtmete juhul esineb lõtk, teiste puhul aga ping. Võlli *5* läheb avasse igal juhul pinguga, mis alati kindlustab liikumatu liite.

Avasüsteemis tähistatakse põhiava lühendatult tähega *A* erinevalt teisest (mitte põhi-) detailist, mis kuulub liitesse. Nagu eespool märgitud, tähistatakse seda detaili vastavalt istu tähtedega.

Võllisüsteemi iseloomustab see, et seal jäävad kõikide ühe ja sama täpsusastmega (ühe klassi) istude puhul, mis

on üle kantud ühele ja samale nimiläbimõõdule, võlli piirmõõtmed muutumatuks. Erinevad istud saadakse ava piirmõõtmete vastava muutmisega.

Võllisüsteem on skemaatiliselt kujutatud joonisel 80, *b*. Sellelt jooniselt on näha, et põhivõlli ühe ja sama nimimõõtme (läbimõõdu) ja muutumatu tolerantsi puhul võib erinevaid istusid saada ava piirmõõtmete muutmisega. Tõepoolest — liites antud võlliga ava *1*, saame igal juhul liikuva istu. Samasuguse istu saame, kuid koos võimalusega saada ka nulliga võrduv ist, liites antud võlliga ava *2*. Võlli liited avadega *3* ja *4* kuuluvad ülemineku-istude gruppi, avaga *5* aga annavad liikumatu istu.

Võllisüsteemis tähistatakse põhivõll lühendatult tähega *B*.

Ava- ja võllisüsteemi võrdlemine. Süsteemide kasutusalad. Mõlemal süsteemil on omad eelised ja puudused, mis määravad süsteemide kasutusalad.

Avasüsteemi oluliseks eeliseks, võrreldes võllisüsteemiga, on see, et ühe nimimõõtmega, kuid erinevate piirläbimõõtudega võlle võib töödelda ühe lõikeriistaga (lõiketeraga või lihvkettaga), samal ajal kui täpsete avade töötlemiseks samades tingimustes on vaja samapalju lõikeriistu, kuipalju on avasid. Nii on avade ja võllide töötlemiseks 12 istu puhul avasüsteemis iga nimiläbimõõdu jaoks vaja näiteks ühte hõõritsat ja lõiketera või lihvketast, samade detailide töötlemiseks võllisüsteemis on aga vaja ühte lõiketera või lihvketast ja 12 hõõritsat.

Avasüsteemil, võrreldes võllisüsteemiga, on veel teisi eeliseid, kuid sellest hoolimata kasutatakse viimast reas masinaehituse harudes, ehkki tunduvalt harvemini kui avasüsteemi.

Nii näiteks kasutatakse võllisüsteemi mõnede tekstiilmasinate valmistamisel. Tekstiilmasinate üheks põhidetailiks on tavaliselt pikk sile võll ühesuguse nimiläbimõõduga terves pikkuses, millele erinevate istudega asetatakse mitmesuguseid rihmarattaid, sidureid, hammasrattaid jne. Avasüsteemi kasutamisel peaksid need võllid olema astmelised, mis muudab nende valmistamise keerukamaks.

Täpsusklassid. Meie masinaehituses kasutatakse järgmisi täpsusklasse: 1., 2., 2a., 3., 3a, 4., 5., 7., 8., 9.; 6. klass puudub.

1. klass on kõige täpsem. Teda kasutatakse suhteliselt harva, kuna detailide töötlemine selle klassi järgi maksab

väga palju. 1. klassi kasutatakse mõnikord täppismasinaehituses, kui on nõutav detailide täielik vahetatavus ja väga rangelt määratud ist, näiteks kuullaagrite detailide valmistamisel.

2. täpsusklass on palju rohkem levinenud ja teda kasutatakse peamiselt täppismasina- ja aparaadiehituses, tööpingi- ja mootoriehituses, osaliselt tekstiilmasinate valmistamisel jne. See klass on meie masinaehituses põhiline.

3. täpsusklassi kasutatakse neil juhtudel, kui istu määramise kohta esitatavad nõuded ei ole nii suured kui 2. klassi puhul, kuid peab olema tagatud iga istu nõutav iseloom.

4. täpsusklassi kasutatakse detailide puhul, millede vahel on lubatavad suhteliselt suured lõtkud või pingud ja mis valmistatakse suurte tolerantsidega.

5. täpsusklass on määratud istudele, mille puhul istu iseloomu määratusele ei esitata kõrgeid nõudeid. Peale selle on 5. klass määratud vabadele mõõtmetele, s. o. niisugustele, mis kuuluvad masinadetailide mittekokkupuutuvatele pindadele.

7., 8. ja 9. täpsusklassi kasutatakse peamiselt vabadele mõõtmetele, aga samuti stantsitud, valatud jne. toorikute juures.

Üksikutel juhtudel kasutatakse meie tööstuses (peamiselt auto- ja traktoriehituses) klassi 2a — 2. ja 3. klassi vahepealset, ja samuti klassi 3a — 3. ja 4. klassi vahepealset. Need klassid on lülitatud tolerantside süsteemi hiljem ja kannavad seetõttu selliseid tähistusi.

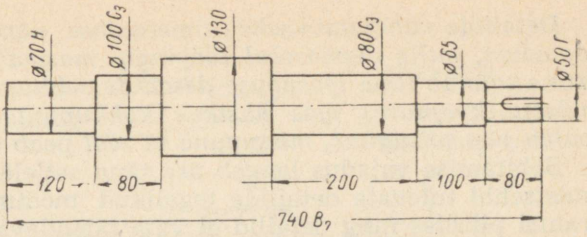
Masinaehituses kasutatavaid täpsusklasse tähistatakse nii:

1. klassi tähistatakse arvuga 1,
2. klassil tähistust ei ole,
2a klassi tähistatakse 2a,
3. klassi tähistatakse arvuga 3,
3a klassi tähistatakse 3a,
4. klassi tähistatakse arvuga 4 jne.

Need tähised kirjutatakse paremale, veidi madalamale süsteemi põhidetaili lühendatud tähisest.

Nii näiteks tähistab A_5 5. täpsusklassi põhiava, B_7 — 7. täpsusklassi põhivõlli, C_3 — 3. täpsusklassi liug-istu, Γ_1 — 1. täpsusklassi umb-istu jne.

2. täpsusklassi kui põhilist tähistatakse ainult istu märgiga, aga täpsusklassi tähistavat arvu ei lisata. Nii näiteks



Joon. 81. Võlli joonis koos seal märgitud istudega.

tähistavad tähed A ja B 2. täpsusklassi põhiava ja põhivõlli, täht III tähistab 2. täpsusklassi vabakäigu istu, täht C sama klassi liug-istu jne.

Istude ja täpsusklasside lühendatud tähised asetatakse joonistel kohe selle arvu järele, mis märgib selle tähise juurde kuuluvat mõõdet.

Istud erinevates täpsusklassides. 2. täpsusklass on põhiline ja selles kasutatakse kõiki leheküljel 112 loetletud iste, välja arvatud 3., 2. ja 1. press-ist (Пр3, Пр2, Пр1).

Nende istude lühendatud tähised on näidatud samas.

1., 3. ja teistes täpsusklassides kasutatakse tunduvalt vähem iste, kui teises.

1. täpsusklassis kasutatakse järgmisi üheksat istu: 2. press-istu ($Пр2_1$), 1. press-istu ($Пр1_1$), umb-istu ($Г_1$), kinnis-istu ($Т_1$), ping-istu ($Н_1$), tihe-istu ($П_1$), liug-istu ($С_1$), liike-istu ($Д_1$) ja käigu-istu ($Х_1$).

3. täpsusklassis on kuus istu: 3. press-ist ($Пр3_3$), 2. press-ist ($Пр2_3$), 1. press-ist ($Пр1_3$), liug-ist ($С_3$), käigu-ist ($Х_3$) ja vabakäigu-ist ($Ш_3$).

4. täpsusklassis on neli istu: liug-ist ($С_4$) käigu-ist ($Х_4$), kergekäigu-ist ($Л_4$) ja vabakäigu-ist ($Ш_4$).

5. täpsusklassis on ainult kaks istu — liug-ist ($С_5$) ja käigu-ist ($Х_5$).

7., 8. ja 9. täpsusklassidel istusid ei ole.

Istude lühendatud tähised on antud nende nimetuste järel sulgudes.

Näide võlli joonisest koos mõnede tema pindade istudega on toodud joonisel 81.

Ettemääratud piirmõõtmetega detailide töötlemise praktiline tähtsus. Detailide töötlemine niisugustes tingimustes tagab nende vahetatavuse.

Detailide vahetatavuseks nimetatakse nende niisugust omadust, mille olemasolul tööpingi, masina jne. koostamine toimub ilma igasuguse detailide sobitamise või valimiseta, kusjuures igas üksikus kokkupuutes nõutav ist tuleb just niisugune, missugune ta seal peab olema.

Sobitamise vajadus langeb ära tänu sellele, et koostamistsehhi tulevate detailide tegelikud mõõtmed on tolerantsi piirides ning detailid ei vaja täiendavat töötlemist. Istu vajalik iseloom tagatakse sel teel, et kokkupuutuvate detailide tegelike mõõtmete hälbed nimimõõtmetest, mis määravad istu iseloomu, tagatakse antud detaili töötleva töölise (või tööliste) poolt sellisena, nagu nad on määratud ja detaili joonisel näidatud seda masinat projekteerinud konstruktori poolt.

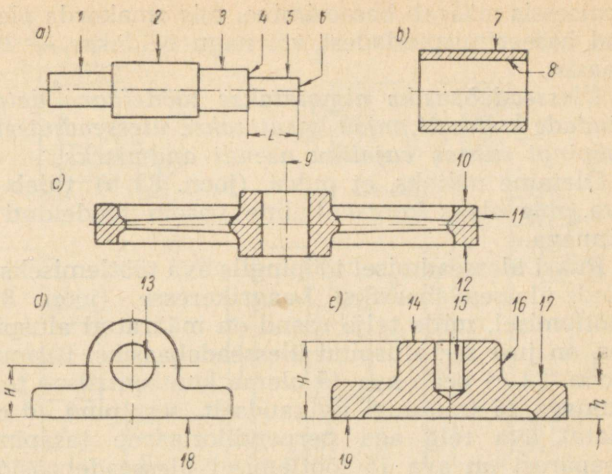
Detailide vahetatavuse eeliseid näeme pidevalt. Igaühele on teada, et jalgratta mistahes detaili võib uue vastu vahetada igasuguse sobitamiseta, igasugust elektripirni võib keerata mistahes pesasse jne. Kõik põllumajandusmasinad, alates adrast ja lõpetades traktori ja kombainiga, koosnevad vahetatavatest detailidest, kuna ainult sellisel tingimusel on võimalik vahetada masina purunenud või kulunud detaili isegi välitingimustes ilma sobitamata.

4. ÜLDTEADMISI BAASIDEST JA DETAILIDE BASEERIMISEST TREIPINKIDEL

Eelmärkmeid. Detailide töötlemisel treipinkidel on peale töödeldud pindade nõutava kuju, mõõtmete ja kareduse enamikel juhtudel vaja tagada veel nende pindade vajalik asend detaili varem töödeldud või töötlemata pindade suhtes.

Näiteks peavad võlli (joon. 82, *a*) astmete *1*, *2*, *3* ja *5* pindade mõõtmed vastama joonisele, peale selle peab nendel astmetel olema ühine telg, s. o. nad peavad olema kontsentrilised. Puksi (joon. 82, *b*) töötlemisel tuleb tingimata tagada mitte ainult tema välimise pinna *7* ja ava *8* mõõtmed, vaid ka nende pindade telgede ühtelangemine, s. o. nende kontsentrilisus.

Hammasratta töötlemisel (joon. 82, *c*) nõutakse peale samasuguse kontsentrilisuse (pind *11* ja ava *9*) veel tavaliselt otspindade *10* ja *12* perpendikulaarsust ava *9* teljega. Laagrikere (joon. 82, *d*) juures ei ole vajalik ainult ava *13*



Joon. 82. Detailid kokkupuutuvate pindadega: astmeline võll (*a*) puks (*b*), hammasratas (*c*), laagrikere (*d*), rismuse alus (*e*).

kvaliteetne töötlemine, vaid ka tema telje õige asend alustasapinna *18* suhtes (ava telg peab olema paralleelne alustasapinnaga ja asuma sellest määratud kaugusel *H*).

Rismuse aluse (joon. 82, *e*) tasapinna *19* töötlemisel ei tule tagada mitte ainult nõutavat siledust, vaid ka selle pinna paralleelsust töötlemata pinnaga *17*, samuti pidada kinni mõõtmetest *h*. Selle detaili edasisel töötlemisel tuleb enamasti tagada otspinna *14* paralleelsus aluspinnaga *19* ja kinni pidada mõõtmest *H* nende vahel, samuti tuleb tagada ava *15* telje ja tasapinna *19* perpendikulaarsus.

Detailide üksikute pindade nõutav kuju, mõõtmete täpsus ja pinnakaredus tagatakse põhiliselt nende pindade töötlemise õige mooduse valikuga ja selle läbiviimisega. Pindade vajalik vastastikune asend, samuti nende asend detaili varem töödeldud või töötlemata pindade suhtes tagatakse peamiselt detaili tööpinki ülesseadmise ja kinnitamise moodusega.

Ülesseadebaas. Antud ülesseadega töödeldava detaili pindade õige asend nende pindade suhtes, mis on töödeldud teiste ülesseadetega (või ei ole üldse töödeldud), tagatakse detailile tööpingi suhtes määratud asendi andmisega tema ülesseadmisel. Detaili sellise asendi ülesseadmise

protsessis määrab baseerimine, mis omakorda oleneb valitud baseerimispindadest või nagu öeldakse — ülesseadebaasist.

Ülesseadebaasiks nimetatakse töödeldava detaili baaspindade kogumit, mida kasutatakse ülesseadmisel detailile tööpingi suhtes vajaliku asendi andmiseks.

Oletame näiteks, et puksi (joon. 82, *b*) tuleb töödelda ava, mis oleks kontsentriline varem töödeldud välimise pinnaga.

Puksi ülesseadmisel tööpingile ava töötlemiseks on välispind ülesseadebaasiks. Laagrikeresse (joon. 82, *d*) ava töötlemisel, mille telje asend on määratud aluspinna suhtes, on just see aluspind ülesseadebaasiks. Rismuse aluses (joon. 82, *c*) peab ava *15* olema kontsentriline tema välispinnaga *16* (muidugi ligikaudselt, sest pind *16* on töötlemata), ava telg aga perpendikulaarne tasapinnaga *19*. Seepärast on ava *15* töötlemisel ülesseadebaasideks pind *16* ja tasapind *19*.

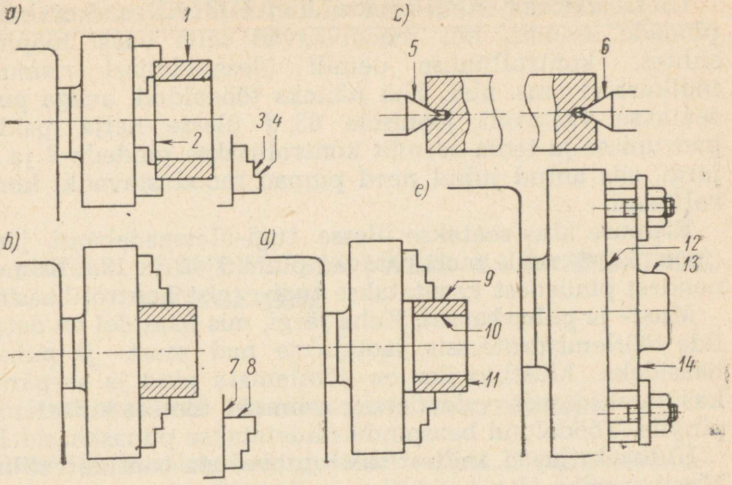
Mõõtebaas. *Mõõtebaasiks nimetatakse pinda või pindade kogumit, millest lähtudes detaili töötlemisel vahetult mõõdetakse.* Kui näiteks töödeldakse astmelist võlli (joon. 82, *a*), mille parem otspind on lõigatud, parempoolse kaela pikkus on aga antud mõõtmega *L*, siis astme *4* töötlemisel on mõõtebaasiks otspind *6*. Ava töötlemisel laagrikeresse (joon. 82, *d*) on mõõtebaasiks pind *18*.

Mõningad täiendavad määrangud. Detailide igakordsel ülesseadmisel treipinki eristatakse järgmisi pindade gruppe.

1. Kinnitusrakise ülesseadepinnad, milledega puutuvad kokku detaili baaspinnad. Kui näiteks puksi (joon. 83, *a*) baaspinnaks on tema välimine pind *1* ja otspind *2* ning kui detail seatakse ülesse vastavalt joonisele 83, *a*, siis on padruni ülesseadepindadeks pakkide pinnad *3* ja *4*; kui aga detail seatakse ülesse vastavalt joonisele 83, *b*, on ülesseadepindadeks pakkide pinnad *8* ja padruni otspind 7.

Võlli kinnitamisel tsentritele (joon. 83, *c*) on viimaste ülesseadepindadeks pinnad 5 ja *6*.

2. Detaili tugipinnad, millega ta puutub kokku rakise ülesseadepindadega. Tugipindadeks on mõnikord baaspinnad (joon. 83, *a*), teinekord aga ka mitte. Kui puks (joon. 83, *d*) baseeritakse ava *10* abil (rihtimise teel), kinnitatakse aga vastavalt joonisele 83, *d*, siis on baaspinnaks pind *10*, tugipinnaks pind *9*.



Joon. 83. Rakiste pinnad ja töödeldav detail.

3. Kinnituspinnad, millele avaldavad survet pakid, suruliistud või kinnitusrakiste mingisugused uued detailid.

Tugi- ja kinnituspinnad mõnel juhul ühtuvad, näiteks puksi ülesseadmisel vastavalt joonisele 83, *d*. Ava töötlemisel rismuse alusesse võib viimase kinnitada plaanseibile haaratsitega (joon. 83, *e*). Sel juhul on tegemist tugipinnaga *12*, mis on üheaegselt nii baas- kui ka kinnituspinnaks *14*.

Kui puks baseerida välimise pinna järgi, kinnitada aga vastavalt joonisele 83, *a*, on pind *1* üheaegselt baas-, tugi- ja kinnituspinnaks.

4. Töödeldavad pinnad, milliseid detaili antud ülesseade puhul töödeldakse.

Detaili ühtede ja samade pindade tähendus võib ülesseade vahetamisel muutuda. Esimese ülesseadega töödeldavad pinnad võivad teisel ülesseadel muutuda tugipindadeks jne.

Tugi- ja kontrollbaasid. Vastavalt ülesseadebaasi kasutamisele võib ta olla tugi- või kontrollbaasiks. Ülesseadebaasi nimetatakse tugibaasiks, kui kõik tema baaspinnad on ka tugipinnad. Näide tugi-ülesseadebaasi kasutamisest on toodud joonisel 83, *a*.

Ülesseadebaasi nimetatakse kontrollbaasiks, kui baaspindade asendit, mis moodustavad selle baasi tööpingi suhtes, kontrollitakse detaili ülesseadmisel rismuse, indikaatori vms. abil. Kui näiteks töödeldud avaga puks seatakse vastavalt joonisele 83, *d* ülesse nelja pakiga padrunisse ja tema asendit kontrollitakse pindade *9* ja *11* järgi, siis antud juhul need pinnad moodustavadki kontrollbaasi.

Rismuse alus seatakse ülesse tugi-ülesseadebaasi järgi (joon. 83, *e*), mille moodustavad pinnad *12* ja *13*. Esimest nendest pindadest kasutatakse tugi-, teist kontrollbaasina.

Must- ja puhasbaasid. Koha järgi, mis baasidel on detailide töötlemisprotsessis, jaotatakse nad must- ja puhasbaasideks. Mustbaasiks on töötlemata pind ja seepärast kasutatakse teda vaid detaili esimesel ülesseadmisel tööpingile. Töödeldud baaspindu nimetatakse puhasbaasideks.

Üldkaalutlused, millest tuleb juhinduda baaside valikul. Mustbaaspinnad peavad olema võimalikult suurte mõõtmetega, kuna sel juhul mõjustavad kohalikud kujuhälbed vähem detaili asendit. Tuleb hoiduda kasutamast mustbaasidena valandite neid pindu, kus asusid vahepead, valukanalid või muud kõrgemale ulatuvad osad, näiteks vormipoolte eralduspind. Musttugibaasid peavad olema sellised, et kinnitatud detaili asend oleks püsiv. Kui detaili mingit pinda üldse ei töödelda, tuleb just see pind valida mustbaasiks.

Tugi-ülesseadebaaside kasutamisel langeb ära keeruline, vastutusrikas ja sageli väga pikaajaline töö — detaili asendi kontrollimine tööpingil. Järelikult tuleb selliseid baase, võrreldes kontrollbaasidega, eelistada. Paraku ei ole see alati võimalik. Nii näiteks võib isetsentreerivasse padrunisse tugibaaside *1* ja *2* järgi üles seatud puksi (joon. 83, *a*) ava töötlemisel jääda selle pind osaliselt töötlemata. See võib juhtuda siis, kui ebakvaliteetse valu tõttu on töötlemata ava telg tunduvalt nihkunud välispinna suhtes. Sellisel juhul õnnestub sageli valmistada kõlblikku detaili, rihtides tooriku asendit treipingil nii, et täielikult saaksid töödeldud nii sise- kui ka välispind.

Üleminek ühelt baasilt teisele detailide töötlemise protsessis toob erinevate baasidega töödeldud pindade vastastikuse asendi osas alati kaasa täiendavaid vigu. Seetõttu võib ühelt baasilt teisele üle minna vaid küllaldaselt põhjendatud põhjuste olemasolul.

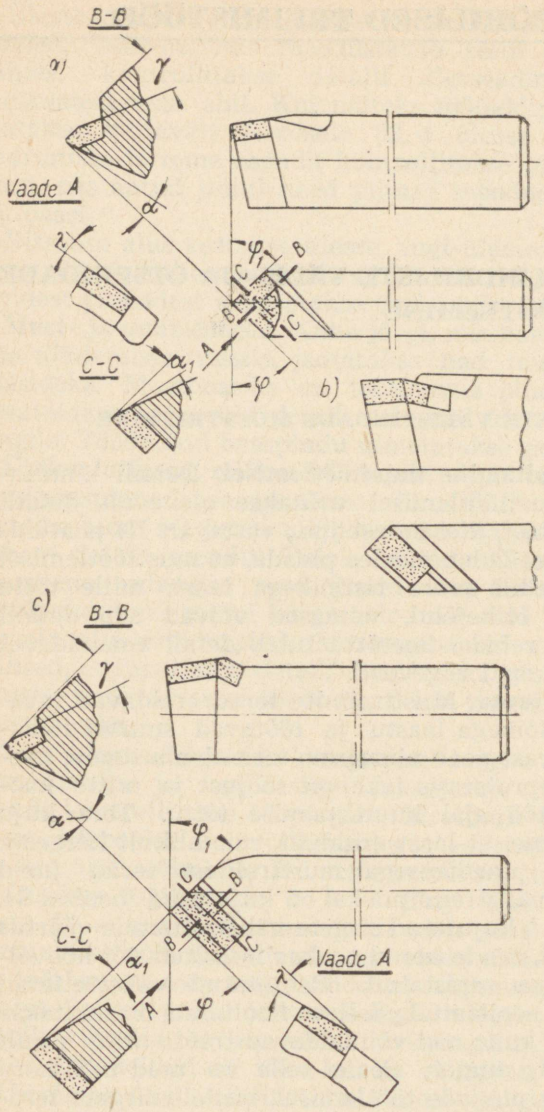
I peatükk. SILINDRILISTE VÄLIS- JA OTSPINDADE TÖÖTLEMINE

1. SILINDRILISTE VÄLISPINDADE MUSTTREIMINE

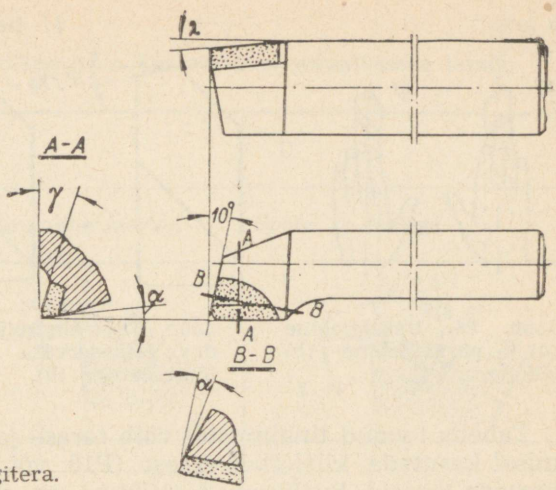
Detailide kinnitamine musttöötlemisel. Detaili kinnitamise moodus musttöötlemisel valitakse olenevalt detaili kujust, mõõtmetest, ülesandest jne., vastavalt III peatükis toodud reeglitele. Tuleb meeles pidada, et musttöötlemisel eraldatakse detaililt suure ristlõikega laast, mille tõttu tekivad suured lõikejõud, viimased võivad aga detaili padrunist välja rebida. Seetõttu tuleb detail vaadeldaval juhul kinnitada eriti tugevasti.

Musttreimise terad. Musttreimise terad eraldavad tavaliselt suure ristlõikega laastu ja töötavad suurtel lõikekiirustel. Seepärast peab niisugune tera olema tugev, neelama hästi lõikeprotsessis tekkivat soojust ja mitte kaotama kõvadust töö ajal kuumenemise tõttu. Tera kuju peab olema selline, et laast eralduks võimalikult kergesti.

Kõvasulamist plaadikesega musttreimise terad (neid nimetatakse ka välistreiteradeks) on kujutatud joonisel 84. Joonisel 84, *a* ja *b* kujutatud sirgete välistreiterade väärtus seisneb selles, et nende kered on kas freesitud või höövelda tud, mitte aga sepistatud. Painutatud välistreiterad (joon. 84, *c*) on sepistatud. Sellest hoolimata kasutatakse neid laialdaselt, kuna nad võimaldavad treida mitte ainult piki-, vaid ka ristsuunas. Peale selle on neid mõnikord mugav kasutada pindade töötlemisel, millele sirgete teradega on raske ligi pääseda. Joonisel 85 esitatud välistugiterad on eriti sobivad väikeste astmetega detailide töötlemiseks, kusjuures astmed moodustatakse sama tera poolt. Nende terade peanurk plaanis on 90°, mis soodustab



Joon. 84. Välistreiterad: sirged (*a*, *b*) ja painutatud (*c*).



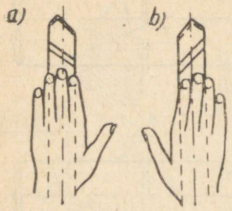
Joon. 85. Välistugitera.

vibratsioonide vähenemist lõikeprotsessis. Seetõttu kasutatakse selliseid terasid edukalt väikese jäikusega detailide töötlemisel.

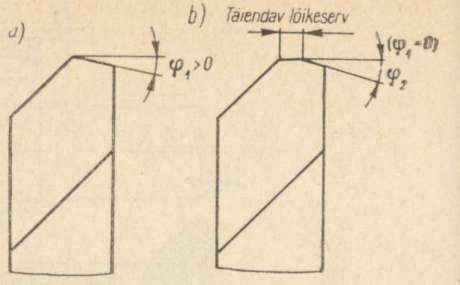
Kiirlõiketerasest plaadikestega terad on oma kuju poolest täiesti sarnased samaks otstarbeks määratud kõvasulamist plaadikestega teradega, erinevad neist aga ainult nurkade ja pea teiste elementide suuruste poolest.

Parem- ja vasakpoolsed terad. Ettenihke suuna alusel, millega välistreiterad töötavad, jagatakse nad parem- ja vasakpoolseteks. Parempoolseteks nimetatakse niisuguseid terasid, milledele parema käe peopesa asetamisel selliselt, et sõrmed on suunatud tera tipu poole, jääb pealõikeserv pöidla suunas (joon. 86, *b*). Treipinkidel töötavad need terad ettenihkega paremalt vasakule, s. o. tagumise tsenterpuki poolt spindli poole. Vasakpoolseteks nimetatakse niisuguseid terasid, milledele vasaku käe asetamisel ülalkirjeldatud viisil pealõikeserv jääb samuti pöidla poole (joon. 86, *a*).

Välistreiterade materjalid. Teras- ja malmdetailide töötlemiseks kasutatavad treiterad valmistatakse kõvasulamist või kiirlõiketerasest plaadikestega. Kõvasulamite margid, mida kasutatakse terase või malmi töötlemiseks mitmesugustes tingimustes, on esitatud tabelis 5.



Joon. 86. Vasakpoolne (*a*) ja parempoolne (*b*) lõiketera.



Joon. 87. Välistreiterad ilma täiendava lõikeservata (*a*) ja täiendava lõikeservaga (*b*).

Tabelis toodud tingimustel võib terase ja malmi töötlemisel kasutada kiirlõiketerasest (P18 või teised) plaadikestega terasid, kusjuures tootlikkus on väiksem, sageli tunduvalt.

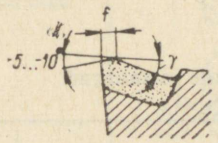
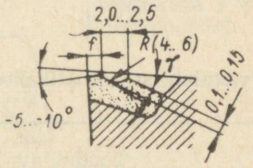
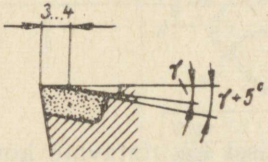
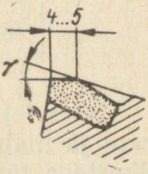
Kõvasulamist plaadikesega terade peade elemendid ja nurgad. Kõvasulamist plaadikestega terade peadel võib olla kaks erinevat kuju — ilma täiendava lõikeservata (joon. 87, *a*) ja täiendava lõikeservaga (joon. 87, *b*). Viima-

Tabel 5

Kõvasulamite margid terase ja malmi musttöötlemiseks

Lõiketingimused	Töödeldav material	
	Süsinikteras ja legeeritud teras	Malm kõvadusega kuni HB = 240
Tagiga ja koorikuga kaetud sepiste ja valandite töötlemine lõigendi ebaühtlase ristlõike puhul ja töötamisel löökidega	T5K10 T5K12B BK8 BK8B	BK8 BK8B BK6 BK4
Koorikuga kaetud detailide töötlemine lõigendi ebaühtlase ristlõike puhul ja pideval lõikamisel	T14K18 T5K10	BK4 BK6 BK8
Koorikuga kaetud detailide töötlemine lõigendi suhteliselt ühtlase ristlõike puhul ja pideval lõikamisel	T15K6 T14K8	BK4 BK6 BK8

Ilma täiendava lõikeservata kõvasulamist plaadikesega terade esitahu kuju ($\varphi_1 > 0$)

Kuju nr.,	I	II
Nimetus	Tasapinnaline faasiga	Soone ja faasiga
Eskiis		
Kuju nr.	III	IV
Nimetus	Tasapinnaline	Tasapinnaline negatiivse esinurgaga
Eskiis		

seid kasutatakse poolpuhtal töötlemisel. Kõvasulamist plaadikesega tera esitahu kuju valitakse vastavalt töödeldavale materjalile, töötlemise iseloomule ja mõnedele teistele tingimustele.

Ilma täiendava lõikeservata kõvasulamist plaadikesega terade esitahkude kujud, nurgad ja teised elemendid on toodud tabelis 6.

I kujuga esitahku kasutatakse terase töötlemisel igat tüüpi teradega.

II kujuga esitahk tehakse teradele, mida kasutatakse terasdetailide välis- ja sisetreimisel. Ümarsoon tagab laastu keerdumise spiraali. Faasi laius f I ja II kuju puhul on 0,4 . . . 1,2 mm.

III kujuga esitahk tehakse teradele, mida kasutatakse malmi töötlemisel etteni hetega kuni 0,5 mm/pöördele.

Terasid esitahu IV kujuga kasutatakse terase musttöötlemisel, mille σ_b on üle 100 kG/mm^2, mittemetallilisi lisandeid sisaldava terasvalu töötlemisel ja kui treimisel esinevad löögid.

Kõvasulamist plaadikestega terade esinurga suurus valitakse vastavalt töödeldavale materjalile ja esitahu kujule. Esinurga suurused on toodud tabelis 7.

Tabel 7

Kõvasulamist plaadikestega terade esinurgad

Töödeldav materjal		Esinurk γ
Teras ja terasvalu	$\sigma_b < 80$ kG/mm^2	12 . . . 15
	$\sigma_b > 80$ kG/mm^2	10
	$\sigma_b > 100$ kG/mm^2, esineb mittemetalliliste lisanditega koorik ja töötlemisel löögid	—10
Malm	Hall	5

Terase ja malmi töötlemisel kasutatavate kõvasulamist plaadikestega terade taganurga α suuruseks võetakse 8°.

Süsteemi tööpink-detail-tööriist väikese jäikuse korral valitakse kõvasulamist plaadikesega lõiketera peanurga plaanis suuruseks 90°. Kui nimetatud süsteemi jäikus töötlemisel on ebapiisav, peab peanurk plaanis olema 60 . . . 75°. Süsteemi küllaldase jäikuse puhul võetakse peanurga plaanis suuruseks 45°.

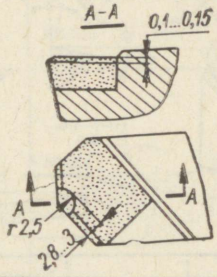
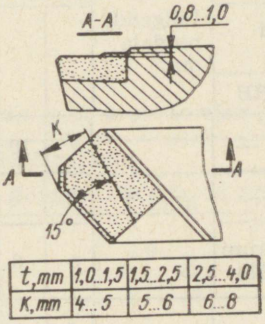
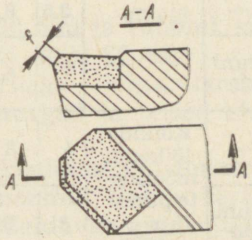
Abinurga plaanis φ_1 väärtuseks võetakse musttöötlemisel 10 . . . 20°, mõnikord ka rohkem.

Pealõikeserva kaldenurga λ suuruseks võetakse 0°, kui nurk $\varphi = 90°$. Kui peanurk plaanis on alla 90°, valitakse pealõikeserva kaldenurga suuruseks terase töötlemisel 0 . . . 5°, malmi töötlemisel 10°. Kui treimisel esinevad löögid, võetakse λ suuruseks 12 . . . 15°.

Tera tipp ümardatakse raadiusega 0,5 . . . 1,5 mm. Raadiuse väiksemaid väärtusi kasutatakse lõiketera väiksema

Tabel 8

Täiendava lõikeservaga kõvasulamist plaadikesega lõiketera esitahu kuju ($\varphi_1 = 0$)

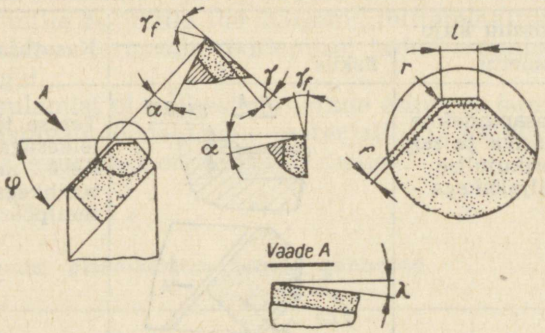
Nr.	Esitahu kuju		Kasutusala
	Nimetus	Eskiis	
I	Tasapinnaline faasiga ja sektorikujulise väljalõikega		Terase töötlemisel lõikesügavusega $t \geqslant 0{,}7$ mm ja ettenihkega $s \geqslant 0{,}7$ mm/pöördele
II	Tasapinnaline faasi ja astmega	 t, mm: 1,0...1,5 | 1,5...2,5 | 2,5...4,0 K, mm: 4...5 | 5...6 | 6...8	Terase töötlemisel ettenihkega $s \leqslant 0{,}5$ mm/pöördele
III	Tasapinnaline faasiga		Terase ja malmi töötlemisel

Märkused.

1. I ja II kujuga esitahkude puhul täiendavaid seadiseid laastude eemalejuhtimiseks ei ole vaja. III kuju puhul on sellised seadised hädavajalikud.
2. Väljalõige I kuju juures töödeltakse elektrisädemeetodil.
3. II kujuga esitahku kasutatakse siis, kui puuduvad seadmed elektrisädemega töötlemiseks.

Tabel 9

Täiendava lõikeservaga kõvasulamist plaadikesega lõiketerade nurgad ja teised elemendid ($\varphi_1 = 0$)



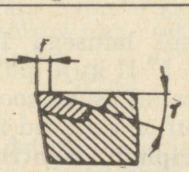
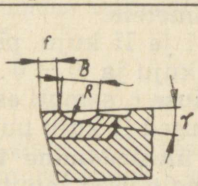
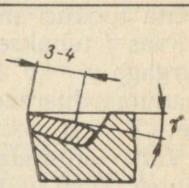
Töödeldav materjal			Lõigendi pindala mm²	Nurgad kraadides				Täiendava lõikeserva pikkus mm (s — ettenihe mm/pöördele)
Nimetus	Mehaanilised omadused							
	σ_b kG/mm²	HB						
Teras	kuni 70	—	kuni 7	7	10	45	—7	(1,2 . . . 1,8)s
	üle 70	—		3,5	8	45	—3,5	
Malm		kuni 220		5	8	45	—5	
Teras	kuni 70	—	üle 70	5	8	45	0	1,2s
	üle 70	—		3,5	6	45	+3,5	
Malm		kuni 220		7	6	45	0	
Teras	—	—	Kõikide lõikendi mõõtmete puhul (kui φ = = 90°)	5	8	90	0	(1,2 . . . 1,8)s
Malm	—	kuni 220		3	8	90	0	

Märkused.

1. Faas laiusega $f = 0{,}5$ mm ja nurgaga $\gamma_f = -5°$ tehakse ainult terase töötlemiseks määratud teradele.
2. Väikese jäikusega süsteemi puhul $r = 1 . . 1{,}5$ mm, jäiga süsteemi puhul suurendatakse r kuni 3 millimeetrini.
3. Mida suuremaid nõudeid esitatakse töödeldud pinna siledusele, seda suurem peab olema täiendava lõikeserva pikkus.

Tabel 10

Kiirlõiketerasest plaadikesega lõiketerade esitahu kuju

Kuju nr.	I	II	III
Nimetus	Tasapinnaline faasiga	Faasi ja soonega	Tasapinnaline
Eskiis			

Tabel 11

Tera tipu ümardusraadiuse ja tera soone elementide väärtused

Kujuelement	Tera ristlõige, mm		
	16×25; 20×20	20×30; 25×25	25×40; 30×30
r	1,5	2,0	2,0
R	26 ... 30	31 ... 40	41 ... 50
B	7 ... 8	9 ... 10	11 ... 13

ristlõike puhul (12 × 20 mm ja vähem), suuremaid teradel ristlõikega 25 × 40 või 30 × 30 mm.

Täiendava lõikeservaga kõvasulamist plaadikesega terade esitahu kuju, nurgad ja teised elemendid tuuakse tabelites 8 ja 9.

Kiirlõiketerasest plaadikesega terade esitahu kuju, nurgad ja teised elemendid. Nende terade esitahu kuju valitakse vastavalt töödeldavale materjalile, ettenihkele ja mõnedele teistele teguritele tabeli 10 järgi kooskõlas allpool toodud üldkaalutlustega.

I kujuga esitahk tehakse teradele, mida kasutatakse teraste töötlemiseks. Laastupurustaja on nõutav.

II kujuga esitahk tehakse teradele, millega töödeldakse samuti terast. Soon tagab laastu keerdumise.

III kujuga esitahk peab olema teradel, millega töödeldakse malmi ja vasesulameid.

Vaadeldavate terade esinurk, mida kasutatakse teraste töötlemiseks, võetakse 20 ... 25°, taganurk — 6°. Vasesulamite töötlemisel võetakse esinurk 12°, taganurk 8°. Pea- ja abinurga plaanis, aga samuti pealõikeserva kaldenurga väärtused võib kiirlõiketerasest plaadikesega teradele valida vastavalt kõvasulamist plaadikesega terade kohta toodud andmetele.

Faas *f* tehakse I ja II kuju puhul laiusega 1 mm ja nurgaga $\gamma_f = 0°$ I kuju ja $\gamma_f = 0 \ldots 5°$ II kuju puhul. Tera tipu ümardusraadiuse *r*, samuti esitahul asuva soone mõõtmete *R* ja *B* väärtused II kuju puhul on esitatud tabelis 11.

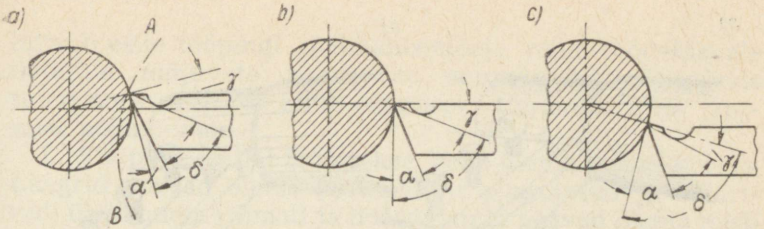
Välistreiterade ülesseadmine treipingi tsentrite joone suhtes. Tera töötingimused muutuvad vastavalt tema tipu asendile treipingi tsentrite joone suhtes.

Joonisel 88, *b* on tera üles seatud nii, et tema tipp asetseb treipingi tsentrite kõrgusel. Taganurgaks on sel juhul α, esinurgaks γ ja lõikenurgaks δ.

Sama tera ülesseadmisel tsentrite joonest kõrgemale (joon. 88, *a*) nurk γ suureneb, aga lõikenurk δ väheneb. Lõikamise tingimused kergenevad, kuna laast liigub paremini mööda esipinda kui väiksema esinurga ja järelikult suurema lõikenurga puhul. Kuid samaaegselt väheneb taganurk α, mis on lubatud ainult teatud piirini tera tagatahu ja töödeldava pinna (lõikepinna) vahelise tugeva hõõrdumise vältimiseks. Kui sama tera seada üles treipingi tsentrite joonest madalamale (joon. 88, *c*), siis esinurk γ vastupidi väheneb ja lõikenurk δ suureneb. Selle tulemusena lõiketingimused halvenevad tunduvalt, võrreldes esimese kahe juhusega. Taganurga α suurenemine, mis toimub tera ülesseadmisel tsentrist madalamal, ei paranda laastu eraldamise protsessi. Öeldust tuleneb üldreegel, mis seisneb järgnevas.

Välispindade musttreimisel, kui kõige tähtsam on laastude kerge eraldamine, tuleb treitera seada üles tingimata kas treipingi tsentrite joone kõrgusele või sellest natuke kõrgemale, mitte aga madalamale.

Seda reeglit ei tule täita väga kõvade materjalide musttreimisel. Sel juhul on laastude surve terale väga suur ja lõiketera paindub alla, kusjuures tema tipp liigub mööda kaart *AB* (joon. 88, *a*). Kui tera on sealjuures üles seatud nii, et tema tipp asub kõrgemal treipingi tsentrite joonest,



Joon. 88. Tera nurkade muutumine vastavalt tema tipu asendile tööpingi tsentrite joone suhtes.

tungib ta detaili materjali sisse. Selle vältimatuks tulemuseks on tera lõikeserva murenemine, aga mõnikord ka murdumine. Kui tera on üles seatud tsentrite joone kõrgusele, eriti aga sellest madalamale, paindub tera küll laastude survest, kuid tema tipp ei tungi materjali sisse, vaid vastupidi eemaldub sellest.

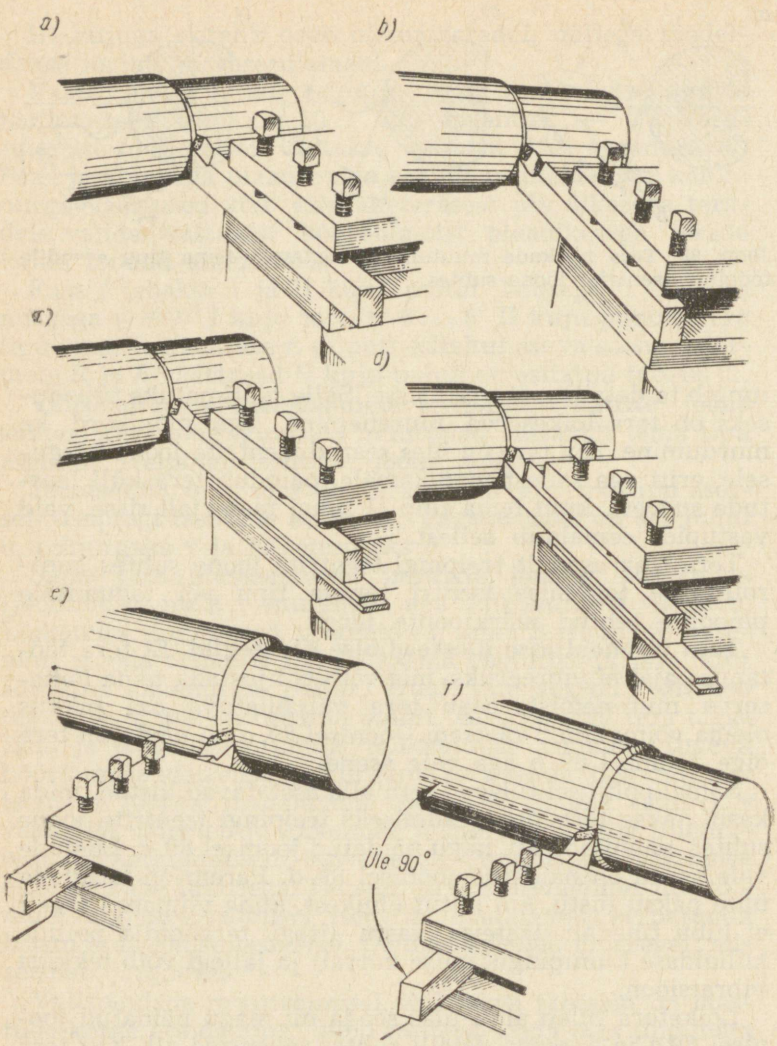
Tera tipu asendit treipingi tsentrite joone suhtes kontrollitakse tagumise tsentri terava tipu või tagumisele pinoolile tehtud märkjoonte järgi.

Tera terahoidjasse ülesseadmise üldreeglid. Et tera töötamise ajal ei vibreeruks, mis võib põhjustada tema lõikeserva murenemist, peab tera väljaulatuva osa pikkus olema võimalikult väiksem. Joonisel 89, *a* on näidatud tera õige, joonisel 89, *b* aga vale asend.

Samal põhjusel tulevad tera alla asetatavad liistud, mida kasutatakse tera tipu seadmiseks treipingi tsentrite joone suhtes, paigutada nii, nagu näidatud joonisel 89, *c*. Liistude vale asend on näidatud joonisel 89, *d*. Parem on kasutada ühte paksu liistu, kui mitut õhukest, kuna viimased sageli ei liibu tihedalt üksteise vastu (isegi terahoidja poltide küllaldase kinnipingutamise korral) ja jällegi võib tekkida vibratsioon.

Lõiketera tuleb alati üles seada nii, nagu näidatud joonisel 89 *a* ja *e*, seega detaili suhtes täisnurga all. Kui tera seada üles vastavalt joonisele 89, *f*, võib ta töötamise ajal laastude survel pöörduda paremale ja tungida töödeldud detaili sisse.

Negatiivse esinurgaga kõvasulamist plaadikestega terade töö mõningaid iseärasusi. Terade kasutamine, millel on negatiivne esinurk, võimaldab tõsta lõikerežiime, kuid



Joon. 89. Tera ülesseadmine terahoidjasse: õige (*a*, *c*, *e*) ja vale (*b*, *d*, *f*).

kutsub esile tööpingi mehhanismidele ning töödeldavale detailile mõjuvate koormuste suurenemise. Seepärast tuleb normaalse töö kindlustamiseks tingimata täita järgmisi põhinõudeid.

1. Tööpink, millel töötatakse, peab olema täiesti korras. Laagrid peavad olema normaalselt pingutatud ja määritud; ülekannete rihmad ja hõõrdajamid peavad olema hästi sobitatud; tööpingi suport peab liikuma sujuvalt, nõksakuteta.
2. Nii padrunis kui ka tsentrite vahel töödeldav detail peab olema kinnitatud jäigalt.
3. Detaili suurendatud pöörlemiskiirusega töötamisel tuleb tagumine tsenter katta kõvasulamiga või kasutada pöörlevat tsentrit.
4. Musttreimisel tuleb tera ülesseadmisel treipingi tsentri suhtes asetada tera tipp töödeldava detaili 0,01 läbimõõdu võrra tsentrist kõrgemale.
5. Tera vibreerimise vältimiseks ei tohi ta rohkem välja ulatuda, kui on pideme kõrgus.
6. Töötada tuleb ainult lõikesse viidud teraga.
7. Lõiketera tuleb viia detaili juurde ainult viimase pöörlemise ajal. Tera sisselõikumist detaili juhitakse käsitsi järk-järgult nii, et abitagatahk ei puutuks vastu töödeldavat pinda. Supordi automaatse ettenihke võib sisse lülitada alles pärast seda, kui sisselõikamine on lõppenud.
8. Tera tuleb eemaldada enne tööpingi peatamist, kusjuures automaatne ettenihe tuleb enne välja lülitada.
9. Koorikuga detaili treimisel tuleb kasutada maksimaalset lubatavat lõikesügavust, et vältida tera libisemist tagil.
10. Lõigendi laius ei tohi ületada $^2/_3$ tera lõikeserva pikkusest.

Lõikerežiimid kõvasulamist plaadikesega teradega musttreimisel. Lõikesügavus on musttreimisel tavaliselt veidi väiksem täielikust töötlemisvarust. Sealjuures mahalõikamata metallikiht moodustab töötlemisvaru edaspidiseks töötlemiseks. Ettenihe valitakse vastavalt lõigendi ristlõikele, lõikesügavusele ja töödeldava detaili läbimõõdule. Ettenihked keskmise suurusega treipinkidel kõige sagedamini sooritatavate tööde jaoks on toodud tabelites 12, 14, 16 ja 18.

Lõikekiirus antud töö jaoks valitakse kahe võttega:

1) ühe tabelitest 13, 15, 17 või 19 järgi määratakse lõikekiirus antud tingimustele kõige lähedasemate järgi;

2) valitud lõikekiiruse arvväärtust korrutatakse parandusteguritega, mis arvestavad eesseisva töö konkreetseid tingimusi.

Tähtsaimaks nendest tingimustest on tera püsivusaeg (tegur K_1), töödeldava materjali mehaanilised omadused

Tabel 12

Ettenihked (mm/pöördele) terase musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid ilma täiendava lõikeservata ($\varphi_1 > 0$)

Tera kere mõõtmed, mm	Detaili maksimaalne läbimõõt, mm	Maksimaalne lõikesügavus, mm			
		3	5	8	12
16×25	40	0,4 ... 0,5	0,3 ... 0,4	—	—
	60	0,5 ... 0,7	0,4 ... 0,6	0,3 ... 0,5	0,4 ... 0,5
	100	0,6 ... 0,9	0,5 ... 0,7	0,5 ... 0,6	0,5 ... 0,6
25×25 20×30	40	0,4 ... 0,5	0,3 ... 0,4	—	—
	60	0,6 ... 0,7	0,5 ... 0,7	0,4 ... 0,6	0,4 ... 0,7
	100	0,8 ... 1,0	0,7 ... 0,9	0,5 ... 0,7	0,6 ... 0,9

Tabel 13

Lõikekiirused (m/min) süsinik-, kroom- ja kroomnikkelteraste ning terasvalu musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid ilma täiendava lõikeservaga ($\varphi_1 > 0$)

Lõike-sügavus, mm	Ettenihe, mm/pöördele				
	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2
3	198	166	140	127	—
5	180	155	130	118	112
8	—	144	121	110	105
12	—	—	113	103	98

Märkus. Parandustegurid on toodud tabelis 20.

(tegur K_2), töödeldava pinna iseloom (tegur K_3), tera materjal (tegur K_4) ja tera peanurk plaanis (tegur K_5). Nende tegurite väärtused on toodud tabelis 20.

Näide. Missugune peab olema lõikekiirus süsinikterasest $\sigma_b = 60$ kG/mm^2 detaili musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist T5K10 plaadikesega tera, mille $\varphi_1 > 0$, ristlõiges 25 × 25 mm, peanurk plaanis 45°, püsivusaeg 90 min

Tabel 14

Ettenihked (mm/pöördele) terase musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid täiendava lõikeservaga ($\varphi_1 = 0$)

Tera kere mõõtmed, m	Detaili maksimaalne läbimõõt, mm	Peanurk plaanis			
		$\varphi = 45°$		$\varphi = 90°$	
		Maksimaalne lõikesügavus, mm			
		3	5	3	5
16×25	40	1,0 . . . 1,2	—	1,0 . . . 1,2	—
	60	1,4 . . . 1,5	1,0 . . . 1,2	1,2 . . . 1,4	1,0 . . . 1,2
	100 ja rohkem	1,8 . . . 2,0	1,3 . . . 1,5	1,2 . . . 1,6	1,0 . . . 1,4
25×25 20×30	40	1,0 . . . 1,2	—	1,0 . . . 1,2	
	60	1,4 . . . 1,5	1,0 . . . 1,2	1,2 . . . 1,4	1,0 . . . 1,2
	100 ja rohkem	1,8 . . . 2,5	1,4 . . . 2,0	1,2 . . . 1,8	1,0 . . . 1,4

Tabel 15

Lõikekiirus (m/min) süsinik-, kroom- ja kroomnikkelteraste ning terasevalu musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid täiendava lõikeservaga ($\varphi_1 = 0$).

Lõikesügavus, mm	Ettenihe, mm/pöördele				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
3	125	111	101	95	90
4	120	106	97	91	80
5	116	103	94	88	—

Märkus. Parandustegurid on toodud tabelis 20.

ja lõikesügavus 8 mm. Detaili läbimõõt on 100 mm. Toorik on valtsitud ja ilma koorikuta.

Tabelist 12 leiame, et tera ristlõike 25 × 25 mm, detaili läbimõõdu 100 mm ja lõikesügavuse 8 mm puhul peab ettenihe olema 0,5 ... 0,7 mm/pöördele. Valime ettenihke 0,5 mm/pöördele.

Tabel 16

Ettenihked (mm/pöördele) hallmalmi musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid ilma täiendava lõikeservata ($\varphi_1 > 0$).

Tera kere mõõtmed, mm	Detaili maksimaalne läbimõõt, mm	Lõikesügavus, mm			
		3	5	8	12
16×25	40	0,4 ... 0,5	—	—	—
	60	0,6 ... 0,8	0,5 ... 0,8	0,4 ... 0,6	—
	100	0,8 ... 0,12	0,7 ... 1,2	0,6 ... 0,8	0,5 ... 0,7
25×25 20×30	40	0,4 ... 0,5	—	—	—
	60	0,6 ... 0,9	0,5 ... 0,8	0,4 ... 0,7	—
	100	0,9 ... 1,3	0,8 ... 1,2	0,7 ... 1,0	0,5 ... 0,8

Märkus. Katkendlike pindade töötlemisel, samuti löökide esinemisel tuleb tabelis esitatud väärtusi korrutada teguriga 0,75 ... ... 0,85.

Tabel 17

Lõikekiirus (m/min) hallmalmi musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid ilma täiendava lõikeservata ($\varphi_1 > 0$).

Lõikesügavus, mm	Ettenihe, mm/pöördele				
	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2
3	138	121	100	91	—
5	128	112	92	85	78
8	—	104	83	78	73
12	—	—	80	74	68

Märkus. Parandustegurid on toodud tabelis 20.

Tabelist 13 leiame, et lõikesügavuse 8 mm ja ettenihke 0,5 mm/pöördele puhul peab lõikekiirus olema 144 m/min.

Tabelist 20 leiame, et antud juhul $K_1 = 0{,}92$; $K_2 = 1{,}35$; $K_3 = 1{,}00$; $K_4 = 0{,}65$ ja $K_5 = 1{,}00$. Järelikult näites toodud tingimustel $v = 144 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = 144 \cdot 0{,}92 \cdot 1{,}35 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}65 \cdot 1{,}00 = 116{,}21 \approx 116$ m/min.

Tabel 18

Ettenihked (mm/pöördele) hallmalmi musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid täiendava lõikeservaga ($\varphi_1 = 0$)

Tera kere mõõtmed, mm	Detaili läbimõõt, mm	Tera peanurk plaanis			
		$\varphi = 45°$		$\varphi = 90°$	
		Lõikesügavus, mm			
		3	5	3	5
16×25	40	1,0 ... 1,4	—	1,0 ... 1,2	—
	60	1,5 ... 1,8	1,0 ... 1,4	1,2 ... 1,5	1,0 ... 1,2
	100 ja rohkem	2,0 ... 2,4	1,5 ... 2,0	1,5 ... 2,0	1,0 ... 1,4
25×25 20×30	40	1,0 ... 1,4	—	1,0 ... 1,2	—
	60	1,5 ... 1,8	1,0 ... 1,4	1,2 ... 1,5	1,0 ... 1,2
	100 ja rohkem	2,0 ... 2,8	1,5 ... 2,5	1,5 ... 2,2	1,2 ... 1,5

Tabel 19

Lõikekiirused (m/min) hallmalmi musttreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid täiendava lõikeservaga ($\varphi_1 = 0$)

Lõikesügavus, mm	Ettenihe, mm/pöördele				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
3	100	86	76	69	64
4	94	80	71	65	61
5	91	78	68	63	—

Märkus. Parandustegurid on toodud tabelis 20.

Parandustegurid lõikekiiruste tabelite juurde, kui kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid Tabel 20

Tera püsivusaeg	Terase ja malmi töötlemine teraga $\varphi_1 > 0$	T minutites K_1	30 1,15	45 1,06	60 1,00	90 0,92	120 0,87	180 0,80
	Terase töötlemine teraga $\varphi_1 = 0$	T minutites K_1	20 1,16	30 1,08	45 1,00	60 0,95	75 0,91	90 0,88
	Malmi töötlemine teraga $\varphi_1 = 0$	T minutites K_1	20 1,12	30 1,00	45 0,89	60 0,83	75 0,78	90 0,74
Töödeldav materjal	Teras	δ_b kG/mm² K_2	40 . . . 50 1,65	50 . . . 60 1,35	60 . . . 70 1,15	70 . . . 80 1,00	80 . . . 90 0,88	90 . . . 100 0,75
	Malm	HB K_2	120 . . .140 1,60	140. . .160 1,34	160 . . .180 1,15	180. . .200 1,00	200. . .220 0,83	220. . .250 0,77
Töödeldav pind		Pinna iseloom K_3	Koorikuta 1,00		Koorikuga 0,80 . . . 0,85		Mustunud koorikuga 0.50 . . . 0,60	
Tera materjal	Terase töötlemine	Mark K_4	T5K10 0,65		T14K8 0,85		T15K6 1,00	T30K4 1,30
	Malmi töötlemine	Mark K_4	BK8B 0,80		BK8 0,90		BK6 1,00	BK4 1,15
Tera peanurk plaanis	Terase töötlemine	K_5	45° 1,00		60° 0,92	75° 0,86	90° 0,81	
	Malmi töötlemine	K_5	45° 1,00		60° 0,90	75° 0,83	90° 0,79	

Märkus. Mineraalkeraamiliste plaadikestega teradega poolpuhas- ja puhastreimisel võib kasutada parandustegureid: 1,3 terase töötlemisel ja 1,5 malmi töötlemisel.

Tabel 21

Ettenihked (mm/pöördele) terase musttreimisel, kui kasutatakse kiirlõiketerasest P18 plaadikesega terasid

Tera kere mõõtmed, mm	Detaili maksimaalne läbimõõt, mm	Maksimaalne lõikesügavus, mm		
		3	5	8
16×25	20	0,3 ... 0,4	—	—
	40	0,4 ... 0,6	—	—
	60	0,6 ... 0,8	0,5 ... 0,7	0,4 ... 0,6
	100	0,7 ... 1,0	0,6 ... 0,9	0,6 ... 0,8
25×25 20×30	20	0,3 ... 0,4	—	—
	40	0,4 ... 0,5	—	—
	60	0,7 ... 0,8	0,6 ... 0,8	—
	100	0,9 ... 1,1	0,8 ... 1,0	0,7 ... 0,9

Märkus. Katkendliku pinna töötlemisel või löökide esinemisel tuleb tabelis toodud ettenihete väärtusi korrutada teguriga 0,75 ... ... 0,85.

Tabel 22

Lõikekiirus (m/min) süsinikterase musttöötlemisel, kui kasutatakse kiirlõiketerasest P18 plaadikesega terasid

Lõikesügavus, mm	Ettenihe mm/pöördele				
	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2
2	56	40	30	26	—
5	50	30	26	22	20
8	—	31	23	20	18
12	—	—	21	18	16

Märkus. Parandustegurid on toodud tabelis 23.

Lõikerežiimid musttreimisel, kui kasutatakse kiirlõiketerasest plaadikesega lõiketeri. Järgnevalt tuuakse ettenihete (tabel 21) ja lõikekiiruste (tabel 22) tabelid kiirlõiketerasest plaadikesega terade jaoks. Tabelis 22 toodud lõikekiirused on toodud kindlaks määratud töötingimuste kohta ning on arvestatud teradele püsivusajaga 60 minutit. Teiste töötingimuste puhul tuleb lõikekiiruste valimisel tabelis toodud väärtusi tingimata kasutada tabelis 23 esitatud parandustegurite̲ga.

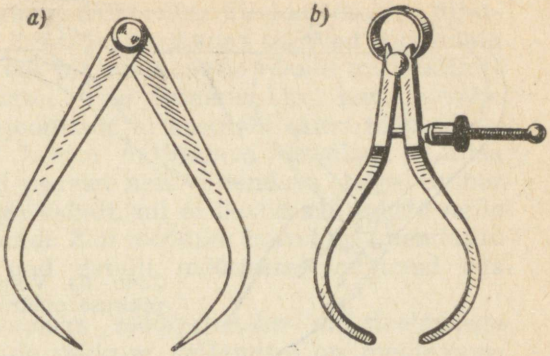
Teraste ja teiste materjalide (peale hallmalmi) töötlemisel teradega, millel on kiirlõiketerasest plaadikesed, on kasulik, nagu seda juba varem märgiti, kasutada jahutust. Jahutusvedelikuna kasutatakse konstruktsiooni- ja tööriistateraste töötlemisel emulsiooni ja sulfofresooli, legeeritud teraste puhul emulsiooni ja rapsiõli, terasvalandite puhul — emulsiooni. Hallmalmi töötlemisel jahutust ei kasutata.

Mõõtmine musttreimisel. Detailide läbimõõtude jämedaks mõõtmiseks silindriliste välispindade musttreimisel kasutatakse välismõõdikut ja mõõtejoonlauda.

Tabel 23

Parandustegurid lõikekiiruste tabeli juurde, kui kasutatakse kiirlõiketerasest P18 plaadikesega terasid

Tera püsivusaeg	T minutites	30	45	60	90	120
	K_1	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90
Töödeldav materjal	σ_b kG/mm²	40 ... 50	50 ... 60	60 ... 70	70 ... 80	80 ... 90
	K_2	2,20	1,70	1,30	1,00	0,80
Töödeldav pind	Pinna iseloom	Koorikuta		Koorikuga		
		Valtsmetall ja sepised		Valtsmetall	Sepised	
	K_3	1,00		0,90	0,80	
Tera peanurk plaanis		45°	60°	75°	90°	
	K_4	1,00	0,85	0,75	0,65	
Jahutus	—	Jahutusega		Jahutuseta		
	K_5	1,00		0,80		



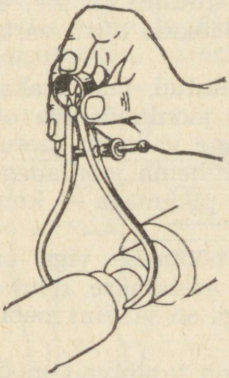
Joon. 90. Välismõõdikud: tavaline (*a*) ja vedruga (*b*).

Lihtsa välismõõdikuga (joon. 90, *a*), mille harud on ühendatud šarniirliigendiga, võib mõõta läbimõõte kuni 500 mm ja isegi rohkem. Vedruga välismõõdikuid (joon. 90, *b*) kasutatakse detailide mõõtmiseks läbimõõduga kuni 50 mm, harvemini kuni 100 mm.

Näide detaili läbimõõdu mõõtmiseks vedruga välismõõdiku abil on toodud joonisel 91.

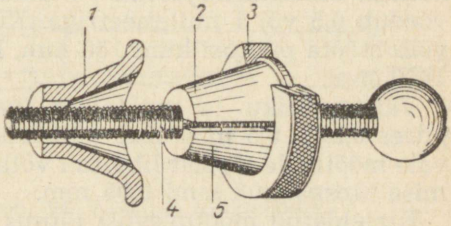
Välismõõdiku harude vahet võib lugeda võrdseks mõõdetava detaili läbimõõduga, kui välismõõdik läheb vabalt üle detaili, puudutades viimast vaid kergelt, kusjuures ei esine tugevat survet.

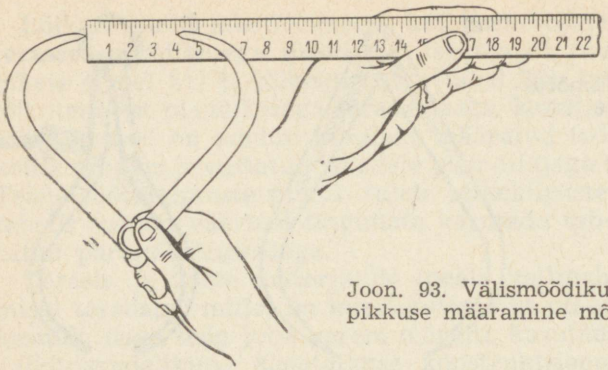
Lihtne välismõõdik seatakse vajalikule mõõtmele kergete löökide abil, mis antakse ühe haru välis- või sisepinnale vastu töödeldavat detaili, kruvi käepidet, supordit jne.



Joon. 91. Detaili mõõtmine välismõõdikuga.

Joon. 92. Vedruga välismõõdiku mutter.





Joon. 93. Välismõõdikuga mõõdetud pikkuse määramine mõõtejoonlaual.

Vedruga välismõõdiku seadmine vajalikule mõõtmele on tänu tema harusid liigutava mutri erilisele ehitusele tunduvalt mugavam, kui tavalise välismõõdiku mõõtu seadmine. Mutter (joon. 92) koosneb kahest osast *2* ja *5*, mis on šarniirselt ühendatud peaga *3*. Puks *1* ei ole keermetatud. Ta võib vabalt liikuda piki kruvi *4* ja siseneda koonilisse pesasse, mis asub mõõdiku ühes harus. Puksi sisemine koonus haarab mutri osad *2* ja *5* ning surub nad kokku. Pea *3* pööramisega muudetakse mõõdiku harude vahet. Kruvil *4* on väikese sammuga keere, mistõttu mõõdiku harusid saab väga täpselt seada. Kui mõõdiku harude vahet on vaja tunduvalt suurendada, piisab nendele käega surumisest. Selle tulemusena puks ei avalda enam survet mutri osadele *2* ja *5* ning nad eemalduvad teineteisest. Nüüd võib nihutada mutrit teda pööramata kiiresti piki kruvi. Vedruga mõõdiku eeliste hulka kuulub ka see, et tema harude vahe ei muutu juhuslike löökide tõttu vastu detaili, tööpingi osasid jne.

Kui mõõdiku harud on paigale asetatud, määratakse nende vahe mõõtejoonlaual. Sellistele joonlaudadele on kantud millimeeterjaotus. Joonlaua kõige väiksem jaotus võrdub 0,5 või 1 millimeetriga. Kõige lühema joonlauaga võib mõõta pikkusi kuni 150 mm, kõige pikemaga — kuni 1000 mm.

Välismõõdiku ja mõõtejoonlauaga mõõtmise viga on piires 0,2 . . . 0,5 mm. Kui välismõõdik asetatakse nõutavale mõõtmele täpselt lihvitud võlli järgi, on suurim mõõtmise täpsus 0,03 kuni 0,05 mm.

Kirjeldatud mõõtmisviisi täpsus oleneb tunduvalt mõõ-

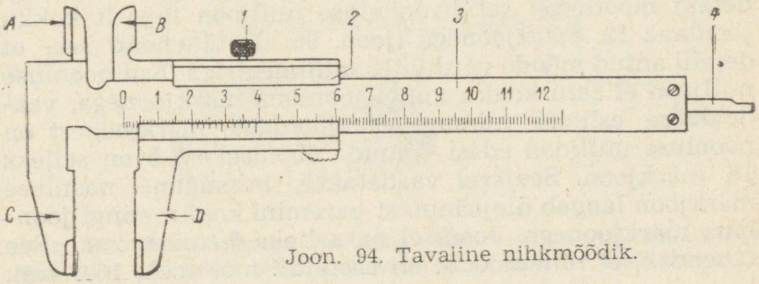
diku ja mõõtejoonlaua seisukorrast. Tihedalt kokku nihutatud välismõõdiku harude tööpinnad peavad tingimata kokku puutuma terves pikkuses. Selle nõude mittetäitmisel saadakse mõõtmisel vale tulemus, kui harude vahe määramiseks mõõtejoonlaual ei kasutata samu tööpindade otsi, mis puutusid kokku mõõdetava detailiga. Lihtsa välismõõdiku harud peavad neid ühendava telje ümber pöörduma mitte väga vabalt, nii et harud säilitaksid neile mõõtmisel antud asendi. Kui mõõdiku harud on ühendatud liiga tihedalt, siis nad detaili mõõtmisel vetruvad ega pöördu telje suhtes.

Kõige tarvitatavamaks mõõteriistaks musttreimisega töödeldavate detailide pikkuse mõõtmisel on mõõtejoonlaud.

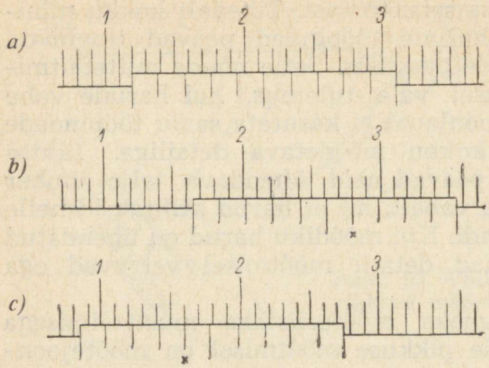
Silindriliste detailide mõõtmisel peab joonlaud puutuma silindrilise pinnaga kokku piki tema moodustajat (paralleelselt silindri teljega). Joonlaua kaldasendi puhul ei tule mõõtetulemus õige, vaid tegelikust suurem. Läbimõõdu mõõtmisel joonlauaga tuleb viimane asetada tingimata nii, et tema serv läbiks detaili tsentri. Vastasel juhul ei mõõdeta detaili läbimõõtu, vaid kõõlu. Peab märkima, et asetada joonlauda täpselt mööda detaili läbimõõtu on väga raske. Seepärast võib kasutada joonlauda detaili läbimõõdu mõõtmiseks vaid siis, kui mõõtmise täpsus on 7 . . . 9 täpsusklassi piirides.

Täpsemalt mõõdetakse töödeldavate detailide läbimõõtu nihkmõõdikuga, mille täpsus on kuni 0,1 mm.

Nihkmõõdik (joon. 94) koosneb joonlauast *3* harudega *A* ja *C*, liugurist *2* harudega *B* ja *D* ning liuguriga *2* ühendatud varvast *4*. Liugur ümbritseb joonlauda *3* ja võib sellel nihkuda. Liuguri *1* kinnitamiseks nõutavas asendis kasutatakse karestatud peaga kruvi *1*.



Joon. 94. Tavaline nihkmõõdik.



Joon. 95. Lugemi määramine tavalisel nihkmõõdikul.

Nihkmõõdiku harusid *C* ja *D* kasutatakse detailide välis- läbimõõtude ja pikkuste mõõtmiseks, harusid *A* ja *B* avade läbimõõtude, mitmesuguste soonte laiuste jne. mõõtmiseks, varba *4* detailide pikkuste, soonte sügavuste jne. mõõtmiseks.

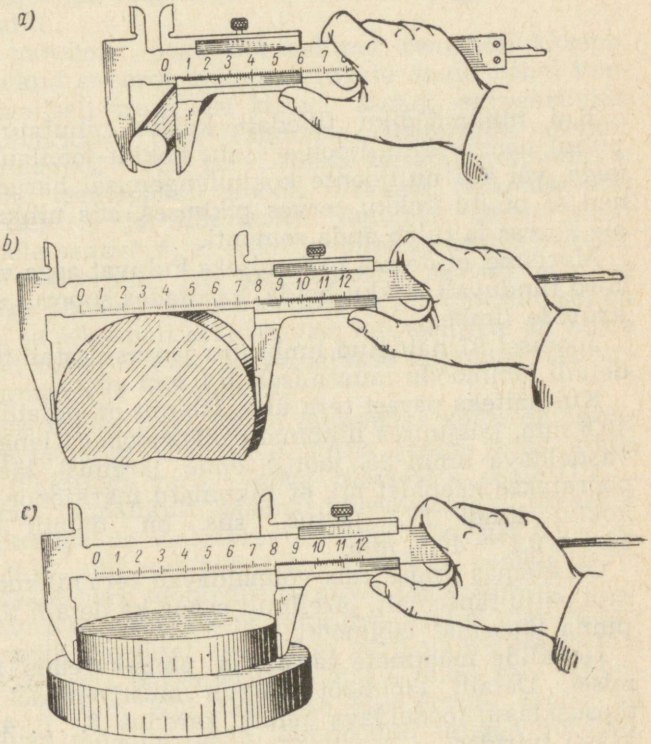
Joonlauale *3* on kantud skaala, mille iga jaotus võrdub 1 millimeetriga. Liuguri *2* väljalõike alumisele kaldpinnale on kantud teine skaala, mida nimetatakse nooniuseks. Kümneks osaks jaotatud nooniuse skaala üldpikkus võrdub joonlauale kantud skaala 19 jaotusega, s. o. 19 millimeetriga.

Joonlaua ja nooniuse märkjooni, mille juurde on märgitud arv 0, nimetatakse nulljoonteks. Skaalad joonlaual ja nooniused asetsevad nii, et kui nihkkaliibri harud on nihutatud tihedalt teineteise vastu, satub nooniuse nulljoon täpselt kokku joonlaua nulljoonega. Seetõttu mõõdetakse pikkusi, läbimõõte jne., mis sisaldavad täisarv millimeetreid, nooniuse nulljoone järgi. Kui näiteks mingi detaili mõõtmisel satub nooniuse nulljoon täpselt kokku joonlaua 12. märkjoonega (joon. 95, *a*), tähendab see, et detaili antud mõõde võrdub 12 millimeetriga. Kui nooniuse nulljoon ei satu kokku mingi joonlaua märkjoonega, vaadeldakse esiteks, missugusest joonlaua märkjoonest on nooniuse nulljoon edasi läinud. Joonisel 95, *b* on selleks 16. märkjoon. Seejärel vaadatakse, missugune nooniuse märkjoon langeb ülejäänutest paremini kokku mingi joonlaua märkjoonega. Joonisel on selleks *6*. märkjoon. See tähendab, et nihkmõõdik on asetatud mõõtmele 16,6 mm.

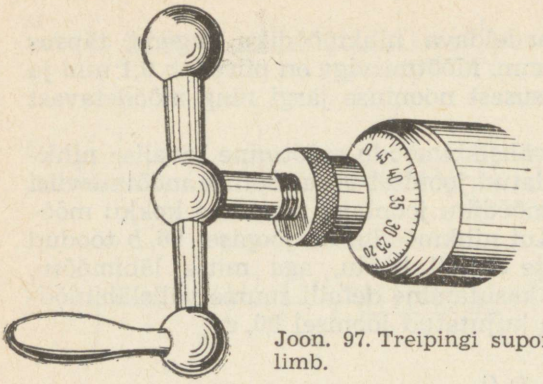
Nihkmõõdiku lugem joonisel 95, c vastab mõõtmele 8,4 mm.

Järelikult on vaadeldava nihkmõõdiku lugemi täpsus nooniuse järgi 0,1 mm. Mõõtmisviga on piires ± 0,1 mm ja oleneb lugemi täpsusest nooniuse järgi ning mõõdetavast pikkusest.

Detaili väikese välisläbimõõdu mõõtmine tavalise nihkmõõdikuga on näidatud joonisel 96, *a*. Sellise mõõtmisviisi puhul ei pea nihkmõõdiku joonlaud puutuma kokku mõõdetava detailiga. Kui nihkmõõdik on joonisel 96, *b* toodud asendis, mõõdetakse detaili kõõlu, aga mitte läbimõõtu. Nihkmõõdiku õige kasutamine detaili suurte välisläbimõõtude mõõtmisel on kujutatud joonisel 96, *c*.



Joon. 96. Nihkmõõdikuga mõõtmise võtted: väikese läbimõõdu õige mõõtmine (*a*); suure läbimõõdu vale (*b*) ja õige (*c*) mõõtmine.



Joon. 97. Treipingi supordi ettenihkekruvi limb.

Kui nihkmõõdiku tihedalt kokku nihutatud harude puhul nooniuse nulljoon ei satu kokku joonlaua nulljoonega, või kui nulljoonte kokkulangemisel harude tööpinnad ei puutu kokku terves pikkuses, siis nihkmõõdik ei ole korras ja tuleb anda remonti.

Märgime, et detaili mõõtmiseks kuluvat aega võib mõnikord tunduvalt kokku hoida, kasutades supordi ettenihkekruvide limbe.

Joonisel 97 näidatud limbi üks jaotus vastab töödeldava detaili läbimõõdu muutmisele 0,1 mm võrra.

Kui näiteks pärast tera ühte läbimit on detaili läbimõõt 40,6 mm, kusjuures liikumatu märkjoonega langeb kokku vaadeldava limbi 26. jaotus, enne järgmist läbimit aga pööratakse käepidet nii, et liikumatu märkjoonega langeb kokku limbi 27. jaotus, siis on detaili läbimõõt $40{,}6 - 0{,}1 = 40{,}5$ mm.

On olemas limbe, mis võimaldavad tera nihkumist määrata palju täpsemalt, järelikult saada ka detaili töödeldava pinna täpsemat läbimõõtu.

Detailide mõõtmete täpsus ja pinnakaredus musttreimisel. Detaili läbimõõt kõigub musttreimisel 4. . . . 5. täpsusklassi, töödeldava pinna karedus 3. . . . 4. siledusklassi piirides.

2. SILINDRILISTE PINDADE PUHASTÖÖTLEMINE.

Eelmärkmeid. Puhastöötlemise eesmärgiks on saada väikese karedusega, täpse kuju ja mõõtmetega pinda. Paraku töödeldakse paljudel juhtudel puhtalt ka selliseid detaile, mille pind võib olla ebatäpne.

Tööpingi ettevalmistamine puhtaks ja täpseks treimiseks. Väikese karedusega pinda ja detaili täpseid mõõtmeid võib saada ainult täielikult korras tööpingil. Seepärast tuleb enne puhastöötlemise algust kõrvaldada liigsed lõtkud spindli laagrites, aga samuti ülemäärased lõtkud supordi liikuvate ja kokkupuutuvate osade vahel. Kui seisab ees detaili töötlemine, mida toetatakse tagumise tsentri abil, tuleb tingimata kontrollida tagumise tsenterpuki asendit.

Spindli töötamist peab kontrollima remondilukksepp. Liigsed lõtkud supordi kokkupuutuvate osade vahel kõrvaldab tavaliselt treial ise kiilude asendi, survekruvide jms. reguleerimise teel. Tagumise tsenterpuki asendit kontrollib samuti treial ise. Selleks asetatakse spindlisse ja tagumise tsenterpuki pinooli teravate (ümardamata) otsadega tsentrid ja nihutatakse tagumist tsenterpukki spindli poole sedavõrd, et tsentrid puudutaksid teineteist. Tagumise tsenterpuki õige asendi korral peavad tsentrite tipud kokku puutuma. Vead tsentrite kokkupuutumisel on kergemini ja selgemalt eraldatavad, kui tsentrite all hoida leht valget paberit. Viga kõrvaldatakse tagumise tsenterpuki nihutamisega vaheplaadil.

Tagumise tsenterpuki asendi täpsemaks kontrollimiseks asetatakse tööpingi tsentritele antud pingi jaoks kõige suurema pikkusega varb. Varva lühikesele osale (15 . . . . . 20 mm), võimalikult lähemal kaasavedajale, treitakse kael. Lõikesügavus sealjuures ei tohi olla üle 0,5 mm, ettenihe 0,1 . . . 0,2 mm/pöördele. Seejärel, eemaldamata tera, võetakse varb tööpingilt ja nihutatakse suporti tagumise tsenterpuki suunas seni, kuni tera veel ei ulatu tagumise tsentrini. Seejärel asetatakse varb uuesti tsentritele ja treitakse tema parempoolsele otsale teine kael pikkusega 15 . . . 20 mm. Kui tagumise tsenterpuki asend on õige, peavad mõlema kaela läbimõõdud tulema võrdsed. Kui teise kaela läbimõõt on suurem esimesest, tuleb tsenterpukki nihutada treiali suunas; vastasel juhul tuleb tsenterpukki nihutada tagasi, treialist eemale. Nihutanud

tsenterpukki ühele või teisele poole, tuleb ta kinnitada ja treida samas järjekorras uuesti kaks kaela, mõõta need jne., kuni mõlema kaela läbimõõdud osutuvad võrdseteks (nõutava täpsuse piires).

Detailide kinnitamine puhastöötlemisel. Puhastöötlemisel tuleb detailid kinnitada tugevasti, et nad töötlemisel ei nihkuks. Kui detaili mitut pinda töödeldakse küll ühe kinnitusega, kuid erinevates asendites detaili nihkumise tõttu, siis nende pindade teljed ei lange kokku ja tekib praak. Mõnede detailide liigselt tugev kinnitamine puhastöötlemisel võib osutuda kahjulikuks. Kui näiteks töötlemisel kinnitada padruni pakkide vahele liiga tugevasti õhukeseseinaline rõngas, siis on ta kuju pärast tööpingist mahavõtmist hoopis teistsugune, kui see oli töötlemise ajal (joon. 73). Kui detaili puhastöötlemine toimub kohe pärast musttreimist, võib sääraseid detaili kuju muutumisi vältida, nõrgendades veidi padruni pakkide asendit enne puhastöötlemist.

Detaili kinnitamisel isetsentreerivasse padrunisse töödeldud pinnaga, kusjuures on nõutav varem töödeldud ja töödeldavate pindade telgede kokkulangemine, tuleb arvestada padruni ebatäpsust ja kasutada lõhispuksi või rõngaid, mida vaadeldi eespool (lk. 85).

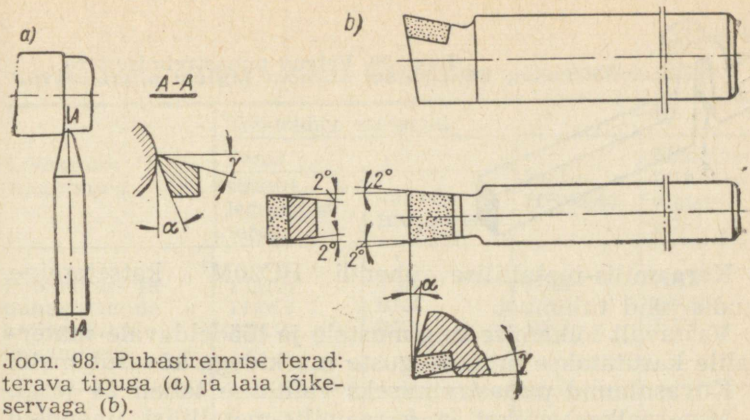
Puhastöötlemise terad. Sellised terad peavad kindlustama väikseima karedusega pinna. Vastavalt sellele nõudele valitakse nende kuju.

Joonisel 98, *a* on näidatud treitera, mida kasutatakse väikese ettenihkega puhastreimisel.

Need terad töötavad mõlema küljega, s. o. nii nagu vasak- ja parempoolsed. Suure ettenihkega puhastreimisel kasutatakse joonisel 98, *b* näidatud treiterasid, mida nimetatakse laia lõikeservaga teradeks.

Ülalnimetatud puhastreimise teradega töötamise ajal rebitakse mõnikord lahti töödeldava detaili materjalis olevaid kõvu killukesi. Selle tulemusena tekivad detaili pinda süvendid, mis rikuvad pinda. Seepärast töödeldakse detaili, kui on vajalik eriti sile pind, vetruva teraga (joon. 99). Viimasel ajal kasutatakse sagedamini vetruvaid pidemeid neisse asetatavate teradega.

Vetruva tera lõikeserv ei murra välja killukesi detaili materjalist, eemaldudes aga töödeldavast pinnast ta nagu silub neid. Paraku tulevad vetruva tera kasutamisel detaili kuju ja mõõtmed sageli ebatäpsed isegi korras tööpingi



Joon. 98. Puhastreimise terad: terava tipuga (*a*) ja laia lõikeservaga (*b*).

puhul. Vetruva teraga töötamisel võib saada häid tulemusi, kui eraldada mitu laastu üksteise järel. Kui tera vetrub liiga tugevasti, asetatakse pilusse *A* naha- või puidutükk.

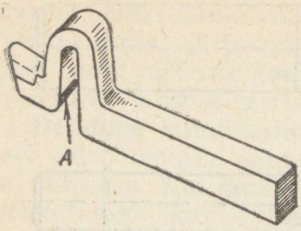
Kui pinna siledusele ei esitata kõrgeid nõudmisi (5. . . . 6. klassi piires), töödeldakse silindrilisi välispindu sageli tavaliste välistreiteradega, juhindudes tera nurkade ja teiste elementide valikul ning ülesseadmisel allpool esitatud soovitustest ja reeglitest.

Puhastreimise terade materjalid. Puhastreimisel eraldavad terad väikese ristlõikega laastu, kuid töötavad (võrreldes musttreimisega) suurte lõikekiirustega ega tohi sealjuures kaotada oma kõvadust. Peale selle peab puhastöötlemise terade materjal olema selline, et tera lõikeserv oleks vastupidav hõõrdumisest tekkivale kulumisele.

Kooskõlas nende nõuetega kasutatakse puhastreimise terade valmistamiseks terase ja malmi töötlemisel lõikematerjalidena kiirlõiketerast, kõvasulameid või mineraalkeraamikat ЦМ-332.

Viimastel aastatel on puhastreimise terade valmistamiseks peale mineraalkeraamika hakatud kasutama veel keraamilis-metallilisi ühendeid[1], mis peale alumiiniumoksiidi sisaldavad veel kuni 10% selliste metallide nagu volfram, molübdeen, boor, titaan j. t. lisandeid. Need lisandid, vähendades mõnevõrra haprust, alandavad üheaegselt ka kulumiskindlust.

[1] Keraamilis-metallilised ühendid (vene keeles керметы — керамикометаллические соединения) saadakse paagutamisega



Joon. 99. Vetruv puhastreimise tera.

Keraamilis-metallilise ühendi HC20M[1] katsetamine andis häid tulemusi.

Vastavalt lõikamise tingimustele ja töödeldavale materjalile kasutatakse mitmesuguste markidega kõvasulameid.

Kõvasulamid puhastreimiseks valitakse tabeli 24 järgi.

Mineraalkeraamikat ja keraamilis-metallilisi ühendeid kasutatakse neil juhtudel, kui süsteem tööpink-tööriist-detail on küllaldaselt jäik. Selle süsteemi väga suure jäikuse korral kasutatakse mineraalkeraamilise plaadikesega terasid mõnikord ka poolpuhas- ja isegi musttreimisel.

Puhastreimise terade nurgad ja muud elemendid. Kõvasulamist plaadikesega puhastreimise terade esitahu kuju ja esinurga võib valida tabelitest 6 ja 7. Taganurk on terase töötlemisel 12°, hallmalmi töötlemisel 10°. Abinurk plaanis φ_1 valitakse puhtal välistreimisel olenemata töödeldavast materjalist piires 5 ... 10°, pealõikeserva kaldenurk λ aga piires —2 ... —4°. I ja II kuju puhul võetakse esitahu faasi f laiuseks 0,2 ... 0,4 mm. Ülejäänud elemendid on samad, mis musttreimisel kasutatavate kõvasulamist plaadikesega terade puhul.

Kiirlõiketerasest plaadikesega puhastreimise terade esitahu kuju, esi- ja teiste nurkade ning ülejäänud elementide valikul võib kasutada tabelites 10 ja 11 toodud andmeid koos üldiste juhistega, mis on toodud lk. 133 ja kehtivad kiirlõiketerasest plaadikesega musttreimise terade kohta. Märgime, et mida siledam peab olema töödeldav pind, seda suurem tuleb võtta tera esinurk (s. t. seda väiksem peab olema lõikenurk). Tera esinurga suurendamisel väheneb tema sissekiskumine, samuti vibratsioonid, mistõttu töödeldav pind tuleb siledam.

Mineraalkeraamilisi plaadikesi joodetakse väga harva.

[1] Saksa DV toodang. Katsetati МНИИПТ маш'i poolt Kemerovo linnas.

Kõvasulamite margid mõnede materjalide puhastöötlemiseks

Lõikamise tingimused	Töödeldav materjal			
	Teras		Malm $HB \leqslant 240$	Mittemetallilised materjalid
	süsinik- ja legeeritud teras	karastatud teras		
Poolpuhas- ja puhastreimine katkendlikul lõikamisel	T15K6 T14K8 T5K10	T5K10 BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	BK2 BK3M BK4
Sama pideval lõikamisel	T30K4 T15K6	T15K6 T14K8 T5K10 BK6M BK3M	BK2 BK3M BK4	BK2 BK3M
Peentreimine katkendlikul lõikamisel	T30K4 T15K6	T14K8 T5K10 BK4	BK2 BK3M BK4	BK2 BK3M BK4
Sama pideval lõikamisel	T30K4	T30K4 T15K6 BK6M BK3M	BK2 BK3M	BK2 BK3M

Eelistatavam on nende jaoks mehaaniline kinnitamine, kusjuures kasutatakse joonisel 16 näidatud pidemeid.

Tera esitahu kuju valikul võib soovitada I kuju (lk. 129 kõvasulamist plaadikesega teradele) terase ja malmi töötlemisel või II kuju terase töötlemisel. Negatiivse faasi laius on 0,2 ... 0,3 mm.

Esinurk γ valitakse piires 10 ... 15°, kui töödeldakse terast, millel σ_b on kuni 70 kG/mm^2; suurematel σ_b väärtusel on esinurk alla 10°. Malmi töötlemisel valitakse esinurk piires 0 ... 5°. Taganurgad α ja α_1 on piires 8 ... 10°. Tera tipu ümardusraadius $r = 1$ mm. Laastu eemaldava soone mõõtmed on II kuju puhul samasugused, kui kõvasulamist plaadikesega teradel.

Lõikeserva kaldenurk λ võetakse ühtlase töötlemisvaru puhul piirides 0 . . . 5°, ebaühtlase töötlemisvaru puhul — kuni 12°.

Terade ülesseadmine puhastreimisel. Kui tera seada üles nii, et tema tipp on kõrgemal treipingi tsentrite joonest (joon. 88, *a*), siis, nagu juba varem märgitud, tungib tera detaili materjali sisse. Detaili pind ei tule sel juhul sile, tema läbimõõt aga väheneb, mis puhastöötlemisel on sageli lubamatu. Tera tipu asetamisel treipingi tsentrite joonele või sellest madalamale, niisugust sissetungimist ei toimu. Toodust järeldub järgmine reegel.

Puhastreimise terad tulevad üles seada nii, et tera tipp oleks asetatud treipingi tsentrite joone kõrgusele või sellest veidi madalamale.

Töötlemisvarud puhastreimisel. Töötlemisvaru puhastreimisel määratakse vastavalt detaili läbimõõdule ja pikkusele. Töötlemisvaru keskmised väärtused on toodud tabelis 25.

Lõikerežiimid puhastöötlemisel. Lõikesügavus puhastreimisel peab olema väike ja võrdub tavaliselt töötlemisvaru suurusega. Et kindlustada karedust 5. siledusklassi (▽ 5) piires, võib lõikesügavus ulatuda 2 millimeetrini. Kuues (▽ 6) ja seitsmes (▽ 7) pinnasileduse klass on saavutatavad vaid väikeste lõikesügavuste puhul, mis ei ületa 0,3 . . . 0,4 mm, eriti vastutavatel juhtudel aga 0,1 mm.

Ettenihked valitakse vastavalt töödeldava pinna nõutavale siledusele, tera abinurgale plaanis ja lõikekiirusele. Puhastöötlemisel kasutatavad ettenihete väärtused on toodud tabelis 26. Lõikekiirused puhastreimisel, kui kasu-

Tabel 25

Töötlemisvaru läbimõõdule puhastreimisel (▽5)
(mõõtmed millimeetrites)

Detaili läbimõõt	Detaili pikkus		
	Kuni 500	500 . . . 1000	1000 . . . 2000
5 . . . 20	1,0	1,0	1,2
20 . . . 50	1,5	1,5	2,0
50 . . . 100	1,5	2,0	2,0
100 . . . 200	2,0	2,0	3,0

Ettenihked puhastreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist või kiirlõiketerasest plaadikesega terasid (välja arvatud terad laia lõikeservaga)

Siledusklass	Töödeldav materjal	Abinurk plaanis φ_1 °	Lõikekiirus m/min	Ettenihe, mm/pöördele: kui $r = 1$ mm	Ettenihe, mm/pöördele: kui $r = 2$ mm
▽ 3	Teras ja malm	5	Igasugune	1,00 ... 1,10	1,30 ... 1,50
		10		0,80 ... 0,90	1,00 ... 1,10
		15		0,70 ... 0,80	0,90 ... 1,00
▽ 4		5		0,55 ... 0,70	0,70 ... 0,85
		10 ... 15		0,45 ... 0,60	0,60 ... 0,70
▽ 5	Teras	5	Kuni 50	0,25 ... 0,35	0,30 ... 0,45
			50 ... 100	0,35 ... 0,40	0,40 ... 0,55
			Üle 100	0,40 ... 0,50	0,50 ... 0,60
		10 ... 15	Kuni 50	0,25 ... 0,30	0,30 ... 0,40
			50 ... 100	0,30 ... 0,35	0,35 ... 0,50
			Üle 100	0,35 ... 0,40	0,50 ... 0,55
	Malm	5	Igasugune	0,30 ... 0,50	0,45 ... 0,65
		10 ... 15		0,25 ... 0,40	0,40 ... 0,60
▽ 6	Teras	Kuni 5 kaasa arvatud	30 ... 50	0,11 ... 0,15	0,14 ... 0,22
			50 ... 80	0,14 ... 0,20	0,17 ... 0,25
			80 ... 100	0,16 ... 0,25	0,23 ... 0,35
			100 ... 130	0,20 ... 0,30	0,25 ... 0,39
			Üle 130	0,25 ... 0,30	0,35 ... 0,39
	Malm		Igasugune	0,15 ... 0,25	0,20 ... 0,35
▽ 7	Teras		100 ... 110	0,12 ... 0,15	0,14 ... 0,17
			110 ... 130	0,13 ... 0,18	0,17 ... 0,23
			Üle 130	0,17 ... 0,20	0,21 ... 0,27

Märkus. Tabelis toodud ettenihked kehtivad terase σ_b = = 70 ... 90 kG/mm² töötlemisel. Terase σ_b = 50 ... 70 kG/mm² töötlemisel tuleb ettenihete väärtusi korrutada teguriga 1,25, teraste σ_b = 90 ... 110 kG/mm² töötlemisel aga teguriga 0,75.

tatakse kõvasulamist plaadikesega terasid, võib võtta tabelitest 27 ja 28, kiirlõiketerasest plaadikesega terade puhul aga tabelist 29.

Lõikekiiruste valimisel tingimustel, mis erinevad tabelites 27 ... 29 toodud tingimustest, tuleb tabelis esitatud andmeid tingimata korrutada parandusteguritega, mis on toodud tabelites 20 ja 23.

Ettenihked ja lõikekiirused puhastreimisel, kui kasutatakse laia lõikeservaga kõvasulamist plaadikesega terasid, leitakse tabelist 30.

Jahutamine puhastöötlemisel. Hästi jahutatud puhastreimise tera kuumeneb vähe, ei kaota kõvadust ja kulub seetõttu suhteliselt aeglaselt. Tänu sellele suureneb töödeldava detaili mõõtmete täpsus.

Õlilisi aineid, näiteks emulsioone, sisaldava jahutusvedeliku kasutamine kergendab laastu eraldamist, mille

Tabel 27

Lõikekiirused m/min konstruktsioon-, süsinik-, kroom- ja kroomnikkelteraste pikisuunalisel puhastreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist T15K6 plaadikesega terasid

Lõike-sügavus, mm	Ettenihe mm/pöördele					
	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
1,0	270	258	238	—	—	—
1,5	256	238	224	198	—	—
2,0	246	232	214	191	179	166

Tabel 28

Lõikekiirused m/min hallmalmi pikisuunalisel puhastreimisel, kui kasutatakse kõvasulamist BK6 plaadikesega terasid

Lõike-sügavus, mm	Ettenihe mm/pöördele					
	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
1,0	188	178	165	—	—	—
1,5	175	167	154	146	—	—
2,0	169	160	148	140	128	118

tõttu töödeldav pind tuleb sile, ilma kiskudeta. Jahutamine vähendab detaili kuumenemist, aga järelikult ka tema mõõtmete muutumist. See võimaldab mõõta detaili küllaldase täpsusega, ootamata tema jahtumist. Peale selle vähendab detaili väiksem kuumenemine tema kaardumise ohtu.

Ülalöeldu kehtib peamiselt terase töötlemise kohta. Malmi töötlemisel kasutatakse jahutamist peamiselt siis, kui eesmärgiks on takistada töödeldava detaili kuumenemist.

Mõõtmine puhastöötlemisel. Detaili mõõdetakse sel juhul täpse nihk- või kruvimõõdikuga. Täpsed nihkmõõdikud valmistatakse lugemi täpsusega 0,05 või 0,02 mm nooniuse järgi.

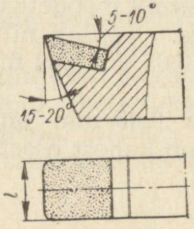
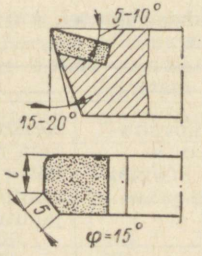
Nihkmõõdik lugemi täpsusega 0,05 mm on kujutatud joonisel 100. Tema liugur koosneb kahest osast — raamist

Tabel 29

Lõikekiirus m/min pikisuunalisel puhastreimisel, kui kasutatakse kiirlõiketerasest plaadikesega terasid

Lõike-sügavus, mm	Ettenihe, mm/pöördele	Töödeldav materjal	
		Keskmise kõvadusega teras σ_b = = 50 ... 80 kG/mm^2 (töötlemine jahutusega)	Keskmise kõvadusega malm HB = 150 ... 180 (töötlemine jahutuseta)
1,0	0,10	107	49
	0,15	93	44
	0,20	85	40
	0,25	79	37
1,5	0,15	85	41
	0,20	77	37
	0,25	71	35
	0,30	63	33
2,0	0,20	71	36
	0,25	66	34
	0,30	59	32
	0,40	49	29

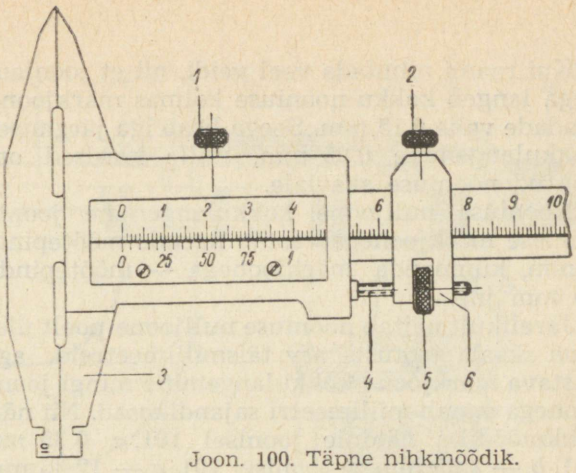
Lõikerežiimid puhastreimisel, kui kasutatakse laia lõikeservaga kõvasulamist plaadikesega terasid

Töödeldav materjal	Tera kuju ja nurgad	Siledusklass	Lõikeserva laius l, mm	Lõikesügavus, mm	Ettenihe s, mm/pöördele	Lõikekiirus v, m/min
Teras		▽ 6 ▽ 7	2 s 3 s	kuni 0,01	4,0 6,0	150 300
Hallmalm		▽ 5 ▽ 6	2 s 3 s	0,5 1,0	5,0 8,0	50 60

Märkused.

1. Lõikeserva sirgjoonelise osa karedus peab vastama 10. siledusklassile, sirgjoonelisust kontrollitakse joonlaua abil (valguspilu järgi).
2. Tööpinki ülesse seatud tera lõikeserv peab olema ettenihkega (detaili moodustajaga) rangelt paralleelne.

3 koos liikuva haruga ja lisaliugurist *6*, mille abil nihkmõõdik täpselt mõõtu seatakse. Vabastades kruvid *1* ja *2*, mis kinnitavad liikuva raami ja lisaliuguri nihkmõõdiku mõõtejoonlaua külge, seatakse nihkmõõdik jämedalt vajalikule mõõtmele; raam *3* ja lisaliugur *6* liiguvad sealjuures koos. Seejärel kinnitatakse lisaliugur *6* kruviga *2* ning pöörates karestatud peaga mutrit *5*, seatakse nihk-



Joon. 100. Täpne nihkmõõdik.

mõõdik mikromeetrilise kruvi *4* abil täpselt mõõtu. Edasi kinnitatakse kruvi *1* ja loetakse saadud mõõde.

Vaadeldava nihkmõõdiku nooniusel on 20 jaotust, millest igaühte loetakse lugemi leidmisel võrdseks viiega. Seetõttu on arv 25 nooniusel kantud viienda märkjoone kohale, arv 50 kümnenda kohale jne. Seega annab nooniuse esimene märkjoon viienda jaotuse, neljas kahekümnenda, esimene pärast arvu 25 kolmekümnenda jne.

Kõik nooniuse 20 jaotust võrduvad mõõtejoonlaua 39 jaotusega, s. o. 39 millimeetriga. Järelikult on nooniuse iga jaotus võrdne

$$\frac{39}{20} = \frac{195}{100} = 1{,}95 \text{ mm.}$$

Selle tulemusena ei saa nooniuse ükskõik millised kaks või rohkem märkjoont üheaegselt kokku langeda joonlaua skaala märkjoontega. Erandi moodustava null- ja kõige viimane nooniuse märkjoon, millised langevad üheaegselt kokku joonlaua skaala märkjoontega.

Nihkmõõdiku näitusid loetakse nooniuse sellise asendi puhul ainult nulljoone, mitte aga viimase märkjoone järgi.

Kui nooniuse esimene märkjoon (pärast nulljoont) langeb täpselt kokku joonlaua skaala teise märkjoonega, on nihkmõõdiku harude mõõtepindade vahe

$2 - 1{,}95 = 0{,}05$ mm.

Kui nooniuse teine märkjoon langeb kokku joonlaua märkjoonega, näitab nihkmõõdik

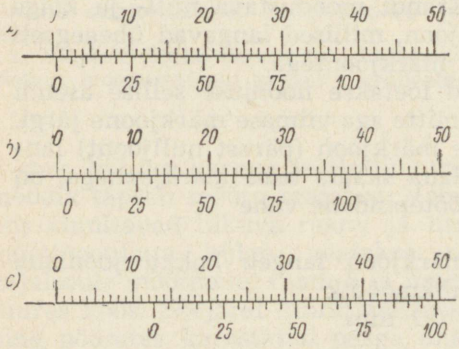
$4 - 2 \cdot 1{,}95 = 4 - 3{,}9 = 0{,}1$ mm.

Kui raami nihutada veel veidi, nii et joonlaua märkjoonega langeb kokku nooniuse kolmas märkjoon, on mõõtepindade vahe 0,15 mm. Seega lisab iga järgmise märkjoone kokkulangemine 0,05 mm, mille kordsed on tähistena kantud nooniuse skaalale.

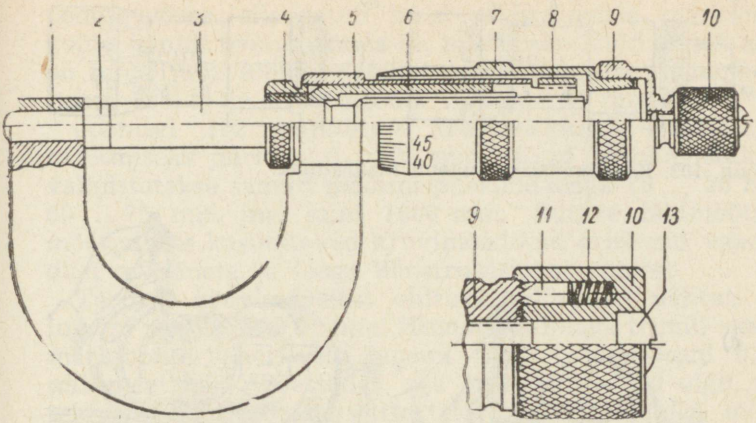
Nooniuse nulljoone kokkulangemine joonlaua skaala esimese märkjoonega vastab harude mõõtepindade vahele 1 mm, kümnenda märkjoonega — mõõtepindade vahele 10 mm jne.

Järelikult näitab nooniuse nulljoone poolt ületatud joonlaua skaala jaotuste arv täismillimeetreid, aga nooniuse vastava märkjoone kokkulangemine mingi joonlaua märkjoonega annab millimeetri sajandikosad. Nii näiteks vastab nihkmõõdiku näidule joonisel 101, *a* 0,35 mm, joonisel 101, *b* — 1,35 mm ja joonisel 101, *c* — 12,85 mm.

Joonisel 102 esitatud kruvimõõdik on ehitatud järgmiselt. Looga *1* vasakpoolsesse otsa on pressitud kand *2*. Looga teises otsas on hülss *5*, mille sisse on asetatud sisekeermega juhtpuks *6*. Hülsi parempoolsele otsale on tehtud sisselõige ja lõigatud kooniline keere, mille peale keeratakse karestatud mutter *8*. Selle mutri abil tagatakse spindli *3* sujuv nihkumine juhtpuksis *6* ja kõrvaldatakse lõtk spindli keermesliites juhtpuksiga, mis tekib keerme kulumisel. Hülssi *5* ümbritseb trummel *7*, mis on kooniliste pindade kaudu ja kübara *9* abil ühendatud spindliga *3*. Spindli pööramisel karestatud nupust *10* nihkub ta telgsuunas seni, kuni tema vasak ots puutub kokku mõõdetava detaili pinnaga, mis vastasküljega on surutud kanna *2* vastu. Nupp *10* on kinnitatud kruvimõõdiku



Joon. 101. Täpse nihkmõõdiku lugemi määramine.



Joon. 102. Kruvimõõdik.

spindli külge kruviga *13*. Nupus on ava, milles asub terava otsaga tihvt *11*. Vedru *12* jõul surutakse tihvt kübara *9* otspinnal asuvate hammaste[1] vastu. Tänu sellisele seadmele, mida nimetatakse käristiks, katkeb nupust *10* pööratava spindli telgsuunaline nihkumine niipea, kui teda vastu detaili suruv jõud saab antud kruvimõõdiku jaoks määratud suuruse. Sellel momendil hakkab tihvti *11* terav ots hüplema mööda kübara *9* hambaid, millega tagataksegi ühesugune mõõtmisjõud.

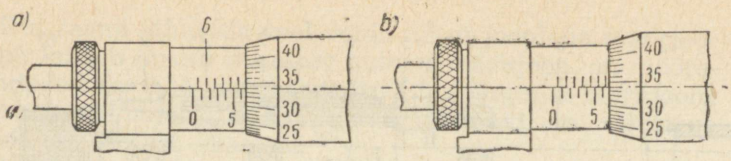
Mutri *4* abil, mis on keeratud puksi *6* vasakpoolsele madalamaks töödeldud osale, võib kruvimõõdiku kinnitada valitud asendis.

Kruvimõõdiku lugemi määramiseks on hülsil *5* pikisuunaline märkjoon, millega perpendikulaarselt asuvate märkjoonte abil on samasse kantud jaotused. Iga märkjoonega tähistatud jaotus võrdub 1 mm.

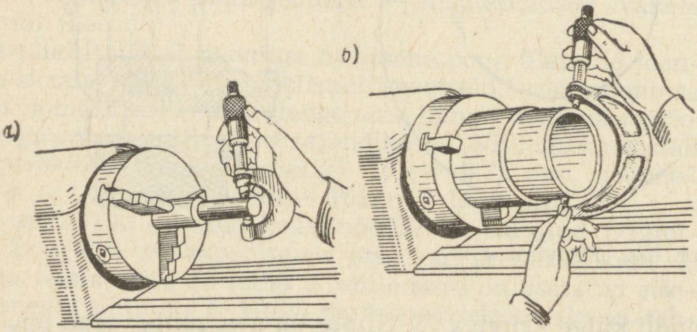
Pikijoonest teisele poole kantud märkjoontele vastab 0,5 mm (joon. 103). Kruvimõõdiku spindli keerme samm on selline, mis ühe täispöördega nihutab spindlit edasi 0,5 mm võrra, s. o. ühe väikese (ülemiste ja alumiste märkjoonte vahelise) jaotuse võrra.

Kruvimõõdiku trumli vasakpoolne ots on kooniline, mille pinnale on kantud 50 jaotust. Kuna üks spindli *3*

[1] Joonisel 102 on need hambad tinglikult pööratud 90° võrra.



Joon. 103. Kruvimõõdiku lugemi määramine.



Joon. 104. Detailide mõõtmine kruvimõõdikuga.

täispööre nihutab teda pikisuunas edasi 0,5 mm võrra, siis nihutab trumli pööramine ühe tema koonilisele otsale kantud jaotuse võrra spindlit pikisuunas edasi

$$\frac{0{,}5}{50} = \frac{1}{100} \text{ mm.}$$

Kui kruvimõõdiku spindel on viidud vastu kanda, langeb trumli ots kokku hülsile kantud skaala nulljoonega, trumli nulljoon aga pikisuunalise märkjoonega. Pärast trumli pööramist ühe täispöörde võrra on kruvimõõdiku mõõtepindade vahe 0,5 mm. Peale järgmist täispööret on kanna ja spindli vahe 1 mm.

Kui trumli ots ületab veidi skaala mingit alumist jaotust, kuid ei ulatu veel järgmise ülemise märkjooneni, mis tähistab pooli millimeetreid, ja peatub selles asendis, siis näitab sellel momendil hülsi pikisuunalise märkjoonega kokkulangev trumli märkjoon, mitu sajandikku millimeetrit läbis kruvimõõdiku spindel üle täismillimeetrite.

Joonisel 103, *a* kujutatud trumli asendi puhul näitab kruvimõõdik 6,34 mm. Kui trumlit pöörata veel ühe täis-

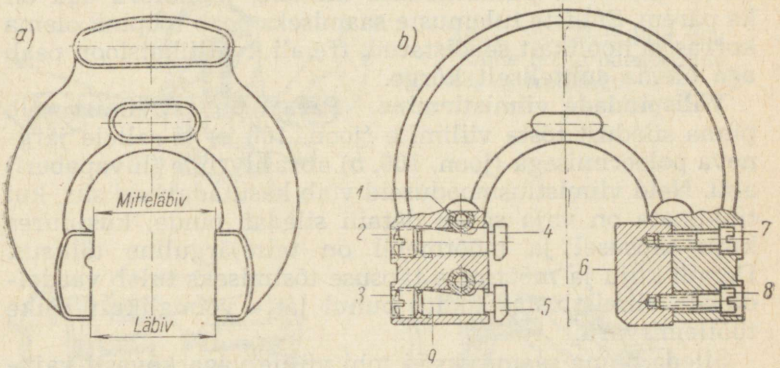
pöörde võrra, siis satub hülsi pikisuunalise märkjoone kohta samuti trumli skaala 34. märkjoon. Kuid trumli serv on nüüd juba ületanud hülsi skaala ülemise märkjoone (joon. 103, *b*) ja kruvimõõdik näitab 6,84 mm.

Joonisel 102 kujutatud kruvimõõdikut kasutatakse mõõtmiseks piirides 0 . . . 25 mm. Kuid kruvimõõdikuid valmistatakse samuti mõõtmispiirkondadega 25 . . . 50 mm, 50 . . . 75 mm jne. kuni 1600 mm. Suurte läbimõõtude mõõtmiseks kasutatavad kruvimõõdikud erinevad vaadeldust mõõtmete ja looga konstruktsiooni poolest.

Toodud kruvimõõdiku ehituskirjeldusest nähtub, et lugemi täpsus on 0,01 mm. Hinnates silmaga trumli skaala märkjoonte vahet, võib lugemi täpsust tõsta kuni 0,005 millimeetrini. Arvestades aga ka vältimatuid vigu, mis tekivad kruvimõõdiku mitte täiesti õigest asendist mõõtmisel ja teistest põhjustest, tuleb kruvimõõdiku mõõtevigu lugeda piires ± 0,01 mm.

Väikeste detailide mõõtmisel asetseb kruvimõõdik paremas käes (joon. 104, *a*). Neljanda ja viienda sõrmega surutakse kruvimõõdik vastu peopesa, pöidla ja teise sõrmega keeratakse aga trumlit või käristi pead. Mõõtes suhteliselt suurte mõõtmetega detaile, hoitakse kruvimõõdikut kanna juurest vasaku käega (joon. 104, *b*), paremaga aga toetatakse teda, pöörates sama käe näppudega trumlit või käristit.

Vahetatavuse tingimustes (seeria- ja masstootmises) valmistatud detailide läbimõõte kontrollitakse hark-piirkaliibritega (joon. 105). Joonisel 105, *a* kujutatud



Joon. 105. Hark-piirkaliibrid.

harkkaliibri esimesed mõõtepinnad vastavad detaili kontrollitava pinna suurimale, tagumised väikseimale lubatud läbimõõdule.

Reguleeritava hark-piirkaliibri (joon. 105, *b*) mõõtetihvtid *4* ja *5* seatakse vajalikku mõõtu kruvide *2* ja *3* abil ning kinnitatakse kruvidega *1*. Kere külge kruvidega *7* ja *8* kinnitatud mõõtepaki *6* asend on püsiv. Mõõtepindade *5* ja *6* vahe vastab mõõdetava detaili suurimale, pindade *4* ja *6* vahe — väikseimale piirläbimõõdule.

Olenemata hark-piirkaliibri konstruktsioonist peavad tema detaili suurima piirmõõtme järgi seatud mõõtepinnad minema üle kontrollitava detaili isegi siis, kui sellel on suurim piirmõõde. Need mõõtepinnad moodustavad harkkaliibri läbiva osa, mida tähistatakse tähtedega ПР. Mõõtepinnad, mis on seatud väikseima piirmõõtme järgi, ei tohi minna üle detaili isegi siis, kui viimasel on kõige väiksem mõõde. Need mõõtepinnad moodustavad harkkaliibri mitteläbiva osa, mida tähistatakse tähtedega НЕ.

Detailide kontrollimisel harkkaliibriga ei tohi kasutada suurt jõudu. Läbiv osa peab minema üle detaili ainult harkkaliibri oma kaalu mõjul.

Märgime, et detailide puhastöötlemisel, samuti kui musttöötlemiselgi, saab vähendada mõõtmiste arvu, aga järelikult ka töötlemise aega, kasutades supordi käigukruvide limbisid.

Puhastreimisega saadud pindade mõõtmete täpsus ja karedus. Puhastöötlemisel saadavad mõõtmed on 2a . . . 3a täpsusklasside piires, mõnikord aga ka täpsemad. Karedus vastab 5. . . . 6. pinnasileduse klassile, mõnikord aga on ka parem. Selliste tulemuste saamiseks peab tööpink olema korras ja hoolikalt seadistatud, treiali kvalifikatsioon peab aga olema suhteliselt kõrge.

Välispindade viimistlemine. Pärast puhastreimist võib pinna siledust tõsta viilimise (joon. 106, *a*) ja sellele järgneva poleerimisega (joon. 106, *b*) abrasiivriide (liivapaberi) abil. Neid viimistlusmooduseid võib kasutada vaid siis, kui tingimata on vaja saada detaili siledat pinda, kusjuures kuju täpsusel ja mõõtmetel on teisejärguline tähtsus. Detaili kuju ja mõõtmete täpsuse tõstmiseks tuleb vaadeldavate viimistlusmeetodite puhul jätta võimalikult väike töötlemisvaru.

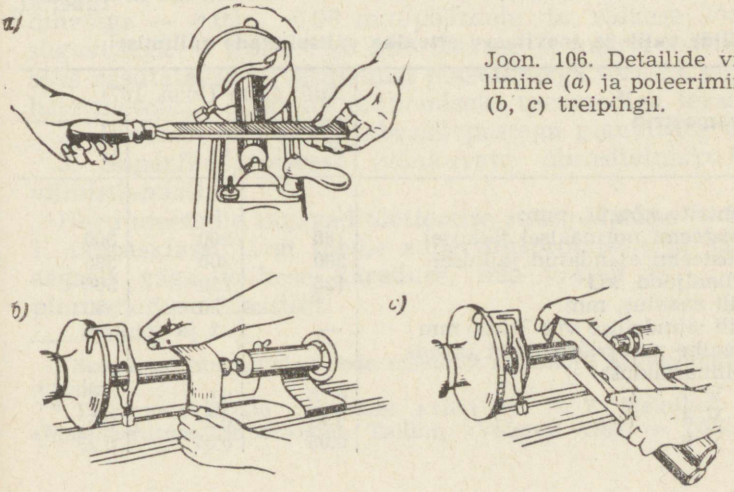
Sileda pinna saamiseks ei tohi viilile väga kõvasti vajutada. Vastasel juhul jäävad viili poolt eraldatavad laastud

kinni tema raidesse ja kraabivad detaili pinda. Väga kasulik on viil üle hõõruda kriidiga ja puhastada teda võimalikult sagedamini terasharjaga.

Viilimise suureks puuduseks on sellega seotud töölise käte vigastamise oht (kaasavedaja otsa, kaasaveopadruni, detaili väljaulatuvate osade jms. poolt). Seepärast peab, kui viilitakse tsentritel, tingimata kasutama kinnist kaasaveopadrunit. Viili käepide tuleb hoida vasakus käes, viili vaba otsa suruda aga detaili vastu parema käega.

Viimistletakse abrasiivriidest lindi abil, mida surutakse pöörleva detaili vastu kätega ja liigutatakse aeglaselt edasi-tagasi. Terasdetaili viimistlemisel on kasulik nende pind katta õhukese õlikihiga. Hoolikalt tuleb jälgida seda, et lint ei mähkuks detaili ümber, kuna siis võib treial käsi vigastada. Parem on kasutada niinimetatud kaelust (joon. 106, *c*), mis haarab detaili ja surub lindi tihedalt tema pinna vastu.

Viilitakse ja viimistletakse kiiresti pöörlevat detaili, mis mõnikord tunduvalt kuumeneb, eriti kui kasutatakse kaelust. Seepärast tuleb tingimata hoolikalt jälgida, et ei surutaks kinni tagumist tsentrit. Viimast tuleb pidevalt määrida ja aeg-ajalt kontrollida, kui tihedalt ta on kinni surutud. Käsitsi viimistlemisel pole mingit vajadust tsentreid liiga tugevasti kokku suruda. Kirjeldatud meetoditega võib saada pinna 7. ... 9. pinnasileduse klassi järgi.



Joon. 106. Detailide viilimine (*a*) ja poleerimine (*b*, *c*) treipingil.

Välispindade palju tootlikumaks puhastöötlemise meetodiks, võrreldes kirjeldatutega, on nende rullimine rullide või kuulidega. Rull (või kuul) pöörleb treipingi terahoidjasse kinnitatud pidemes. Viimane surutakse väikese pöörete arvuga pöörleva detaili pinna vastu ja nihutatakse pikiettenihkega edasi, millega saadakse detaili nõutava siledusega pind.

Rullimisele kuuluv pind peab olema töödeldud 4. ... 7. pinnasileduse klassi järgi. Rullimisega tõuseb siledus 2 ... 3 klassi võrra ja võidakse saada 7. ... 9., eriti hoolikal rullimisel aga 10. silediusklassi kuuluv pind. Töötlemisel saadud täpsus säilib, mõnel juhul isegi veidi suureneb.

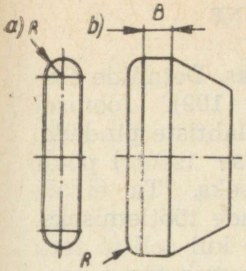
Joonisel 107 on näidatud rullimisel kasutatavate rullide konstruktsioon. Joonisel 107, *a* esitatud konstruktsiooni kasutatakse töötamisel väikeste ettenihetega eriti sileda pinna saamiseks. Teist konstruktsiooni (joon. 107, *b*) soovitatakse suurematele tööpinkidele töötamisel suurte ettenihetega. See konstruktsioon tagab suurema tootlikkuse. Konstruktsiooni puuduseks on tööpingile ülesseadmise keerukus, mille juures tuleb tingimata tagada vöö *B* ja töödeldava silindrilise pinna moodustaja range paralleelsus.

Tabelis 31 on toodud mõningaid soovitusi ülaltoodud konstruktsiooniga rullide kasutamiseks.

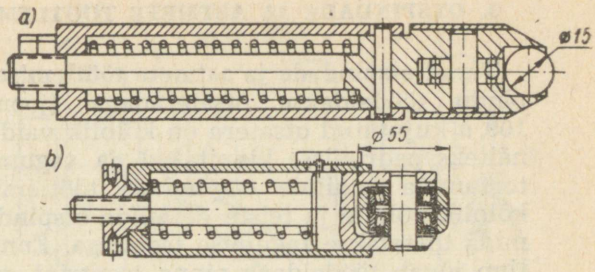
Tabel 31

Rullide valik ja soovitatav ettenihe välispindade rullimisel

Parameetrid	Rulli tüüp (joon. 107)		
	a	*b*	
Tsentrite kõrgus, mm:			
süsteemi normaalsel jäikusel	160	200	300
süsteemi alandatud jäikusel	200	300	500
Radiaaljõud, kG	125	250	500
Rulli raadius, mm	7,5	30	50
Rulli silindrilise vöö laius, mm	—	2 ja rohkem	
Ettenihe mm/pöördele, et tagada pinnasiledust			
▽ 7	0,25	0,6	0,8
▽ 8	0,15	0,2	0,5
▽ 9	0,05	0,07	0,35



Joon. 107. Rullimisel kasutatavate rullide konstruktsioonid.



Joon. 108. Kuuliga (*a*) ja rulliga (*b*) tareeritud vedruga pidemed.

Joonisel 108 on esitatud rullide ja kuulidega rullimise tareeritud vedrudega pidemete konstruktsioonid, mis kindlustavad püsiva radiaaljõu.

Seega võib silindrilist pinda rullimisega mitte ainult puhtalt töödelda, vaid ka viimistleda, samaaegselt teda tugevdades ja tõstes pinnakihi kõvadust 15 ... 25% võrra.

Silindrilisi välispindu võib treipinkidel viimistleda veel järgmiste meetoditega.

1. Peentreimist võib kasutada süsteemi tööpink-tööriist-detail suure jäikuse korral. Peentreimine viiakse läbi suurte lõikekiirustega — kuni 300 m/min terase ja malmi töötlemisel ja kuni 500 m/min, aga mõnikord ka rohkem, värviliste metallide sulamite töötlemisel; väikeste ettenihetega — 0,02 ... 0,08 mm/pöördele ja väikese lõikesügavusega — 0,05 ... 0,3 mm. Terase ja malmi töötlemiseks kasutatakse kõvasulamist plaadikesega terasid, värviliste metallide sulamite töötlemiseks teemandiga terasid[1].
2. Pindade plankimist abrasiivpastaga plankurite abil.
3. Superfinišprotsessi (võnkuvate abrasiivluiskudega viimistlemist).

Need meetodid tagavad töötlemise suure täpsuse — 2. ja 1. täpsusklassi järgi (peale superfinišprotsessi) ja samaaegselt väga väikese kareduse, mis vastab 10. ... 13. pinnasileduse klassile[2].

---

[1] Seepärast nimetatakse seda meetodit mõnikord ka teemanttreimiseks.

[2] Täpsemalt nende meetodite kohta vt. N. F. Melnikov j. t. «Masinaehituse tehnoloogia». Tallinn, «Valgus», 1967. — *Tõlk.*

Terad otspindade ja astmete töötlemiseks. Detailide otspindu töödeldakse otsateradega (joon. 109). Joonisel 109, *a* kujutatud otsatera on kõlblik vaid lahtiste pindade, näiteks padrunisse kinnitatud ja tagumise tsentri poolt toetamata detailide otspindade töötlemiseks. Ta ei ole kõlblik võllide ja teiste detailide otspindade töötlemiseks, mida toetatakse tagumise tsentriga. Enne kui sellise tera tipp jõuab töödeldava pinna tsentrini, puutub tema pealõikeserva parempoolne ots vastu tsentrit. Siin ei aita ka pooltsentri kasutamine (joon. 48, *b*). Vaadeldava tera eeliseks on tema pea massiivsus, mis neelab hästi lõikesoojust.

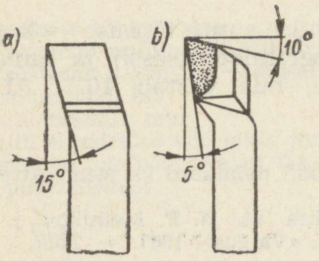
Tagumise tsentri poolt toetamata detailide tagumise tsenterpuki poole pööratud otspindu võib treida välistreimise või puhastreimise teradega, asetades nad terahoidjasse paralleelselt treipingi tsentrite joonega.

Joonisel 109, *b* kujutatud otsateraga võib töödelda tsentritele asetatud võllide ja teiste detailide otspindu, astmeid ja paljusid teisi pindu. Sellise tera puuduseks on, et ta tunduvalt halvemini neelab lõikesoojust.

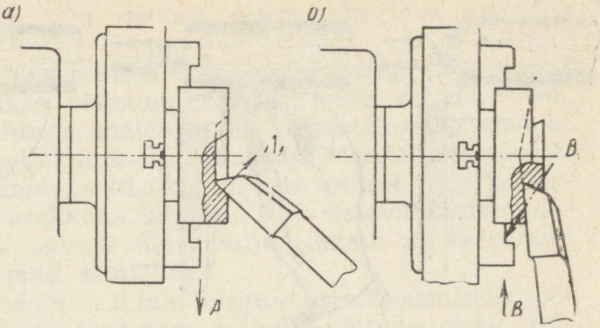
Otsaterad on parem- ja vasakpoolsed. Parempoolseid terasid kasutatakse otspindade töötlemiseks. Tagumise tsenterpuki poole pööratud astmeid töödeldakse parempoolsete, spindli poole pööratud astmeid aga vasakpoolsete teradega.

Otsaterade materjalid ja nurgad. Otsaterade plaadikesed valmistatakse samadest kiirlõiketerastest või kõvasulamitest, mida kasutatakse ka välistreiteradel. Otsaterade esitahk, samuti kui välistreiterade esitahk, võib olla soone ja faasiga, tasapinnaline faasiga ja tasapinnaline.

Peataganurk α on otsateradel 12°. Esinurk valitakse



Joon. 109. Otsaterad.



Joon. 110. Otspindade töötlemine töödeldava detaili tsentrist eemale (*a*) ja tsentri poole (*b*) suunatud ettenihkega.

vastavalt esitahu kujule ja töödeldavale materjalile tabelist 7.

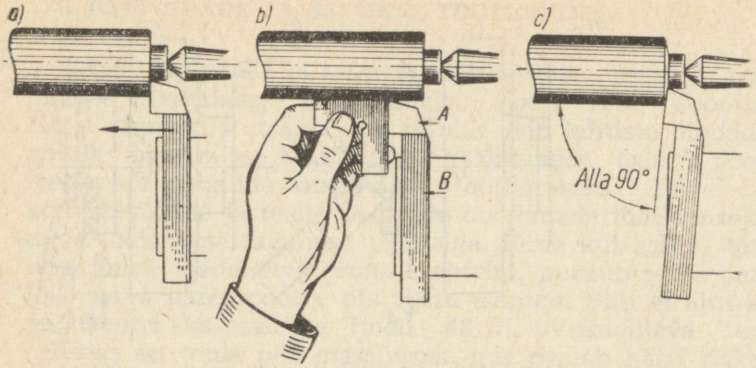
Otsaterade pea- ja abinurkade plaanis väärtused on näidatud joonisel 109.

Ettenihete suunad otspindade töötlemisel. Otspindade treimisel joonisel 109, *b* kujutatud teraga on oluline tähtsus ettenihke suunal.

Kui tera ettenihe on suunatud tsentrist eemale (joon. 110, *a*) noole *A* suunas, siis eemaldub tera lõikejõudude toimel veidi töödeldavast pinnast (noole A_1 suunas). Sealjuures tekkivad puudused pinna töötlemisel kõrvaldatakse puhastreimisel, kui lõikejõud, aga järelikult ka tera eemaldumine on tähtsusetud. Kui aga tera ettenihe on suunatud detaili tsentri poole (joon. 110, *b*), s. o. noole *B* suunas, suruvad lõikejõud tera noole B_1 suunas, seega materjali sisse. Nüüd tekivad töödeldaval pinnal vead, mis puhastöötlemisel ei ole sageli kõrvaldatavad.

Otspinnad, eriti kui neil on suur läbimõõt, tulevad puhastreimisel tera kulumise tõttu nõgusad, kui ettenihke suund on tsentrist välispinna poole, ja kumerad, kui ettenihke suund on vastupidine. Kui töödeldav pind on tugipinnaks, võtab detail ülesseadmisel ja kinnitamisel õige asendi, kui see pind on nõgus, kui aga pind on kumer, siis kaldasendi (vale).

Ülaltoodud reeglitest ettenihke suuna valimisel nii must- kui ka puhastöötlemisel tuleb mõnikord loobuda raskuste tõttu, mis tekivad detaili pikkuse mõõtmisel või



Joon. 111. Otspinna töötlemine tera pikiettenihkega.

kui on vaja määrata töödeldava otspinna asendit detaili teiste pindade suhtes.

Otspindade töötlemise võtted. Väikese läbimõõduga otspindu (10 . . . 12 mm) töödeldakse pikiettenihkega ja tera ühe läbimiga. Tera peab sealjuures olema ülesse seatud nii, et tema lõikeserv moodustaks töödeldava detaili teljega täisnurga (joon. 111, *a*). Ülesseadet kontrollitakse silma järgi või (täpsemalt) nurgiku abil (joon. 111, *b*). Sel juhul kasutatakse välistugiterasid nurgaga $\varphi = 90°$.

Otspinna suure läbimõõdu puhul tekivad lõigendi suure laiuse tõttu vibratsioonid ja töödeldud otspind tuleb suure karedusega. Peale selle pöördub tera ettenihkejõu P_x mõjul joonisel 111, *c* kujutatud asendisse ja otspinna kuju ei tule õige. Suure läbimõõduga otspindu töödeldakse seetõttu tera mitme läbimiga ja ristettenihkega. Sel juhul kasutatakse otsatera. Tera viiakse töödeldava otspinna juurde, sisendatakse veidi (0,3 . . . 0,5 mm) metalli ja töödeldakse otspind väikese ettenihkega (tavaliselt käsitsi), mis on suunatud tsentrist eemale. Korrates seda võtet mitu korda, saab detail õige ja sileda otspinna.

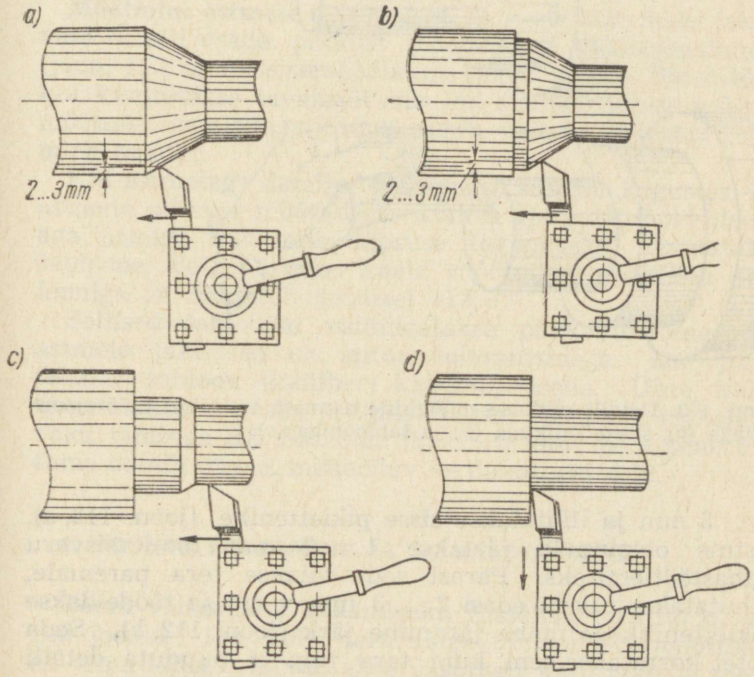
Tsentritele ülesseatud detailide otspinna töötlemisel ei tohi tera viia tugevasti tagumise tsentri vastu, kuna sel juhul võib mureneda tera tipp. Seepärast jäetakse detaili otspinnale metallist silindrike, mis pärast töödeldakse maha meisli või viiliga. Selle lisatöö vältimiseks tuleb detailide otspindade töötlemisel kasutada pooltsentrit, mis

võimaldab viia tera detailis oleva tsentriava koonilise osani.

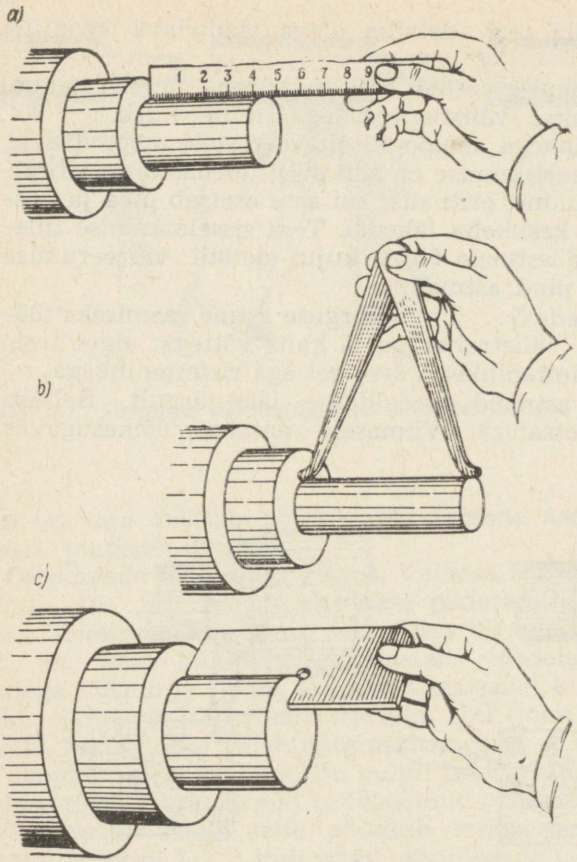
Astmete treimise võtted. Väikese kõrgusega (5 . . . 6 mm) astmeid treitakse välistugiteradega, mille nurk $\varphi = 90°$, väikese ettenihkega analoogiliselt väikestele otspindadele. Peale tera sisselõikumise on siin palju tõenäolisem vibratsioonide tekkimine, eriti siis, kui aste asetseb pika ja peenikese detaili keskkoha lähedal. Tera sisselõikumise tulemusena ei saa astmele õiget kuju, detaili vibreerumise tõttu on aga pind astmeline.

Täpse ja sileda 5 . . . 6 mm kõrguse astme saamiseks töödeldakse seda välistreiteraga ja kahe võttega: algul treitakse aste pikiettenihkega, seejärel aga ristettenihkega.

Kõrgemaid astmeid töödeldakse järk-järgult. Selleks kasutatakse otsatera. Viimasele antakse lõikesügavus



Joon. 112. Suurte ja täpsete astmete treimine.



Joon. 113. Detaili pikkuse mõõtmine astmete treimisel mõõtejoonlauaga (*a*), sisemõõdikuga (*b*) ja šablooniga (*c*).

2 . . . 3 mm ja lülitatakse sisse pikiettenihe (joon. 112, *a*). Astme otspinnale jäetakse 1 . . . 2 mm töötlemisvaru puhastöötlemiseks. Pärast seda viiakse tera paremale, nihutatakse uuesti edasi 2 . . . 3 mm võrra ja töödeldakse pikiettenihkega maha järgmine järk (joon. 112, *b*). Seda võtet korratakse seni, kuni tera tipp ei puuduta detaili välistreimise teraga töödeldud pinda (joon. 112, *c*).

Seejärel nihutatakse tera pikiettenihkega veidi rohkem

vasakule, kui seda tehti eelmiste läbimite ajal ja lõpuks töödeldakse aste puhtalt ristettenihkega, mis on suunatud detaili tsentrist välispinna poole (joon. 112, *d*).

Järkude arv astme töötlemisel võib olla erinev, vastavalt astme kõrgusele, asendile töödeldaval detailil, viimase jäikusele jne. Kui on nõutav, astme pinna eriti hea siledus, viimistletakse aste lõplikult tera mitme läbimiga, kusjuures kasutatakse ristettenihet.

Lõikerežiimid otspindade ja astmete treimisel. Nende tööde puhul on tera teekond tavaliselt lühike, mispärast tera ei jõua kuumeneda sedavõrd, et tekiks tema purunemise oht ülekuumenemisest.

See võimaldab treida otspindu ja astmeid veidi suuremate lõikekiirustega, kui neid kasutatakse pikitreimisel.

Lõikekiiruste valimisel astmete ja otspindade töötlemiseks võib kasutada tabeleid 13, 17 ja 22, korrutades tabelites toodud lõikekiirusi teguriga 1,2.

Mõõtmine astmete töötlemisel. Astmete lõikamisel tekkivate detaili osade pikkust mõõdetakse mõõtejoonlauaga (joon. 113, *a*) või sisemõõdikuga (joon. 113, *b*). Sisemõõdikut kasutatakse tavaliselt siis, kui astme pikkuse vahetut mõõtmist joonlauaga midagi segab, näiteks treipingi tagumine tsenter.

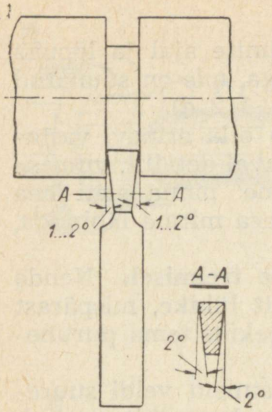
Kui astmetega detaile töödeldakse suurtes kogustes, siis astmete pikkuse mõõtmiseks kuluva aja kokkuhoidmiseks, aga samuti mõõtmise täpsuse tagamiseks kasutatakse šabloone. Võlli äärmise kaela mõõtmine lihtsaima šablooniga on näidatud joonisel 113, *c*.

Sellised šabloonid valmistatakse piirkaliibritena, kui astmete pikkused on antud tolerantsidega. Sel juhul tehakse šabloon (kaliiber) kaheküljelisena. Ühte külge nimetatakse läbivaks ja tähistatakse ПР, teist mitteläbivaks, tähisega НЕ. Šablooni (kaliibri) läbiv pool peab toetuma detaili otsale, mitteläbiv — detaili astmele.

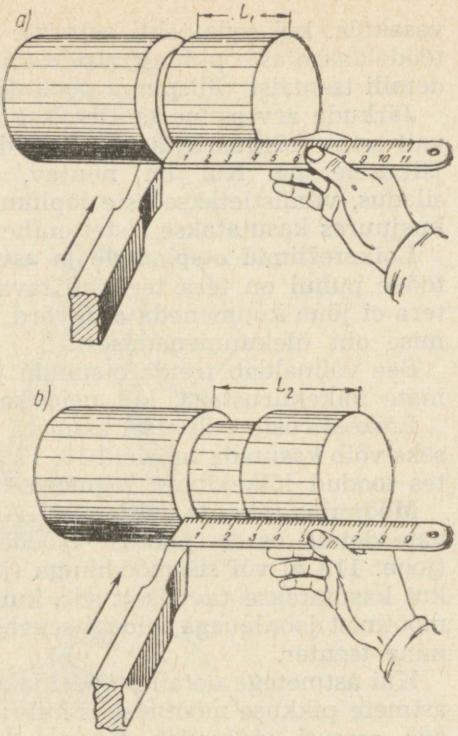
4. SOONTE LÕIKAMINE JA MAHALÕIKAMINE

Terad välissoonte lõikamiseks. Sisselõiketera on näidatud joonisel 114. Selle tera kõige tähtsamaks mõõtmeks on tema laius, mis valitakse vastavalt kasutatavale soone töötlemise meetodile.

Kui soont lõigatakse tera ühe läbimiga, valitakse tera



Joon. 114. Sisselõiketera välissoonte jaoks.



Joon. 115. Soone lõikamine ühe (*a*) ja mitme läbimiga (*b*).

laius võrdne soone laiusega. Kui soont töödeldakse tera kahe läbimiga, võetakse tera laius veidi suurem soone poolest laiusest jne. Tera tööosa pikkus peab olema veidi suurem (2 . . . 3 mm võrra) soone sügavusest. Sisselõiketerade taganurk on 12°, abitaganurgad ligikaudu 2°, esinurk valitakse nii nagu välistreiteradel (vt. lk. 129), vastavalt tera ja töödeldava detaili materjalidele. Abinurgad plaanis on 1 . . . 2°. Mida sügavam on lõigatav soon, seda suuremad peavad olema need nurgad.

Soonte lõikamise võtted. Sooni lõigatakse tera ühe või mitme läbimiga.

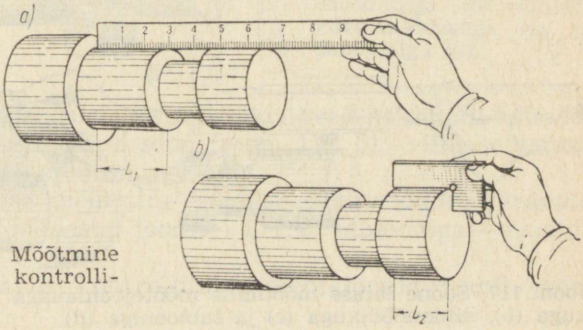
Laia soone lõikamist ühe läbimiga takistab detaili vibreerimine. Seepärast kasutatakse seda moodust kuni 5 mm laiuste soonte lõikamiseks väikese jäikusega (peenikesed ja pikad) detailidesse. Jäigematesse detailidesse (lühemad ja suure läbimõõduga) lõigatakse ühe läbimiga kuni 10 mm

laiusi sooni, väga jäikadesse aga sooni lausega isegi kuni 20 mm. Tera ülesseadmist mõõtejoonlaua abil soone lõikamiseks, mis asub detaili otspinnast kaugusel L_1, näidatakse joonisel 115, *a*.

Väikese täpsusega (laiuse ja asendi osas) laiade soonte puhul seatakse tera esimeseks läbimiks ülesse nii, nagu näidatud joonisel 115, *a*, s. o. nii, et kaugus soone parempoolsest seinast detaili otspinnani saadakse kohe. Soone sügavus pärast esimest läbimit peab olema nõutavast väiksem 0,5 ... 1 mm võrra. Samasuguse töötlemisvaru soone põhja puhastöötlemiseks tuleb jätta ka kõigi järgnevate ristsuunaliste läbimite ajal.

Viimase läbimi ajal kontrollitakse tera ülesseadmist detaili otspinna suhtes (kaugus L_2) mõõtejoonlaua abil nii, nagu näidatud joonisel 115, *b*. Selle läbimi ajal antakse tera ette niipalju, et soone sügavus tuleks võrdne nõutavaga. Lõpetanud tera ristettenihke ja nihutades teda pikiettenihkega vasakult paremale, töödeldakse puhtalt soone põhi.

Lõigates mitme läbimiga täpseid (laiuse ja asendi suhtes) sooni, tuleb jätta esimese läbimi ajal (joon. 115, *a*) soone parempoolsele servale 0,5 ... 1,0 mm suurune töötlemisvaru puhastöötlemiseks. Samasugune töötlemisvaru tuleb jätta ka soone vasakpoolsele servale. Servad töödeldakse puhtalt sooneteraga ja ristettenihkega (detaili tsentri suunas), kusjuures esimesena töödeldakse see serv, mille järgi on antud soone asukohta määrav mõõde. Olgu soone lõikamisel (joon. 116, *a*) vaja tingimata kinni pidada näiteks mõõtmest L_1. Siis töödeldakse soone vasak serv esimesena,



Joon. 116. Mõõtmine soonte asendi kontrollimisel.

kusjuures jälgitakse (näiteks joonlauaga) mõõdet L_1. Kui soone asend oleks määratud mõõtmega L_2 (joon. 116, *b*), siis tuleks töödelda esimesena parem serv, kontrollides mõõdet L_2 näiteks šablooniga.

Mõnikord töödeldakse soonte seinu puhtalt otsateradega (parem- ja vasakpoolsetega), kasutades samu võtteid, mida astmete treimiselgi.

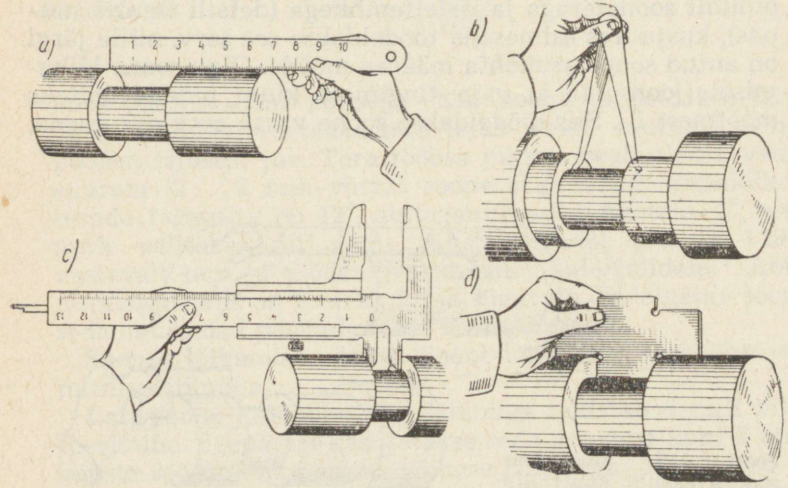
Mõnedel juhtudel töödeldakse soonte seinu puhtalt sisselõiketeradega, mille laius võrdub soone laiusega. Sellisel juhul on oluline seada tera üles selliselt, et soone asend oleks õige.

Täpsete (laiuse suhtes) soonte põhjade puhastöötlemine toimub samuti, nagu ülalkirjeldatud mittetäpsete soonte põhjade töötlemine.

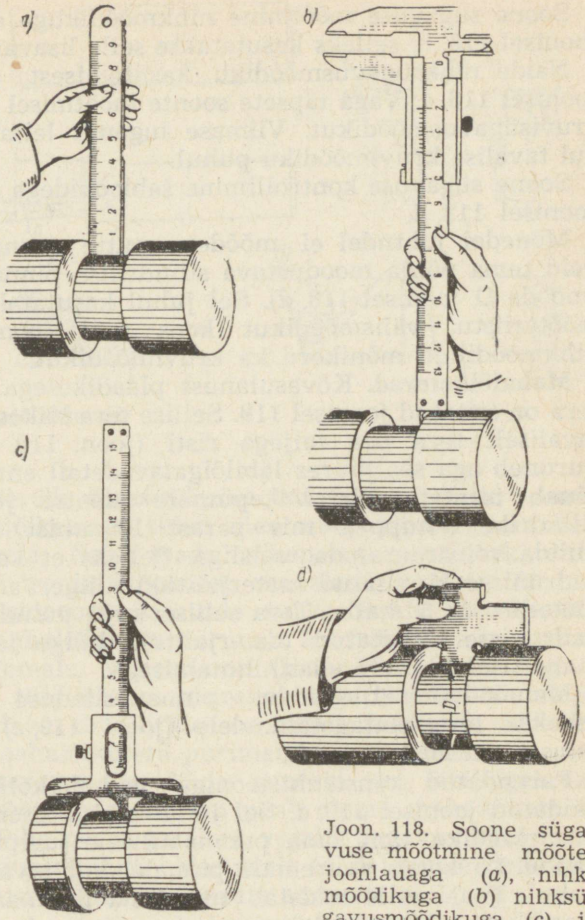
Lõikerežiimid soonte lõikamisel. Ettenihe soonte lõikamisel toimub tavaliselt käsitsi. Ristettenihe peab olema väike — alates 0,05 mm/pöördele tera laiusel 2 mm kuni 0,20 mm/pöördele, kui tera laius on ligikaudu 10 mm.

Lõikekiirus soonte lõikamisel peab olema väike.

Soonte laiuse ja sügavuse mõõtmine. Soone laiust mõõdetakse mõõtejoonlauaga (joon. 117, *a*) ainult siis, kui soone kujule ei esitata täpsuse suhtes suuri nõudeid. Sisemõõdiku (joon. 117, *b*) abil võib kontrollida ka soone



Joon. 117. Soone laiuse mõõtmine mõõtejoonlauaga (*a*), sisemõõdikuga (*b*), nihkmõõdikuga (*c*) ja šablooniga (*d*).



Joon. 118. Soone sügavuse mõõtmine mõõtejoonlauaga (*a*), nihkmõõdikuga (*b*) nihksügavusmõõdikuga (*c*) ja šablooniga (*d*).

servade paralleelsust. Ilmselt takistavad ka detaili astmed, kui nende vahel asub soon (joon. 117, *b*), viimase laiuse mõõtmist mõõtejoonlauaga.

Soone laiuse mõõtmine tavalise nihkmõõdiku teravate harudega on näidatud joonisel 117, *c*, šablooniga — joonisel 117, *d*.

Soone sügavust kontrollitakse mõõtejoonlaua abil (joon. 118, *a*).

Soone sügavuse mõõtmine nihkmõõdikuga on näidatud joonisel 118, *b*; selleks kasutatakse selle lisavarba.

Näide nihksügavusmõõdiku kasutamisest on esitatud joonisel 118, *c*. Väga täpsete soonte mõõtmisel kasutatakse kruvisügavusmõõdikut. Viimase lugemit leitakse samuti, kui tavalise kruvimõõdiku puhul.

Soone sügavuse kontrollimine šabloonidega on näidatud joonisel 118, *d*.

Mõnedel juhtudel ei mõõdeta mitte soone sügavust, vaid tema põhja moodustava silindrilise pinna läbimõõtu (mõõde *D* joonisel 118, *d*). Sel juhul kasutatakse järgmisi mõõteriistu: välismõõdikut koos mõõtejoonlauaga või nihkmõõdikut, mõnikord ka kruvimõõdikut.

Mahalõiketerad. Kõvasulamist plaadikesega mahalõiketera on esitatud joonisel 119. Sellise tera lõikeserv tehakse tavaliselt tera pea teljega risti (joon. 119, *a*). Paraku puruneb aga sealjuures läbilõigatav detail enne, kui tera jõuab tsentrini, ja lõikepinnale tsentri juurde jääb silindrike («nupp»), mis pärast lõikamist tuleb maha viilida või ära raiuda meisliga. Selleks et «nupp» jääks padrunisse kinnitatud materjalitüki külge, antakse tera lõikeservale 5° kalle. Tera sellise kuju puhul jääb nupp padrunisse kinnitatud materjalitüki külge ja teda võib maha töödelda tera edasinihutamisega.

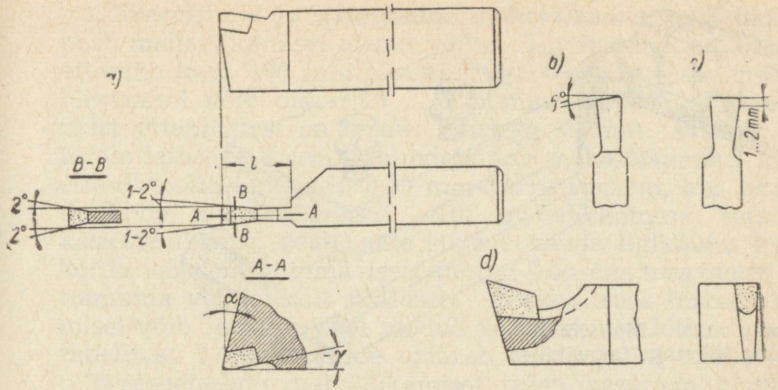
Mahalõikamisel saadava pinna sileduse tõstmiseks tehakse tera abitagatahkudele (joon. 119, *c*) 1 ... 2 mm laiused faasid.

Parandatud konstruktsiooniga mahalõiketera pea on näidatud joonisel 119, *d*. Sel juhul toetub metallkeraamiline plaadike, tänu oma prismaatilisele tugipinnale, ligikaudu 1,5 korda suuremale pinnale, kui tavaliste terade puhul. Peale selle takistab tugipinna prismaatiline kuju plaadikese nihkumist külgjõudude mõjul, mis tekivad tera töötamise protsessis. Peab märkima samuti, et samal ajal kui tavalise mahalõiketera (joon. 119, *a*) tööosa laius *l* ei ületa tavaliselt 40 mm, ulatub joonisel 119, *d* kujutatud teral sama laius kuni 75 mm.

Mahalõiketerade abinurgad plaanis on 1 ... 2°, taganurk 12°, abitaganurgad ligikaudu 2°.

Nende terade peade kõik ülejäänud nurgad ja elemendid võib valida sellistena, nagu nad esinevad välistreiteradel.

Mahalõiketerade materjaliks on kiirlõiketeras ja kõvasulamid.



Joon. 119. Mahalõiketerad.

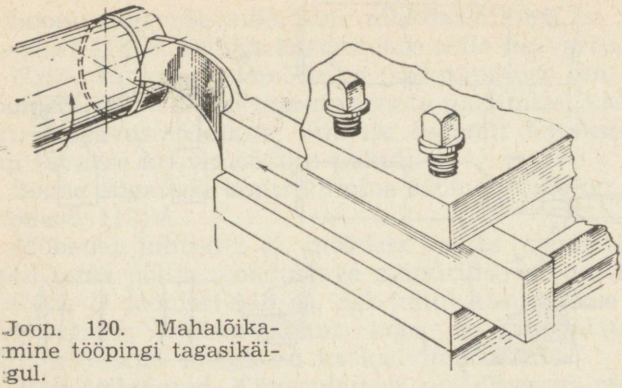
Mahalõiketerade ülesseadmine treipingi tsentrite joone suhtes. Mahalõiketerad tuleb üles seada täpselt tsentrite joone kõrgusele. Nagu teada, väheneb tera esinurk tera ülesseadmisel tsentrite joonest madalamale (joon. 88, *c*), samaaegselt suureneb laastude surve terale ja väikese tugevusega mahalõiketera puruneb. Asetades tera tsentrite joonest kõrgemale, vähendame (joon. 88, a) tema taganurka, mille tulemusena suureneb tagatahu hõõrdumine vastu töödeldavat detaili. See on sageli omakorda väikese tugevusega mahalõiketera purunemise põhjuseks.

Mahalõiketera valik. Mida suurem on läbilõigatava detaili läbimõõt, seda suurem peab olema mahalõiketera pea pikkus. Pika peaga teral on vajalik tugevus vaid tera küllaldase laiuse puhul. Vastavalt töödeldavale detailile võib tera laiust valida järgnevate andmete abil.

Detaili läbimõõt, mm kuni	30	30...40	40...60	60...100
Tera laius, mm	3	3...4	4...5	5...8

Mahalõiketööde võtted. Detail, millest osa tuleb maha lõigata, või varbmaterjal, mille otsast tuleb maha lõigata toode, kinnitatakse padrunisse ja toetatakse võimaluse korral tagumise tsentriga. Tsentrite vahele kinnitatud detaili puhul maha ei tohi lõigata; see toob alati kaasa mahalõiketera purunemise, mõnikord aga ka õnnetusjuhtumi.

Mahalõiketera kinnitamisel tuleb tingimata eriti hooli-



Joon. 120. Mahalõikamine tööpingi tagasikäigul.

kalt jälgida seda, et kogu tema aluspind toetuks tihedalt vastu terahoidja tugipinda. Vastupidisel juhul tera väriseb töö ajal tugevasti ja murdub kergesti.

Paljudel juhtudel saab vibratsioone vältida, kasutades joonisel 120 kujutatud tera ja treipingi tagasikäiku.

Maha tuleb lõigata padruni pakkidele võimalikult lähemal.

Kui detaili ristlõige ei ole ümmargune, lõikab tera töö algul laastu ainult mingisugusel ühel, «kõrgemal» kohal. Pärast seda, kui tera väljub metallist, nihkub ta veidi edasi (supordi tühikäigu, lõigatava detaili mõningase läbipaindumise jms. tõttu). Kui sellele edasiliikumisele lisatakse veel ettenihe, võib «kõrgemalt» kohalt eraldatava järgmise laastu paksus osutuda sedavõrd suureks, et tera murdub. Selle vältimiseks peab tera ettenihe seni, kuni ta hakkab lõikama pidevat laastu, olema võimalikult väike.

Tera edasine ettenihe peab olema pidev ja ühtlane. Tingimata tuleb vältida ettenihke katkestamist enne tera töö lõppemist, kuna ta siis, tingituna libisemisest vastu töödeldud pinda, nürineb.

Kui millegipärast on vaja katkestada ettenihet, tuleb tera aeglaselt viia veidi tagasi.

Lõigatava detaili tsentrini ei tohi tera ette anda. Niipea kui detaili padrunisse kinnitatud ja mahalõigatava osa vahele jääb vaid väike ühendus, mis võib kergesti murduda, tuleb tera eemaldada, tööpink peatada ja mahalõigatav osa ära murda. Pärast seda võib tööpingi uuesti käivitada ja puhastada padrunisse kinnitatud osa otspinna.

Lõikerežiimid ja jahutamine mahalõikamisel. Ettenihe peab mahalõikamisel olema väike. Ligikaudne automaatettenihe kuni 100 mm läbimõõduga terasdetailide mahalõikamisel võib olla 0,10 ... 0,25 mm/pöördele. Väikseim neist ettenihetest on terale laiusega 3 mm, suurim — terale laiusega 8 mm. Malmdetailide mahalõikamisel võib ettenihe olla ligikaudu 0,05 mm võrra suurem, kui terasdetailide mahalõikamisel. Kui mahalõikamine toimub käsiettenihkega, peab selle suurus olema ligikaudu kaks korda väiksem automaatsest (antud laiusega tera jaoks) ja toimuma võimalikult ühtlaselt. Lõikekiiruse mahalõikamisel võib leida eespool toodud välistreimise lõikekiiruste tabelitest. Lõikesügavuse määrab antud juhul tera laius.

Terasdetailide mahalõikamisel tuleb kasutada kõrgete määrdeomadustega jahutusvedelikku (sulfofresooli, taimeõli). Malmdetailide mahalõikamine toimub kuivalt.

Mõõtmine mahalõikamisel. Tooriku või etteantud pikkusega detaili mahalõikamisel tuleb tera ülesse seada nii, nagu näidatud joonisel 115, *a*.

Pärast seda, kui tera on eraldanud esimese laastu, tuleb tööpink peatada ja kontrollida mahalõigatava detaili saadavat pikkust etteantud pikkusega.

II peatükk. SILINDRILISTE AVADE TÖÖTLEMINE

1. AVADE PUURIMINE, ÜLEPUURIMINE JA AVARDAMINE

Avade puurimine. Vajalikud avad töödeldakse toorikutesse treipinkidel puuridega. Kõige tarvitatavam tööriist avade töötlemiseks lausmaterjalisse on spiraalpuur.

Spiraalpuurid. Puuri tööosasse kogu selle pikkuses (joon. 121, *a*) on tehtud kaks kruvisoont. Soonte vahele jäävat materjaliosa nimetatakse puuri südamikuks.

Kruvisoonte esitahud (joon. 121, *b*) lõikudes puuri kukalpindadega, moodustavad lõikeservad. Puuri soone esitahk läheb ülevalpool nagu tagasi, mille tõttu moodustub esinurk γ. Selle nurga suurus muutub, kuna esitahk läheb rohkem tagasi nendes lõikeserva punktides, mis asuvad puuri külgpinnale lähemal, ja vähem nendes punktides, mis on teljele lähemad. Standardsetel puuridel läbimõõduga 10 mm ja rohkem on esinurk puuri külgpinna juures 30°, puuri tsentri juures väheneb aga 1 ... 4°-ni. Puuri külgpinna taganurk α võrdub 8 ... 14°, suurenedes järkjärgult 20 ... 26°-ni puuri telje lähedal. Suuremad nurga α toodud väärtustest kuuluvad väiksemate, väiksemad aga suuremate läbimõõtudega puuridele.

Nurka *A* puuri lõikeservade vahel nimetatakse tipunurgaks. Terase töötlemiseks kasutatavate puuride puhul on tipunurk 116 ... 118°, malmi ja kõva pronksi töötlemisel 90 ... 100°, messingi, duralumiiniumi ja silumiini töötlemisel 140°. Kui puur on määratud erinevate materjalide töötlemiseks, on tema tipunurk 116 ... 118°.

Spiraalpuuri sideserv ei lõika, vaid kraabib materjali. Mida suurem on puuri läbimõõt, seda pikem on sideserv ja järelikult seda halvemad on puuri töötingimused. Selle

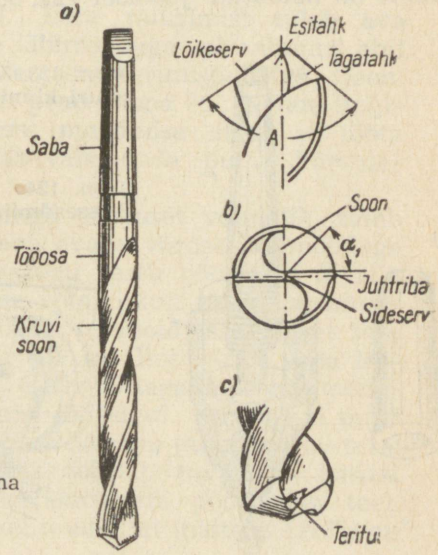
tõttu vähendatakse suure läbimõõduga puuridel sideserva pikkust, teritades teda kahelt küljelt puuri südamiku suunas (joon. 121, *c*). Puuri sideserva tõusunurk α_1 peab puuri õige teritamise puhul olema ligikaudu 55°.

Puuri lõikeservad peavad olema sirgjoonelised, ühesuguse pikkusega ja asetsema võrdsete nurkade all puuri telje suhtes. Kui need tingimused ei ole täidetud, kaldub puur tööprotsessis kõrvale, puuritud ava läbimõõt tuleb aga suurem puuri läbimõõdust.

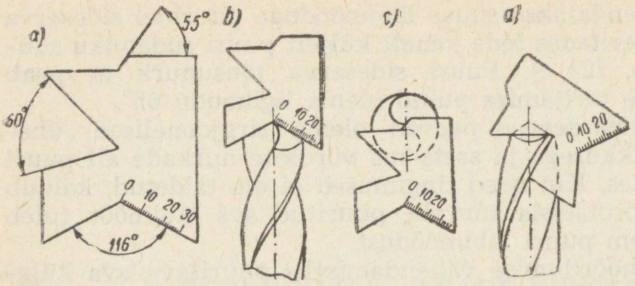
Puuri hõõrdumise vähendamiseks puuritava ava külgseina vastu on puuri tööosa välispinnalt osa materjali maha töödeldud, nii et moodustub juhtriba (joon. 121, *b*). Samal eesmärgil tehakse läbimõõt puuri tipu juures veidi suurem, kui saba juures. Läbimõõdu vähenemine on tühine (kõigest 0,04 ... 0,10 mm puuri pikkuse 100 mm kohta) ja esineb vaid juhtpinna paksuse arvel, mistõttu puuri tööosa kulumine töödeldava ava läbimõõtu ei mõjuta.

Puuri saba (joon. 121, *a*) on määratud spiraalpuuri kinnitamiseks ja võib olla kooniline või silindriline.

Spiraalpuure valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У12А või kiirlõiketerasest. Samuti kasutatakse metallkeraamiliste plaadikestega varustatud puure.



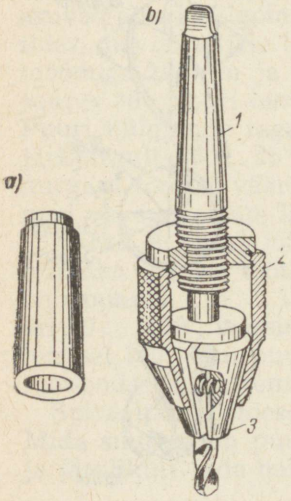
Joon. 121. Spiraalpuur ja tema elemendid.



Joon. 122. Sabloon puuri teritamise kontrollimiseks ja tema kasutamine.

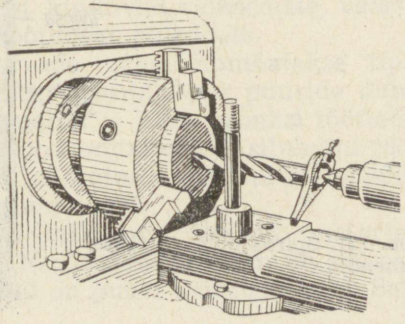
Puuride teritamine. Hästi organiseeritud tehastes teritavad spiraalpuure teritustöölised spetsiaalpinkidel. Kui puuri teritab treial ise, peab ta hoolikalt jälgima, et oleks täidetud ülalnimetatud nõuded puuri lõikeservade, lõikeservade kaldenurkade ja sideserva tõusunurga kohta.

Spiraalpuuri teritamist kontrollitakse šablooni abil (joon. 122, *c*). Lõikeservade sirgjoonelisuse, pikkuse ja lõikeservade ning puuri telje vaheliste nurkade kontrollimine on näidatud joonisel 122, *b*, puuri siseserva asendi



Joon. 123. Vahepuks (*a*) ja padrun (*b*) puuri kinnitamiseks treipinki.

Joon. 124. Suure läbimõõduga puuri ülesseadmine treipingil.



kontrollimine joonisel 122, *c*, sideserva teritusnurga kontrollimine joonisel 122, *d*.

Puuri kinnitamine treipinki. Puur asetatakse koonilise sabaga tagumise tsenterpuki pinooli pesasse. Kui puuri saba koonus on väiksem pinooli pesa koonusest, kasutatakse vahepuksi (joon. 123, *a*). Puur asetatakse sel juhul puksi sisse, puks aga pinooli pessa. Kui puuri saba koonus on tunduvalt väiksem pinooli pesa koonusest, kasutatakse mitut vahepuksi üheaegselt, asetades nad üksteise sisse.

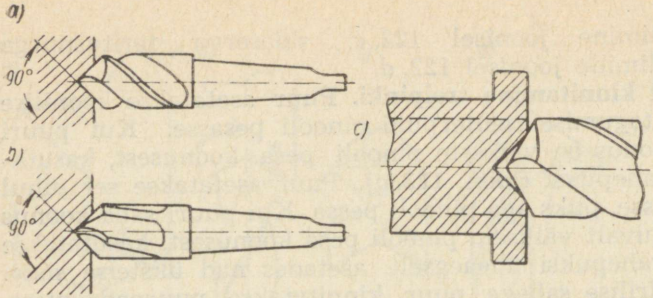
Silindrilise sabaga puur kinnitatakse puurpadrunisse, mis omakorda asetatakse tagumise tsenterpuki pinooli pessa. Üks sellistest padrunitest on kujutatud joonisel 123, *b*. Padrunil on kolm pakki *3*, mille vahele asetatakse kinnitatav puur. Karestatud puksi *2* pööramisel lähenevad kõik pakid üksteisele võrdsete kiirustega ja kinnitavad puuri küllaldaselt kõvasti, seades ta samaaegselt täpselt tsentrisse. Kooniline saba *1* asetatakse tagumise tsenterpuki pinooli pesasse, kus ta püsib hõõrdumise mõjul.

Silindrilise sabaga puurid asetatakse vajaliku suurusega padruni puudumisel treipinki nii, nagu näidatud joonisel 124. Oma tipuga toetub puur vastu töödeldavat detaili, vastasotsa toetatakse aga tagumise tsentri abil. Puuri pöörlemise vältimiseks asetatakse temale kaasavedaja, mis toetub treipingi supordile.

Avade puurimise võtted. Enne puurimist tuleb ava tsentreerida lühikese suure läbimõõduga spiraalpuuri abil (joon. 125, *a*) või spetsiaalse tsentreerimispuuriga (joon. 125, *b*). Selle puuri tipunurk peab olema 90°. Nende tingimuste puhul puuri sideserv puurimise algul ei tööta (joon. 125, *c*), mis võimaldab vähendada puuri kõrvalekaldumist õigest asendist.

Kui tsentreerida pole mingil põhjusel võimalik, tuleb talitada järgnevalt. Puuritava avaga võrdse läbimõõduga puuri tipp lähendatakse peaaegu vastu pöörlevat detaili. Seejärel viiakse puuri tipule võimalikult lähedale mingisugune tera, mis on kinnitatud terahoidjasse nii, et tera pea oleks pööratud treiali poole ja alles pärast seda lastakse puuril siseneda detaili. Selle võttega õnnestub mõnevõrra vältida puuri nihkumist töö algul. Niipea kui puur on detaili veidi sisenenud, eemaldatakse puuri toetav tera.

Puuri ettenihe treipinkides toimub tavaliselt käsitsi tagumise tsenterpuki pinooli käsiratta pööramise teel. Kuid kaasaegsetel treipinkide mudelitel (näiteks 1K62) on



Joon. 125 Puurid (*a*, *b*) treipingil puuritavate avade tsentreerimiseks ja puuri esialgne asend (*c*) tsentreerimiskoonuses.

seade tagumise tsenterpuki haakimiseks supordikelgu külge, mis tunduvalt lihtsustab treiali tööd. Loomulikult on seda seadet otstarbekas kasutada just suhteliselt suure läbimõõdu ja suure pikkusega detailide töötlemisel, eriti kui see toimub suurte partiidena.

Kui puuritava ava sügavus on suurem tema läbimõõdust, tuleb puur aeg-ajalt avast välja võtta ja eemaldada laastud nii puuri soontest kui ka avast. Avasid terasdetailides puhastatakse jahutusvedelikuga uhtumise teel (näiteks pritsi abil), malmdetailides aga õhuga kas sama pritsi või suruõhujoa abil.

Tingimata tuleb olla eriti ettevaatlik, kui puuritava ava sügavus on suurem puuri tööosa pikkusest. Kui puuri kruvisooned on täiesti ava sees, ei ole puurimisel tekkivatel laastudel väljapääsu, nad täidavad sooned ja puur murdub. Kui tööpinki tuleb peatada ajal, millal puur asub avas, tuleb puur enne sealt välja viia ja alles pärast seda peatada pink.

Lõikerežiimid puurimisel. Ettenihe, kui avasid puuritakse treipinkidel käsitsi, peab olema võimalikult ühtlane.

Läbival puurimisel väheneb ettenihkeks vajalik jõud järsku hetkel, mil puuri sideserv väljub metallist. Seepärast, kasutades tagumise tsenterpuki käsirattal samasugust survet kui puurimise ajalgi, ettenihe suureneb, mille tulemusena puur sageli murdub. Murdumise vältimiseks peab puuri ettenihe enne tema metallist väljumist olema võimalikult väike. Puurimisel automaatse ettenihkega tuleb see õigeaegselt, enne puuri tipu väljumist metallist, välja lülitada.

Üldise ettekujutuse saamiseks ettenihete suurusest võib arvestada, et terasdetailidesse 5 . . . 30 mm läbimõõduga aukude puurimisel automaatettenihkega võetakse ettenihe 0,1 . . . 0,3 mm/pöördele, malmdetailide puhul aga 0,2 . . . 0,7 mm/pöördele. Lõikekiirus kiirlõiketerasest puuri kasutamisel peab olema ligikaudu 30 m/min, kui töödeldava detaili materjaliks on keskmise kõvadusega konstruktsiooniteras, ja ligikaudu 35 m/min, kui detail on keskmise kõvadusega malmist.

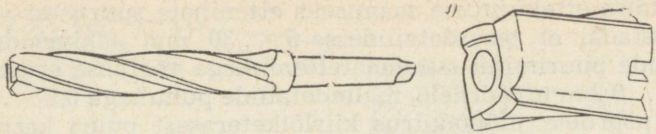
Jahutamine puurimisel alandab puuri temperatuuri, mis kuumeneb lõikesoojusest ja hõõrdumisest vastu ava seinu, vähendab hõõrdumist vastu ava seinu ja lõpuks soodustab laastude eemaldumist. Avade puurimisel terasdetailidesse kasutatakse jahutusvedelikuna emulsioone. Malmi puuritakse avasid ilma jahutuseta.

Puurimisel saadavate pindade täpsus ja karedus. Puuritava ava läbimõõt tuleb veidi suurem puuri läbimõõdust, kuna puur nihkub ava teljest külje poole isegi teritamise ja tööpinki ülesseadmise väikeste ebatäpsuste puhul, samuti töödeldava materjali ebaühtlase kõvaduse tõttu. Katsed näitavad, et kuni 10 mm läbimõõduga avade puurimisel saadakse 4., suuremate avade puhul 5. täpsusklass. Hoolsal töötamisel (puuri õige teritus ja treipinki ülesseadmine) võib 4. täpsusklassi saada ka kuni 30 mm läbimõõduga avade puurimisel. Puuriga töödeldud pinna karedus vastab 4. sileduskласsile.

Avade ülepuurimine. Suure läbimõõduga avade puurimisel võib ettenihkejõud osutuda liigselt suureks ja mõjuda töölisele väsitavalt. Mõnikord võib selliste puuridega töötamisel tööpingi võimsus olla ebapiisav. Sellistel juhtudel töödeldakse ava järjest kahe erineva läbimõõduga puuri abil, millede omavaheline suhe peab olema selline, et esimese puuri läbimõõt oleks suurem teise puuri sideserva pikkusest. Sellisel juhul ei võta teise puuri sideserv osa lõikeprotsessist, mis tunduvalt vähendab ettenihkeks vajalikku jõudu ja, mis eriti tähtis, väheneb puuri kõrvalekaldumine töödeldava ava teljest.

Praktikas võetakse esimese puuri läbimõõduks ligikaudu pool teise puuri läbimõõdust, mis tagab puuri head kulumistingimused ja ettenihkejõudude ühtlase jagunemise mõlema puuri töötamisel.

Ettenihked ülepuurimisel võib võtta veidi suuremad kui



Joon. 126. Avardid: terviklik (*a*) ja pealeasetatav (*b*).

ettenihked puurimise jaoks, lõikekiirus on ligikaudu samasugune nagu puurimisel.

Avardamine. Võrreldes spiraalpuuriga on terviklik või pealeasetatav avardi palju tootlikum tööriist puuritud avade läbimõõdu suurendamiseks, samuti valatud või stantsitud avade töötlemiseks.

Terviklikke avardeid (joon. 126, *a*) kasutatakse kuni 32 mm läbimõõduga avade töötlemiseks. Väliselt on nad veidi sarnased spiraalpuurile, kuid neil on kolm kruvisoont, järelikult ka kolm lõikeserva, mis suurendab nende tootlikkust.

Tornile asetatavaid avardeid (joon. 126, *b*) kasutatakse avade töötlemiseks, mille läbimõõt on üle 25 mm ja ulatub kuni 80 mm. Sellistel avarditel on neli kruvisoont ja järelikult ka neli lõikeserva. Neil ei ole saba ja nad kinnitatakse treipingi tagumise tsenterpuki pinooli asetatud torni abil, mis on asetatud läbi avardis oleva ava.

Avardi pöörlemise vältimiseks töö ajal on tornil kaks liistu, mis lähevad avardi vastavatesse soontesse.

Terviklike ja pealeasetatavate avardite tipunurk on 120°.

Kuna avardiga töödeldakse maha väike töötlemisvaru ja teda suunavad kolm (või neli) juhtriba, tuleb avardiga töödeldava ava läbimõõt täpsem kui puurimisel. Avardil puudub külgnihkumine töödeldava detaili telje suhtes. Selle tõttu tuleb töödeldav ava sirgjoonelisem kui puurimisel.

Avardi kõrvalekaldumise vältimiseks, eriti valatud või kammiga lõigatud avade puhul, tuleb ava enne avardamist treida siseteraga avardi läbimõõduni ja sügavuseni, mis võrdub umbes poolega avardi pikkusest.

Avardi on puurist tugevam, mistõttu ettenihe (töödeldava detaili ühe pöörde kohta) võib olla suurem kui puurimisel. Samal ajal on avardil, võrreldes puuriga, rohkem lõikeservi, iga lõikeserva poolt mahatöödeldava laastu paksus on väiksem kui puurimisel. Tänu sellele tuleb avardiga töödeldud ava pind siledam.

See võimaldab kasutada avardeid mitte ainult must-, vaid ka poolpuhastöötlemisel pärast puurimist, mustavardamist või musttreimist ja enne hõõritsemist, aga samuti avade lõplikuks viimistlemiseks (pärast sisetreimist). Sealjuures saadav täpsus vastab 4. klassile, karedus — 5. silediusklassile. Eriti hoolikal töötlemisel võib saada täpsuse 3. klassi ja pinnasileduse 6. klassi järgi.

2. AVADE SISETREIMINE

Treipinkidel sisetreitavad avad. Sisetreimist treipinkidel kasutatakse järgmistel juhtudel:

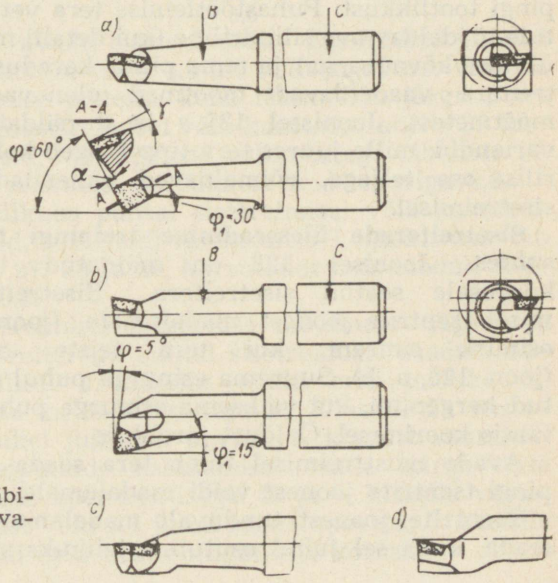
1) kui puurimine, ülepuurimine või avardamine ei taga töödeldava ava mõõtmete vajalikku täpsust;

2) kui tuleb tagada ava telje sirgjoonelisus ja tema asendi täpsus;

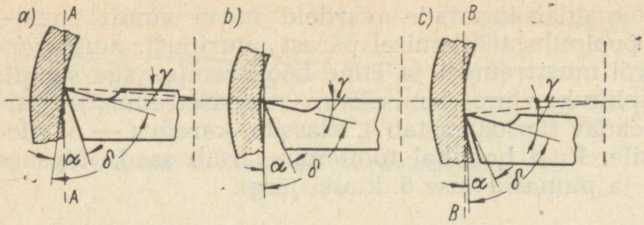
3) kui puuduvad vajalike läbimõõtudega puurid või avardid;

4) kui on vaja töödelda avasid, mille läbimõõt ületab puuride ja avardite suurimad normaalsed läbimõõdud;

5) kui avad on lühikesed.



Joon. 127. Terad läbivate ja umbsete avade sisetreimiseks.



Joon. 128. Sisetreitera nurkade muutumine vastavalt tema asendile treipingi tsentrite joone suhtes.

Sisetreiterad. Sisetreitera läbivate avade töötlemiseks on kujutatud joonisel 127, *a*, umbsete avade töötlemiseks joonisel 127, *b*. Kõigil nendel teradel on osa *B* ümmarguse, osa *C* aga ruudukujulise ristlõikega. Nende terade materjal, esitahu kuju ja kõik nurgad, välja arvatud taganurgad, võetakse samasugused, kui välistreimisel kasutatavate terade puhul. Taganurgad on vähemalt 12°, aga väikese läbimõõduga avade puhul ka suuremad. Tera silindriline osa peab olema võimalikult suurema läbimõõduga ja lühem, kuna peenikese ja pika kehaga tera vetrub töötlemise ajal. Selle tõttu tuleb avade musttöötlemisel vähendada lõikesügavust ja ettenihet, mis vähendab treipingi tootlikkust. Puhastöötlemise tera vetrumise tõttu ei tule töödeldav ava silindriline (kui detaili materjal on ebaühtlase kõvadusega) ja tema pinna karedus on suur. Sisetreitera vaadeldavad mõõtmed olenevad samuti ava mõõtmetest. Joonistel 127, *c* ja *d* näidatud sisetreitera variandid, mille juures tera tipp langeb kokku tera silindrilise osa teljega, võimaldavad vähendada vibratsioone sisetreimisel.

Sisetreiterade ülesseadmine treipingi tsentrite joone suhtes. Joonisel 128 on näidatud tsentrite joone kõrgusele seatud sisetreitera. Sisetreitera ülesseadmisel tsentrite joonest madalamale (joon. 128, *c*) tuleb esinurk suurem, kui tera teiste asendite puhul (joon. 128, a, b). Suurema esinurga puhul eralduvad laastud kergemini, kui väiksema esinurga puhul, mis on eriti tähtis koorimisel. Öeldust järeldub:

Avade musttreimisel tuleb tera seada tingimata treipingi tsentrite joonest veidi madalamale.

Tsentrite joonest tunduvalt madalamale ei tohi tera seada, kuna sel juhul osutub vajalikuks suurendada tera

taganurka α. See aga toob kaasa tera teravusnurga vähenemise, järelikult väheneb ka tema tugevus ja soojusjuhtivus.

Kui sisetreitera seada puhastreimisel üles tsentrite joonest kõrgemale (joon. 128, *a*), surutakse tema tipp laastude poolt alla (mööda joont *AA*). Treitava ava läbimõõt tuleb sealjuures väiksem nõutavast, mida võib parandada tera järgmise läbimi ajal. Kui sama tera asetada tsentrite joonest madalamale (joon. 128, *c*), liigub tera tipp tera allalaskumisel mööda joont *BB*, mis asetseb töödeldava detaili materjali sees. Selle tulemusena töödeldava ava läbimõõt suureneb, mis antud juhul on lubamatu. Öeldust võib teha järelduse: *avade puhastreimisel tuleb tera asetada tingimata veidi kõrgemale treipingi tsentrite joonest.*

Töötlemisvarud sisetreimisel. Töötlemisvaru mustal sisetreimisel määrab tooriku iseloom, paljudel juhtudel töödeldakse ta maha tera mitme läbimiga.

Puhtal sisetreimisel võetakse töötlemisvarud ligikaudu järgmise suurusega:

Ava läbimõõt, mm	Töötlemisvaru läbimõõdule, mm
18...30	0,7
30...50	1,0
50...80	1,2
80...100	1,5

Lõikereziimid avade sisetreimisel. Ettenihked mustal sisetreimisel valitakse mitte ainult lõikesügavuse, vaid ka tera väljaulatuvuse ja tema keha läbimõõdu järgi. Ettenihke valikuks musttreimisel võib kasutada tabelis 32 toodud näidisandmeid, lõikekiiruste valikuks aga tabelites 13, 17 ja 22 toodud andmeid, korrutades neid teguriga 0,9.

Ettenihete valikuks puhtal sisetreimisel võib kasutada tabeli 32 andmeid, neid veidi vähendades. Lõikekiirusi võib valida tabelitest 27, 28 ja 29, korrutades neis toodud andmeid teguriga 0,9.

Avade puhastreimisel saadavate mõõtmete täpsus ja pinnakaredus. Treiteraga puhtal sisetreimisel saadav täpsus vastab põhiliselt 4. klassile, ehkki eriti hoolika töö puhul võib saada ka 3. klassi täpsust. Klassile 2a vastav täpsus on enamikel juhtudel piiriks. 3. klassist suuremat täpsust võib treipinkide kasutamisel saada mingi teise meetodiga, näiteks hõõritsemisega. 5. ja 6. klassile vastavat pinnakaredust võib sel juhul saada vaevata, 7. klassile vastavat aga vaid eriti heade tingimuste korral.

Tabel 32

Ettenihked mm/pöördele avade mustal sisetreimisel

Töödeldav materjal ja lõikesügavus, mm	Tera mõõtmed, mm				
	10/50	12/60	16/80	20/100	25/125
Konstruktsioonsüsinikteras					
2	0,08	0,10	0,10 . . . 0,20	0,15 . . . 0,30	0,25 . . . 0,50
3	—	0,08	0,15	0,15 . . . 0,25	0,15 . . . 0,40
5	—	—	0,10	0,12	0,12 . . . 0,20
Hallmaln					
2	0,12 . . . 0,16	0,12 . . . 0,20	0,20 . . . 0,30	0,30 . . . 0,40	0,40 . . . 0,60
3	—	0,12 . . . 0,18	0,15 . . . 0,25	0,25 . . . 0,35	0,30 . . . 0,50
5	—	—	0,10 . . . 0,18	0,12 . . . 0,25	0,25 . . . 0,35

Märkused.
1. Tera mõõtmete esimene arv (lugeja) näitab tera keha läbimõõtu, teine (nimetaja) — tera väljaulatuvust.
2. Väiksemaid ettenihkeid kasutatakse kõvade materjalide, suuremaid — pehmete materjalide puhul.

3. AVADE HÕÕRITSEMINE

Hõõritsemise tähtsus. Avardatud avade täpsus ja pinnakaredus ei rahulda mõnede avade kohta esitatavaid nõudeid. Ehkki selliste avade sisetreimine oleks mõnedel juhtudel võimalik, on see seotud raskustega tera täpsel ülesseadmisel ja väikeste ettenihete kasutamise vajadusega (nõutava pinnasileduse saamiseks), s. o. väikese tootlikkusega. Seepärast töödeldakse avasid, mille täpsuse ja pinnakareduse kohta esitatakse suhteliselt suuri nõudeid, hõõritsatega.

Hõõritsad. Kõige lihtsama konstruktsiooniga hõõrits on esitatud joonisel 129, *a*. Suurema läbimõõduga hõõritsad valmistatakse peaaleasetatavatena (joon. 129, *b*). Hõõrit-



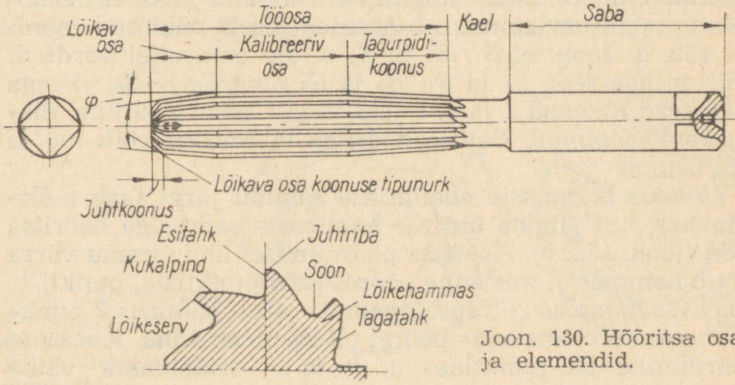
Joon. 129. Hõõritsad: terviklik (*a*) ja pealeasetatav (*b*).

sate osade ja elementide nimetused on toodud joonisel 130. Hõõritsa saba valmistatakse mõnikord koonilisena. Kasutamise järgi jagatakse hõõritsad käsi- ja masinhõõritsateks.

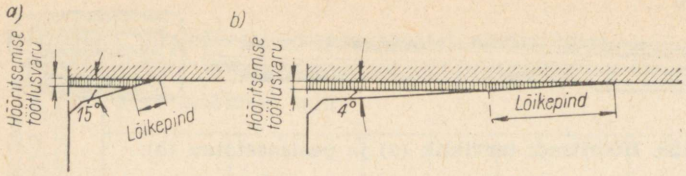
Eriti suur tähtsus on lõikava osa koonuse nurgal, mis võrdub nurga φ kahekordse suurusega. Mida väiksem on see nurk, seda pikem on lõikav osa ja seda täpsem ning siledam tuleb hõõritsetud ava.

Terasdetailidesse avade töötlemiseks kasutatavatel hõõritsatel ei saa aga pikka lõikavat osa teha, kuna hõõritsa töötamisel tekkiva lõigendi laius tuleks väga suur. Teras on väga sitke, mistõttu väga laia lõigendi puhul tekivad ka suured lõikejõud, mille mõjul hõõritsa hambad murenevad. Seepärast tehakse terasdetailide töötlemiseks kasutatavatel masinhõõritsatel lõikav osa lühike, nurgaga plaanis 15° (joon. 131, *a*). Sellise hõõritsaga töötlemisel tuleb lõigend suhteliselt suure paksusega, kuid kitsas, ja laastude eraldamine ei nõua nii suurt jõudu, mis võiks kaasa tuua hõõritsa purunemise.

Malmdetailidesse avade töötlemiseks kasutatavatel hõõritsatel tehakse nurk plaanis 4 . . . 5°. Sellise hõõritsa ham-



Joon. 130. Hõõritsa osad ja elemendid.



Joon. 131. Masinhööritsate lõikav osa terase (*a*) ja malmi (*b*) töötlemisel.

maste poolt eraldatav laast on peenike ja lai (joon. 131, *b*). Kuid antud juhul ei kutsu see esile ülalmainitud kahjulikke nähtusi, sest malmi töötlemisel on lõikejõud väiksemad, kui terase töötlemisel.

Käsihööritsatel tehakse lõikav osa tunduvalt pikem kui masinhööritsatel ja väga väikese nurgaga plaanis ($\varphi = 0{,}5 \ldots 1{,}5°$).

Hööritsa töödeldavasse avasse viimise kergendamiseks on tema eesmisel otsal juhtkoonus.

Hööritsa kalibreeriv osa tehakse silindriline, mis lõikamisest osa ei võta, vaid ainult kalibreerib (silub) ava. Silindrilisele kalibreerivale osale järgneb koonus (hööritsa tööosa parempoolse otsa läbimõõt tehakse 0,04 ... ... 0,06 mm võrra väiksem silindrilise osa läbimõõdust).

Hööritsa hammaste samm tehakse ebaühtlasena, kuna ühtlast hammaste sammu omava hööritsaga töödeldud ava ei tule mõnikord ümmargune, vaid astmeline. Teisest küljest on hööritsa läbimõõdu mõõtmiseks tingimata vajalik, et tema hambad asetseksid paarikaupa ühes hööritsa diametraalpinnas. Seda tingimust rahuldab hööritsa hammaste paigutusviis, mis on skemaatiliselt näidatud joonisel 132, *a*. Joonisel S_1, S_2 ja S_3 ei ole omavahel võrdsed, küll on aga seda S_1 ja S_4; S_2 ja S_5 ning S_3 ja S_6. Seega asetsevad hambad *1* ja *4*, *2* ja *5*, *3* ja *6* paariviisi ühel diametraaltasapinnal. Sellise hööritsa läbimõõtu võib mõõta raskusteta.

Vajadus hammaste ebaühtlase sammu järgi saab mõistetavaks, kui jälgida ühtlase hammaste sammuga hööritsa tööd (joon. 132, *b*). Hööritsa pöördumisel ühe sammu võrra satub hammas *1*, mis enne pööret asus punktis *a*, punkti *b*, kus asus hammas *2*. Täpselt samuti satub hammas *2* punktist *b* punkti *c*, kus enne pööret oli hammas *3* jne. Kui enne pöördumist jäi punktides *a*, *b* ja *c* eraldamata väike

metallikihike, siis koormatakse kõiki mahatöötlemata kihikesteni jõudvaid järgmisi hambaid täiendavalt. Selle tulemusena hõõrits viskub ja hõõritsetav ava tuleb nurgeline.

Hammaste ebaühtlase sammu puhul (joon. 132, *a*) satub hammas *1* hõõritsa pöördumisel näiteks sammu S_4 võrra punktist *a* punkti *b*, milles enne pööret asus hammas *2*, samuti nagu esimesel juhul. Kuid hammas *2* ei satu mitte punkti *c*, milles oli hammas *3*, vaid punkti *d*. Sama toimub ka hambaga *3* jne., kusjuures 2., 3. ja järgnevate hammaste sisselõikumine metalli ei toimu üheaegselt, nagu see oli ühtlase hammastega hõõritsa puhul, vaid erinevatel ajamomentidel. Selle tulemusena töötab hõõrits rahulikult, viskumist ei teki, ava tuleb ümmargune ja silega pinnaga.

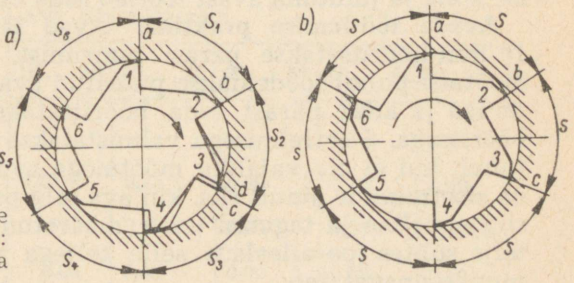
Hõõritsa töötamisel tema hambad kuluvad, õiged mõõtmed kaovad ja ta muutub kõlbmatuks. Sellised hõõritsad tehakse tavaliselt ümber (lihvitakse) järgmise väiksema mõõtme jaoks. Selle vältimiseks tehakse hõõritsad sageli reguleeritavatena, nii et pärast hammaste kulumist võiks nende läbimõõtu veidi suurendada.

Hõõritsad valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У10А ja У12А ning mõnedest teistest tööriistaterastest. Reguleeritavate hõõritsate vahetatavad lõiketerad valmistatakse peamiselt kiirlõiketerasest.

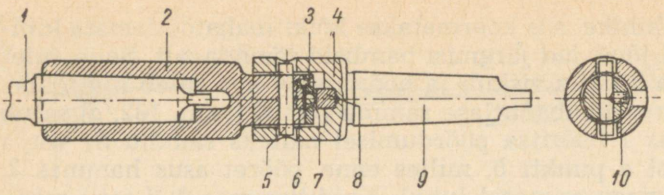
Viimasel ajal kasutatakse laialdaselt metallkeraamiliste plaadikestega hõõritsaid.

Hõõritsate kinnitamine. Koonilise sabaga hõõritsad kinnitatakse tagumise tsenterpuki pinooli, silindriliste sabadega hõõritsad aga samuti, kui suure läbimõõduga puurid (joon. 123).

Pealeasetatavate hõõritsate kinnitamiseks kasutatakse torne, mis on sarnased pealepandavate avardite jaoks



Joon. 132. Hõõritsate töötamise skeemid: ebaühtlase sammuga (*a*) ja ühtlase sammuga (*b*).



Joon. 133. Liigendtorn hõõritsate jaoks.

kasutatavatega. Kui aga tagumine tsenterpukk on ainult veidi nihkunud kõrvale oma keskmisest asendist, ei lange hõõritsa telg kokku hõõritsemiseks ette valmistatud ava teljega.

Sama toimub mittekorras torni puhul, hõõritsa ebaõigel ülesseadmisel tornile jne. Selle tulemuseks töötab hõõrits ainult ühe küljega ja hõõritsetava ava läbimõõt tuleb nõutavast suurem. Seda ei juhtu, kui hõõritsat suunab töödeldav ava ise, mida võib tagada hõõritsa kinnitamisega liigendtornile. Üks sellistest tornidest on kujutatud joonisel 133. Kerel *4* on kooniline saba *9*, mis asetatakse tagumise tsenterpuki pinooli. Kere *4* paksemasse ossa tehtud avasse läheb puksi *2* parempoolne ots. Puksi *2* sellesse otsa ja kere *4* ava põhja on pressitud karastatud terastoed *6* ja *8*, mille vahel asetseb kuul *7*. Viimast hoiab kinni rõngastugi *3*, mis on kinnitatud puksi *2* otspinnale kruvidega. Varb *5* on kinnitatud kruvi *10* abil puksi *2* otsale ja läbib kere *4* paksema osa seintesse tehtud avad. Hõõrits *1* asetatakse puksi *2* vasakpoolses otsas asuvasse koonilisse pessa. Detailis *4* asuva, varva *5* jaoks määratud ava läbimõõt on varva läbimõõdust suurem. Lõtkud torni detailide vahel, samuti kuultugi võimaldavad puksil *2* veidi pöörduda. Seetõttu saab antud puksi kinnitatud hõõrits leida enesele ise koha ja juhituna avast töötleb seda täpselt.

Avade töötlemise praktika. Avad läbimõõduga kuni 10 mm hõõritsetakse pärast puurimist. Suuremate läbimõõtude puhul töödeldakse puuritud ava avardi või lõiketeraga ja alles pärast seda hõõritsetakse ühe või kahe hõõritsaga. Sisetreimisega valmistatakse ava ette vaid sel juhul, kui ei ole vajaliku mõõtmega avardit. Kohustuslik on sisetreimine ainult siis, kui ava telg peab olema rangelt sirgjooneline ja tagatud tema määratud asend teise ava telje suhtes (paralleelsus selle teljega või detaili mingi muu pinnaga) jne.

Musthõõritsemisel kasutatakse sageli kulunud ja uuele mõõtmele ümberlihvitud puhashõõritsaid.

Töödeldava detaili otspinnad tulevad enne hõõritsemist treida, et hõõrits töötaks kohe alguses ühtlaselt kõikide hammastega. Kui otspind ongi töödeldud detaili mingi teise ülesseadega, kuid ei asetse risti töödeldava ava teljega, ei hakka hõõritsa hambad tööle korraga, mille tulemusena hõõrits ei saa õiget suunda. Malmdetailide otspinnad, eriti need, mis on kaetud kõva koorikuga, tulevad tingimata üle treida hõõritsa hammaste nürinemise vältimiseks.

Pikisoontega (näiteks liistusoontega) avade hõõritsemisel tuleb kasutada kruvisoontega hõõritsaid, kuna iga kord, kui hõõritsa sirge hammas satub ava soone kohale (s. o. väljub tööst), nihkub hõõrits ava soone suunas, suurendades sellega ava läbimõõtu. Hammaste kruvijoonelise asetuse korral ületavad nad ava soone diagonaalselt, mistõttu järske muutusi nende koormuses ei teki ja hõõrits ei nihku soone suunas.

Tööpingi spindli tavalise parempoolse pöörlemise puhul peavad hõõritsa kruvijoonelised hambad olema vasakpoolsed selleks, et laastude poolt avaldatav surve ei haaraks avas kaasa hõõritsat.

Hõõritsemise töötlemisvaru. Hõõritsate kulumise vähendamiseks ja sileda pinna saamiseks peavad töötlemisvarud hõõritsemisel olema väikesed. Töötamisel kahe hõõritsaga võib nende suurused võtta tabelist 33. Ava töötlemisel ühe hõõritsaga peavad hõõritsemise töötlemisvarud olema

Tabel 33

Töötlemisvarud läbimõõdule hõõritsemisel pärast puurimist, sisetreimist või avardamist, mm

Töötlemisvaru liik	Ava läbimõõt, mm				
	10 ... 20	20 ... 30	30 ... 50	50 ... 80	80 ... 100
Üldine töötlemisvaru must- ja puhashõõritsemisele	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Töötlemisvaru musthõõritsemisele	0,16	0,20	0,24	0,27	0,30
Töötlemisvaru puhashõõritsemisele	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10

veidi väiksemad nendest, mis on toodud tabelis musthõõritsemiseks.

Lõikerežiimid hõõritsemisel. Ettenihe avade hõõritsemisel toimub käsitsi ja peab olema ühtlane. Mida väiksem on ettenihe, seda siledam tuleb ava pind. Lõikekiirus peab hõõritsemisel olema väike hõõritsate kiire kulumise vältimiseks.

Ettenihe 10 ... 50 mm läbimõõduga avade puhul peab terase töötlemisel olema 0,5 ... 2 mm/pöördele, malmi töötlemisel 1 ... 4 mm/pöördele. Lõikekiirus keskmise kõvadusega teraste töötlemisel peab olema 6 ... 16 m/min, malmi töötlemisel 4 ... 14 m/min. Mida suurem on ava läbimõõt, seda väiksem peab ühe ja sama ettenihke puhul olema lõikekiirus. Mida suurem on ettenihe ava ühe ja sama läbimõõdu puhul, seda väiksem tuleb võtta lõikekiirus.

Hõõritsemisega saadud pindade täpsus ja karedus. Avade hõõritsemisel kahe hõõritsaga ulatub täpsus 2. klassini, eriti hoolika töö puhul aga 1. klassini. Kuid suurema kui 2. klassi täpsuse saavutamine hõõritsemisega on tavaliselt seotud hõõritsate valmistamiseks, teritamiseks jne. tehtavate kulutuste suurenemisega ega ole alati majanduslikult otstarbekohane. Avad läbimõõduga kuni 10 mm, samuti kõik 3. klassi täpsusega avad ei vaja musthõõritsemist.

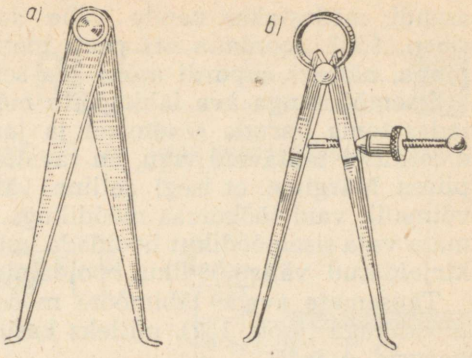
Hõõritsemisel saadud pinnakaredus on 7. ... 9. sileduse klassi piires.

Silindriliste sisepindade viimistlemisel kasutatakse peale hõõritsemise veel peentreimist (sisemist), siserullimist ja plankimist (lk. 169)[1].

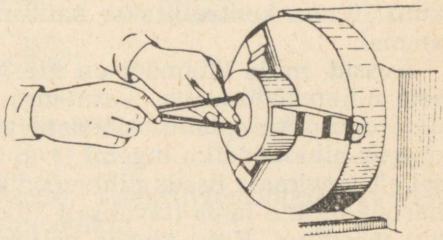
4. AVADE MÕÕTMINE

Vähetäpsete avade mõõtmine. Vähetäpseid avasid mõõdetakse tavalise (joon. 134, *a*) või vedruga sisemõõdiku (joon. 134, *b*) abil. Ava läbimõõdu mõõtmisel sisemõõdikuga viiakse viimane parema käega mõõdetavasse avasse. Vasaku käe teise sõrmega surutakse ühe haru mõõtepind ava seina vastu. Sisemõõdikut kergelt kõigutades leitakse tema harude väikseim vahe, mille juures ka teise haru mõõtepind puudutab ava seina. Andnud harudele vajaliku

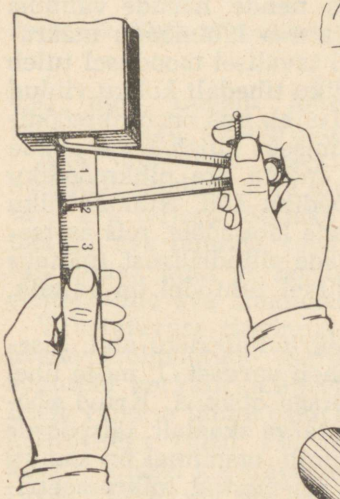
[1] Nende töötlemismeetoditega võib tutvuda: M. Melnikov jt. Masinaehituse tehnoloogia. Tallinn, «Valgus», 1967. (Tõlk.)



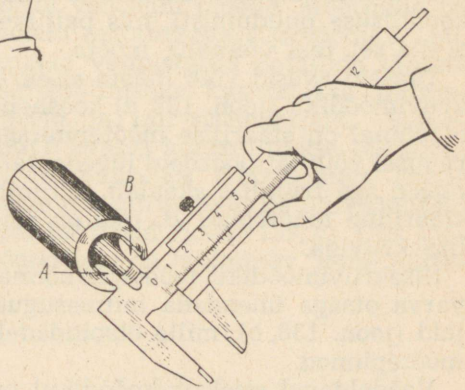
Joon. 134. Sisemõõdikud: tavaline (*a*) ja vedruga (*b*).



Joon. 135. Ava läbimõõdu mõõtmine sisemõõdikuga.



Joon. 136. Sisemõõdiku harude vahe mõõtmine mõõtejoonlaual.



Joon. 137. Ava läbimõõdu mõõtmine tavalise nihkmõõdikuga.

asendi, määratakse nende vahe suurus mõõtejoonlaual (joon. 136). Joonlaua ots peab toetuma mingi töödeldud pinna, näiteks supordi mõne osa seina vastu.

Sisemõõdikuga ava läbimõõdu mõõtmise täpsus, arvestades tema harude seadmisel ja joonlauaga nende vahe mõõtmisel tehtavaid vigu, on tavaliselt $\pm 0{,}2 \ldots \pm 0{,}5$ mm piires. Märgime, et isegi selline väike mõõtmistäpsus on võimalik vaid töökorras mõõdikuga. Sellepärast on tingimata vaja sisemõõdikut hooldada, mis on analoogiline juba kirjeldatud välismõõdiku hooldamisega.

Täpsemate avade läbimõõte mõõdetakse tavalise nihkmõõdikuga (joon. 137), milleks kasutatakse tema teravaid harusid *A* ja *B*.

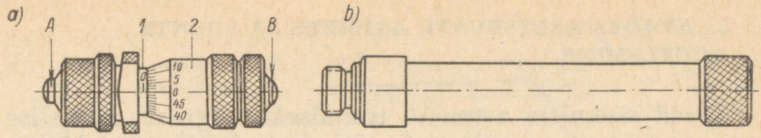
Täpsete avade mõõtmine. Täpseid avasid läbimõõduga kuni 10 mm kontrollitakse kaliibritega, mida vaadeldakse alamal.

Avasid, mille läbimõõt on üle 10 mm, võib mõõta täpsete nihkmõõdikutega, kasutades nende harude välimisi ümardatud külgpindu. Mõõdetava ava läbimõõdu määramiseks nihkmõõdiku lugemi järgi tavalisel moodusel tuleb sellele tingimata lisada nihkmõõdiku tihedalt kokku viidud harude üldine laius (tavaliselt 10 mm), mis on nihkmõõdikul märgitud. Kuid vigade vältimiseks tuleb enne avade mõõtmist vaadeldaval moodusel mõõta ära nihkmõõdiku harude üldlaius näiteks kruvimõõdiku abil. Nihkmõõdiku abil võib mõõta ainult nende avade läbimõõte, mis asetsevad detaili otspinna lähedal. Avade silindrilisust (näiteks koonilisuse puudumist), mis paljudel juhtudel on vajalik, ei ole sel teel võimalik mõõta.

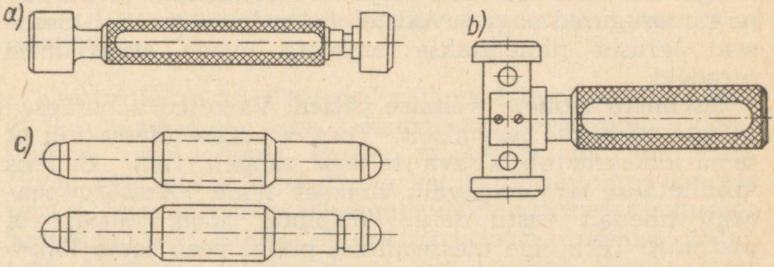
Täpseid avasid võib mõõta sisekruvimõõdiku abil. Sisekruvimõõdiku (joon. 138, *a*) koosneb varvast *1*, mille ühel otspinnal on sfäärilise mõõtepinnaga otsik *A*. Kruvi pööramisel võib täispöördeid lugeda varva skaalalt, täispöörde osasid aga trumli *2* skaalalt. Trumli otspinnal on samuti sfääriline mõõtepind *B*, mis on ühendatud mikromeetrilise kruviga.

Sisekruvimõõdiku mõõtepiirkonna suurendamiseks võib varva otsaga ühendada mitmesuguse pikkusega pikendajaid (joon. 138, *b*), mille otspindadel on samuti sfäärilised mõõtepinnad.

Vaadeldaval sisekruvimõõdikul on samasugune mikromeetriline kruvi nagu välismõõtmisteks kasutataval kruvimõõdikul, seega võib ka tema abil mõõta täpsusega kuni



Joon. 138. Sisekruvimõõdik (*a*) ja tema juurde kuuluv pikendaja (*b*).



Joon. 139. Kork-piirkaliibrid (*a*, *b*) ja piir-sisemõõtja.

0,01 mm. Lugem leitakse sisekruvimõõdikul täpselt samuti, nagu väliskruvimõõdikul.

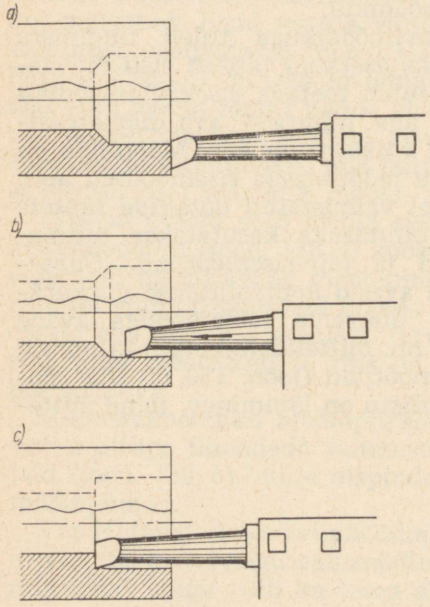
Ava mõõtmisel sisekruvimõõdikuga tuleb tingimata hoolikalt jälgida, et ta oleks asetatud täpselt risti mõõdetava ava teljega. Selleks tuleb toetada sisekruvimõõdiku üks ots ava pinnale, teist aga nihutada ava diametraaltasapinnas, kuni on leitud väikseim mõõde. Mõõtmine on analoogiline ava läbimõõdu mõõtmisega sisemõõdiku abil.

Vahetatavuse tingimustel valmistatud detailide täpsete avade läbimõõtude kontrollimiseks kasutatakse mitmesuguseid korkkiirkaliibreid ja piir-sisemõõtjaid. Suhteliselt väikese läbimõõduga avasid kontrollitakse piirkorkkaliibritega (joon. 139, *a*). Suurema läbimõõduga avade kontrollimisel kasutatakse nn. mittetäielikke piirkaliibreid (joon. 139, *b*) või piir-sisemõõtjaid (joon. 139, *c*). Üks joonisel 139, *c* esitatud mõõteriistu on läbiminev, teine mitteläbiminev.

5. AVADES ASETSEVATE ASTMETE JA SOONTE TÖÖTLEMINE

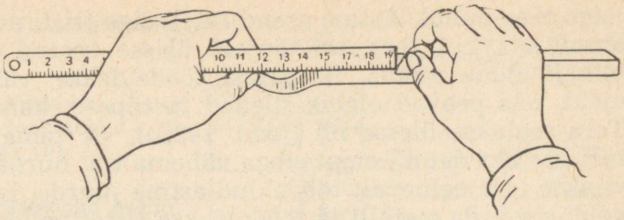
Terad sisemiste astmete treimiseks. Pärast astmelise ava puurimist, avardamist või sisetreimist töödeldakse sealjuures saadud astmed joonisel 127, *b* näidatud teraga. Sellise tera pealõikeserv on tema telje ristsirge suhtes 5° nurga all. Tera pea kõik ülejäänud elemendid ja nurgad on samasugused nagu tavalistel sisetreimise teradel. Selliseid terasid nimetatakse umbsete avade sisetreimise teradeks.

Sisemiste astmete treimise võtted. Väikesed vähetäpsed astmed treitakse järgmiselt. Tera seatakse ülesse nii, et tema lõikeserv oleks ava teljega rangelt risti. Selleks kinnitatakse tera eelnevalt, viiakses tema lõikeserv peaaegu tihedalt vastu detaili otspinda (joon. 140, *a*) või padrunit. Tera õige ülesseadmise puhul peab tema lõikeserv olema paralleelne selle pinnaga, mille juurde ta viidi. Nüüd kinnitatakse tera lõplikult ja kontrollitakse kirjeldatud viisil veel kord tema ülesseadet, siis viiakse tera tipp ava pinnale (joon. 140, *b*).



Joon. 140. Väikeste vähetäpsete siseastmete treimine.

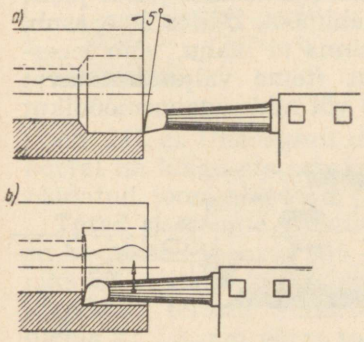
Pärast seda antakse terale käsitsi kiire ettenihe, mis muudetakse aeglasemaks niipea, kui tera läheneb töödeldavale astmele. Tera ettenihe katkestatakse, kui aste on saanud õige kuju (joon. 140, *c*). Pärast ava pikkuse mõõtmist töödeldud astmeni ühega vaadeldud moodustest, antakse terale jälle ettenihe, seejärel mõõdetakse uuesti jne., kuni astme asend vastab nõutavale.



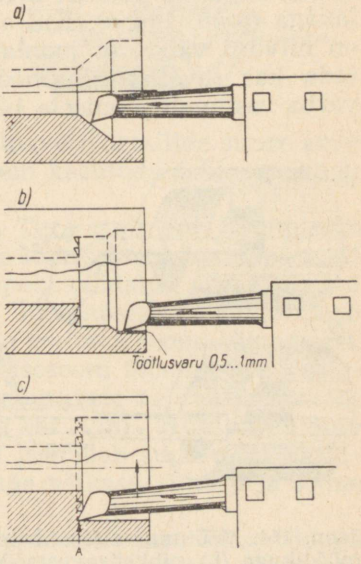
Joon. 141. Märkjoone kandmine terale astme nõutava asendi saamiseks avas.

Kui treitakse astet niivõrd väikese läbimõõduga avasse, et tera pead ei ole näha, tehakse enne tera esimest sisseviimist avasse tema kerele mõõtejoonlaua abil märk (joon. 141). Märk tuleb peale kanda nii, et tema kaugus tera lõikeservast oleks võrdne töödeldava astme kaugusega tera otspinnast. Niipea kui see märk astme treimisel ühtub tera otspinnaga, katkestatakse tera ettenihe. Pärast astme asendi mõõtmist töödeldakse viimast vajaduse korral täiendavalt tavalisel viisil.

Sellisel moodusel töödeldud astme pind tuleb sile ainult



Joon. 142. Väikeste täpsete siseastmete treimine.

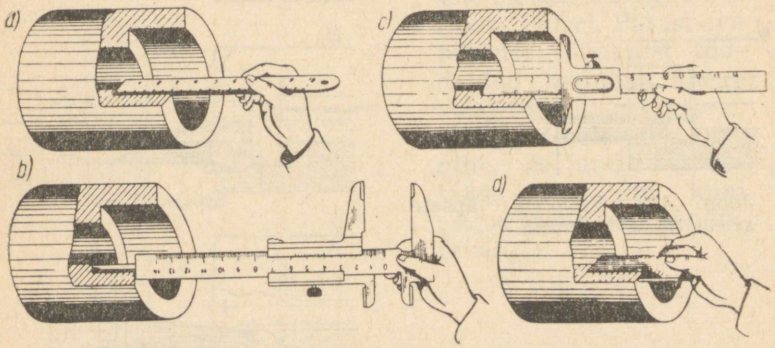


Joon. 143. Suurte siseastmete treimine.

jäiga tera puhul. Astme asend tuleb õige (risti ava teljega) ainult siis, kui tera on täpselt ülesse seatud ega nihku lõikejõudude toimel. Seepärast töödeldakse väikesi astmeid, mis peavad olema siledad ja täpsed, kahe võttega. Tera seatakse ülesse nii (joon. 142, *a*), et tema lõikeserv moodustaks detaili otspinnaga vähemalt 5° nurga. Seejärel viiakse tera eelnevalt töödeldud astme juurde, lastakse tal veidi siseneda metalli ja töödeldakse ristettenihkega (joon. 142, *b*) aste lõplikult. Ristettenihkega töödeldakse astet tera kahe-kolme läbimiga.

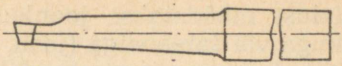
Suuri astmeid treitakse tera mitme läbimiga (osade kaupa). Tera pikiettenihkega, mis on ülesse seatud vastavalt joonisele 143, *a*, treitakse ava teljele lähemal asuv astme osa, jättes astme otspinnale töötlemisvaru (0,5 ... 1 mm) puhastöötlemiseks. Edasi töödeldakse mõne samasuguse läbimiga astme ülejäänud osad. Viimase läbimi ajal jäetakse ava külgpinnale töötlemisvaru 0,5 ... 1 mm. Seades tera nii, nagu näidatud joonisel 143, *b*, eemaldatakse see töötlemisvaru pikiettenihkega. Sellel hetkel, mil tera saab joonisel 143, *c* näidatud asendi, viimistletakse aste lõplikult ristettenihkega.

Mõõtmine siseastmete treimisel. Pärast astme treimist saadava avaosa pikkust mõõdetakse lihtsamal juhul joonlauaga (joon. 144, *a*). Kui ava läbimõõt, milles aste asub, on niivõrd väike, et joonlaud sinna ei mahu, võib kasutada kas tavalist nihkmõõdikut (tema väljanihutatavat varba vastavalt joonisele 144, *b*) või nihksügavusmõõdikut

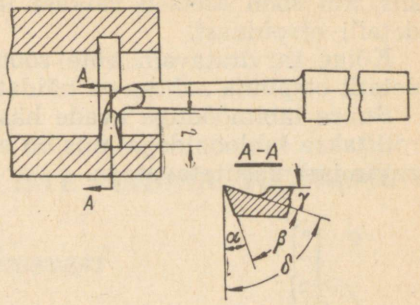


Joon. 144. Mõõtmine siseastmete treimisel: joonlauaga (*a*), nihkmõõdikuga (*b*), nihksügavusmõõdik (*c*) ja šablooniga (*d*).

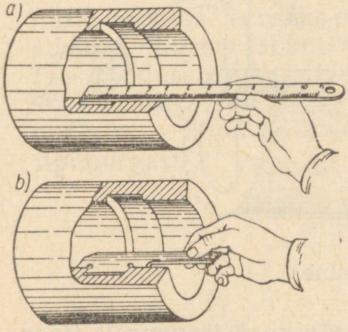
Joon. 145. Tera sisesoonte treimiseks.

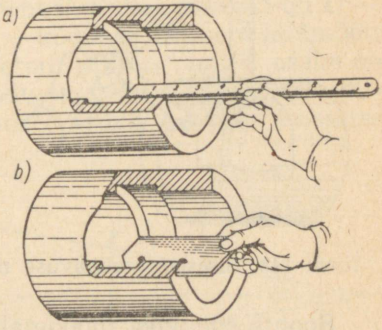


Joon. 146. Sisesoone laiuse mõõtmine joonlauaga (*a*) ja šablooniga (*b*).



Joon. 147. Sisesoone asendi kontrollimine mõõtejoonlauaga (*a*) ja šablooniga (*b*).





(joon. 144, *c*). Üheaegselt töödeldavate detailide suure arvu korral on kõige otstarbekohasem kasutada šablooni, nagu näidatud joonisel 144, *d*.

Terad sisesoonte treimiseks. Tera sisesoonte treimiseks on kujutatud joonisel 145. Selle lõikeserva laius (täpsemalt pikkus) valitakse nii, nagu eespool näidatud (lk. 175), kui kirjeldati terasid välissoonte lõikamiseks. Mõõde peab olema 2 . . . 3 mm võrra suurem treitava soone sügavusest.

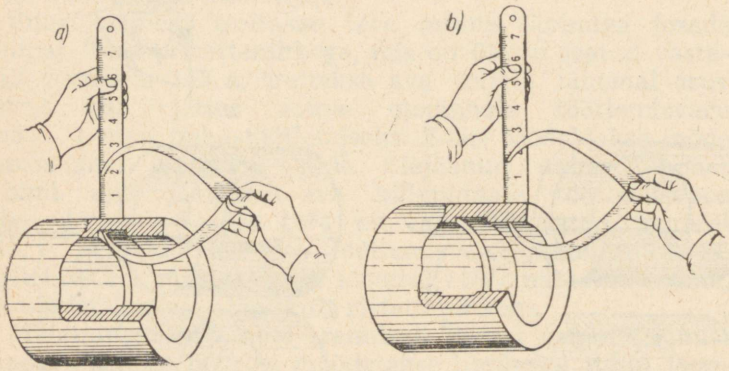
Sisesoonte treimise võtted. Sisesooni töödeldakse vastavalt nende laiusele ja asendi nõutavale täpsusele analoogiliselt välissoonte lõikamisega (lk. 175). Kuid sisesoonte treimine on tunduvalt raskem ja nõuab suuremat tähelepanu selleks kasutatavate terade väikese jäikuse ja soone sageli halva nähtavuse tõttu.

Sisesoonte mõõtmine. Küllaldaselt suure läbimõõduga avades ja detaili otspinna lähedal asetsevate sisesoonte

laiust mõõdetakse joonlauaga (joon. 146, *a*), nihkmõõdikuga või šablooniga (joon. 146, *b*). Šablooni kasutatakse ka siis, kui soon asetseb väikese läbimõõduga avas kaugel detaili otspinnast.

Kõige tarvitatavam võte soone asendi kontrollimiseks detaili otspinna suhtes on näidatud joonisel 147.

Suure läbimõõduga avade hästi nähtavaid sooni kontrollitakse šabloonidega, mis on sarnased välissoonte kontrollimisel kasutatavatega.



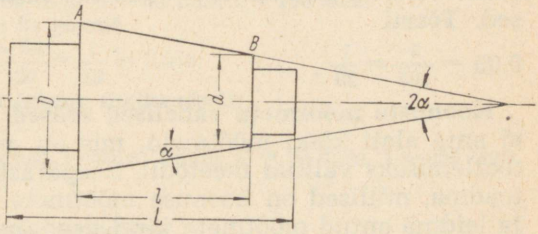
Joon. 148. Sisesoone sügavuse mõõtmine.

Soonte sügavust mõõdetakse mõnikord järgmiselt (joon. 148, *a*). Mõõtejoonlaud asetatakse detaili välispinnale, välismõõdik aga nii, et üks tema harudest puudutaks soone põhja. Edasi fikseeritakse joonlaua mõõtejoon, millele langes mõõdiku teine haru. Seejärel, muutmata välismõõdiku harude vahet, asetatakse mõõdik ja joonlaud nii, nagu kujutatud joonisel 148, *b* ja fikseeritakse uuesti joonlaua mõõtejoon, millele langeb mõõdiku ülemine haru. Lahutades esimesest lugemist teise, leiame soone sügavuse. Kui näiteks esimene lugem oli 45 mm, teine 35 mm, on soone sügavus 10 mm.

III peatükk. KOONILISTE PINDADE TÖÖTLEMINE

1. ÜLDANDMEID KOONUSTEST

Koonuse elemendid. Joonisel 149 on esitatud detail, mille keskmiseks osaks on koonus[1]. Sellel joonisel on D — koonuse suurem läbimõõt; d — koonuse väiksem läbimõõt; l — koonuse pikkus; L — detaili pikkus, mille osaks on koonus; AB — koonuse moodustaja; 2α — koonuse tipunurk; α — koonuse kaldenurk (võrdub poolega koonuse tipunurgast).



Joon. 149. Koonuse elemendid.

Kooniliste pindadega detailide joonistel näidatakse mõnikord selle pinna koonilisus, aga mõnikord koonuse kaldenurk.

Koonilisuseks nimetatakse koonuse kahe ristlõike läbimõõtude vahe ja nende pindade vahelise kauguse suhet. Koonilisust tähistatakse tähega K. Kui koonuse ühe ristlõike läbimõõt on D, teise ristlõike läbimõõt aga d ja nende

[1] Täpsemalt tüvikoonus. Kuna masinaehituses on enamikul juhtudel tegemist koonuse osadega, s. o. tüvikoonustega, siis sageli nimetatakse just neid koonusteks. Nii talitab ka käesoleva raamatu autor ja nii on kasutatud ka eestikeelses tõlkes. (*Tõlk.*)

ristlõigete vaheline kaugus l, siis võib selle koonuse koonilisust väljendada valemiga

$$K = \frac{D-d}{l} . \qquad (4)$$

Näide 1. On antud koonus, mille suurem läbimõõt on 25 mm, väiksem 23 mm, pikkus aga 100 mm. Määrata koonilisus.

Valemi (4) järgi leiame

$$K = \frac{D-d}{l} = \frac{25-23}{100} = \frac{2}{100} = \frac{1}{50}$$

Koonuse kaldeks nimetatakse poolt koonilisust.

Nii näiteks on koonuse kalle, mille mõõtmed on toodud näites 1, võrdne

$$\frac{1}{50} : 2 = \frac{1}{100} .$$

Koonilisus ja koonuse kalle väljendatakse tavaliselt hariliku murruna, mis kirjutatakse nii: 1:20; 1:50 jne. Mõnedel juhtudel näidatakse koonilisust ja koonuse kallet joonistel kümnendmurdudena, näiteks: 0,05; 0,02 jne.

Kui kahest antud koonusest on esimesel koonilisus 0,05, teisel 1:20, on silmnähtav, et nende koonilisused on võrdsed. Tõesti

$$0{,}05 = \frac{5}{100} = \frac{1}{20} .$$

Koonuste mõõtmete vahelised seosed. Koonuse joonisel ei anta alati kõiki mõõtmeid, mis on vajalikud koonuse töötlemiseks valitud meetodil. Seepärast peab treial hästi teadma, millised on koonuse mõõtmete vahelised seosed ja leidma antud mõõtmete järgi need, mida joonisel ei ole antud.

Seda võib teha, kasutades tabelit 34.

Tabeli 34 kasutamist selgitame näidetega.

Näide 1. On antud koonus, millel $d = 60$ mm, $l = 900$ mm ja $K = 1 : 30$.

Määrata selle koonuse suurem läbimõõt.

2. rea järgi tabelist 34 saame

$$D = Kl + d = \frac{1}{30} \cdot 900 + 60 = 30 + 60 = 90 \text{ mm}.$$

Näide 2. On antud koonus, millel $D = 50$ mm, $l = 200$ m ja $\alpha = 3°30'$.

Määrata selle koonuse väiksem läbimõõt.

3. rea järgi tabelist 34 leiame

$$d = D - 2l \tan \alpha = 50 - 2 \cdot 200 \cdot \tan 3°30'.$$

Valemid nende koonuse mõõtmete määramiseks, mis joonisel ei ole antud

Jrk. nr.	Määratavad mõõtmed	Antud mõõtmed	Valemid andmata mõõtmete arvutamiseks
1	D	d, l, α	$D = 2l\tan\alpha + d$
2	D	d, l, K	$D = Kl + d$
3	d	D, l, α	$d = D - 2l\tan\alpha$
4	d	D, l, K	$d = D - Kl$
5	α	D, d, l	$\tan\alpha = \frac{D-d}{2l}$
6	α	D, l, K	$\tan\alpha = \frac{K}{2}$
7	α	D, l, K	$\tan\alpha = \frac{K}{2}$

Tangensite tabeli järgi (lk. 355) leiame
$\tan 3°30' = 0{,}061$.

Seega
$d = 50 - 2 \cdot 200 \cdot 0{,}061 = 50 - 24{,}4 = 25{,}6$ mm.

N ä i d e 3. Määrata koonuse kaldenurk α, kui joonisel on antud tema mõõtmed: $D = 80$ mm, $d = 60$ mm, $l = 120$ mm.

5. rea järgi tabelist 34 leiame

$$\tan\alpha = \frac{D-d}{2l} = \frac{80-60}{2 \cdot 120} = \frac{1}{12} = 0{,}083$$

Tangensite tabelist leiame (ligikaudselt)
$\alpha = 4°45'$.

N ä i d e 4. On antud koonus, millel $D = 90$ mm, $l = 900$ mm, $K = \frac{1}{30}$.

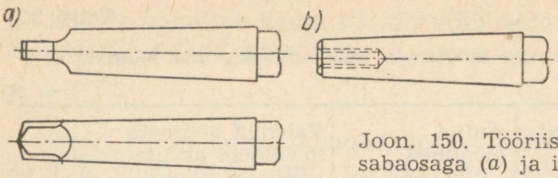
Määrata selle koonuse kaldenurk.

6. rea järgi tabelist 34 saame

$$\tan\alpha = \frac{K}{2} = \frac{1}{30} : 2 = \frac{1}{60} = 0{,}017.$$

Tangensite tabelist leiame (ligikaudselt)
$\alpha = 1°$.

Masinaehituses kasutatavad normaalkoonused. Masinaehituses kasutusele võetud tööriistakoonuseid nimetatakse Morse koonusteks ja meeterkoonusteks. Paljude lõikeriistade (puurid, avardid, hõõritsad jne.) koonilistel sabadel on need koonused. Koonilised avad tööpinkide spindlites on samuti valmistatud Morse koonuste või meeterkoonuste järgi. Tööriistamajanduses ja üldises masina-



Joon. 150. Tööriistakoonused: lapiksabaosaga (*a*) ja ilma (*b*).

ehituses kasutatakse peale nende veel koonuseid koonilisusega 1:30 ja 1:50.

Tööriistakoonused on kahte tüüpi — lapiksabaosaga (joon. 150, *a*) ja ilma selleta (joon. 150, *b*).

Lapiksabaosaga Morse koonused on seitsme mõõtmega, milliseid tähistatakse 0, 1, 2, 3, 4, 5 ja 6, meeterkoonuseid tähistatakse nr. 80, 100, 120, 160 ja 200. Lapiksabaosata Morse koonused ja meeterkoonused on samade numbritega, kui lapiksabaosaga koonused. Peale selle kasutatakse veel lapiksabaosata meeterkoonuseid nr. 4 ja 6.

Väikseim Morse koonus on nr. 0, suurim — nr. 6. Esimesed Morse koonused valmistati tollisüsteemis, mistõttu nende meetermõõdustikku üle viidud mõõtmed väljenduvad murdarvudena. Nii näiteks on lapiksabaosaga Morse koonusel nr. 2 järgmised mõõtmed: $D = 17{,}980$ mm, $d = 14{,}059$ mm ja $l = 78{,}5$ mm. Kaldenurgad on kõigil Morse koonustel erinevad, kuid kõiguvad küllaltki kitsastes piirides: $1°25'43''$ koonusel nr. 1 kuni $1°30'26''$ koonusel nr. 5. Ühesugune ei ole ka nende koonilisus, mis kõigub piirides 0,04988 koonusel nr. 1 kuni 0,05263 koonusel nr. 5. Kõige väiksem meeterkoonus kannab numbrit 4, kõige suurem — numbrit 200. Koonuse number näitab millimeetrite arvu antud koonuse suuremas läbimõõdus. Näiteks on meeterkoonuse nr. 80 suurim läbimõõt 80 mm.

Meeterkoonuste kaldenurgad ja koonilisus on kõikide mõõtmete juures muutumatu ning võrdub: $\alpha = 1°25'56''$, $K = 1:20 = 0{,}05$.

Avad peakasutatavates avardites ja hõõritsates on koonilisusega 1:30. Kooniline ava nendes tööriistades on vajalik paremaks tsentreerimiseks ja tornil tugeva istu saamiseks. Samasuguse koonilisusega on ka avardite ja hõõritsate jaoks määratud tornide tööotsad. Kaldenurk koonilisuse 1:30 puhul on $0°55'$.

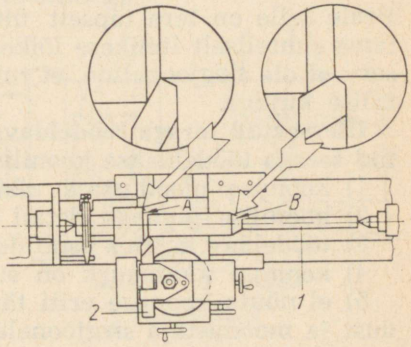
Koonilisusega 1:50 valmistatakse seadetihvtid, mida kasutatakse siis, kui kaks poltidega kinnitatavat masina-

detaili ei tohi teineteise suhtes nihkuda (näiteks supordipõll ja tema alumine kelk). Seadetihvtid lähevad avadesse, mis on puuritud ja hõõritsetud üheaegselt mõlemasse detaili pärast nende koostamist. Selliste tihvtide koonilisus on 1:50, millele vastab kaldenurk $\alpha = 0°34'$.

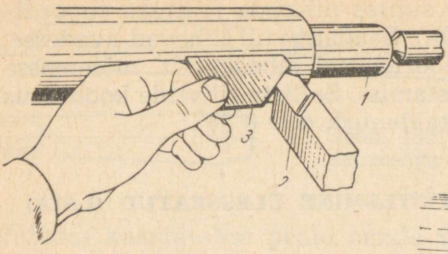
2. VÄLISKOONUSTE TÖÖTLEMINE ÜLESSEATUD (LAIA) LÕIKETERAGA

Koonuste ülesseatud teradega töötlemise meetodi olemus. Joonisel 151 on toodud näide koonuse töötlemisest ülesseatud lõiketeraga. Töödeldakse detaili 1 koonilist pinda teraga 2, mille lõikeserva ja detaili telje vaheline nurk võrdub töödeldava koonuse kaldenurgaga. Tera selliseks ülesseadmiseks kasutatakse joonisel 152 kujutatud šablooni, kus 1 on töödeldava detaili osa, 2 — lõiketera ja 3 — šabloon. Ülesseatud teradega võib koonust töödelda, kasutades nii piki- kui ka ristettenihet.

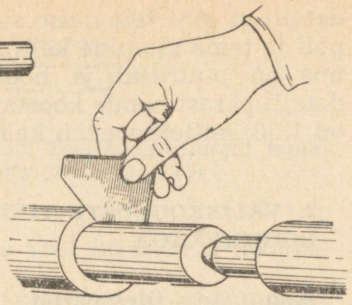
Koonuse ülesseatud teraga töötlemise iseärasusi. Koonuse, mille moodustaja on üle 10 . . . 15 mm, treimisel tekivad üsna sageli vibratsioonid, mis ei võimalda töödeldaval detailil saada siledat pinda. Vibratsioonid on seda tugevamad, mida pikem on detail, mida väiksem on ta läbimõõt, mida väiksem on koonuse kaldenurk ja lõpuks — mida lähemal asub koonus tera keskkohale. Võrreldes terade tööprotsesse koonuste *A* ja *B* treimisel (joon. 151) näeme, et esimene neist töötab palju paremates tingimustes kui teine. Tõepoolest, esimese koonuse kaldenurk on suurem teise koonuse kaldenurgast, samal ajal on esimese



Joon. 151. Koonuse töötlemine ülesseatud teraga.



Joon. 152. Tera ülesseadmine koonuse töötlemiseks.



Joon. 153. Koonuse kontrollimine šablooniga.

koonuse moodustaja väiksem kui teisel. Selle tõttu jõud, mis painutavad detaili ja tekitavad vibratsioone, on esimese koonuse treimisel väiksemad kui teise koonuse treimisel. Peale selle asetseb esimene koonus detaili otsa lähedal, teine aga peaaegu keskel. Seetõttu on vibratsioonid esimese koonuse töötlemisel väiksemad, kui teise koonuse töötlemisel.

Halva siledusega pind võib tekkida ka siis, kui tera väljaulatuvus on suur ja tera ei ole kinnitatud tugevasti. Isegi kui vibratsioone ei teki (see on võimalik jäigal detailil asuva koonuse töötlemisel, mille moodustaja on lühike ja kaldenurk suur), võib oodata tera nihkumist lõikejõudude toimel. Nihkumine on eriti tõenäoline, kui tera väljaulatuvus on suur ja ta ei ole kinnitatud jäigalt. Ühel või teisel põhjusel (või mõlemal põhjusel koos) ei ole võimalik kinni pidada koonuse nõutavast kaldenurgast. Peale selle on tera täpselt ülesse seada küllaltki raske tema suhteliselt lühikese lõikeserva tõttu. Kui tera lõikeserv ei ole sirgjooneline, ei tule töödeldav pind õige koonilise kujuga.

Ülesseatud teraga töödeldavad väliskoonused. Ülesseatud teraga töödeldakse koonilisi pindu kui:

1) koonuse moodustaja pikkus ei ületa 10 . . . 15 mm;
2) koonilise pinnaga detail on jäik;
3) töödeldav koonus asub detaili otsa lähedal;
4) koonuse kaldenurk on suur;
5) ei nõuta koonuse eriti täpset kaldenurka, pinnasiledust ja moodustaja sirgjoonelisust.

Ülesseatud teraga töödeldud väliskoonuste kontrollimine. Ülesseatud teraga töödeldud koonuse kaldenurga kontrollimiseks kasutatakse šablooni, nagu näidatud joonisel 153.

3. VÄLISKOONUSTE TÖÖTLEMINE SUPORDI PÖÖRATUD ÜLEMISE KELGU ABIL

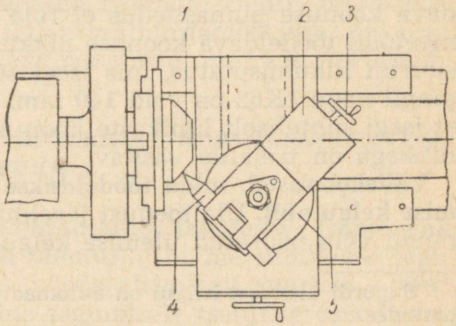
Koonuste sellise töötlemismeetodi puhul seatakse supordi pööratav kelk nii, nagu näidatud joonisel 154. Sellel joonisel on *1* — töödeldav detail (tema eesmine osa on kooniline); *2* — supordi ülemine kelk; *3* — vänt ülemisele supordile ettenihke andmiseks; *4* — lõiketera. Keerates vänta *3*, anname terale *4* ettenihke ja ta töötleb detaili *1* koonilist osa.

Supordi ülemise kelgu pöördenurga määramine. Supordi ülemise kelgu pöördenurk määratakse koonuse töötlemisel järgmise reegli järgi.

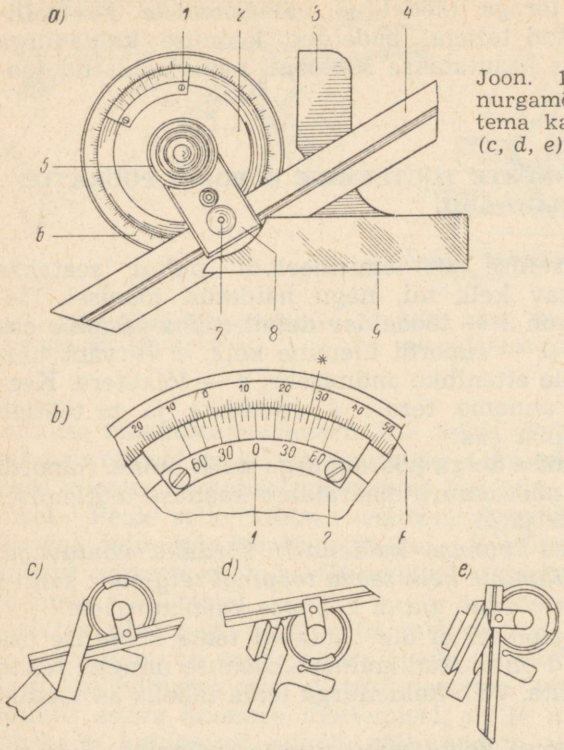
Et töödeldava koonuse kaldenurk võrduks nõutavaga, tuleb supordi ülemine kelk seada tööpingi telgjoone suhtes nurga alla, mis võrdub antud koonuse kaldenurgaga.

Kui detaili joonisel ei ole näidatud tema koonilise osa kaldenurk, vaid on toodud andmed koonuse mingite teiste elementide kohta, võib kaldenurga leida tabelis 34 toodud valemite abil.

Supordi ülemise kelgu pöördenurga lugemine. Supordi ülemise kelgu pöördenurka saab lugeda jaotusjoonte järgi, mis on kantud tema pöörleva osa tugiäärikule *5* (joon. 154). Iga selline jaotus on tavaliselt 1°, kuna väiksemaid jaotusi ($^1/_2$°, $^1/_4$°) saab hinnata silmaga.



Joon. 154. Koonuse töötlemine supordi pööratud ülemise kelguga.



Joon. 155. Universaalnurgamõõtja (*a*, *b*) ja tema kasutamise võtted (*c*, *d*, *e*).

Väliskoonuste supordi pööratud ülemise kelgu abil töötlemise meetodi puudused. Selle meetodi peamine puudus seisneb selles, et töödelda tuleb põhiliselt käsiettenihkega[1]. Selline ettenihe on sageli ebaühtlane, mille tõttu töödeldava koonuse pinnasiledus ei tule rahuldav. Vaadeldaval meetodil töödeldava koonuse pikkust piirab ülemise kelgu suurim liikumisulatus, mis isegi sellisel kaasaegsel treipingil nagu 1K62 on vaid 140 mm. Lõpuks tuleb märkida, et isegi suhteliselt lühikeste koonuste töötlemine käsiettenihkega on treialile väsitav.

Väliskoonused, mida töödeldakse supordi pööratud ülemise kelgu abil. Ülaltoodust järeldub, et detailide koonilisi pindu võib pööratud ülemise kelgu abil töödelda, kui

[1] Supordi ülemisel kelgul on automaatettenihe vaid suurtes treipinkides.

1) koonuse moodustaja on lühike;
2) töödeldaval koonusel on suur kaldenurk;
3) ei ole nõutav kaldenurga suur täpsus;
4) pinnasiledusele esitatakse väikseid nõudmisi.

Pööratud ülemise kelgu abil töödeldud koonuste kontrollimine. Selliseid koonuseid, peamiselt lühikesi, mõõdetakse nurgamõõtjatega, näiteks universaalsetega (joon. 155, *a*, *b*).

Universaalnurgamõõtja põhiosaks on ketas *6*, millega ühise terviku moodustab joonlaud *9*. Ketta servale on kantud kraadijaotusega skaala. Pööratavat ketast *2* võib ketta *6* suhtes asetada nõutavasse asendisse ja kinnitada kruvi *5* abil. Pööratava ketta külge on kinnitatud noonius *1*, mille iga jaotus vastab *5* kaareminutile, ja joonlaua *4* pide *8*. Joonlaua võib kinnitada nõutavasse asendisse kruvi *7* abil.

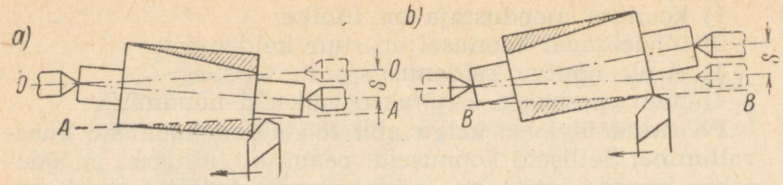
Joonlauad *9* ja *4* võib seada sellisesse asendisse, et nende tööservade vaheline nurk on võrdne nõutavaga. Selle nurga suurust loetakse ketta *6* skaalalt ja nooniuselt *1* nagu nihkmõõdiku lugemit. Oletame, et pärast pööratava ketta kinnitamist võttis noonius *1* ketta *6* skaala suhtes sellise asendi, nagu on näidatud joonisel 155, *b*. Nooniuse nulljoon on ületanud ketta *6* skaala 12. märkjoone, üks skaala märkjoontest langeb kõige täpsemalt kokku nooniuse 40. märkjoonega. Joonisel 155, *b* on see märkjoon märgitud tärnikesega. See tähendab, et joonlaudade *4* ja *9* tööservade vaheline nurk nende antud asendi puhul on 12°40′.

Lisajoonlauda *3* kasutatakse teravate nurkade mõõtmisel. Sel juhul loetakse täiskraade mitte ketta *6* skaala nulljoonest, vaid 90. märkjoontest.

Joonisel 155, *c* on näidatud treipingi tsentri töökoonuse tipunurga mõõtmine universaalnurgamõõtjaga, joonistel 155, *d* ja *e* — koonushammasrataste nurkade mõõtmine.

4. VÄLISKOONUSTE TÖÖTLEMINE KÕRVALENIHUTATUD TAGUMISE TSENTERPUKIGA

Väliskoonuste kõrvalenihutatud tagumise tsenterpuki abil töötlemise meetodi olemus. Kui me nihutame tagumise tsenterpuki keret mööda alusplaati suuruse *s* võrra treiali suunas, siis saame tagumisele tsentrile asendi, mis



Joon. 156. Pinnad (koonused), mis saadakse detailide töötlemisel treipingil kui selle tagumine tsenterpukk on nihutatud treiali poole (*a*) või treialist eemale (*b*).

on joonisel 156, *a* näidatud täisjoonega. Kriipsjoonega on näidatud tagumine tsenter keskmises asendis (tsentri telg langeb ühte tööpingi tsentrite joonega). Joon *00* on tööpingi tsentrite joon, joon *AA* aga näitab tera tipu teekonda tema liikumisel pikiettenihkega. Tööpingi tsentritele kinnitatud detaili pöörlemisel ja tera liikumisel joonisel näidatud noole suunas, lõikab tera detaililt maha osa materjali (joonisel viirutatud). Selle tulemusena saab detail koonilise kuju. Koonuse tipp on suunatud treipingi tagumise tsentri poole.

Nihutades tsenterpuki keret suuruse *s* võrra treialist eemale, saame tagumise tsentri asendi, mis on näidatud joonisel 156, *b* täisjoonega. Kriipsjoonega on ka sel juhul näidatud keskmises asendis olev tagumine tsentner. Kui detail panna pöörlema ja terale anda pikiettenihe, lõikab tema piki sirget *BB* liikuv tipp detaililt maha osa materjali, mis joonisel 156, *b* on viirutatud. Selle tulemusena saab koonilise detaili. Koonuse tipp on suunatud spindli poole.

Kõigest toodust järeldub.

Treipingil võib töödelda koonilisi detaile, nihutades tagumise tsenterpuki ära keskmisest asendist. Kui tsenterpukk on nihutatud treiali poole, on saadava koonuse tipp suunatud tagumise tsenterpuki suunas. Kui tsenterpuki kere on nihutatud treialist eemale on saadava koonuse tipp suunatud spindli suunas.

Edaspidi on väljendi «tagumise tsenterpuki kere nihutamine» asemel lühiduse mõttes kasutatud «tagumise tsentri nihutamine».

Tagumise tsentri nihutamise suuruse määramine koonuste töötlemisel. Tagumise tsentri nihutamise suurust detaili koonilise osa töötlemisel võib arvutada ühega järgmistest valemitest:

$$S = \frac{L}{l} \cdot \frac{D-d}{2}; \quad (5)$$

$$S = L \cdot \tan \alpha; \quad (6)$$

$$S = \frac{L}{2} \cdot K. \quad (7)$$

Nendes valemites:
S on tagumise tsentri nihutamise suurus, mm;
L — detaili pikkus, mille osaks on koonus, mm;
l — detaili koonilise osa pikkus, mm;
D — koonuse suurim läbimõõt, mm;
d — koonuse väiksem läbimõõt, mm;
α — koonuse kaldenurk, kraadi;
K — koonilisus.

Näide 1. Määrata tagumise tsentri nihutamise suurus detaili töötlemisel, mille pikkus on 600 mm, koonilise osa pikkus on 300 mm ja selle osa läbimõõdud 68 ja 60 mm.

Valemi (5) järgi leiame

$$S = \frac{L}{l} \cdot \frac{D-d}{2} = \frac{600}{300} \quad \frac{68-60}{2} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ mm}.$$

Näide 2. Määrata tagumise tsentri nihutamise suurus detaili töötlemisel, mille pikkus on 400 mm, koonilise osa kaldenurk aga 3°.

Valemi (6) järgi leiame

$S = L \cdot \tan \alpha = 400 \cdot \tan 3°$.

Tangensite tabelist (lk. 355) leiame

$\tan 3° = 0{,}052$,

ja seega

$S = 400 \cdot 0{,}052 = 20{,}8 \approx 21$ mm.

Näide 3. Määrata tagumise tsentri nihutamise suurus detaili töötlemisel, mille pikkus on 600 mm ja üks tema osa on koonus koonilisusega 1 : 30.

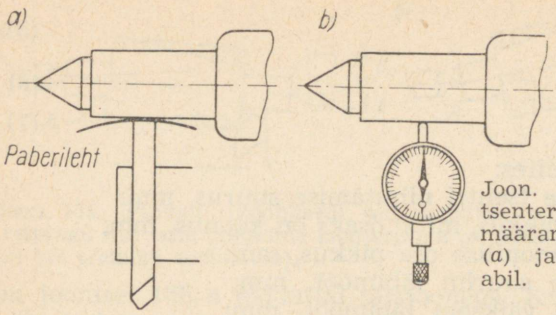
Valemi (7) järgi leiame

$$S = \frac{L}{2} \cdot K = \frac{600}{2} \cdot \frac{1}{30} = \frac{600}{60} = 10 \text{ mm}.$$

Valemid (5), (6) ja (7), samuti nende kasutamise näited, kehtivad nii nende koonuste, mis on tipuga suunatud spindli, kui ka nende koonuste, mis on tipuga suunatud tagumise tsentri poole, töötlemisel.

Tagumise tsentri nihutamise suuruse lugemine. Tagumise tsentri nihutamise suurust loetakse tsentripuki tugiplaadil käsiratta pool asuvalt väikeselt skaalalt. Selle ühe jaotuse väärtus on tavaliselt 1 mm.

Jaotustega skaala puudumisel kasutatakse tagumise tsentri nihutamise suuruse lugemiseks supordi ristette-



Joon. 157. Tagumise tsenterpuki nihkumise määramine paberilehe (*a*) ja indikaatori (*b*) abil.

nihke kruvi limbi või indikaatorit. Esimesel juhul talitatakse järgnevalt. Supordi ristettenihkega viiakse keskmises asendis oleva tagumise tsenterpuki pinooli juurde lõiketera, mis on terahoidjasse kinnitatud tagumise otsaga ees (joon. 157, *a*). Tera surutakse vastu pinooli nii, et tera otsa ja pinooli vahele asetatud paberileht ei kukuks maha, kuid oleks nende vahelt erilise jõuta väljatõmmatav. Pärast seda viiakse tera tagasi tagumise tsentri nihutamise vajaliku suuruse võrra, kasutades selleks supordi ristettenihke kruvi limbi. Seejärel nihutatakse tagumist tsentrit treiali suunas sedavõrd, et paberileht oleks uuesti surutud tera ja tsenterpuki pinooli vahele sama tihedalt, nagu tsenterpuki esimese asendi puhul.

Kui on vaja tsentrit nihutada treialist eemale, surutakse tera pinooli vahele samuti kui ülalvaadeldud juhul, seejärel nihutatakse tsenter treialist eemale veidi rohkem, kui nõutav. Nüüd nihutatakse tera edasi (limbi järgi) tsentri nihutamise suuruse ulatuses, tõmmatakse pinool tagasi (enda suunas), kuni pinool puudutab tera. Pinooli ja tera kokkupuutumise tihedust kontrollitakse ka sel juhul paberilehega.

Treipingi seadistamisel indikaatori abil viiakse selle mõõteotsik tagumise tsenterpuki pinoolini (joon. 157, *b*). Pärast seda võib tsentrit nihutada nii treiali poole kui ka treialist eemale, kusjuures nihutamise suurust näitab indikaatori osuti.

Koonuste tagumise tsenterpuki nihutamise abil töötlemise meetodi eelised ja puudused. Vaadeldavat meetodit kasutatakse laialdaselt, kuna ta ei nõua erirakiseid ja on kasutatav igas treipingis. Meetodi põhiline puudus seisneb

selles, et nihutatud tagumise tsenterpuki korral ei asu tööpingi tsentrid detaili tsentriavades nii, nagu tsenterpuki tavalise asendi korral (joon. 158, *a*), vaid nii, nagu näidatud joonisel 158, *b*. Selle tulemusena töötavad detaili tsentriavad ja tööpingi tsentrid koos valesti. Kui detail, mille koonust töödeldi nihutatud tsentri abil, kinnitada normaalselt asetsevatele tsentritele ja töödelda tema silindrilist osa, ei ühtu selle osa ja varem töödeldud koonilise osa teljed. Seepärast tuleb kooniliste pindadega detailide töötlemisel eelnevalt treida kooniline osa, seejärel koorida ja lõplikult viimistleda silindriline osa ja alles pärast seda treida puhtalt koonus.

Peab märkima, et isegi tagumise tsenterpuki nihutamise suuruse õigel määramisel toodud valemite järgi ja tsentri nihutamise suuruse õigel lugemisel ei tule töödeldava koonuse koonilisus täpne. Seepärast määratakse täpsete koonuste töötlemisel tsenterpuki lõplik asend katseliselt.

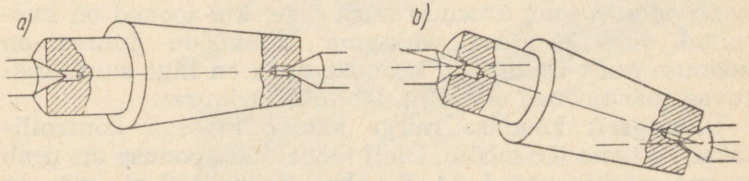
Selleks kontrollitakse koonuse mõõtmeid eelnevalt kohe pärast tema pinna musttöötlemist.

Olenevalt mõõtmise tulemustest koonuse töötlemine kas lõpetatakse või nihutatakse tagumist tsenterpukki veel ühes või teises suunas.

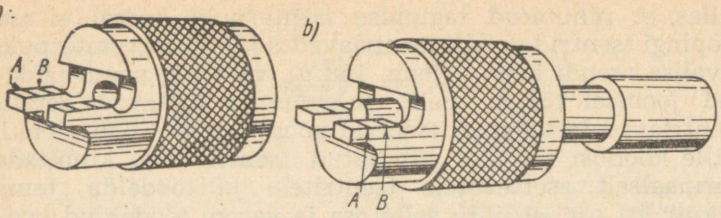
Viimasel juhul tuleb pärast tera läbimit kontrollida töödeldava koonuse mõõtmeid ja nihutada tagumist tsenterpukki uuesti, kui see on vajalik, jne.

Väliskoonused, mida töödeldakse nihutatud tagumise tsenterpuki abil. Eelkäsitletud detaili tsentrite ebanormaalne kulumine, kui detaili koonilist osa töödeldakse nihutatud tagumise tsenterpuki abil, on seda suurem, mida lühem on detail ja mida rohkem on tsenterpukki nihutatud.

Üldise juhendina võib arvestada, et tagumise tsenterpuki nihutamise suurus detaili koonilise osa töötlemisel ei



Joon. 158. Tsentrite ja tsentriavade töötamise tingimused tagumise tsenterpuki keskmise asendi puhul (*a*) ja nihutatud tsenterpuki (*b*) puhul.



Joon. 159. Pukskaliiber (*a*) väliskoonuste kontrollimiseks ja tema kasutamine (*b*).

tohi ületada ligikaudu 1/100 detaili kogupikkusest. Tsenterpuki edasisel nihutamisel (detaili sama pikkuse puhul) rikutakse tsentriavade kuju ja detail võib osutuda kõlbmatuks.

Nii näiteks võib 200 mm pikkuse detaili koonilist osa töödelda tagumise tsenterpuki nihutamise abil, kui viimane ei ületa (ligikaudu)

$$200 \cdot \frac{1}{100} = \frac{200}{100} = 2 \text{ mm}.$$

Kui sama detaili koonilise osa töötlemiseks tuleb tagumist tsenterpukki rohkem kõrvale nihutada, siis vaadeldavat koonuste töötlemise meetodit ei soovitata kasutada.

Koonuste kontrollimine, mis on töödeldud tagumise tsenterpuki nihutamise abil. Selliseid koonuseid kontrollitakse tavaliselt pukskaliibriga (joon. 159, *a*). Puhastanud puksi ja kontrollitava koonuse hoolikalt mustusest ja laastudest, kantakse koonuse pinnale (piki moodustajat) kriidiga, aga veel parem pliiatsiga kaks-kolm märkjoont. Pärast seda asetatakse puks kontrollitavale koonusele ja kergelt surudes pööratakse teda ümber telje. Edasi võetakse puks ära ja vaadeldakse, kus ning kuidas on kustunud kriidi- või pliiatsijooned. Kui jooned on kustunud kogu pikkuses, on koonuse nurk õige; kui jooned on kustunud vaid koonuse väiksema läbimõõdu juures, on koonuse nurk väike. Kui koonuse nurk on liiga suur, kustuvad märkjooned suurema läbimõõdu juures.

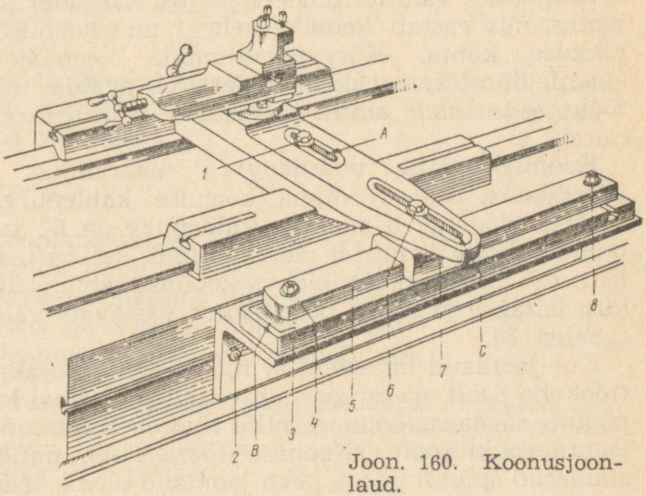
Üheaegselt koonuse nurga kontrollimisega kontrollitakse ka tema läbimõõtu. Õieti töödeldud koonuse ots peab asuma märkjoonte *A* ja *B* vahel (joon. 159, *a*), mis on kantud puksi mahalõike pinnale (joon. 159, *b*). Kui koonuse ots ei ulatu märkjooneni *B*, tuleb koonust täiendavalt töö-

delda. Kui koonuse ots ületab märkjoone *A*, on tegemist parandamatu praagiga. Märkjoonte asemel võib kasutada ka vastavalt valmistatud kaliibri otspindu. Kui detaili kooniline osa on äärmine, võib teda kontrollida nurgamõõtjaga (joon. 155).

5, VÄLISKOONUSTE TÖÖTLEMINE KOONUSJOONLAUA VÕI HÜDRAULILISE SUPORDI ABIL

Koonuste koonusjoonlaua abil töötlemise meetodi olemus. Koonuste selle meetodiga töötlemisel kasutatakse üheaegselt tera kahte ettenihet — piki- ja ristsuunalist. Pikiettenihe saadakse nagu tavaliselt käiguvõllilt või käigukruvilt, ristettenihe aga koonusjoonlaualt. Supordi ristettenihke kruvi tuleb sel juhul ära võtta või välja lülitada. Ilmselt peavad erinevate kaldenurkadega koonuste töötlemisel olema erinevad ka tera ristettenihked, mida tagab koonusjoonlaua ehitus.

Koonusjoonlaua ehitus. Treipingi (joon. 160) sängi tahaküljele kinnitatud nurgiku *2* ülemisele küljele on omakorda kinnitatud liist *3*. Liistul asub täpselt ja puhtalt töödeldud joonlaud *5*, mis väikese nurga võrra võib pöörelda sõrme (joonisel ei ole näha) ümber, mis asetseb joonlaua keskel. Joonlaua pöördenurka loetakse liistul *3* asuva



Joon. 160. Koonusjoonlaud.

kraadijaotusega skaala ja joonlaua 5 otspinnal asuva märkjoone järgi. Nõutavasse asendisse kinnitatakse joonlaud poltide 4 ja 8 abil.

Supordi ristkelk on veidi pikendatud ja selles on kaks pikisoont *A* ja *C*. Soont *A* läbiv polt *1* ühendab ristettenihke kruvi mutrit supordi ristkelguga. Kui veidi keerata polti *1*, võib ristkelk vabalt liikuda oma juhtpindadel. Ristettenihke mutter ja kruvi jäävad sealjuures liikumatuteks. Polt *6* ühendab ristkelguga liugurit 7, mis asetseb joonlaual 5. Oletame, et polt *1* on lahti, polt *6* aga kinni keeratud, kusjuures joonlaud 5 on ülesse seatud treipingi telje suhtes nurga all. Lülitades sisse supordi pikiettenihke, liigub liugur 7 piki joonlauda ja nihutab ristkelku mööda sirget, mis on pingi telje suhtes kaldu. Selle tõttu saab töödeldav detail koonilise kuju.

Koonusjoonlaua väljalülitamiseks tuleb polt *6* tingimata lahti keerata, polt *1* aga kinni keerata.

Mõningaid seadmete variante koonuste töötlemiseks koonusjoonlaua abil. Paljude treipinkide supordid ei ole kohandatud koonuse töötlemiseks koonusjoonlaua abil. Sellistel juhtudel, kasutades rakiseid koonuse töötlemiseks, tuleb supordi ristettenihke kruvi välja võtta.

Mõnede treipinkide juures pöörleb joonlaud ümber sõrme, mis asetseb mitte tema keskel, vaid otsa juures. Skaalal joonlaua pöördenurga lugemiseks ei ole alati kraadijaotus, vaid millimeeterjaotus, harvadel juhtudel ka jaotus, mis vastab koonilisusele 1 mm koonuse 100 mm pikkuse kohta. Kõrvalekaldumine koonusjoonlaudade enamlevinud konstruktsioonidest ei avalda mõju nende tööle, seda tuleb ainult arvestada pöördenurga määramisel.

Koonusjoonlaua pöördenurga määramine. Joonlaua pöördenurk peab võrduma koonuse kaldenurgaga. Kui näiteks töödeldava koonuse kaldenurk on 6°, tuleb joonlauda pöörata samuti 6° võrra. Juhul, kui on teada koonilisus või on antud töödeldava koonuse läbimõõdud ja pikkus, leitakse joonlaua pöördenurk vastavate valemite abil tabelist 34.

Kui joonlaud on asetatud nii, et tema vasakpoolne ots (töökoha poolt arvestades) on treialile lähemal kui parempoolne, saadakse koonus, mille tipp on suunatud tagumise tsentnerpuki poole. Koonuse töötlemisel, mille tipp on suunatud spindli poole, peab joonlaud olema seatud nii, et

tema parempoolne ots oleks treialile lähemal kui vasakpoolne.

Joonlaua pöördenurk, kui tema skaalal on millimeeterjaotused, määratakse järgnevatest valemitest ühe abil:

$$S = \frac{L_0}{l} \cdot \frac{D-d}{2}; \tag{8}$$

$$S = L_0 \cdot \tan \alpha; \tag{9}$$

$$S = \frac{L_0}{2} \cdot K. \tag{10}$$

Nendes valemites:

S on joonlaua skaala millimeeterjaotuste arv, mille võrra joonlauda tuleb pöörata;

L_0 — joonlaua pöörlemistelje kaugus tema otspinnast, millele on kantud skaala, mm;

D — koonuse suurim läbimõõt, mm;

d — koonuse väiksem läbimõõt, mm;

K — koonilisus;

l — detaili koonilise osa pikkus, mm;

α — koonuse kaldenurk kraadides.

Näide 1. Määrata koonusjoonlaua pöördenurk millimeeterskaala järgi, kui töödeldava koonuse läbimõõdud on 60 ja 50 mm ja pikkus 250 mm. Joonlaua pöörlemistelg asub skaalast 500 mm kaugusel.

Valemi (8) järgi leiame

$$S = \frac{L_0}{l} \cdot \frac{D-d}{2} = \frac{500}{250} \cdot \frac{60-50}{2} = 10 \text{ mm}.$$

Kui joonlaua skaala jaotus vastab 1 mm koonilisusele koonuse 100 mm pikkuse kohta, leitakse joonlaua pööramise suurus valemist

$$S = \frac{100}{l}(D-d), \tag{11}$$

kus S on joonlaua skaala jaotuste arv, mille võrra joonlauda tuleb pöörata;

L — koonuse pikkus antud detaili osal,

D — koonuse suurem läbimõõt, mm;

d — koonuse väiksem läbimõõt, mm.

Näide 2. Tuleb treida koonus, mille läbimõõdud on 22 ja 20 mm, detaili pikkus aga, mille osaks see koonus on, võrdub 400 mm. Tööpingi joonlaua skaala iga jaotus vastab koonilisusele 1 mm koonuse pikkuse 100 mm kohta.

Valemi (11) järgi leiame

$$S = \frac{100}{L}(D - d) = \frac{100}{400}(22 - 20) = \frac{100 \cdot 2}{400} = 0{,}5 \text{ jaotust.}$$

Väliskoonuste koonusjoonlaua abil töötlemise meetodi eelised. Sellel koonuste töötlemise meetodil on rida eeliseid, milledest olulisemad on järgmised:

1) treipingi tagumine tsenterpukk asub keskmises asendis, järelikult tsentriavad ei kulu ebanormaalselt, mis on vältimatu tagumise tsenterpuki kõrvalenihutamise korral;

2) töödeldava koonuse koonilisus tuleb praktika enamikel juhtudel küllaldaselt täpne ilma koonusjoonlaua täiendava seadmiseta;

3) see moodus võimaldab töödelda suurema koonilisusega koonuseid, kui seda saab teha tagumise tsenterpuki nihutamise abil.

Väliskoonused, mida töödeldakse koonusjoonlaua abil. Selle meetodi abil töödeldava koonuse suurima koonilisuse määrab antud tööpingi koonusjoonlaua suurim pöördenurk.

Koonusjoonlaua suurim pöördenurk on tavaliselt 10 . . . . . 12°.

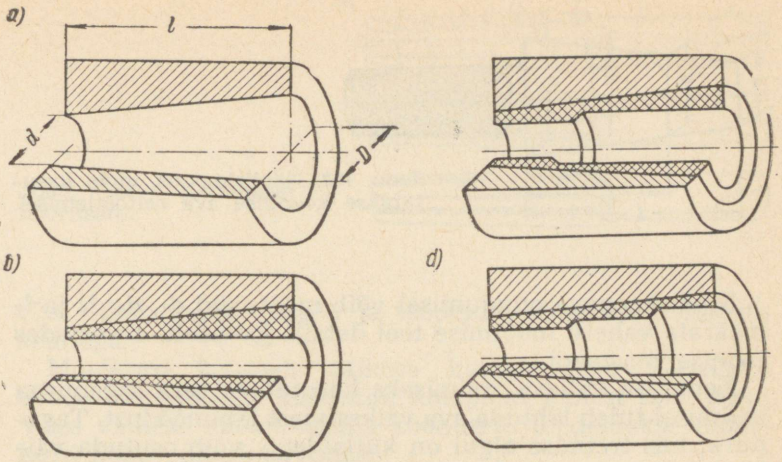
Väliskoonuste kontrollimine, mis on töödeldud koonusjoonlaua abil. Kontrollitakse samuti, kui nihutatud tagumise tsenterpuki abil töödeldud koonuseid.

Koonuste töötlemine hüdraulilise supordi abil. Hüdraulilise supordi ehitust ja töötamist vaadeldakse tagapool, selle raamatu kolmanda osa neljandas peatükis (lk. 352).

6. KOONILISTE AVADE TÖÖTLEMINE

Kooniliste avade töötlemise meetodid. Koonilisi avasid võib töödelda ülesseatud tera, supordi pööratud ülemise kelgu ja koonusjoonlaua abil ning hõõritsemisega. Kolme esimese meetodi olemus, samuti nende kasutamisega seotud arvestused ja töövõtted on samasugused, kui väliskoonuste töötlemisel sama meetodiga. Seepärast vaadeldakse alamal vaid lausmaterjalisse kooniliste avade töötlemise mõningaid iseärasusi ja kooniliste avade hõõritsemist.

Kooniliste avade lausmaterjalisse töötlemise iseärasused. Eelnevalt sellised avad puuritakse. Selleks kasutatava puuri läbimõõt peab olema 2 . . . 3 mm võrra väiksem koonuse väiksemast läbimõõdust. Kui koonuse kaldenurk on

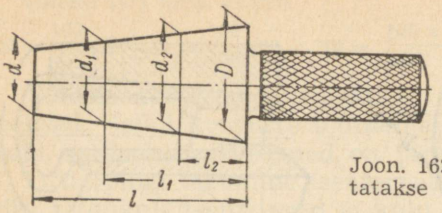


Joon. 161. Koonilise ava eeltöötlemine.

suur, tuleb ava enne sisetreimist astmeliselt üle puurida või treida. Sealjuures on otstarbekohane kasutada väliskoonusega detaili (või näidiskoonust), mis oleks töödeldava koonusega ühesugune. Kui näiteks töödeldaval koonilisel aval (joon. 161, *a*) on läbimõõdud *D* ja *d* ning pikkus *l*, ning on olemas samade mõõtmetega näidiskoonus (joon. 162), siis toimub ava eeltöötlemine järgnevalt.

Näidiskoonuse pikkus jagatakse näiteks kolmeks osaks, mõõdetakse läbimõõdud d_1 ja d_2 ja nende kaugused l_2 ja l_1 koonuse parempoolsest otspinnast. Pärast töödeldava ava läbipuurimist (joon. 161, *b*) puuriga, mille läbimõõt on 2 ... 3 mm võrra väiksem kui *d*, puuritakse ava esiteks üle (joon. 161, *c*) sügavuseni, mis on veidi väiksem kui l_1 puuriga, mille läbimõõt on väiksem kui d_1. Seejärel puuritakse ava uuesti üle (joon. 161, *d*) sügavuseni, mis on veidi väiksem kui l_2, puuriga, mille läbimõõt on veidi väiksem kui d_2. Lõpuks ava treitakse, mida saab nüüd teha palju kiiremini võrreldes juhuga, kus sisetreimine toimus kohe pärast esimest puurimist (joon. 161, *b*), millel töötlusvaru oli tunduvalt suurem.

Suurte kooniliste avade eelpuurimisel võimsate pinkidega tuleb alustada suurimast puurist ja puurida sügavuseni, mis on veidi väiksem kui l_2, seejärel töödelda väiksema puuriga teine aste jne.



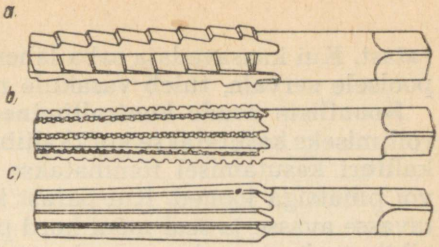
Joon. 162. Näidiskoonus, mida kasutatakse koonilise ava eeltöötlemisel.

Näidiskoonuse puudumisel võib mõõtmeid d_1, d_2, l_1 ja l_2 määrata vahetu mõõtmise teel detaili jooniselt, arvestades joonise mastaapi.

Koonilise siseava treimiseks kasutatava tera taganurga valimisel tuleb lähtuda ava väikseimast läbimõõdust. Taganurk, mis treimise algul on küllaldane, võib osutuda väikeseks, kui tera jõuab töödeldava ava lõppu. Selle tulemusena tekib ava pinna ja tera tagatahu vahel hõõrdumine, mis selle töö juures ei ole lubatav.

Kooniliste avade hõõritsemine. Normaliseeritud mõõtmetega koonilisi avasid (sisekoonused üleminekupuksides, pealeasetatavates hõõritsates ja avardites jne.) tuleb töödelda hõõritsatega (joon. 163), mille komplekt kindlat tüüpi ja mõõtmeid omava töödeldava koonilise ava (näiteks Morse koonus nr. 4) jaoks koosneb kolmest hõõritsast. Igal nendest hõõritsatest on kooniline osa, mis vastab selle ava mõõtmetele, mille töötlemiseks nad on määratud, ja silindriline saba, mille ots on ruudukujuline. Koonilisele osale on freesitud sooned, mis moodustavad hambad. Esimesel (koorimis-) hõõritsal (joon. 163, *a*) on hammaste arv tavaliselt väike (hõõritsal Morse koonuse nr. 4 töötlemiseks on 6 hammast). Hambad on tehtud astmeliselt ja asetsevad astmetena piki kruvijoont. Teisel hõõritsal (joon. 163, *b*) on hambaid tunduvalt rohkem kui esimesel, kusjuures need on samuti astmelised (eraldatava laastu tükeldamiseks). Kolmandal (puhas-) hõõritsal on sirged tasased hambad; nende arv on veidi suurem kui teisel hõõritsal.

Ava puurimiseks kasutatakse puuri, mille läbimõõt on 0,5 ... 1,0 mm võrra väiksem esimese hõõritsa väiksemast läbimõõdust. Tingituna selle hõõritsa astmelistest hammastest ja kruvijoonelisest asetusest, tuleb hõõritsetud ava astmeline. Pärast teise hõõritsa läbimist väheneb astmete suurus, kuid suureneb nende arv. Viimane (puhas-) hõõ-

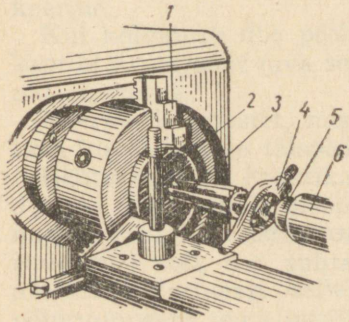


Joon. 163. Koonilised hõõritsad.

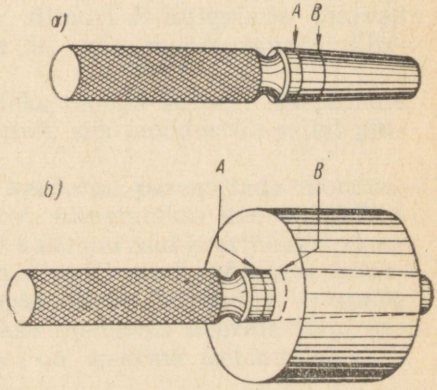
rits lõikab maha astmed ja töödeldav ava tuleb siledate seintega.

Mõnikord koosneb väikese kaldenurgaga kooniliste avade töötlemiseks määratud komplekt kahest hõõritsast. Väga väikese kaldenurgaga koonuseid töödeldakse mõnikord kohe puhashõõritsaga.

Hõõritsa ülesseadmine töötamiseks on näidatud joonisel 164. Hõõritsa tööots *3* viiakse padrunisse *1* kinnitatud detaili *2* töödeldavasse avasse. Hõõritsa vasakut otsa toetab tagumise tsenterpuki pinooli *6* asetatud tsenter *5*. Hõõritsa saba ruudukujulisele otsale asetatakse kaasavedaja, mille saba toetub supordi ülemisele pinnale. Koos hõõritsa liikumisega vasakule liigutatakse vasakule ka tagumise tsenterpuki pinooli, pöörates pidevalt tema käsi-



Joon. 164. Koonilise ava hõõritsemine.



Joon. 165. Korkkaliiber (*a*) koonilise ava kontrollimiseks ja selle kasutamine (*b*).

ratast. Kui kaasavedaja saba läheneb supordi pinna vasakpoolsele servale, tuleb vasakule nihutada kogu suport.

Kooniliste avade kontrollimine. Kooniliste avade kontrollimiseks kasutatakse korkkaliibreid (joon. 165, *a*). Sellise kaliibri kasutamisel tõmmatakse tema külgpinnale kriidi või pliiatsiga jooned. Kui pärast kaliibri viimist kontrollitavasse avasse ja seal mõni kord pööramist on jooned kogu pikkuses kustunud, on ava koonuse nurk õige. Kui jooned kustuvad vaid kaliibri väiksema läbimõõdu juures, tähendab see, et koonuse nurk on suur. Koonuse liiga väikese nurga puhul kustuvad kriidi- või pliiatsijooned vaid kaliibri suurema läbimõõdu juures. Koonilise ava läbimõõte kontrollitakse samuti korkkaliibriga. Õieti töödeldud ava puhul peab korkkaliibrile kantud märkjoon *B* olema detaili poolt kaetud, märkjoont *A* aga ei tohi detaili ots katta (joon. 165, *b*). Kui kaliibri märkjoon, *B* ei ulatu detaili otspinnani, tuleb ava töödelda täiendavalt, kui aga märkjoon *A* läheb detaili sisse, kuulub viimane praagi hulka.

IV peatükk. KEERMETAMINE

1. ÜLDMÕISTEID KEERMETEST

Kruvijoone mõiste. Kui paberist või õhukesest plekist välja lõigatud kolmnurka *ABC* (joon. 166, *a*), mille külg *AB* võrdub silindri *E* põhja ümbermõõduga *D*, painutada silindriks nii, et külg *AB* langeks kokku silindri põhjaga, siis moodustab külg *AC* silindri pinnal joone, mida nimetatakse kruvijooneks.

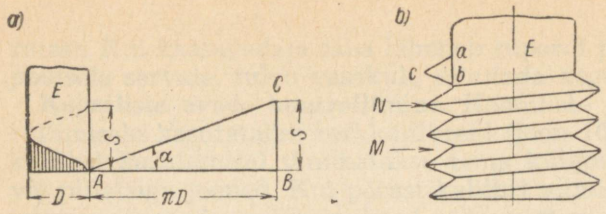
Keerme tekkimine. Oletame, et tasapinnaline kujund, näiteks kolmnurk *abc* (joon. 166, *b*), mille külg *ab* langeb kokku silindri *E* moodustajaga, asetseb tasapinnal, mis läbib silindri telge. Oletame edasi, et see kolmnurk pöörleb, jäädes silindri *E* telge läbivale tasapinnale, kusjuures tema tipp liigub mööda silindrile kantud kruvijoont. Kolmnurga pöörlemisel mööda silindri *E* külgpinda tekivad kruviaste *N* ja kruvisoon *M*, mis moodustavad väliskeerme.

Kui kolmnurk *abc* pöörleks mööda silindri sisepinnale kantud kruvijoont (ava seinal), siis moodustub sellel pinnal sisekeere.

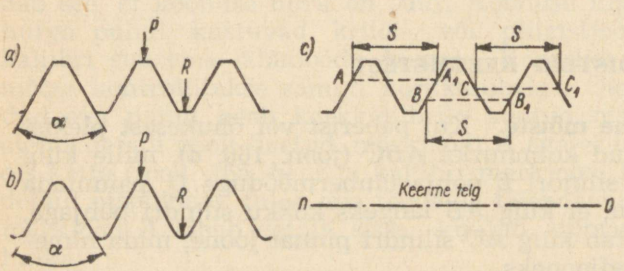
Keerme kruviastet, mis saadakse pärast teda moodustava kujundi ühte täispööret, nimetatakse keermeniidiks.

Keerme profiil. Praktikas kasutatavaid keermeid ei moodustata mitte ainult mööda silindri pinda pöörleva kolmnurga, vaid ka teiste tasapinnaliste kujundite (trapets, ruut jne.) abil, mis valitakse olenevalt keerme töötingimustest. Vastavalt sellele on keerme iseloomustavaks põhitunnuseks tema profiil.

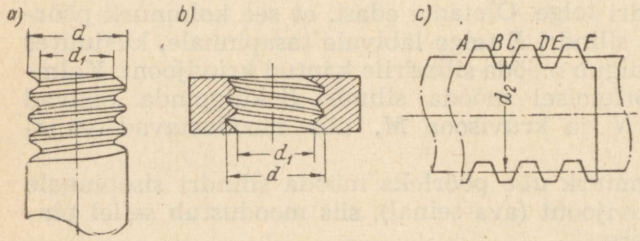
Keerme profiiliks nimetatakse tema niidi lõiget tasapinnaga, mis läbib selle silindri, millel keere moodustati, telge (s. o. diametraaltasapinnas).



Joon. 166. Keerme tekkimine.



Joon. 167. Keerme profiili elemendid (*a*, *b*) ja keerme samm (*c*).



Joon. 168. Keerme läbimõõdud: välimine ja sisemine (*a*, *b*) ning keskmine (*c*).

Keerme profiili elemendid. Keerme profiili elementideks on tema küljed, nurk, hari ja põhi.

Profiilinurgaks nimetatakse nurka keermeniidi külgpindade vahel, mis on mõõdetud diametraaltasapinnas.

Seda nurka (joon. 167, *a*) tähistatakse tähega α.

Profiili harjaks nimetatakse joont, mis ühendab profiili külgpindu keermeniidi ülaosas (*P*, joon. 167, *a*, *b*).

Profiili põhjaks nimetatakse joont, mille moodustab kruvisoone põhi (R, joon. 167, a, b).

Keerme samm. Järgmiseks keeret iseloomustavaks elemendiks on tema samm.

Keerme samm on kahe naaberniidi kahe samanimelise (s. o. parempoolse või vasakpoolse) punkti vaheline kaugus, mõõdetuna paralleelselt keerme teljega.

Joonisel 167, c on sellisteks punktid A ja A_1; B ja B_1, C ja C_1 jne. Nende punktide vaheline kaugus, mõõdetuna paralleelselt joonega OO (s. o. keerme teljega) ongi keerme samm, mida tähistatakse tähega S.

Peaaegu kõigil masinaehituses kasutatavatel keermetel mõõdetakse sammu millimeetrites. Kuid on ka selliseid keermeid, mille puhul samm väljendatakse keermeniitide arvuga keerme pikkuse 1 tolli kohta.

Peale keermete lõigatakse treipinkides tigusid, milledel on moodul- või pitskeere.

Keerme läbimõõdud. Eristatakse keerme kolme läbimõõtu: välimist, sisemist ja keskmist.

Keerme välisläbimõõduks (d) nimetatakse keerme ümberjoonestatud silindri läbimõõtu.

Poldi välisläbimõõt vastab tema profiili harjade läbimõõdule (joon. 168, a), mis on mõõdetud risti keerme teljega, mutri välisläbimõõt aga profiili põhjade läbimõõdule (joon. 168, b).

Keerme siseläbimõõduks (d_1) nimetatakse keerme sissejoonestatud silindri läbimõõtu.

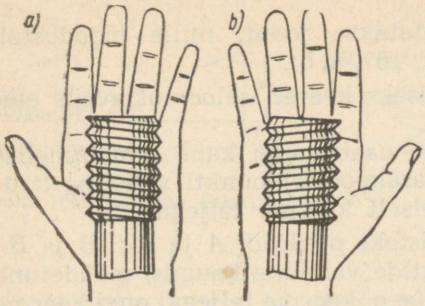
Poldi siseläbimõõt vastab tema profiili põhjade läbimõõdule (joon. 168, a), mis on mõõdetud risti keerme teljega, mutri siseläbimõõt aga profiili harjade läbimõõdule (joon. 168, b).

Keerme keskmiseks läbimõõduks (d_2) nimetatakse silindri läbimõõtu, mis on keermega samatelgne ja mille moodustaja jagatakse profiili külgpindade poolt võrdseteks lõikudeks.

Joonisel 168, c on nimetatud silinder, millel on keermega ühine telg, näidatud kriips-punktjoontega. Joonisel $AB=BC-CD$ jne., mistõttu d_2 ongi keskmine läbimõõt.

Keerme tõusunurk. Treipingis keermetamisel peab treial teadma keerme tõusunurka.

Tõusunurgaks nimetatakse nurka keermeniidi suuna ja keerme teljega ristuva tasapinna vahel.



Joon. 169. Vasak- (*a*) ja parempoolne (*b*) keere.

Tõusunurk määratakse valemiga

$$\tan \varphi = \frac{S}{\pi d_2},$$

kus φ on keerme tõusunurk kraadides;
S — keerme samm, mm;
$\pi = 3{,}14$;
d_2 — keerme keskmine läbimõõt, mm.

Parem- ja vasakpoolsed keermed. Keermeniidi suuna järgi eristatakse parem- (joon. 169, *b*) ja vasakpoolseid (joon. 169, *a*) keermeid.

Kui parema käe peopessa asetatud keerme tõus langeb kokku väljasirutatud pöidla suunaga, on keere parempoolne.

Kui keerme tõus langeb kokku vasaku käe väljasirutatud pöidlaga, on keere vasakpoolne.

Parempoolse keermega kruvile keeratakse mutter peale päripäeva, vasakpoolse keermega kruvile vastupäeva.

Keermesüsteemid. Masinaehituses kasutatakse järgmisi keermesüsteeme, mis eelkõige erinevad profiili poolest: kolmnurk- (meeter-, toll- ja torukeere), trapets-, ruut-, saag- ja ümarkeere.

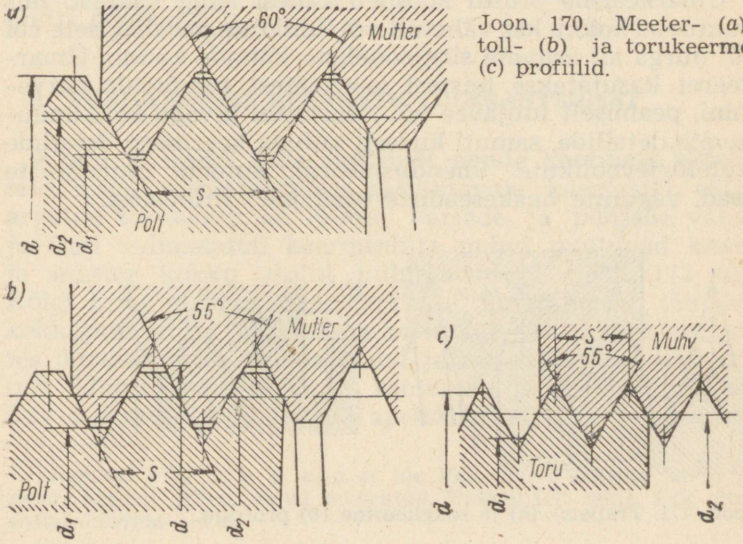
Kõige laialdasemalt on levinenud meeterkeermed suure (normaalkeere, nimetatakse ka kinnituskeermeks) ja väikese (peenkeere) sammuga. Kõigi meeterkeermete (joon. 170, *a*) profiilinurk on 60°. Meeterkeermete sammu mõõdetakse millimeetrites. Poldi keerme põhja ja mutri keerme harja vahel on alati lõtk. Lõtk on ka poldi keerme harja ja mutri keerme põhja vahel.

Meeterkeere lõigatakse detailidele (poldid, mutrid, kruvid, tikkpoldid jne.), mis on määratud masinaosade ühen-

damiseks. Seda keeret kasutatakse ka kui vahendit masinaosade vahetuks ühendamiseks (mitmesuguste käepidemete, määrdetooside jm. keermesliited). Normaalkeeret tähistatakse tähega *M* ja läbimõõduga (näiteks *M 10, M 36* jne.). Peenkeerme puhul lisatakse veel keerme samm (näiteks *M10×1; M36×2* jne.).

Tollkeerme profiil on näidatud joonisel 170, *b*. Selle keerme profiilinurk on 55°. Tollkeerme sammu väljendatakse keermeniitide arvuga ühes tollis. Tollkeermel on lõtkud keerme harjade ja põhjade juures. Tollkeere esineb mõnede importmasinate, -tööpinkide jne. juures, sellepärast valmistatakse tollkeermega detaile ka peamiselt remondi puhul. Tollkeeret tähistatakse tema nimiläbimõõdu järgi (näiteks $^1/_2''$, $1''$, $1^1/_2''$ jne.).

Torukeerme profiilinurk on 55°, kusjuures keerme harjad ja põhjad on ümardatud (joon. 170, *c*). Torukeerme samm väljendatakse keermeniitide arvuga 1 tollis. Torukeermel ei ole keerme harjade ja põhjade juures lõtku ja ta on veekindel. Torukeermega keermetatakse peamiselt vee- ja gaasitorusid ning mitmesuguseid muid detaile (muhve, nurgikuid jne.), mida kasutatakse torude ühendamiseks.



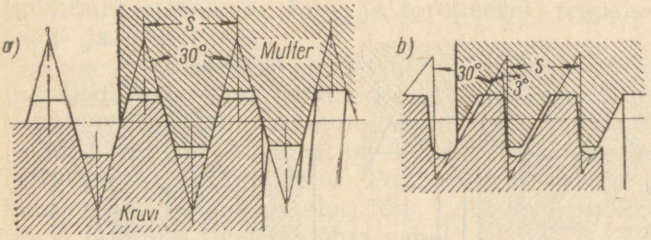
Joon. 170. Meeter- (*a*), toll- (*b*) ja torukeerme (*c*) profiilid.

Trapetskeerme profiil vastab trapetsile nurgaga 30° (joon. 171, *a*). Keerme profiili moodustavad sirgjooned, nurgad keerme harja ja põhja juures on veidi ümardatud. Trapetskeerme sammu mõõdetakse millimeetrites. Trapetskeermel on lõtkud. Esineb jäme-, normaal- ja peenkeere. Trapetskeere lõigatakse kruvidele, mida kasutatakse ühe detaili (näiteks treipingi käigukruvi) pöörleva liikumise muutmisel teise detaili (supordi) sirgjooneliseks liikumiseks.

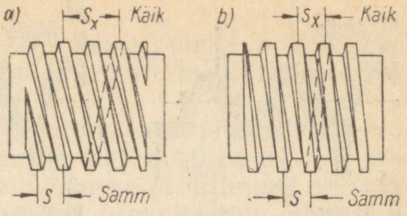
Ruutkeerme profiil vastab enamasti ruudule, mille küljed on võrdsed poole sammuga. Selle keerme sammu mõõdetakse millimeetrites või väljendatakse niitide arvuga ühes tollis. Ruutkeermel ei ole lõtku. Ruutkeeret kasutatakse samuti kui trapetskeeret mitmesugustel kruvidel, mis annavad edasi liikumist. Ruutkeere ei ole standardiseeritud ja trapetskeere tõrjub teda pikkamööda välja.

Saagkeerme profiil on näidatud joonisel 171, *b*. Kruvi ja mutter puutuvad kokku külgpindade kaudu, mis võtavad vastu koormust, samuti kruvi keermeniitide harjade ja mutri soone põhjade kaudu. Ülejäänud profiilielementide vahel on lõtk. Saagkeeret kasutatakse torude muhvides, mis ühendavad kompressoreid suruõhureservuaaridega, aga samuti hüdrauliliste presside kruvisammastel, tungraudades jne.

Ümarkeerme profiil koosneb kahest ringi kaarest, mis puutuvad kokku kas vahetult või lühikeste paralleelsete või 30° nurga all asuvate sirgjooneliste lõikude kaudu. Ümarkeeret kasutatakse teistest keermetest tunduvalt harvemini, peamiselt lubjavee või risustatud liivaga kokkupuutuvate detailide, samuti kiiresti kuluva keermega detailide (tuletõrjevoolikute ühendusmutrid, autode radiaatorite osad, vagunite haakeseadiste osad jne.) liitmiseks.



Joon. 171. Trapets- (*a*) ja saagkeerme (*b*) profiilid.



Joon. 172. Kahe- (*a*) ja ühekäiguline (*b*) keere.

Mitmekäigulised keermed. Mitmekäiguliste keermete puhul tuleb eristada käiku S_x ja sammu S.

Mitmekäigulise keerme käiguks nimetatakse ühe ja sama niidi samanimeliste punktide vahelist kaugust, mida mõõdetakse paralleelselt keerme teljega, või pikkust, mille võrra polt või mutter ühe pöördega piki telge edasi liigub.

Keerme käigu ja sammu vaheline erinevus on eriti selgesti näha joonisel 172, *a*, kus on näidatud kahekäiguline trapetskeere.

Mitmekäigulise keerme käik võrdub sammu ja käikude arvu korrutisega.

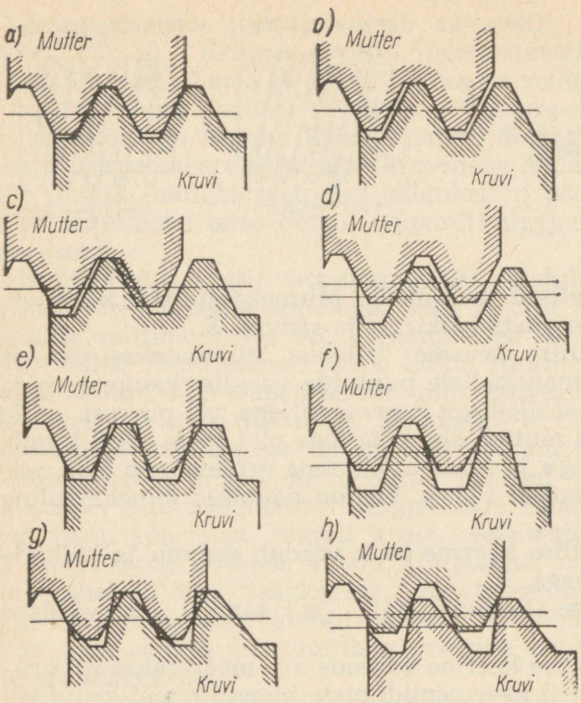
Ühekäigulise keerme käik ja samm on võrdsed (joon. 172, *b*).

Mitmekäigulise keerme käikude arv määratakse nii kruvil kui ka mutril keermeniidi otste lugemise teel kruvi või mutri otspinnal.

2. PÕHITEADMISI KEERMETE TOLERANTSIDEST

Kruvi ja mutri liide vastavalt nende keermete täpsusele. Kõigil masinaehituses kasutatavatel keermetel, välja arvatud torukeere, on lõtkud harjade ja põhjade vahel ja õieti valmistatud keermesliite puhul puutuvad kruvi ja mutter kokku ainult külgpindadega (joon. 173, *a*)[1]. Kõigi liites olevate keermeniitide külgpindade täieliku kokkupuutumise tagamiseks on kõige tähtsam mõningates piirides kinni pidada kruvi ja mutri keerme keskmisest läbimõõdust, keerme sammust ja profiilinurgast. Kruvi ja mutri meeter- ja trapetskeerme välis- ja siseläbi-

[1] Joonisel 173, *a*, *b*, *c*, *e*, *g* ei ole lõtk kruvi keerme harja ja mutri keerme põhja vahel määratud. Praktiliselt tekib lõtk ette-antud hälvete arvel.



Joon. 173. Mutri ja kruvi liide vastavalt nende valmistamise täpsusele.

mõõdu täpsus ei ole niivõrd oluline, kuna keerme pinnad nende läbimõõtude järgi kokku ei puutu.

Liiga suure lõtku puhul keskmise läbimõõdu järgi puutuvad keermeniidid kokku vaid ühe külgpinnaga (joon. 173, *b*). Kui lõtk keskmise läbimõõdu järgi on liiga väike, peab keermetatud detailide kokkukeeramisel, kui ühel nendest keerme samm ei ole õige, ühe detaili keermeniit lõikuma teise detaili keermeniidi sisse. Kui näiteks kruvi samm on suurem ettenähtust (keere on «venitatud»), siis sellise kruvi ühendamisel mutriga, millel on korralik keere, peavad mutri keermeniidid lõikuma kruvi keermeniitide sisse (joon. 173, *c*). See on muidugi võimatu ja neid detaile saab ühendada vaid siis, kui vähendatakse kruvi keskmist läbimõõtu (joon. 173, *d*) või suurendatakse mutri keskmist läbimõõtu. Sealjuures võib juhtuda, et

mutri ainult üks äärmine keermeniit puutub kokku kruvi vastava niidiga, ja sedagi mitte kogu tema külgpinna ulatuses.

Samal viisil võib tagada detailide keermete kokkukeeratavust, kui ühel nendest ei ole õige profiilinurk või profiili asend. Kui näiteks kruvi keerme profiilinurk on vajalikust väiksem, ei saa selle kruvi peale keerata õiget mutrit (joon. 173, *e*), kruvi keskmise läbimõõdu vähendamisel on see aga võimalik (joon. 173, *f*). Sel juhul puutuvad kruvi ja mutri keermed kokku ainult kruvi keerme külgpindade ülemiste osade ja mutri keerme külgpindade alumiste osade kaudu.

Vähendades ebaõige profiili asendiga kruvi keskmist läbimõõtu (joon. 173, *g*), saab sellele kruvile mutrit peale keerata. Kuid sel juhul võivad kruvi ja mutri keermete kokkupuutepinnad osutuda kvaliteetse keermesliite jaoks mitteküllaldasteks (joon. 173, *h*).

Keermete tolerantside ülesehitus. Lõigatava keerme kontrollimisega seotud raskused kerkivad esile peamiselt keerme sammu ja profiili mõõtmisel. Kui väliskeerme kolme läbimõõtu saab kontrollida enamikel praktilistel juhtudel küllaldase täpsusega kruvikaliibri abil, siis keerme sammu ja profiilinurga kontrollimiseks sama täpsusega on vajalikud keerulised mõõteriistad ja aparaadid. Seepärast antakse keermetatud detailide valmistamisel tolerantsid ainult keerme läbimõõtudele, keerme sammu ja profiili lubatud vead võetakse arvesse keskmise läbimõõdu tolerantsis. Nagu eeltoodust nähtub, võib sammu ja profiili vigu alati kõrvaldada, muutes ühe keermetatud detaili keskmist läbimõõtu.

Keskmise läbimõõdu tolerants määratakse sellisena, et keerme sammu või profiilinurga väikeste vigade puhul kruvi ja mutter oleksid kokkukeeratavad keermesliite tugevust kahjustamata.

Tolerantsid kruvi ja mutri välimisele ja sisemisele läbimõõdule määratakse sellistena, et kruvi keerme harjade ja mutri keerme vastavate põhjade vahel esineks lõtk.

Nende tolerantside arvväärtused on suured, ületades ligikaudu kaks korda keskmise läbimõõdu tolerantse.

Meeterkeermete tolerantsid. Normaal- ja peenkeermetele läbimõõtudega 1 ... 600 mm annab ГОСТ 9253-59 kolm täpsusklassi: esimese (кл. 1), teise (кл. 2) ja kolmanda (кл. 3).

Peenkeerme puhul lubatakse kasutada ka täpsusklassi 2a tolerantse (кл. 2a).

Peenkeerme keskmise läbimõõdu tolerantsid 1., 2., 2a ja 3. täpsusklassi järgi vastavad täiesti täpsusastmetele *C*, *E*, *F* ja *H* sisekeermete (mutrite) kohta ja *c*, *e*, *f* ja *h* väliskeermete (poltide) kohta nüüd juba kehtetuks muudetud OCT HKT 1265 järgi. Kuid täpsusastmete vanu tähelisi tähiseid võib veel sageli kohata joonistel.

Trapetskeermete tolerantsid. Trapetskeermete jaoks on kehtestatud kolm täpsusklassi, milliseid tähistatakse кл. 1, кл. 2 ja кл. 3. Peale nende on kehtestatud klass кл. 3X, mis kolmandast klassist (кл. 3) erineb vaid väliskeerme (kruvi) keskmise läbimõõdu hälvete väärtuste osas, tagades suurema lõtku.

3. TREIPINKIDE HÄÄLESTAMINE KEERMETAMISEKS

Üldreeglid treipingi häälestamisel keermetamiseks. Treipingis keermetamisel on oluline, et ajal, mil keermetatav detail teeb ühe täispöörde, nihkudes tera ühekäigulise lõigatava keerme puhul edasi ühe sammu, mitmekäigulise lõigatava keerme puhul aga ühe käigu võrra.

Tera mõne läbimi järgi, kusjuures lõikesügavust enne iga läbimit veidi suurendatakse, saadakse detaili pinnal kruvisoon ja kruviaste, mis moodustavad keerme.

Tera edasiliikumise kiirus ja detaili pöörlemine kooskõlastatakse kaasaegsetes treipinkides ettenihetekasti käepidemete ümberasetamisega, vanadel treipinkidel aga spindli ja käigukruvi ühendamisega vahetushammasrataste abil[1]. Võib kohata ka treipinke, mille ettenihetekast ei võimalda mõnede keermete lõikamist. Sellistes treipinkides kasutatakse keermetamisel peale ettenihetekasti ka vahetushammasrattaid.

Vahetushammasratastega treipingi häälestamine keermetamiseks. Selliste tööpinkidega on kaasas vahetushammasrattad, millel on viiega kordne või paarisarv hambaid.

Esimene komplekt koosneb hammasratastest hammaste arvuga: 20, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120.

[1] Vahetushammasratastega (ilma ettenihete kastita) treipinke kohtab harva, seepärast vaadeldakse siin nende häälestamist keermetamiseks lühidalt.

Teine komplekt koosneb hammasratastest hammaste arvuga: 20, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80.

Igale komplektile lisatakse hammasratas 127 hambaga, kuna arv 127 kuulub vahetatavate hammasrataste ülekandesuhtesse, kui lõigatava keerme samm on antud millimeetrites, käigukruvi samm aga tollides, või vastupidi.

Vahetushammasrataste ülekandesuhe, kui keermetatakse ettenihetekastita treipinkidel, määratakse järgmise reegli kohaselt.

Keermetamiseks treipinki asetatud hammasrataste ülekandesuhe võrdub lõigatava keerme sammu ja selle treipingi, millel keeret lõigatakse, käigukruvi keerme sammu jagatisega.

Reegel väljendub valemina

$$i = \frac{S_l}{S_k}, \qquad (13)$$

kus i on vahetushammasrataste ülekandesuhe;

S_l — lõigatava keerme samm;

S_k — treipingi käigukruvi samm.

Valem (13) kehtib vaid siis, kui spindli esimese vahetushammasrattaga ühendatavate hammasrataste ülekandesuhe on 1.

Valemisse (13) asetatavad lõigatava keerme ja käigukruvi sammud peavad olema väljendatud ühesugustes mõõtühikutes.

Kui üks nendest sammudest on väljendatud millimeetrites, teine tollides, tuleb tollides väljendatud keerme samm teisendada millimeetritesse, korrutades teda teguriga 25,4.

Kui ühe või mõlema keerme (lõigatava või käigukruvi) samm on väljendatud niitide arvuga ühes tollis, siis tuleb selle sammu väljendamiseks tollides jagada 1 toll antud keermeniitide arvuga 1 tollis.

Näide 1. Lõigata keere sammuga 5 mm treipingil mille käigukruvi samm on 10 mm. Leida vahetushammasrataste ülekandesuhe, mis on selle keerme läbiviimiseks vajalik.

Valemi (13) järgi leiame

$$i = \frac{S_l}{S_k} = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$$

Näide 2. Määrata vahetushammasrataste ülekandesuhe, kui on

vaja lõigata keeret sammuga 3 mm treipingil, mille käigukruvil on keere sammuga $^1/_2''$.

Kuna antud juhul $S_k = \frac{1}{2} \cdot 25{,}4 = 12{,}7$ mm, siis

$$i = \frac{S_l}{S_k} = \frac{3}{12{,}7} = \frac{30}{127}.$$

Näide 3. Määrata vahetushammasrataste ülekandesuhe, kui lõigatakse keeret sammuga $^1/_8''$ treipingil, mille käigukruvi samm on 5 mm. Kuna

$$S_k = \frac{1''}{8} = \frac{25{,}4}{8} = \frac{12{,}7}{4} = \frac{127}{40} \text{ mm},$$

siis leiame valemi (13) abil

$$i = \frac{S_l}{S_k} = \frac{127}{40 \cdot 5} = \frac{127}{200}.$$

Näide 4. Tuleb lõigata kruvi keermega $^1/_{16}''$ treipingil, mille käigukruvi samm on $^1/_2''$.

Valemist (13) saame

$$i = \frac{S_l}{S_k} = \frac{1}{16} : \frac{1}{2} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}.$$

Pärast seda, kui antud keerme lõikamiseks vajalike vahetushammasrataste ülekandesuhe on määratud, tuleb valida vajaliku hammaste arvuga hammasrattad, lähtudes järgmisest reeglist.

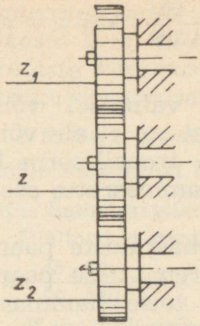
Antud keerme lõikamiseks vajalike hammasrataste hammaste arvu määramiseks tuleb nende hammasrataste ülekandesuhet väljendava murru lugejat ja nimetajat korrutada ühe ja sama arvuga. See arv tuleb valida selline, et korrutamise tulemusena saadavad murru lugeja ja nimetaja oleksid võrdsed treipingi komplektis olemasolevate vahetushammasrataste hammaste arvuga.

Näide 5. Vahetushammasrataste ülekandesuhte määramisel leiti (vt. näide 1) et $i = \frac{1}{2}$. Treipingil, millel antud keeret tuleb lõigata, on olemas vahetushammasrataste komplekt viiega kordse hammaste arvuga. Missugused hammasrattad tulevad asetada treipinki?

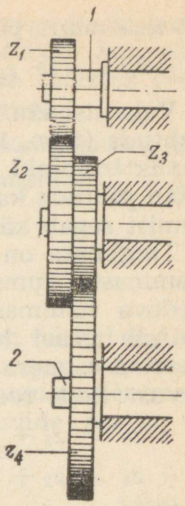
Korrutades vahetushammasrataste (joon. 174) ülekandesuhet väljendava murru lugejat ja nimetajat näiteks arvuga 20, saame

$$\frac{1 \cdot 20}{2 \cdot 20} = \frac{20}{40}.$$

Murru lugeja näitab, et hammasratta z_1 hammaste arv peab olema 20, nimetaja aga, et hammasratta z_2 hammaste arv peab olema 40.



Joon. 174. Ühe paari vahetushammasrataste ülesseadmine.



Joon. 175. Kahe paari vahetushammasrataste ülesseadmine.

Hammasratas z_1 on vedav ja ta asetatakse trensli sõrmele, hammasratas z_2 on veetav ja kinnitatakse treipingi käigukruvile.

Kui pärast ülekandesuhet väljendava murru lugeja ja nimetaja korrutamist mistahes arvuga saadakse hammaste arv, millele vastavaid hammasrattaid komplektis ei ole, tuleb treipinki asetada kaks paari hammasrattaid (joon. 175). Kummagi hammasrataste paari ülekandesuhte määramiseks jaotatakse ülekandesuhet väljendav murd kaheks.

Näide 6. Vahetusrataste ülekandesuhte määramisel leiti (vt. näide 4), et $i = \frac{1}{8}$. Milliseid hammasrattaid tuleb kasutada, kui tööpingi juurde kuulub hammasrataste komplekt viiega kordse hammaste arvuga?

Korrutades murru $^1/_8$ lugejat ja nimetajat meelevaldse arvuga, saame niisugused hammasrattad, mis komplektis puuduvad. Seepärast jagame murru $^1/_8$ kaheks, näiteks murdudeks $^1/_2$ ja $^1/_4$ ning korrutame mõlema murru lugejat ja nimetajat näiteks arvuga 20. Saame

$$\frac{1}{8} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{1 \cdot 20}{4 \cdot 20} = \frac{20 \cdot 20}{40 \cdot 80}.$$

Murru lugejas seisvad arvud näitavad antud ülekande vedavate, murru nimetajas aga veetavate hammasrataste hammaste arvusid, s. t. $z_1 = 20$; $z_2 = 40$; $z_3 = 20$; $z_4 = 80$.

Antud juhul võib kasutada ka teisi vahetusrattaid.

Korrutades esimese murru lugejat ja nimetajat näiteks arvuga

20, teise murru puhul aga arvuga 25, saame $\frac{20 \cdot 25}{40 \cdot 100}$, kus $z_1 = 20$; $z_2 = 40$; $z_3 = 25$; $z_4 = 100$.

Vahetushammasrataste ebaõnnestunud valimisel võib juhtuda (joon. 175), et teist vedavat ratast z_3 ei ole võimalik treipinki asetada, sest seda segab trensli sõrm *1*. Võib juhtuda ka nii, et esimese veetava hammasratta asetamist segab käigukruvi ots *2*.

Tingimata on vajalik, et esimese hammasrataste paari hammaste summa oleks 15 võrra suurem teise paari vedava hammasratta hammaste arvust, teise hammasrataste paari hammaste summa oleks aga samavõrra suurem esimese paari veetava hammasrataste hammaste arvust. Selle reegli võib üles kirjutada nii:

$$z_1 + z_2 \geqslant z_3 + 15; \qquad (14)$$

$$z_3 + z_4 \geqslant z_2 + 15. \qquad (15)$$

Valemis kasutatud märk $\geqslant$ tähistab «suurem või võrdne».

Kui valitud hammasrattad toodud nõuet ei rahulda, tuleb arvutus-valik uuesti teha ja hammasrattad asendada teistega. Mõnikord piisab, kui vahetada omavahel kas vedavad või veetavad hammasrattad.

N ä i d e 7. Keerme, mille samm on 1,5 mm, lõikamiseks treipingil, mille käigukruvi samm on 12 mm, on valitud hammasrattad $\frac{45 \cdot 30}{120 \cdot 90}$. Kas neid on võimalik asetada treipinki?

Antud juhul $z_1 = 45$; $z_2 = 120$; $z_3 = 30$; $z_4 = 90$. Nende hammasrataste kontrollimine ülaltoodud reegli järgi [vt. valemid (14) ja (15)] näitab, et $z_1 + z_2 = 45 + 120 = 165$ on suurem, kui $z_3 + 15 = 30 + 15 = 45$; $z_3 + z_4 = 30 + 90 = 120$ on aga väiksem, kui $z_2 + 15 = 120 + 15 = 135$.

Neid hammasrataste paare treipinki asetada ei saa.

Vahetades veetavate hammasrataste kohad, saame teise hammasrataste valiku:

$$\frac{45 \cdot 30}{90 \cdot 120}.$$

Nüüd $z_1 = 45$; $z_2 = 90$; $z_3 = 30$ ja $z_4 = 120$. Valemite (14) ja (15) järgi leiame, et $z_1 = z_2 = 45 + 90 = 135$ on suurem, kui $z_3 + 15 = 30 + 15 = 45$; $z_3 + z_4 = 30 + 120 = 150$ on samuti suurem, kui $z_9 + 15 = 90 + 15 = 105$.

Selliseid hammasrattaid võib treipinki asetada.

Et kontrollida vahetushammasrataste valikul tehtud arvutusi, tuleb treipingi käigukruvi sammu korrutada

murruga, mille lugejaks on vedavate hammasrataste hammaste arvu korrutis, nimetajaks aga veetavate hammasrataste hammaste arvu korrutis. Korrutise tulemus peab osutuma võrdseks lõigatava keerme sammuga.

Näide 8. Keerme, mille samm on 1,5 mm, lõikamiseks tööpingil, mille käigukruvi samm on 12 mm, valiti hammasrattad $\frac{45 \cdot 30}{90 \cdot 120}$.

Kas hammasrattad on arvutatud õigesti?

Ülaltoodud reegli järgi saame

$$12 \cdot \frac{45 \cdot 30}{90 \cdot 120} = 1{,}5.$$

Vahetushammasrataste valiku arvutus on tehtud õigesti.

Tabelis 35 tuuakse (üldkujul) vahetushammasrataste ülekandesuhted, mis on vajalikud mitmesuguste keermete lõikamiseks tööpinkidel, mille käigukruvide samm on väljendatud kas millimeetrites või tollides.

Tabel 35

Vahetusrataste ülekandesuhted keermetamisel

Lõigatava keerme samm on antud	Treipingi käigukruvi samm on antud millimeetrites	Treipingi käigukruvi samm on antud tollides
millimeetrites	$\frac{S_l}{S_{kk}}$	$\frac{Sn_{kk}}{25{,}4} = \frac{Sn_{kk} \cdot 5}{127}$
niitide arvuga ühes tollis	$\frac{25{,}4}{nS_{kk}} = \frac{127}{nS_{kk} \cdot 5}$	$\frac{n_{kk}}{n}$
tollides	$\frac{S'' \cdot 25{,}4}{S_{kk}} = \frac{S'' \cdot 127}{S_{kk} \cdot 5}$	$S''n_{kk}$
mooduliga	$\frac{m\pi}{S_{kk}}$	$\frac{mn_{kk} \cdot \pi}{25{,}4} = \frac{mn_{kk} \cdot \pi \cdot 5}{127}$
pitšiga	$\frac{\pi \cdot 25{,}4}{p \cdot S_{kk}} = \frac{\pi \ 127}{pS_{kk} \cdot 5}$	$\frac{n_{kk} \cdot \pi}{p}$

Märkus. S_l on lõigatava keerme samm, mm; S'' — lõigatava keerme samm tollides; n — lõigatava keerme niitide arv ühes tollis; S_{kk} — treipingi käigukruvi samm, mm; n_{kk} — treipingi käigukruvi niitide arv ühes tollis; m — moodul; p — pitš; $\pi = 3{,}14$.

Mõned erivõtted vahetushammasrataste valikuks keerme lõikamiseks treipingil, millel ei ole ettenihetekasti. Toll-

keerme lõikamisel treipingis, mille käigukruvil on millimeeterkeere, või vastupidi, läheb mõnikord vaja hammasratast 127 hambaga. Kui see hammasratas puudub, võib vajalikku keeret lõigata, asendade 1 tolli täpse väärtuse millimeetrites ligikaudsega. Samuti võib toimida ka tigude lõikamisel. Nii ühel kui teisel juhul võib selliste asendamiste tulemusena toime tulla spetsiaalsete hammasratasteta. Sealjuures tekkiv hamba või teo sammu viga ei oma tavaliselt praktilist tähtsust[1].

Kiirustekasti ja vahetushammasratastega treipingi häälestamine keermetamiseks. Vahetushammasrataste ülekandesuhe keerme lõikamiseks, mille sammu väärtus puudub treipingi tabelis, leitakse valemi järgi

$$i_a = \frac{S_l}{S_v} \cdot i_v, \qquad (16)$$

kus i_a on arvutatav ülekandesuhe;
S_l — lõigatava keerme samm;
S_v — tabelist valitud samm (keerme samm, mida saab lõigata etteni hetekasti käepidemete antud asendi puhul;
i_v — tabelijärgne ülekandesuhe (tabelist valitud sammu jaoks kitarrile asetatud vahetushammasrataste ülekandesuhe).

Näide 9. Valida vahetushammasrattad, mis täiendaksid treipingi mudel 1A62 etteni hetekasti meeterkeerme lõikamiseks, mille samm $S_l = 0{,}75$ mm.

Treipingi 1A62 tabeli järgi võib lõigata keeret sammuga: 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12 mm.

Tabelijärgne vahetushammasrataste ülekandesuhe meeterkeerme jaoks $i_v = \frac{42}{100}$. Valime tabeli järgi sammu mingi väärtuse (soovitav, et see oleks kordne lõigatava keerme sammuga), näiteks $S_v = 1{,}5$ mm.

Otsitava ülekandesuhte leiame valemi (16) järgi

$$i_a = \frac{S_l}{S_v} \cdot i_v = \frac{0{,}75}{1{,}5} \cdot \frac{42}{100} = \frac{1}{2} \cdot \frac{42}{100} = \frac{50}{100} \cdot \frac{42}{100}.$$

Järelikult tuleb sammuga 0,75 mm keerme lõikamiseks valida vahetusrattad $\frac{50}{100} \cdot \frac{42}{100}$, etteni hetekasti käepidemed aga asetada vastavalt sammule $S_v = 1{,}5$ mm.

Kui leitud ülekandesuhet ei saa antud treipingil rakendada, tuleb valida S_v mingi teine väärtus.

[1] Täpsemalt selliste asendamiste kohta vt. raamatust A. H. Оглоблин «Справочник токаря» М.-Л. Машгиз, 1961.

Detailide ettevalmistamine keermetamiseks. Valmistades detaili ette väliskeerme lõikamiseks teraga, tuleb keermetatav osa puhtalt treida. Selle osa läbimõõt peab olema veidi väiksem keerme välisläbimõõdust.

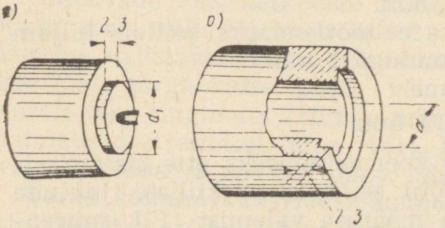
Nii peab läbimõõduga kuni 30 mm normaalkeerme lõikamisel olema keermetatava osa läbimõõt väiksem lõigatava keerme välisläbimõõdust 0,14 ... 0,28 mm võrra. Kui keerme läbimõõt on piirides 33 ... 48 mm, peab tooriku läbimõõt olema keerme välisläbimõõdust väiksem 0,17 ... ... 0,34 mm võrra. Keermetel läbimõõduga 52 ... 80 mm peab keermetatava osa läbimõõt olema lõigatava keerme välisläbimõõdust väiksem 0,20 ... 0,40 mm võrra.

Seega ei tohi tooriku läbimõõt, millele lõigatakse keeret läbimõõduga 52 mm, olla suurem kui 52 — 0,20 = = 51,80 mm ega väiksem kui 52 — 0,40 = 51,60 mm.

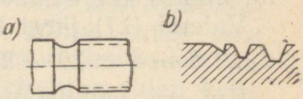
Tooriku keermetatava osa läbimõõdu vähendamise vajadust põhjustab see, et kruviastme kõrgus keermetamisprotsessis suureneb veidi, mille tõttu suureneb ka keerme välisläbimõõt.

Keerme siseläbimõõdu mugavamaks ja täpsemaks mõõtmiseks treitakse keermetatava detaili otsale 2 ... 3 mm pikkune aste (joon. 176, *a*), mille läbimõõt d_1 võrdub keerme siseläbimõõduga. Viimase läbimi ajal viiakse tera tipp selle astme külgpinnani, mis võimaldab saada keerme õiget siseläbimõõtu. Pärast keermetamise lõpetamist lõigatakse nimetatud aste maha.

Tera väljumiseks detaili keermetatava osa lõpus lõigatakse sinna soon (joon. 177, *a*). Soone põhja läbimõõt peab



Joon. 176. Astmed tera ülesseadmiseks enne välis- (*a*) ja sisekeerme (*b*) lõikamise viimast läbimit.



Joon. 177. Soon (*a*) keermetera väljumiseks ja keerme väljajooks (*b*).

olema veidi väiksem keerme siseläbimõõdust. Keerme lõikamisel poltidele, tikkpoltidele ja mõnedele teistele detailidele soont ei tehta, selle asemel viiakse tera iga läbimi lõpetamisel kiiresti tagasi, kusjuures tekib keerme «väljajooks» (joon. 177, *b*)[1].

Ava keerme lõikamiseks teraga valmistatakse ette puurimisega, kui keerme täpsus ei esita suuremaid nõudeid, või puurimise ja sellele järgneva sisetreimisega, kui lõigatakse täpsemaid keermeid. Keermetamisele kuuluvad valatud või stantsitud avad valmistatakse ette sisetreimisega. Ettevalmistatud ava läbimõõt peab olema veidi suurem lõigatava keerme siseläbimõõdust, kuna keermetamisel deformeerub keermeniitide metall. Niitide kõrgus suureneb sealjuures veidi, mille tõttu ava läbimõõt veidi väheneb.

Teras, messing ja teised sitked materjalid deformeeruvad rohkem, kui haprad materjalid, nagu näiteks malm ja pronks. Seepärast peab puuri läbimõõt avade ettevalmistamisel terasdetailidesse olema suurem (ligikaudu 0,1 mm võrra) kui puuril, mida kasutatakse avas malmdetailide puhul. Viimane nõue peegeldub ka mitmesugustes käsiraamatutes toodud, keermetatavate avade töötlemiseks määratud puuride läbimõõtude tabelis[2].

Ava, millele lõigatakse meeterkeere, ettevalmistamiseks vajaliku puuri läbimõõtu võib paljudeks juhtudeks piisava täpsusega määrata valemiga

$$d_p = d - S, \qquad (17)$$

kus d_p on keermetatava ava ettevalmistamisele vajaliku puuri läbimõõt, mm;

d — keerme välisläbimõõt, mm;

S — keerme samm, mm.

Näide: Valida puur ava eeltöötlemiseks, millele hiljem lõigatakse keere M20 sammuga 2 mm.

Valemi (17) järgi leiame

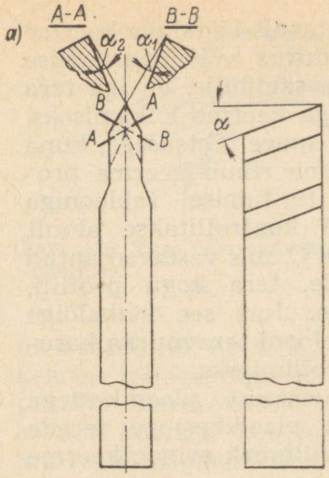
$$d_p = d - S = 20 - 2 = 18 \text{ mm}.$$

Kui ava valmistatakse keermetamiseks ette sisetreimisega, võib tema läbimõõtu paljude praktiliste juhtude jaoks vajaliku täpsusega määrata valemist (17), suurendades tulemust 0,2 ... 0,4 mm võrra.

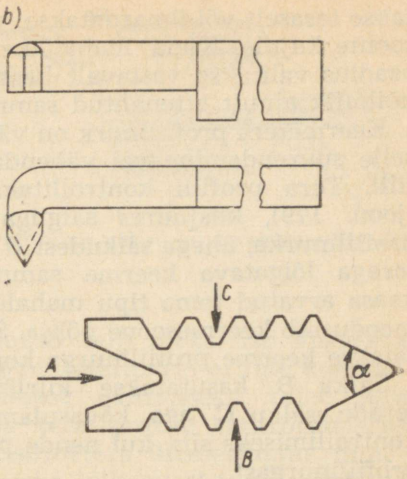
---

[1] А. Н. Оглоблин, Справочник токаря, М.—Л., Машгиз, 1961.

[2] Soonte kuju ja mõõtmed vt. samas.



Joon. 178. Terad välimise (*a*) ja sisemise (*b*) kolmnurkkeerme lõikamiseks.



Joon. 179. Šabloon tera teritamise, tööpinki ülesseadmise ja keerme profiili kontrollimiseks.

Ava ettevalmistamisel puurimise ja sisetreimisega tuleb puuri läbimõõt valida selline, et pärast puurimist jääks treimiseks piisav töötlemisvaru. Töötlemisvaru suurust võib leida lk. 193 toodud andmetest.

Enne ava keermetamist tuleb detaili otsale treida aste (joon. 176, *b*), mille läbimõõt *d* võrdub keerme välisläbimõõduga. Astet kasutatakse samuti nagu väliskeerme lõikamisel.

Umbavade keermetamisel treitakse keermetatava osa lõppu soon, mille läbimõõt on 0,2 . . . 0,3 mm võrra suurem keerme välisläbimõõdust. Et vältida tera sisselõikumist keermele järgnevasse pinda või ava põhja, tuleb tera kerele teha tingimata kriidiga märk samuti, kui seda tehti astmete sisetreimisel (joon. 141). Pikiettenihe tuleb kohe välja lülitada, niipea kui märk läheneb detaili otspinnale.

Terad kolmnurkkeerme lõikamiseks. Terad välimise ja sisemise kolmnurkkeerme lõikamiseks on näidatud joonisel 178. Tera profiilinurk meeterkeerme lõikamisel peab olema 60°, tollkeerme lõikamisel — 55°. Tera tipp lõiga-

takse tasaselt või ümardatakse, vastavalt lõigatava keerme soonte kujule. Kuna mahalõike suurus või ümardamise raadius valitakse vastavalt keerme sammule, on iga tera kõlbulik ainult ettenähtud sammuga keerme lõikamiseks.

Keermetera profiilinurk on väga suure tähtsusega, kuna selle suurendamine või vähendamine rikub keerme profiili. Tera profiili kontrollitakse teritamisel šablooniga (joon. 179), kusjuures sälguga *A* kontrollitakse ainult profiilinurka, ühega sälkudest *B* või *C*, mis vastavad antud teraga lõigatava keerme sammule, tera kogu profiili, kaasa arvatud tema tipu mahalõige. Just see mahalõige moodustab keermesoone põhja. Šablooni teravnurka kasutatakse keerme profiilinurga kontrollimiseks.

Sälku *B* kasutatakse kiirlõiketerasest plaadikestega terade, sälku *C* aga kõvasulamist plaadikestega terade kontrollimiseks siis, kui nende profiilinurk erineb keerme profiilinurgast.

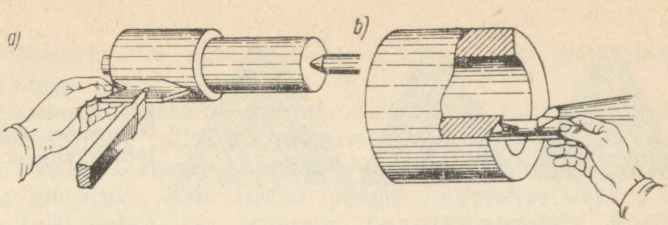
Joonisel 179 esitatud šablooni kasutatakse meeterkeerme puhul. Analoogilised šabloonid on olemas ka tollkeermetele.

Väliste keermeterade taganurk on piires 12 . . . 15°. Väikese läbimõõduga (kuni 50 mm) sisekeermete lõikamiseks määratud teradel suurendatakse taganurka kuni 18°-ni. Külgtaganurgad α_1 ja α_2 (joon. 178) on teradel, mida kasutatakse keerme lõikamiseks tõusunurgaga kuni 4°, tavaliselt omavahel võrdsed (3 . . . 5°). Suurte tõusunurkadega (üle 4°) keermete lõikamisel suurendatakse keermetera külgnurka α_1 6 . . . 8°-ni.

Puhaskeermeterade esinurk on 0°, nende lõikenurk töötamisel aga järelikult 90°. Laastude eraldamise kergendamiseks tehakse mustkeermeterade esinurgad 0°-st suuremad vastavalt keermetatava detaili materjalile. Nii näiteks kasutatakse teradel keskmise kõvadusega terasdetailide keermetamiseks esinurki suurusega 5 . . . 10°.

Keermeterad valmistatakse kiirlõiketerasest või kõvasulamist plaadikestega. Terasdetailide keermetamisel kasutatakse eellõikamisel plaadikesi sulamitest T15K6 ja T14K8, lõpptöötlemisel aga sulameid T30K4 (või T15K6). Malmi keermetamisel kasutatakse sulameid BK6M, BK3M, BK2 või BK4. Kõvasulamist plaadikestega keermeterade mõningaid konstruktsioone vaadeldakse edaspidi, kolmanda osa teises peatükis.

Keermeterade ülesseadmine treipinki. Keermetera tuleb



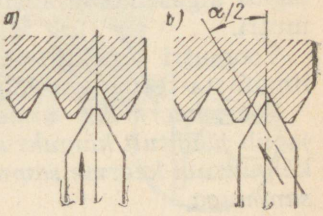
Joon. 180. Tera ülesseade kontrollimine välis- (*a*) ja sisekeerme (*b*) lõikamisel.

üles seada nii, et tema profiili telg oleks risti lõigatava keerme teljega. Selle nõude mittetäitmisel ei tule keermeprofiil sümmeetriline. Viimase vältimiseks tuleb tera asendit hoolega kontrollida tera profiili kontrollimiseks määratud šablooni abil. Keermetera ülesseadmine nimetatud šablooni abil väliskeerme lõikamiseks on näidatud joonisel 180, *a*, sisekeerme lõikamiseks aga joonisel 180, *b*. Keermetera tipp peab asetsema täpselt treipingi tsentrite joone kõrgusel, kuna muidu moonutatakse keerme profiili.

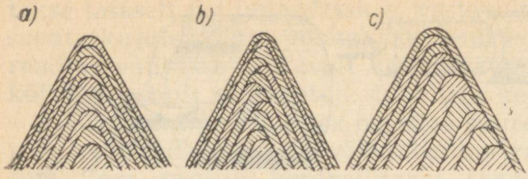
Kui tera tuleb enne keermetamise lõpetamist teritamiseks maha võtta, tuleb ta pärast treimist üles seada nii, et ta satuks juba lõigatud kruvisoonde. Seda on lihtne teha supordi ülemise kelgu liigutamisega. Teise mooduse puhul asetatakse trensel keskmisesse asendisse, mis katkestab käigukruvi ja spindli vahelise ülekande; nüüd on võimalik pöörata detaili sedavõrd, et tera asuks kruvisoone kohal.

Tera ristsuunas nihutamine keermetamisel. Kui lõigatava keerme samm ei ületa 2 mm, nihutatakse tera enne iga mustläbimit edasi ristettenihke abil (joon. 181, *a*). Kruvisoon moodustatakse sel juhul joonisel 182, *a* esitatud järjekorras.

Peab märkima, et tera mõlema lõikeserva poolt üheaegselt eraldatavad laastud tõukuvad omavahel, mille tõttu võib tera sööbida keerme profiili pinda. Selle välti-



Joon. 181. Tera etteandmise moodused keerme kruvisoonte moodustamisel.



Joon. 182. Keerme kruvisoone tekkimine tera mitmesugusel ettenihutamisel.

miseks nihutatakse tera enne iga järjekordset läbimit kordamööda veidi vasakule ja paremale ülemise terakelgu pikiettenihke abil, mille tulemusena töötab tera ainult ühe lõikeservaga. Kruvisoone tekkimise järjekord tera niisuguse ettenihutamise kasutamisel on näidatud joonisel 182, *b*. Tera ettenihutamiseks viimase läbimi töötlemisel kasutatakse ainult ristettenihet.

Kui lõigatava keerme samm on üle 2 mm, nihutatakse tera ette (joon. 181, *b*) supordi ülemise terakelgu abil, kusjuures viimane on asetatud tööpingi telje suhtes 30° nurga alla meeterkeerme lõikamisel ja 27°30′ nurga alla tollkeerme lõikamisel. Tera töötab ainult vasakpoolse lõikeservaga (joon. 182, *c*). Ettenihutamine enne viimast läbimit toimub ainult ristsuunas (supordi ristkelgu abil).

Sammuga kuni 2 mm (kaasa arvatud) väliskeerme lõikamisel peab mustläbimite arv olema 3 . . . 6, puhasläbimite arv aga 3. Keermete puhul sammuga 2 . . . 6 mm peab mustläbimeid olema 6 . . . 9, puhasläbimeid aga 3 . . . 4. Väiksem läbimite arv kuulub väiksema sammuga keermetele, suurem — suurema sammuga keermetele. Sisekeermete lõikamisel peab läbimite arv olema 1,5 . . . 2 korda suurem.

Tera viimine kruvisoonde järgmiseks läbimiks. Pärast tera iga läbimit tuleb suport viia tagasi lähteasendisse. Lühikeste keermete lõikamisel viiakse suport tagasi treipingi tagasikäiguga veomutrit lahti lülitamata. Pika keerme lõikamisel nõuaks selline supordi tagasiviimine liiga palju aega. Sellepärast viiakse antud juhul suport tagasi algasendisse käsitsi, lülitades lahti treipingi veomutri.

Veomutri sisselülitamiseks järgmise läbimi jaoks tuleb tingimata teada, kas lõigatav keere on paaris või paaritu.

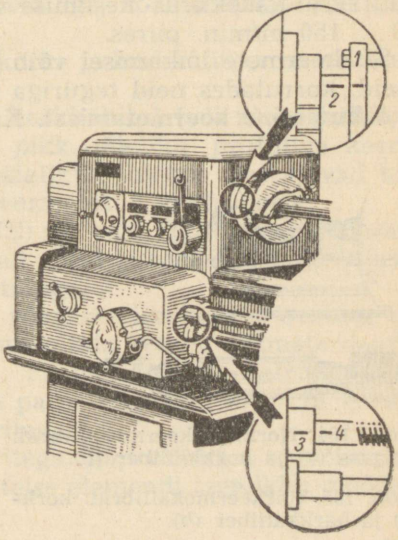
Paariskeermeks nimetatakse keeret, kui tema samm jagub jäägitult käigukruvi keerme sammuga või vastupidi, käigukruvi keerme samm jagub jäägitult lõigatava keerme sammuga.

Paaritukeermeks nimetatakse keeret, kui jagamine annab jäägi.

Kui näiteks lõigatakse keeret, millel on 8 niiti ühe tolli kohta, treipingil, mille käigukruvil on 4 niiti tolli kohta, siis on lõigatav keere paariskeere, kuna kaheksa jagub neljaga jäägitult. Kui samal pingil lõigatakse keeret 6 niidiga tolli kohta, on tegemist paaritukeermega, kuna kaheksa jagamisel kuuega tekib jääk 2.

Paariskeerme lõikamisel võib veomutri sisse lülitada igal momendil, kusjuures tera satub alati täpselt varem lõigatud kruvisoonde.

Paaritukeerme lõikamisel võib veomutri sisse lülitada vaid käigukruvi kindla asendi puhul lõigatava keerme suhtes. Vastupidisel juhul ei satu tera kruvisoonde ja keere lõigatakse üle valesti. Selle vältimiseks talitatakse nii: asetatakse suport asendisse, milles alustati keermetamist, ja märgitakse see (näiteks kriidiga supordil ja samasuguse joonega supordi vastas tööpingi sängil). Seejärel lülitatakse tööpink sisse. Niipea kui tera võtab esimese laastu, viiakse tera veomutrit lahti lülitamata detailist eemale (ristettenihkega) ja peatatakse tööpink. Seejärel tehakse kriidiga märkjooned *3* ja *4* (joon. 183) käigukruvile ja selle laagrile ning märkjooned *2* ja *1* spindlile ja spindlikasti laagrile. Tuues supordi tagasi lähteasendisse käsitsi, võib veomutri sisse lülitada momendil, mil kõik märkjooned on esialgses asendis.



Joon. 183. Märkjooned treipingi käigukruvil ja spindlil paaritukeerme lõikamisel.

Vasakpoolse keerme lõikamise iseärasused. Vasakpoolse keerme lõikamisel on vajalik, et spindli tavalise pöörlemissuuna puhul liiguks suport (lõikeprotsessi ajal) spindli poolt tagu-

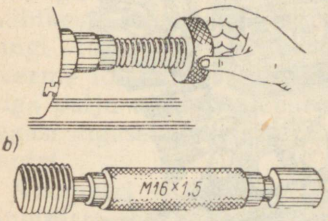
mise tsenterpuki poole. Seda saadakse tööpingi trensli vastava ümberseadmisega. Keermetamine algab keerme vasakpoolselt otsalt ja selleks kasutatakse detailil olevat soont (joon. 177, *a*).

Vasakpoolset sisekeeret lõigatakse spindli vasakpoolse (tagasi-) pöörlemisega, kusjuures tera ettenihe on suunatud tagumise tsenterpuki poolt spindli poole. Sellise mooduse puhul võib treial jälgida tera sisenemist materjali ja mõõta eelnevalt keeret. Esitatud mooduse puuduseks on padruni, millesse detail on kinnitatud, lahtikeerdumise võimalus, kui lõigatakse suure sammuga keeret.

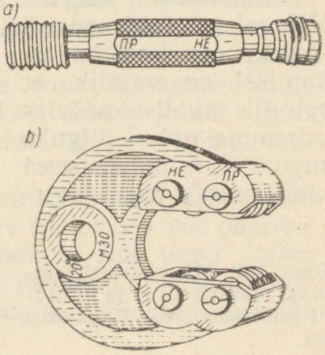
Lõikekiirus keermetamisel. Sammuga 2,5 ... 6 mm väliskeerme mustlõikamisel kiirlõiketerasest plaadikesega terade abil võetakse lõikekiirus keskmise kõvadusega terasdetailide puhul 35 ... 20 m/min, keskmise kõvadusega malmdetailide puhul aga 15 ... 10 m/min. Keerme puhaslõikamisel võib lõikekiirus ülalmärgitud tingimustel olla ligikaudu kaks korda suurem. Mida suurem on lõigatava keerme samm, seda väiksem peab nii ühel kui teisel juhul olema lõikekiirus. Viimistlusläbimitel, millega tavaliselt keermetamine lõpeb, peab lõikekiirus olema ligikaudu 4 m/min. Sammuga 2 ... 6 mm kolmnurkkeerme lõikamisel kõvasulamist T15K6 plaadikestega terade abil valitakse lõikekiirus keskmise kõvadusega terase puhul 10 ... 150 m/min. piires.

Sisekeermete lõikamisel võib kasutada ülaltoodud andmeid, korrutades neid teguriga 0,8.

Jahutamine keermetamisel. Kiirlõiketerasest plaadikes-



Joon. 184. Normaal-keermekaliibrid: rõngas- (*a*) ja korkkaliiber (*b*).



Joon. 185. Piirkeermekaliibrid: kork- (*a*) ja harkkaliiber (*b*).

tega terade kasutamisel on jahutamisel eriti suur tähtsus, kuna see mitte ainult ei võimalda tõsta lõikekiirust, vaid soodustab sileda keermepinna saamist. Parimaks jahutusvedelikuks terasdetailide keermetamisel on taimeõlide ja petrooleumi või tärpentini segu. Peaaegu samaväärseid tulemusi annab sulfofresool. Keermetamisel kasutatavad emulsioonid võimaldavad tõsta lõikekiirust, kuid soodustavad vähem kui õlid keerme puhta pinna saamist. Malmdetailid keermetatakse enamasti kuivalt, väga kõva malmi puhul kasutatakse petrooleumi.

Kolmnurkkeerme kontrollimine ja mõõtmine. Kolmnurkkeeret (samuti ka teisi) saab kontrollida kompleksselt (kontrollitakse kõiki keerme elemente peale poldi välisläbimõõdu ja mutri siseläbimõõdu) ja üksikute elementide kaupa. Kompleksselt kontrollitakse normaal- või piirkaliibrite abil.

Normaalkaliibreid kasutatakse ainult siis, kui puuduvad piirkaliibrid või vähevastutavate keermete kontrollimisel.

Joonisel 184, *a*, on näidatud väliskeerme kontrollimine normaal-rõngaskaliibri abil. Joonisel 184, *b* on kujutatud keerme normaal-korkkaliiber sisekeermete kontrollimiseks. Tema sile pool on määratud keermetamiseks ettevalmistatud ava siseläbimõõdu kontrollimiseks.

Mõlemal juhul kontrollitakse keerme õigsust kompamise teel. Kaliiber peab tihedalt ja raskusteta olema ühendatav kontrollitava detailiga, kokkukeeratuna ei tohi esineda loksumist.

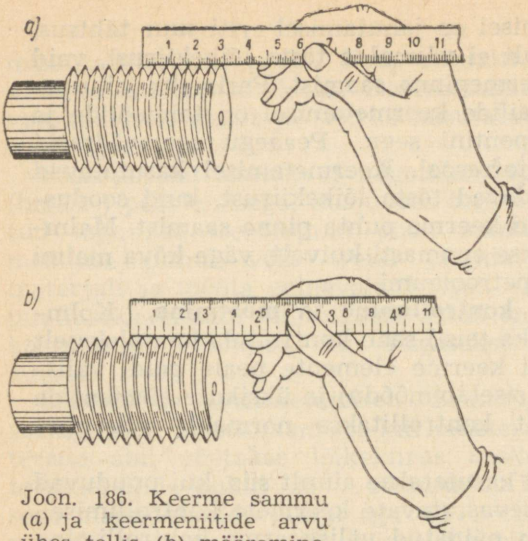
Piirkeermekaliibrid — kork- ja harkkaliiber on esitatud joonisel 185.

Keerme korkkaliibri ja harkkaliibri (või rõngaskaliibri) läbivatel otstel (ПР) on pikk täieliku profiiliga keere. Läbivad otsad peavad täielikult olema keeratavad kas keermetatud avasse või keermetatud varva peale.

Mitteläbivatel otstel (НЕ) on vaid 2 . . . 3 mahalõigatud profiiliga keermeniiti. Need otsad ei tohi olla üldse ühendatavad kontrollitava detailiga.

Harkkaliibrite eeliseks rõngaskaliibritega võrreldes on see, et nende abil saab kontrollida keeret, võtmata detaili maha tööpingi tsentritelt. Pealegi toimub keerme kontrollimine harkkaliibritega palju kiiremini (8 . . . 10 korda) kui keerme rõngaskaliibritega.

Normaal- ja piirkaliibritega kontrollimine ei võimalda määrata keerme selle või teise elemendi tegelikku mõõdet,



Joon. 186. Keerme sammu (*a*) ja keermeniitide arvu ühes tollis (*b*) määramine.

vaid ainult avastada püstitatud normidega keelatud hälvete puudumist või olemasolu.

Mõnikord on vaja määrata ühtede või teiste elementide tegelikke mõõtmeid. Vaatleme, kuidas selliseid mõõtmisi sooritatakse.

Välise meeterkeerme sammu ja tollkeermel ühes tollis olevate niitide arv määratakse lihtsamal juhul kahe naaberniidi harjade keskosade vahe mõõtmise teel. Sealjuures kasutatav mõõtejoonlaud peab olema paralleelne mõõdetava keerme teljega.

Kindlamaks ja täpsemaks mõõtmiseks, eriti väikeste sammude puhul, tuleb määrata mitte kahe naaberniidi, vaid 5, 10, 20 jne. niidi vaheline kaugus. Jagades joonlaua järgi määratud kauguse niitide ühe võrra vähendatud arvuga, leiame mõõdetava keerme sammu. Kui näiteks leidsime (joon. 186, *a*), et 1. ja 6. keermeniidi harjade vaheline kaugus on 20 mm, leiame keerme sammu

$$S = \frac{20}{6-1} = \frac{20}{5} = 4 \text{ mm}.$$

Joonisel 186, *b* on näidatud tollkeerme niitide arvu määramine mingi kindla pikkuse, näiteks 1 tolli kohta. Niidi harjade arv, mis asetsevad antud pikkuses (näiteks

1 tollis), vähendatuna ühe võrra, ongi niitide arv keerme mingi pikkuse kohta. Joonisel 186, *b* on mõõtejoonlaua märkjoone 1 kohal 7. keermeniidi hari. See tähendab, et mõõdetaval keermel on kuus niiti 1 tolli kohta.

Palju kiiremini ja kindlamalt saab keerme sammu määrata keermešabloonide abil. Keermešabloonide komplekt (joon. 187) koosneb paljudest šabloonidest keerme erineva sammuga või erineva niitide arvuga 1 tollis. Veendunud, et nendest šabloonidest ühe asetamisel mõõdetavale keermele ühtub tema tööosa täielikult keerme profiiliga, määratakse šabloonil olevate andmete järgi keerme samm või niitide arv 1 tollis.

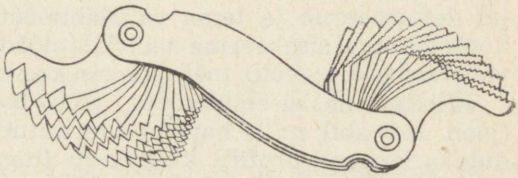
Sisekeerme sammu või niitide arvu 1 tollis määratakse samuti šabloonide komplekti abil. Kui šabloon ei lähe mõõdetavasse avasse, määratakse samm keerme koopia järgi. Selleks keerutatakse ruudukujulist puitpulka keermes. Pulga servadele jäävad sealjuures keerme harjade jäljed, mille järgi ei ole raske määrata keerme sammu või niitide arvu 1 tollis.

Keerme profiil tuleb õige, kui on täidetud kõik ülaltoodud tera teritamise ja ülesseadmise reeglid.

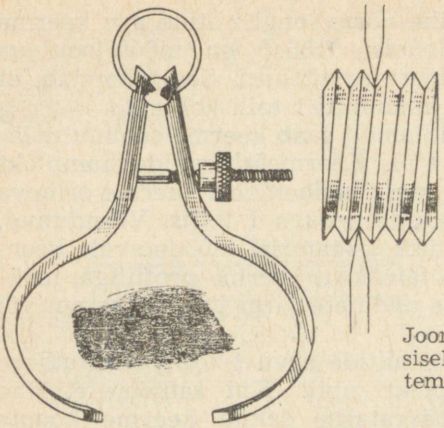
Väliskeerme profiilinurka võib kontrollida, nagu varem märgitud, šablooni abil (joon. 179), ehkki jämedalt. Selleks asetatakse šablooni terav ots keerme kruvisoonde ja valguspilude järgi šablooni külgservade ja keermeniitide külgpindade vahel otsustatakse keerme profiili õigsuse üle.

Sisekeermete profiilinurka ja tema asendit keerme telje suhtes vahetult ei kontrollita. Profiilinurga täpsus, samuti tema asend keerme telje suhtes oleneb täielikult keermetera profiilinurga õigsusest ja tera treipinki ülesseadmisest.

Ainult erijuhtudel kontrollitakse sisekeerme profiili kontrollitavalt keermelt jäljendi võtmisega. Selleks valatakse keermetatud avasse mingit kergesti sulavat metalli



Joon. 187. Keermešabloonid.



Joon. 188. Välismõõdik keerme siseläbimõõdu mõõtmiseks ja tema kasutamine.

(näiteks pliid). Pärast tardumist keeratakse jäljend välja ja kontrollitakse sellel saadud keerme profiili.

Väliskeermete välisläbimõõtu kontrollitakse laiade mõõteservadega välismõõdiku või nihkmõõdiku abil.

Kui välismõõdiku või nihkmõõdiku õige asendi puhul (s. o. keerme teljega ristuvas tasapinnas) üks mõõteriista haru puudutab keermeniidi harja, teine aga satub keermesoone kohale, tuleb teise haru alla asetada plaadike. Selle plaadikese paksus tuleb maha arvestada mõõteriista lugemist.

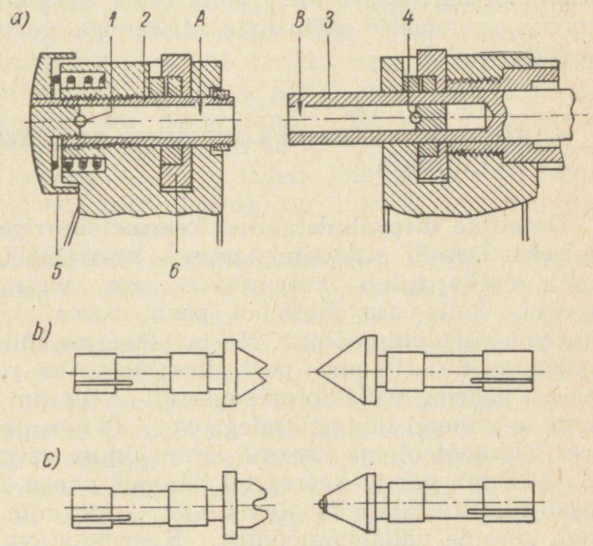
Sisekeermete välisläbimõõtu ei ole võimalik mõõta ja see ei ole tavaliselt ka nõutav. Sisekeerme õige välisläbimõõt tagatakse keermetera ülesseadmisega treitud astme järgi (joon. 176, *b*). Kui täpsemate sisekeermete puhul on vaja määrata välisläbimõõtu, talitatakse mõnikord järgmiselt. Mingist pehmest metallist (näiteks punasest vasest) valmistatakse kruvi, mille välisläbimõõt on veidi suurem mõõdetava keerme välisläbimõõdust. Niisuguse kruvi keeramisel mõõdetavasse keermetatud avasse kruvi materjal deformeerub ja tema välisläbimõõt muutub võrdseks kontrollitava sisekeerme välisläbimõõduga. Mõõtes kruvi välisläbimõõtu, võib määrata sisekeerme välisläbimõõdu.

Väliskeerme siseläbimõõtu võib mõõta välismõõdiku (joon. 188) abil, mille harud on teritatud nii, et nad ei puudutaks keerme profiili külgpindu (tavaliselt väliskeerme siseläbimõõtu ei kontrollita). Mõõtetasapind ei ole sel

juhul risti keerme teljega ja välismõõdiku näit osutub keerme tegelikust siseläbimõõdust veidi suuremaks.

Sisekeerme siseläbimõõtu mõõdetakse nihkmõõdikuga (kui see on võimalik) või siledate piirkaliibritega.

Väliskeerme keskmist läbimõõtu mõõdetakse keermekruvimõõdikutega, mis erinevad tavalistest spindli tööotsa ja kanna ehituse poolest. Vaadeldava kruvimõõdiku nende osade lõiked on esitatud joonisel 189, *a*. Spindlil *3* on tsentraalava *B*, millesse läheb ühe vahetatava otsiku saba, mida kasutatakse vaadeldava kruvimõõdikutega mõõtmisel. Spindlis oleva ava põhjal on kuulike *4*, millele toetub otsiku saba otspind. Tänu sellele võib otsik, mille saba läheb spindlis olevasse avasse, suhteliselt kergesti pöörduda, mis võimaldab teda asetada täpselt mõõdetava keerme tõusujoone suunas. Täpselt samasugune ülesanne on ka kuulil *1*, mis asub puksi *2* avas *A*. Puks asendab siin tavalise kruvimõõdiku kanda. Puksi *2* nihutamiseks telgsuunas (kruvimõõdiku reguleerimisel) on määratud kuppel — mutter *5*. Valitud asendis kinnitatakse puks *2* pidurrõnga *6* abil.



Joon. 189. Kruvimõõdiku detailid (*a*) ja mõõteotsikud (*b*, *c*) keerme mõõtmiseks.

Sagedamini esineva konstruktsiooniga otsikud on esitatud joonisel 189, *b*, *c*. Joonisel 189, *b* esitatud otsikutel on täielik mõõtepind, kusjuures vasakpoolne nendest, millel on prismaatiline väljalõige, asetatakse puksi avasse *A*, aga parempoolne, koonilise tööotsaga — kruvimõõdiku spindli *3* avasse *B*. Joonisel 189, *c* kujutatud otsikutel on lühendatud mõõtepind, mis võimaldab vähendada mõõdetava keerme ebaõige profiilinurga poolt keskmise läbimõõdu mõõtmisel tekitatavat viga — vasakpoolne nendest otsikutest asetatakse puksi *2*, parempoolne — kruvimõõdiku spindlisse *3*.

Otsikute sabad on lõhisega, mis tagab nende parema istu kruvimõõdiku puksis või spindlis.

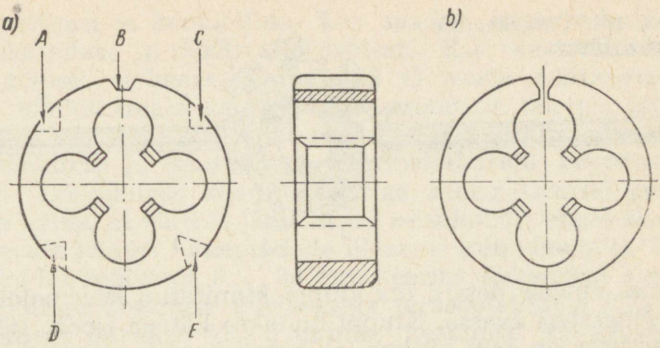
Keerme kruvimõõdikud varustatakse otsikute komplektidega, kusjuures iga otsikute paar on määratud sammude grupi jaoks. Vastavalt keerme profiilinurkade erinevusele valmistatakse otsikud mõõtepindade vahelise nurgaga 60° meeterkeermete jaoks ja 55° tollkeermete jaoks.

Sisekeerme keskmist läbimõõtu mõõdetakse samade mõõteriistadega, kuid jäljendi abil, mis saadakse samuti, kui jäljend keerme sammu määramiseks. Kui sisekeerme läbimõõt on üle 200 mm, võib tema keskmist läbimõõtu mõõta spetsiaalse sfääriliste otsikutega varustatud sisemõõdiku abil.

5. KOLMNURKKEERME LÕIKAMINE KEERMELÕIKURITE JA PUURIDEGA

Detailide ettevalmistamine keermelõikuriga keermetamiseks. Detaili ettevalmistamisel keermelõikuriga keermetamiseks tuleb keermetatav osa tingimata puhtalt treida. Selle osa läbimõõt peab olema veidi väiksem keerme välisläbimõõdust. Normaalkeerme lõikamisel läbimõõduga 6 ... 10 mm peab keermetatava osa läbimõõt olema keerme välisläbimõõdust 0,1 ... 0,2 mm võrra väiksem, keermetel läbimõõtudega 11 ... 18 mm peab lõigatava osa läbimõõt olema keerme läbimõõdust väiksem 0,12 ... ... 0,24 mm võrra; keermetel läbimõõtudega 20 ... 30 mm peab tooriku läbimõõt olema 0,14 ... 0,28 mm võrra väiksem keerme välisläbimõõdust. Keermetatava detaili ots töödeldakse 2 ... 3 mm ulatuses kooniliseks.

Keermelõikurid. Keermelõikur on ümarmutri kujuline



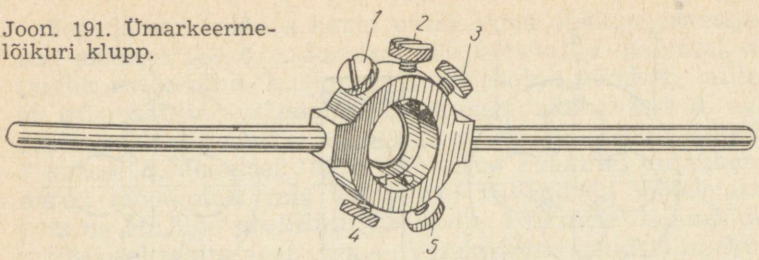
Joon. 190. Ümarkeermelõikurid: läbilõikamata (*a*) ja läbi lõigatud (*b*).

(joon. 190), mille keere on läbi lõigatud avadega. Viimased moodustavad lõikeservad ja soodustavad laastude eraldumist. Keermelõikurid on mittereguleeritavad (joon. 190, *a*) ja reguleeritavad (joon. 190, *b*). Mittereguleeritavad keermelõikurid kaotavad kulumise tõttu pärast mõneajalist töötamist oma mõõtmed. Siis lõigatakse keermelõikuri soonde *B* peenikese lihvkettaga lõhe, mille abil võib lõikuri läbimõõtu muuta 0,1 . . . 0,25 mm piires. Lõikuri keermetatud avas on kooniline lõikav osa, mis keeret lõikab. Kalibreeriv osa juhib ainult lõikurit ja puhastab keeret. Lõikava osa koonus on 40 . . . 60° piires (keskmiselt 50°). Kui keermelõikuriga tuleb lõigata keeret mingi piirajani (näiteks poldi peani), on lõikava osa koonuse nurk 90°.

Keermeklupid lõikurite kinnitamiseks. Keermelõikurite kinnitamiseks kasutatakse kluppe (joon. 191). Läbilõikamata lõikur asetatakse klupi silindrilisse pessa ja kinnitatakse seal kruvidega *2*, *4* ja *5*. Kruvi *2* siseneb lõikuris olevasse soonde *B* (joon. 190, *a*), kruvid *4* ja *5* aga avadesse *D* ja *E*. Reguleeritava keermelõikuri kinnitamisel suurendab kruvi *2* tema läbimõõtu. Avadesse *A* ja *C* sisenevate kruvide abil surutakse lõikur kokku, kruvide *4* ja *5* abil aga kinnitatakse. Keermelõikuri korralikuks töötamiseks on vajalik, et tema külgpind asuks tihedalt klupi pesa põhja vastas.

Töövõtted keermelõikuriga keermetamisel. Pärast keermetatava detaili kinnitamist padrunisse ja tööpingi käivi-

Joon. 191. Ümarkeermelõikuri klupp.

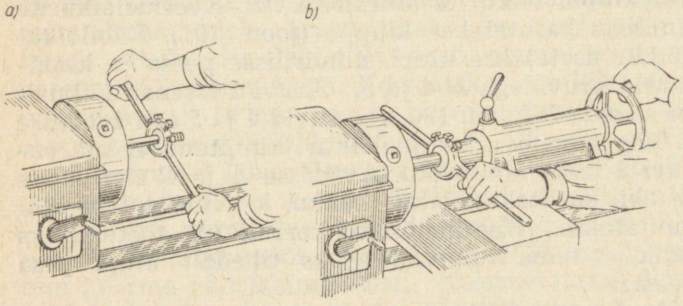


tamist viiakse detaili ots kluppi kinnitatud keermelõikuri keermetatud avasse. Kluppi hoitakse kätega (joon. 192, *a*), kusjuures on eriti oluline, et klupp koos keermelõikuriga asuks lõigatava keerme teljega ristuvas tasapinnas. Vastupidisel juhul kaldub keermeprofiil ühele küljele.

Selle vältimiseks tuleb klupp võimaluse korral asetada nii, nagu näidatud joonisel 192, *b*. Klupi tagumine otspind surutakse tagumise tsenterpuki pinooli vastu. Ühte klupi käepidemetest hoitakse käega ja toetatakse vastu supordi ülemist kelku. Keerates tagumise tsenterpuki käsiratast, nihutatakse pinooli edasi nii, et töödeldav detail läheks lõikuri keermetatud avasse. Lülitanud tööpingi sisse, nihutatakse pinooli edasi nii, et tema otspind oleks vastu kluppi kogu lõikuri tööprotsessi ajal.

Keerme lõikamisel mingi piirajani (näiteks äärikuni) lülitatakse tööpink õigeaegselt välja ja pööratakse spindlit käsitsi (näiteks ülekanderihmast), kuni kogu keere on lõigatud.

Kui antud keermelõikurit kasutatakse esimene kord, tuleb lõigata mõned niidid esimesele detailile, keerata



Joon. 192. Keermetamine ümarkeermelõikuriga.

lõikur tagasi ja kontrollida, kas saadav keere rahuldab pinnakareduse ja mõõtmete poolest. Kui kontrollimisel avastatakse, et keerme mõõtmed ei vasta nõutavatele, tuleb läbilõikamata keermelõikur asendada teisega, läbilõigatud keermelõikur aga vastavalt reguleerida.

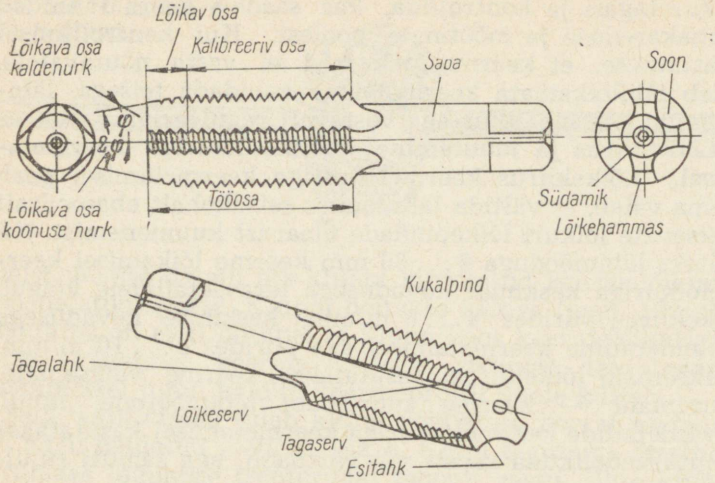
Lõikekiirus ja jahutamine keermelõikuriga keermetamisel. Lõikekiirus keermelõikuriga keermetamisel peab olema väike, et vältida jahutamise seisukohalt ebasoodsalt asetsevate lõikuri lõikepindade ülearust kuumenemist. Nii näiteks läbimõõduga 6 ... 30 mm keerme lõikamisel keermelõikuriga keskmise kõvadusega terasdetailidele kõigub lõikekiirus piirides 4 ... 8 m/min, keskmise kõvadusega malmdetailide keermetamisel aga piirides 6 ... 10 m/min. Väiksemaid lõikekiirusi kasutatakse keerme väiksemate, suuremaid — keerme suuremate läbimõõtude puhul. Terasdetailide keermelõikuriga keermetamisel kasutatakse jahutusvedelikuna rapsi- või värtnaõli, aga samuti emulsioone.

Avade ettevalmistamine keermetamiseks keermepuuridega. Avasid, millesse lõigatava keerme täpsusele ei esitata suuri nõudeid (näiteks tavalised mutrid), puuritakse puuridega.

Kui keermepuuriga lõigatakse täpseid keermeid, tuleb sissepuuritud ava teraga üle treida. Suure läbimõõduga keermete lõikamisel keermetatakse eelnevalt lõiketeraga, lõplikult aga keermepuuriga. Sellise meetodi rakendamisel muutub keermepuuri töö kergemaks ja tõuseb keerme täpsus. Sellist keermepuuriga keermetamise võtet nimetatakse kalibreerimiseks.

Keermepuuriga keermetamiseks ettevalmistatud ava läbimõõdu võib määrata reegli järgi, mis kehtib avade ettevalmistamisel keermetamiseks teraga ja on toodud eespool. Keermetatava ava õige läbimõõdu valik on antud juhul eriti tähtis, kuna keermepuuri töö käigus deformeeruvate niitide materjali maht suureneb ja pigistab keermepuuri nii kinni, et tema pööramine muutub raskeks. Selle tulemusena kas murdub keere või puruneb keermepuur.

Keermepuurid. Väikese läbimõõduga — meeterkeermed kuni 10 mm ja tollkeermed kuni $^3/_8''$ — sisekeermete lõikamine on seotud tunduvate raskustega. Tera kere on väga peenike ja nõrk, mistõttu lõikesügavus igal uuel läbimil peab olema väike. Läbimite arvu suurenemine vähendab



Joon. 193. Keermepuur, tema osad ja elemendid.

tootlikkust. Tera töö jälgimine on võimatu. Taolised raskused, ehkki vähemal määral, kerkivad mõnikord esile ka keermete lõikamisel, mille läbimõõdud on ülalmärgitutest suuremad. Seepärast ei lõigata treipingil sisemisi meeterkeermeid läbimõõduga kuni 50 mm ja tollkeermeid läbimõõduga kuni 2″ mitte teraga, vaid keermepuuriga (joon. 193). Keermepuuri tööosale on lõigatud keere ja freesitud sooned, mis moodustavad hambad lõikeservadega. Soontesse läheb keermepuuri poolt eraldatav laast. Hammaste kukalpinnad töödeldakse nii, et nende ja töödeldud pinna vahele jääks väike nurk, mis on analoogiline tera taganurgale.

Keermepuuri tööosa koosneb lõikavast ja kalibreerivast osast. Lõikav osa on kooniline, ta siseneb esimesena töödeldavasse avasse ja sooritab keerme lõikamisel peamise töö. Temale järgnev kalibreeriv osa juhib keermepuuri töödeldavas avas ja annab keermele täpsed mõõtmed (kalibreerib).

Keermepuuri saba lõpeb nelikandiga, mida kasutatakse keermepuuri kinnitamisel kluppi või padrunisse. Keermepuuri ülejäänud elementide nimetused on toodud joonisel 193.

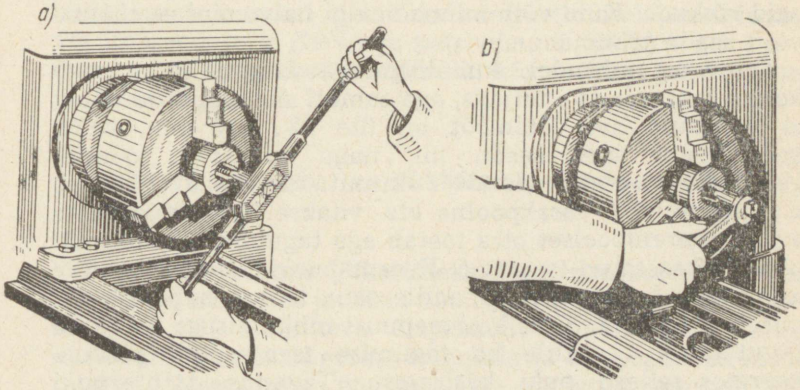
Meeter- ja tollkeeret lõigatakse tavaliselt järjest kahe või kolme käsikeermepuuriga, mis moodustavad komplekti. Kuni 3 mm (kaasa arvatud) sammuga keermete lõikamiseks määratud komplekt koosneb tavaliselt kahest keermepuurist, keermetele sammuga üle 3 mm — kolmest puurist. Esimene keermepuur, mida nimetatakse musttöötlemise puuriks (tema sabale, nelikandi lähedale on tehtud üks märkring), eraldab kõige suurema laastu. Teine (või kolmas) keermepuur, mida nimetatakse puhastöötlemise puuriks, viimistleb keerme lõplikult (temale on tehtud vastavalt kaks või kolm märki).

Puhtal keermepuuril on lõikava osa pikkus 1,5 . . . 2 keermeniiti, tema kalibreeriv osa on täieliku profiiliga.

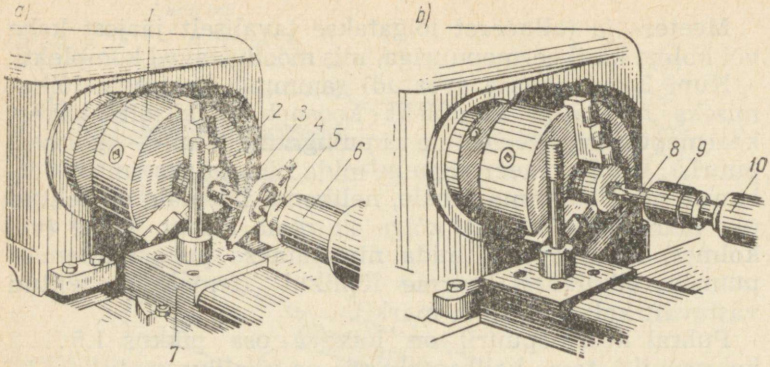
Käsikeermepuuride komplekt torukeerme lõikamiseks koosneb kahest — mustast ja puhtast keermepuurist.

Peale käsikeermepuuride kasutatakse treipinkidel veel masin-käsi- ja mutri-keermepuure. Neid valmistatakse iga läbimõõdu jaoks üks ja nad lõikavad keerme ühe läbimiga.

Keermepuuridega keermetamise võtted. Läbivad avad keermetatakse järgnevalt. Järjekordne keermepuur asetatakse avasse ja hoitakse kinni klupiga (joon. 194, *a*) või mutrivõtmega (joon. 194, *b*), mis on asetatud saba nelikandile. Seejärel käivitatakse tööpink. Keermepuur siseneb avasse ja lõikab keerme. Peab märkima, et selliste



Joon. 194. Keermepuuridega keermetamine klupi (*a*) või mutrivõtme (*b*) abil.



Joon. 195. Keermepuuri keermetamiseks ülesseadmine tagumisele tsentrile (*a*) ja padrunisse (*b*).

keermetamismooduste puhul keermepuuri telg, aga järelikult ka keerme telg, ei lange alati kokku töödeldava ava teljega. Selle tõttu ei ole keermetatud avasse keeratud polt või tikkpolt risti detaili otspinnaga, vaid asetseb selle suhtes veidi kaldu. Teine puudus seisneb järgnevas. Kui keermetatava ava läbimõõt on väike või keermepuur nürinenud, kruvib keermepuur ennast avasse suure jõuga, mis võib mutrivõtme või klupi töölise käest lahti kiskuda. Kukkumisel sängi juhtpindadele võivad võti ja klupp neid rikkuda. Kuid võib minna veelgi halvemini — tööline võib saada trauma.

Seepärast juhtudel, kui lõigatava keerme telg peab kokku langema ava teljega, aga samuti siis, kui seda nõuet ei ole, kuid ava läbimõõt on üle 12 ... 15 mm, tuleb keermepuur üles seada nii, nagu näidatud joonisel 195, *a*. Keermetatav detail *2* kinnitatakse padrunisse *1*. Keermepuuri *3* vasakpoolne ots viiakse keermetatavasse avasse, parempoolset otsa toetab aga tagumise tsenterpuki pinooli *6* asetatud tsenter *5*. Keermepuuri saba nelikandile asetatakse kaasavedaja *4*, mille saba toetub supordi ülemisele pinnale *7*. Koos keermepuuri nihkumisega vasakule liigutatakse vasakule ka tagumise tsenterpuki pinooli, keerates selleks puki käsiratast. Tagumise tsenterpuki pinooli tuleb vasakule liigutada väga ettevaatlikult, mittè kiiremini keermepuuri nihkumisest telgsuunas. Kui kaa-

savedaja saba läheneb pinna 7 vasakpoolsele servale, tuleb kogu suport nihutada vasakule.

Veel üks moodus keermepuuri ülesseadmiseks on näidatud joonisel 195, *b*. Tagumise tsenterpuki pinooli asetatakse padrun 9. Padruni keres on ruudukujuline pesa, millesse läheb keermepuuri 8 saba nelikant. Ka sellel juhusel tuleb tagumise tsenterpuki pinooli nihutada pidevalt ja ettevaatlikult, vastavalt keermepuuri nihkumisele töödeldava ava sisse.

Umbsete avade keermetamisel ei tohi tööpinki sisse lülitada, kuna väga raske on tabada hetke, millal keermepuuri ots jõuab vastu töödeldava ava põhja. Kui treipinki sellel hetkel ei peatata, puruneb kas keermepuur või murtakse maha lõigatud keere. Selle vältimiseks keeratakse umbsete avade keermetamisel keermepuuri käsitsi mutrivõtme või klupi abil, veelgi parem aga, kui see on võimalik — hoitakse võtit parema käega ja pööratakse treipingi spindlit ajamirihma abil vasaku käega.

Lõikekiirus ja jahutamine keermetamisel keermepuuridega. Keermepuuridega töötamisel peab lõikekiirus olema väike. Lõikekiiruse valikul keermepuuridega keermetamise jaoks võib kasutada andmeid, mis on toodud keermetamiseks keermelõikuritega (lk. 263), korrutades neid teguriga 1,5 ... 1,7.

Jahutamine tõstab keermepuuridega lõikamisel keerme kvaliteeti, samuti aitab säilitada keermepuuri lõikeomadusi. Jahutusvedelikuna kasutatakse pehmest ja keskmise kõvadusega terasest detailide keermetamisel emulsioone või linaseemneõli (70%) ja petrooleumi (30%) segu. Pehmet malmi lõigatakse jahutuseta, kõva malmi jahutatakse petrooleumiga.

6. RUUT-, TRAPETS- JA MITMEKÄIGULISE KEERME LÕIKAMINE

Terad ruutkeerme lõikamiseks. Tera ruutkeerme lõikamiseks on näidatud joonisel 196. Tera esinurk on 0°, taganurk 6 ... 8°. Kõik tera ülejäänud elemendid valitakse vastavalt lõigatava keerme sammule ja ülesseadmise moodusele. Ülesseadmise moodused on näidatud joonisel 197.

Esimesel juhul (joon. 197, *a*) on tera üles seatud nii, et tema pealõikeserv on paralleelne lõigatava keerme teljega,

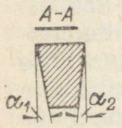
teisel juhul (joon. 197, *b*) aga risti kruvisoone külgpinnaga. Mõlema mooduse eeliseid ja puudusi vaadeldakse alamal.

Kui tera seada üles vastavalt joonisele 197, *a*, peab tera nurk α_1 (joon. 196) olema 2° võrra suurem keerme tõusunurgast. Nurk α_2 võetakse 3°, olenemata lõigatava keerme tõusunurgast. Lõikeserva pikkuseks *t* võetakse pool lõigatava keerme sammust.

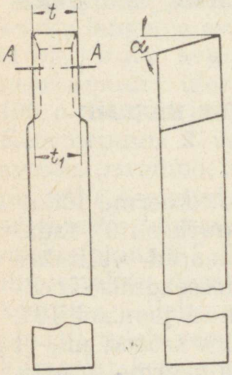
Tera ülesseadmisel vastavalt joonisele 197, *b* on nurgad α_1 ja α_2 (joon. 196) võrdsed, kumbki 3°, olenemata keerme tõusunurgast. Lõikeserva pikkus *t* peab sel juhul olema 0,5 ... 1,0 mm võrra väiksem lõigatava keerme poolest sammust.

Mõõtme *t* kontrollimiseks teral kasutatakse nihkmõõdikut või šablooni (joon. 198, *a*). Tera tööosa mõõde t_1 (joon. 196) tema aluse juures peab olema veidi (0,2 ... 0,3 mm võrra) väiksem mõõtmest *t*.

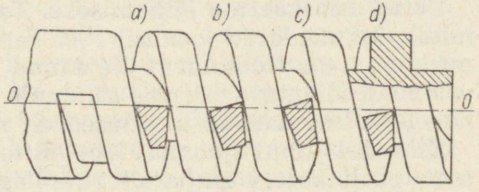
Pide keermeterade jaoks. Keermetera ülesseadmine jooniste 197, *a* või 197, *b* kohaselt on mugav joonisel 199 näidatud pideme abil. Tera *1* kinnitatakse poldiga *2* peasse *3*. Pea silindriline aste läheb vastavasse pesasse (joonisel ei ole näidatud), mis asub pideme kere *4* otspinnale. Pea *3* on ühendatud kerega *4* diferentsiaalseadme abil, mis koos-

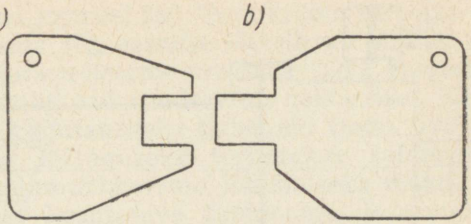


Joon. 196. Tera ruutkeerme lõikamiseks.



Joon. 197. Tera ülesseadmise moodused ruutkeerme lõikamisel: tera lõikeserv on paralleelne keerme teljega (*a*); lõikeserv on risti kruvisoone külgpinnaga (*b*); tera asend keerme profiili külgpindade viimistlemisel (*c*, *d*).





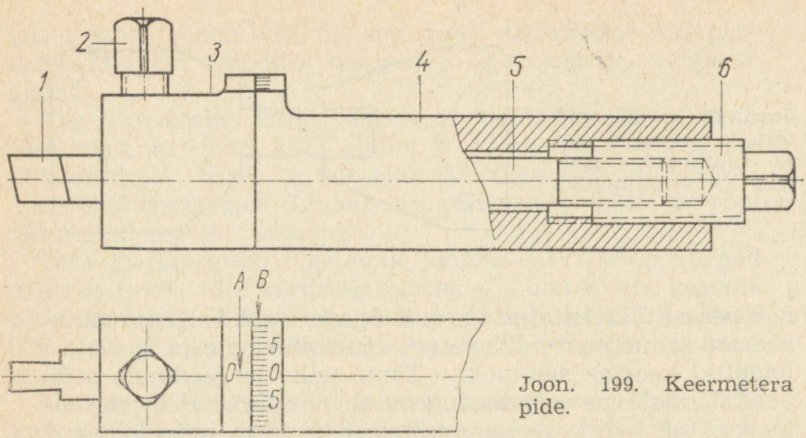
Joon. 198. Šabloonid tera teritamiseks (*a*) ja ruutkeerme profiili kontrollimiseks (*b*).

neb peasse *3* kinnitatud varvast *5* ja kruvist *6*. Kruvi väliskeerme samm on veidi suurem kruvi õõnsusse ja varvale *5* lõigatud keerme sammust. Tänu sellisele seadmele saab pead *3* nõutavas asendis tugevasti kinnitada. Pea pöördenurka, mis võrdub tõusunurgaga, loetakse märkjoone *A* abil skaalalt *B*.

Tera ülesseadmine ruutkeerme lõikamisel. Ruutkeerme lõikamisel on tera ülesseadmisel oluline tähtsus. Kui tera on üles seatud vastavalt joonisele 197, *a*, tuleb keerme profiil õige. Kuid sel juhul parempoolne lõikeserv ei lõiku, vaid kraabib metalli. Vasakpoolse lõikeserva töötingimused on paremad, kuid tera paindumise tõttu (alla ja vasakule) vertikaalsete lõikejõudude mõjul võib see lõikeserv lõikuda keermeniidisse. Mõlemad puudused on eriti olulised suure tõusunurgaga keerme lõikamisel. Tera ülesseadmisel vastavalt joonisele 197, *b* tuleb kruvisoone laius põhja juures suurem, kui profiili harja juures, peale selle ei ole soone põhi tasane, vaid nõgus. Selle meetodi eelis seisab selles, et parem- ja vasakpoolsed lõikeservad töötavad ühtlaselt heades tingimustes.

Öeldust järeldub, et keerme musttöötlemisel, kui eraldatakse suhteliselt paksu laastu, profiili täpsust aga ei nõuta, tuleb tera üles seada nii, nagu näidatud joonisel 197, *b*. Puhastöötlemisel, kus peamiseks ülesandeks on saada keerme õige profiil, peab tera olema üles seatud vastavalt joonisele 197, *a*. Tera pealõikeserv peab asetsema täpselt treipingi tsentrite joone kõrgusel. Peale selle peab tera asend olema kontrollitud šablooni järgi analoogiliselt sellega, nagu seda tehakse tera ülesseadmise kontrollimisel kolmnurkkeermete lõikamisel.

Ruutkeermete lõikamise võtted. Keere, mille samm on 3 . . . 4 mm, lõigatakse teraga, mille lõikeserva pikkus võrdub poolega keerme sammust, ilma eelneva musttöötlemi-



Joon. 199. Keermetera pide.

seta. Tera peab olema üles seatud vastavalt joonisele 197, a. Profiili külgpinnad tulevad sel juhul siledad, kui lõikesügavus enne iga uut läbimit ei ületa 0,05 . . . 0,1 mm.

Keermed, mille samm on üle 4 mm, lõigatakse kahe võttega. Algul lõigatakse keere eelnevalt, seejärel viimistletakse tema profiil lõplikult. Kui keerme tõusunurk ei ületa 3°, lõigatakse keere eelnevalt teraga, mis on üles seatud vastavalt joonisele 197, *a*. Suure tõusunurgaga keermete eellõikamisel seatakse tera üles vastavalt joonisele 197, *b*. Mõlemal juhul peab lõikeserva pikkus olema väiksem (0,5 . . . 1 mm võrra) keerme poolest sammust. Keerme soone põhja tuleb tingimata jätta 0,2 . . . 0,3 mm töötlemisvaru lõplikuks viimistlemiseks.

Keerme lõplik puhasviimistlemine toimub teraga, mille lõikeserva pikkus võrdub keerme poole sammuga, kusjuures tera on üles seatud vastavalt joonisele 197, *a*.

Keerme profiili külgpinnad tulevad siledamad, kui neid töödeldakse vastavalt joonistele 197, *c* ja *d* ülesseatud otsateradega, põhjad aga siis, kui kasutatakse tavalisi sooneterasid, mis seatud üles vastavalt joonisele 197, *a*. Sellise tera laius peab olema väiksem keerme soone põhja laiusest 0,1 . . . 0,2 mm võrra. Pärast iga läbimit tuleb hoolikalt mõõta (nihkmõõdikuga) keerme niidi laiust.

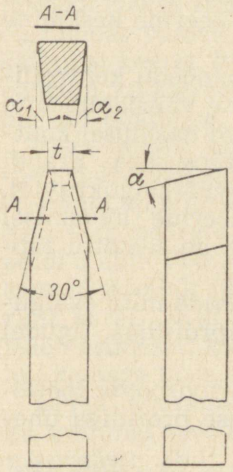
Välis- ja siseläbimõõte kontrollitakse samuti, kui kolmnurkkeermete puhul, ruutkeerme profiili kontrollitakse šablooniga (joon. 198, *b*).

Terad trapetskeerme lõikamiseks. Tera trapetskeerme

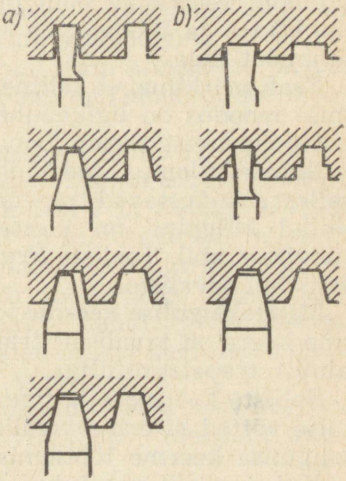
lõikamiseks on näidatud joonisel 200. Tera külgmiste lõikeservade vahe peab olema 30°; eesmise lõikeserva pikkus t võetakse vastavalt lõigatava keerme profiilile. Kõik nurgad (α, α_1, α_2) valitakse samuti kui ruutkeerme lõikamisel. Ka siin kasutatakse tera kinnitamiseks pidemeid (joon. 199).

Tera trapetskeerme lõikamiseks teritatakse šablooni järgi, mis sarnaneb kolmnurkkeerme lõikamiseks määratud terade teritamisel kasutatava šablooniga, ja samas järjekorras. Teritatud tera plangitakse.

Trapetskeerme lõikamise võtted. Tera ülesseadmine trapetskeerme lõikamiseks toimub samuti kui ruutkeerme lõikamiseks. Keere sammuga kuni 3 mm lõigatakse ühe teraga, millel on täielik profiil. Keermed, mille samm ületab 3 mm, lõigatakse mitme võttega (joon. 201, *a*). Sooneteraga, mille laius on 0,1 ... 0,2 mm võrra väiksem keerme profiili põhja laiusest, lõigatakse kruvisoon. Soone põhja läbimõõt peab võrduma lõigatava keerme siseläbimõõduga. Pärast seda antakse kahe teraga (parem- ja vasakpoolsega) kruvisoonele trapetsi kuju, kusjuures soone laius välisläbimõõdu järgi peab olema 0,3 ... 0,4 mm võrra väiksem lõplikust. Iga tera nurk tipu juures peab olema 30°; tera eesmise lõikeserva pikkus on 1 ... 3 mm võrra väiksem



Joon. 200. Tera trapetskeerme lõikamiseks.



Joon. 201. Trapetskeerme lõikamise võtted.

lõigatava keerme profiili põhja laiusest. Lõplikult viimistletakse keere teraga, millel on täielik profiil. Selle teraga viimistletakse vaid keerme profiili külgpinnad.

Teine, väga tootlik trapetskeermete lõikamise moodus on esitatud joonisel 201, *b*. Teraga, mille laius on 0,3 ... ... 0,4 mm väiksem kruvisoone lõplikust laiusest, mõõdetuna keerme keskmise läbimõõdu järgi, lõigatakse eelsoon. Soone põhja läbimõõt peab olema keerme keskmisest läbimõõdust suurem 0,3 ... 0,5 mm võrra. Seejärel eelsoon süvendatakse keerme siseläbimõõduni. Kasutatava tera laius peab olema 0,2 mm võrra väiksem soone põhja lõplikust laiusest. Profiil viimistletakse järjest kahe teraga, millel on lõigatava keerme täielik profiil. Esimesel nendest teradest on nõgus esitahk, mis tagab laastude kerge eraldumise ja keerme sileda pinna. Teisel teral peab olema tasane esitahk.

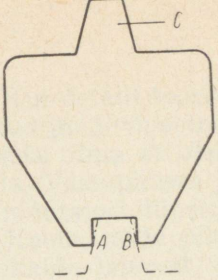
Trapetskeerme kontrollimine. Trapetskeerme kontrollimiseks kasutatakse piirkaliibreid, mis oma konstruktsioonilt on analoogilised kolmnurkkeermete piirkaliibritega. Trapetskeerme profiili kontrollitakse šablooni astme *C* abil (joon. 202). Trapetskeerme keskmise läbimõõdu määramise vajadusel kontrollitakse seda kaudselt. Selleks asetatakse šabloon keermeniidile, nagu näidatud joonisel 202. Kui šablooni väljalõike põhi puudutab keerme profiili harja, punktid *A* ja *B* aga tema külgpindu, on keerme keskmine läbimõõt õige.

Peab märkima, et selline keskmise läbimõõdu kontrollimise moodus on ligikaudne, kuna keerme välisläbimõõtu, mille täpsusest oleneb joonisel 202 esitatud moodusel kontrollimise tulemus, töödeldakse väikese täpsusega. Erandi sellest moodustavad trapetskeermega kruvid (käigukruvid), millel külgpind on ülesseadebaasiks keerme lõikamisel lünettide abil. Taoliste kruvide välispind on seetõttu täpsem kui tavalistel.

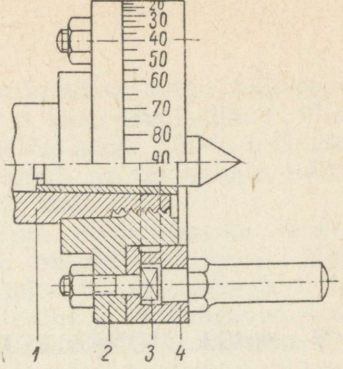
Mitmekäigulise keerme lõikamine. Kruvide mitmekäiguline keere on tavaliselt trapets- või ruutprofiiliga, tigudel ainult trapetsprofiiliga.

Selliste keermete ja tigude üksikute kruvisoonte töötlemise võtted ei erine tavaliselt samasuguse profiiliga ühekäigulise keerme töötlemisest.

Kui vaadeldaval juhul seada tera üles vastavalt joonisele 197, *b*, tulevad profiili moonutused suured, kuna mitmekäigulistel keermetel on suured tõusunurgad.



Joon. 202. Šabloon trapetskeermе profiili ja keskmise läbimõõdu kontrollimiseks.



Joon. 203. Jagamispadrun mitmekäiguliste keermete lõikamiseks.

Mitmekäiguliste keermete ja tigude lõikamisel esinevad täiendavad nõuded: tagada mitme keermesoone õige vastastikune asend või, nagu öeldakse, jagada keere käikudeks.

Kaheks käiguks saab keeret jagada kaasaveopadruni abil, kui sel on sõrme jaoks kaks ava. Selleks võetakse ülemineku ühelt kruvisoonelt teisele töödeldav detail tsentritelt maha ja asetatakse kaasaveopadruni sõrm vastasasetsevasse auku. Seejärel asetatakse detail uuesti tööpingile ja töödeldakse sinna teine kruvisoon. Samal moodusel, kui on olemas vastav kaasaveopadrun, võib lõigata ka neljakäigulist keeret, kusjuures padruni sõrm asetatakse järjest padruni kõikidesse aukudesse. Peab märkima, et see moodus on ebatäpne.

Väga täpselt saab keeret jagada käikudeks, kasutades spetsiaalset jagamispadrunit (joon. 203). Padrun koosneb treipingi spindlisse *1* keeratud kerest *2* ja rõngast *4*. Rõngast võib pöörata kere *2* suhtes ja kinnitada tööasendisse poldi *3* abil. Pööramise suurust loetakse rõnga külgpinnale kantud skaalalt (360 jaotust) märkjoone järgi, mis on padruni kerel. Kui näiteks lõigatakse kahekäigulist keeret, tuleb esimeselt käigult teisele üleminekul keerata rõngast, aga temaga koos ka detaili 180° võrra.

Detaili pööramist pärast iga lõigatud käiku võib määrata ka treipingi spindli ja käigukruvi vahelise ülekande hammasrataste abil[1].

[1] Üksikasjalikumalt vt. А. Н. Оглоблин, Справочник токаря. М.-Л., Машгиз, 1961.

V peatükk. MÕNED ERILISED TREIALITÖÖD

1. VÄIKESE JÄIKUSEGA DETAILIDE TÖÖTLEMINE

Eelmärkmed. Praktika näitab, et kui detaili pikkus on 10 ... 12 korda suurem tema läbimõõdust, siis seda detaili treipingil tavaliste kinnitustega (tsentritel või padrunis koos toetamisega tagumise tsentri abil) rahuldavalt töödelda ei õnnestu. Töötlemiseks on detail vaja tingimata täiendavalt kinnitada, milleks kasutatakse lünette. Lünetid on liikumatud ja liikuvad.

Liikumatud lünetid ja nendega töötamine. Liikumatu lünett (joon. 204) asetatakse treipingi sängile *10* ja kinnitatakse poldi *8* ja liistu *9* abil (seega samuti, kui tagumine tsenterpukk). Lüneti kere koosneb alusest 7 ja kaanest *1*, mis on ühendatud liigendiga *3*. Kaane *1* kinnitamiseks tööasendis kasutatakse kujupeaga ärapööratavat polti 6. Lünetil on kolm nukki (üks nendest on tähistatud arvuga 2), kusjuures kaks nendest asuvad lüneti alusel, kolmas aga kaanel. Reguleerimispoltide *4* abil võib nukke lüneti keres olevates avades nihutada. Nukid kinnitatakse valitud asendis kruvide *5* abil.

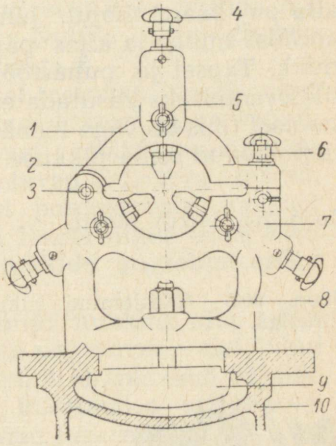
Lünettide nukid valmistatakse tavaliselt malmist. Kui on põhjust karta, et hõõrdumine vastu nukke rikub töödeldava detaili pinda, tuleb kasutada terasnukke pronksist otsikutega. Mõnikord, lähtudes samadest kaalutlustest, kasutatakse nukke, mille tööpind on kaetud babiidiga. Kui aga on võimalik nukkide kiire kulumine, kaetakse nukkide tööpinnad kõvasulamiga või kasutatakse nukkide asemel rulltugesid.

Liikumatu nuki asetamine treipingile on näidatud joonisel 205. Töödeldav detail asetatakse tsentritele ja teda toetatakse lüneti kolme vastavalt reguleeritud nukiga.

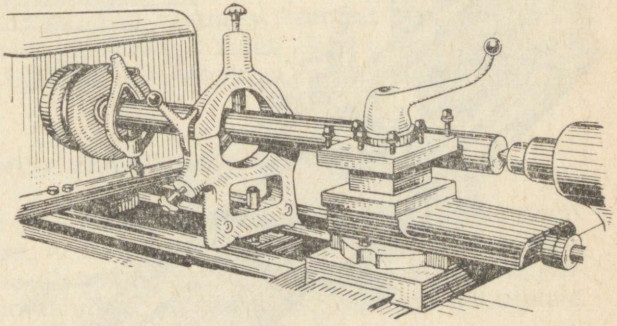
Kui detaili toorik on täpne (külmalt valtsitud, kalibreeritud jne.) või eelnevalt töödeldud, saab detaili lünetti üles seada, ilma et oleks vaja töödelda kaela lüneti nukkide alla. Vastupidisel juhul tuleb detaili sellele kohale, mida puudutavad lüneti nukid, treida kael.

Kaela, mille pikkus peab olema veidi suurem lüneti nukkide laiusest, võib töödelda mitmel moodusel. Kui detail on pikk ja peenike, asetatakse ta tsentritele ja treitakse kael nõutavasse kohta. Ettenihe ja lõikesügavus peavad sealjuures olema võimalikult väikesed, et vältida võlli läbipaindumist ja vibratsioone. Nendest kaalutlustest lähtudes peab tera peanurk plaanis olema võimalikult suur (kõige parem on kasutada otsatera), tera tipu ümardusraadius võimalikult väike ja esitahk nõgus (soone ja faasiga).

Joon. 204. Liikumatu lünett.



Joon. 205. Töötlemine liikumatu lünetiga.

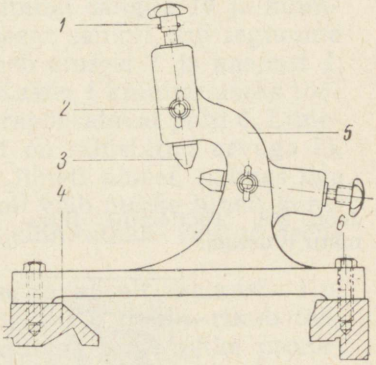


Tera pealõikeserva kaldenurk võetakse negatiivne (joon. 7, *c*, *f*). Sel juhul tera nagu tõmbab detaili enda poole. Positiivse kaldenurga puhul (joon. 7, *a*) tõukab tera detaili endast eemale, mis soodustab vibratsioonide tekkimist.

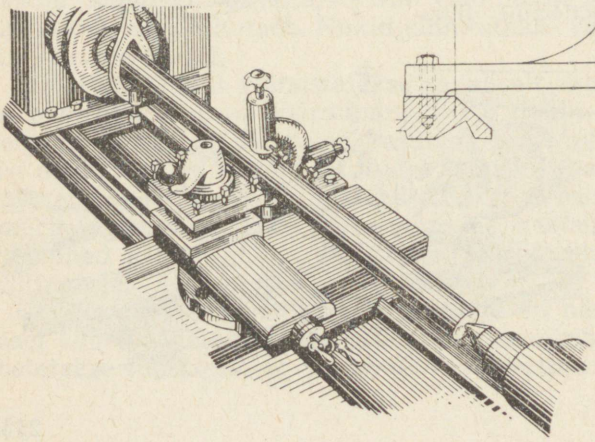
Kui töödeldav toorik on nii pikk ja peenike, et kaela treimine tema keskossa ei ole isegi ülaltoodud reeglite täitmisel võimalik, tuleb treida ajutised kaelad (üks või kaks), mis asetsevad spindlile lähemal. Treinud sellise kaela spindlist näiteks tooriku veerandi pikkuse kaugusele, asetatakse kaela kohale lünett ja treitakse teine ajutine või nõutav kael.

Lünetti seatakse üles mitmel viisil. Lüneti nukke võib vahetult tooriku järele seada vaid siis, kui see on täpne (näiteks kalibreeritud) või varem töödeldud. Seda moodust võib kasutada vaid vähetäpsetel töödel. Kui toorik vajub alla omakaalu mõjul, lähendatakse temale esmalt kaks alumist nukki ja alles pärast seda kinnitatakse ülemine nukk. Täpsel ja puhastöötlemisel sellist moodust lüneti ülesseadmiseks kasutada ei tohi, kuna lüneti ebaõigel asetamisel (mis on väga tõenäoline) tulevad töödeldava detaili läbimõõdud tema pikkuse ulatuses erinevad.

Joon. 206. Liikuv lünett.



Joon. 207. Töötlemine liikuva lünetiga.



Kui detailil on töödeldud pinnad, on lünetti kõige parem üles seada lühikese torni (silindrilise võlli) abil, mille läbimõõt võrdub tooriku läbimõõduga kohas, kuhu asetatakse lünett. Torni üks ots kinnitatakse padrunisse, aga teise otsa järgi, mille asend on rihitud rismuse või indikaatori abil, või mis on samas ülesseades treitud, seatakse lüneti nukid. Lünett asetseb sealjuures spindli lähedal, alles pärast nukkide ülesseadmist nihutatakse ta piki sängi nõutavasse asendisse.

Märgime lõpuks, et detaili treimisel liikumatute lünettide abil peab tera pealõikeserva kaldenurk olema positiivne. Lõikamisel moodustuv laast eemaldub paremale ega mähku lüneti nukkidele (joon. 9, *a*).

Liikuvad lünetid ja nende kasutamine. Liikuv lünett (joon. 206) kinnitatakse supordi alumisele kelgule *4* poltidega *6*. Lüneti keres *5* on sel juhul vaid kaks nukki; üks nendest on tähistatud arvuga *3*. Nukke reguleeritakse kruvidega *1* ja kinnitatakse kruvidega *2*.

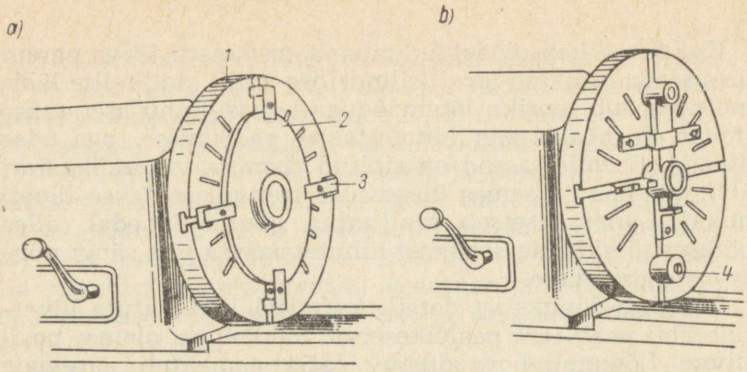
Tera ja lüneti õigel ülesseadmisel toetuvad lüneti nukid detaili terast veidi paremale (supordi liikumisel vasakule), nagu näidatud joonisel 207. Lüneti nukid puudutavad seega võlli töödeldud pinda ja toetavad teda tera lähedal, s. o. mitte kaugel võlli paindumist põhjustavate jõudude rakenduspunktist. Tänu sellele, et lünett liigub edasi koos supordiga, jääb tera ja lüneti nukkide suhteline asend muutumatuks.

Et vältida laastude sattumist lüneti nukkide alla, tuleb tera pealõikeserva kaldenurk võtta negatiivne. Sel juhul eemalduvad laastud vasakule (joon. 9, *c*), mis ongi vajalik.

Mõned liikumatute lünettide kasutamise erijuhused. Mõnikord on jäiga detaili töötlemine raskendatud või isegi võimatu, kuna teda ainult padrunisse ei saa kinnitada küllaldase tugevusega. Kui tagumist tsentrit ei ole millegipärast võimalik kasutada, tuleb kasutada liikumatut lünetti, nagu näiteks võlli otspinna treimisel, millel ei ole tsentriava.

2. TÖÖTLEMINE PLAANSEIBIL JA NURGIKUL

Töötlemine plaanseibil. Rismuse aluse töötlemisel (joon. 82, *e*) nõutakse, et rismuse varva augu telg oleks täpselt risti, aga aluse ülemine otspind paralleelne aluse tugipinnaga. Selliseid nõudeid esitatakse ka teistele detailidele.



Joon. 208. Plaanseibil töötlemise võtted.

Nimetatud nõudeid saab täita, kui pärast rismuse aluse kinnitamist ava ja otspinna töötlemiseks tema varem töödeldud tugipind asetseb risti treipingi pöörlemisteljega. Isetsentreeriva või nelja pakiga padruni kasutamine võib tekitada praaki, kui detaili tugipind ei ole millegipärast tihedalt surutud vastu padruni kõigi pakkide ülesseadepindu. Samasugune on tulemus juhul, kui ka üksainus pakk võtab joonisel 53 näidatud asendi.

Kõige parem detaili kinnitusviis antud töötlemistingimustes on esitatud joonisel 208, *a*. Joonisel on näidatud plaanseib *1*, töödeldav detail *2* ja haaratsid *3*, millega detail kinnitatakse plaanseibile.

Plaanseib kujutab endast paksema keskosaga ja ribidega tugevdatud ketast. Paksemas osas on keermetatud ava (tööpingi spindli jaoks). Detail kinnitatakse haaratsite abil; haaratsite poltide pead lähevad plaanseibi T-kujulistesse soontesse, mõnedes plaanseibides aga lähevad poldid läbi avade. Nende poltide mutreid ei tohi väga kõvasti kinni keerata, et vältida plaanseibi deformeerumist, vahel aga ka murdumist. Mõnikord võib sealjuures deformeeruda ka töödeldav detail.

Plaanseibi ülesseatud detaili kontrollitakse samuti kui nelja pakiga padrunisse seatud detaili. Kui haaratsite kinnituspoltide mutreid veidi järele lasta, võib detaili igas suunas nihutada vasara kergete löökidega.

Kui töödeldav detail asetseb nii, et tema raskustsenter ei ole treipingi spindli pöörlemisteljel, peab detail olema tasakaalustatud mingi vastukaaluga (joon. 208, *b*).

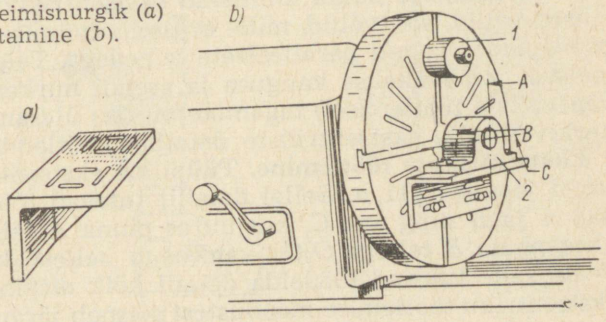
Plaanseibi kasutatakse kinnitamiseks ka siis, kui töödeldava detaili kuju muudab raskeks või koguni võimatuks nelja pakiga padruni kasutamise.

Plaanseibi puudumisel võib vaadeldud tööde sooritamiseks kasutada ka nelja pakiga padruni keret.

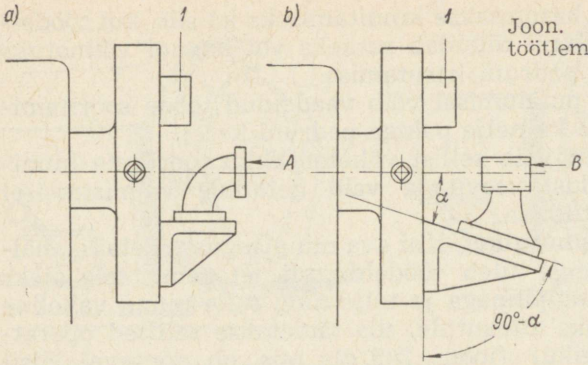
Loomulikult võib sellist vähetootlikku toorikute kinnitamise moodust soovitada vaid detailide valmistamisel väikeste partiidena.

Töötlemine nurgikul. Kui ava mingisuguses detailis, näiteks laagrikeres, tuleb töödelda nii, et tema telg oleks paralleelne tugipinnaga ja telje ning selle pinna vaheline kaugus vastaks etteantule, siis täidetakse sellised operatsioonid nurgikul (joon. 209, *a*), mis on nõutaval viisil kinnitatud plaanseibile. Nurgiku harud peavad moodustama 90° nurga. Piklikud avad nurgiku ühel harul on tehtud poltide jaoks, millega nurgik kinnitatakse plaanseibile, samasugused avad teisel harul poltide jaoks, millega kinnitatakse töödeldav detail. Suhteliselt suurte nurgikute harud ühendatakse jäikuse suurendamiseks tugevdusribidega.

Nurgik seatakse plaanseibile (joon. 209, *b*) järgmiselt. Esmalt kinnitatakse ta plaanseibile eelnevalt, kuid nii, et vahemaa spindli teljest nurgiku selle haruni, millele asetatakse töödeldav detail, oleks võrdne (ligikaudu) nõutava vahemaaga detaili ava teljest tema tugipinnani. Pärast seda seatakse ja kinnitatakse nurgikule töödeldav detail 2, näiteks laagri kere. Laagri kere asendit kontrollitakse märkjoonte *A*, *B* ja *C* abil. Laagri kere asendi kontrollimisel märkjoonte *A* ja *B* järgi nihutatakse teda nurgikul. Laagri kere ülesseadmisel märkjoone *C* järgi tuleb plaan-



Joon. 209. Treimisnurgik (*a*) ja selle kasutamine (*b*).



Joon. 210. Nurgikul töötlemise näiteid.

seibil nihutada nurgikut koos detailiga. Kui töödeldakse detailide partiid, kontrollitakse teise ja kõigi järgmiste detailide asendit ainult märkjoonte *A* ja *B* järgi.

Näiteid detailide töötlemise kohta nurgikul on skemaatiliselt esitatud joonisel 210. Torupõlvel (joon. 210, *a*) tuleb töödelda otspind *A*, mis peab olema risti nurgikul asuva ääriku tasapinnaga. Ava *B* telg toendis (joon. 210, *b*) peab tema aluse tasapinnaga moodustama nurga α. Sel juhul peab nurk nurgiku harude vahel olema $90° - \alpha$.

Töötlemisel nurgiku abil on peaaegu alati vajalik balansseerimine, mida tehakse (joon. 209, *b* ja 210, *a*, *b*) vastukaalu *1* abil.

3. EKSTSENTRILISTE DETAILIDE TÖÖTLEMINE

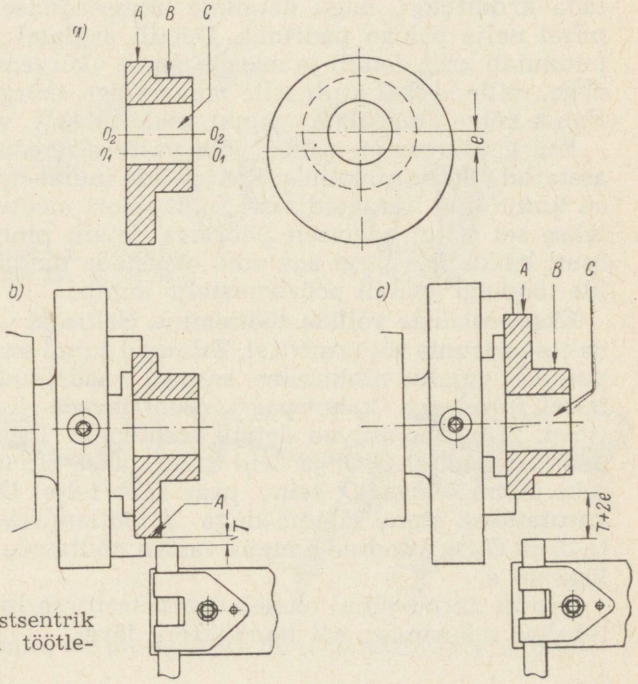
Ekstsentrilised detailid ja nende töötlemise iseärasused. Selliste detailide hulka kuuluvad ekstsentrikud, ekstsentrilised võllid, väntvõllid, mille eriliseks tunnuseks on mitu pöördpinda rangelt paralleelsete telgedega. Telgede paralleelsuse, omavahelise kauguse ja asendi nurkade (näiteks väntvõllide töötlemisel) tagamine on üks ülesannetest, mis kerkivad esile ekstsentriliste detailide töötlemisel.

Ekstsentrikute töötlemine. Tüüpiline ekstsentrik on esitatud joonisel 211, *a*. Sellel detailil tulevad töödelda pinnad *A* ja *B* ning ava *C*, kusjuures pinna *A* telg O_1O_1 ei ühtu pinna *B* teljega O_2O_2, vaid asub sellest kaugusel *e*. Peale selle tulevad töödelda detaili kõik otspinnad. Üks ekstsentriku töötlemise moodustest seisneb järgnevas. Pin-

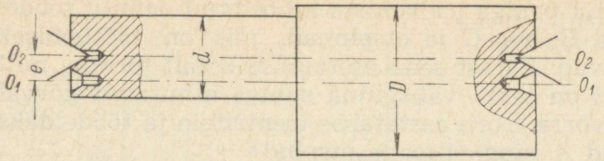
naga *A* nelja pakiga padrunisse kinnitatud detailil töödeldakse pind *B*, ava *C* ja otspinnad, mis on töötlemiseks kättesaadavad. Pärast seda asetatakse detail tornile, mille tsentriavad on tema välispinna suhtes nihutatud kõrvale suuruse *e* võrra. Torn asetatakse tsentritele ja töödeldakse detaili pind *A* ning viimane otspind.

Kirjeldatud torni puudumisel võib vaadeldud ekstsentrikut töödelda järgmiselt. Ekstsentrik kinnitatakse nelja pakiga padrunisse pinnaga *B* ja töödeldakse tema pind *A* ning vasakpoolne (joonise 211, *a* järgi) otspind. Pärast seda kinnitatakse ekstsentrik samasse padrunisse töödeldud pinnaga *A* (joon. 211, *b*).

Sealjuures esinevat pinna telje nihkumist suuruse *e* võrra võib kontrollida nii. Detaili pinna *A* juurde viiakse terahoidjasse tagurpidi asetatud tera ja mõõdetakse pilu *T* suurus. Sellel hetkel peab detail asetsema nii, et tera otsa vahel asuks pinna *A* kõige «kõrgem» punkt (joon.



Joon. 211. Ekstsentrik (*a*) ja tema töötlemine (*b*).



Joon. 212. Ekstsentrilise võlli töötlemine.

211, *b*). Pärast mõõtmist pööratakse detaili koos padruniga 180° võrra nii, et tera kohal oleks pinna *A* kõige «madalam» punkt (joon. 211, *c*) ja mõõdetakse uuesti pilu pinna ja tera otsa vahel. Kui nüüd pilu võrdub $T + 2e$, võib asuda pinna *B*, ava *C* ja detaili parempoolsete (joonise 211, *c* järgi) otspindade töötlemisele. Enamasti tuleb detaili mitu korda nihutada ja sama palju kordi korrata ülalkirjeldatud mõõtmist.

Pinna *A* kõige «kõrgema» koha määramiseks võib kasutada kriiditükki, nagu detailide ülesseadmise kontrollimisel nelja pakiga padrunis. Detaili aeglasel pöörlemisel puudutab kriit detaili ja märgib pinna «kõrgema» osa joonega, mille keskel asub selle pinna kõige «kõrgem» punkt. Pinna kõige «madalam» punkt asub ilmselt vastasküljel.

Kui *e* väärtus on väike, võib vastavalt joonisele 211, *b* asetatud detaili nihkumist kontrollida indikaatori abil, mis on kinnitatud terahoidjasse. Indikaatori mõõteotsik surutakse sel juhul aeglaselt pöörleva detaili pinna *A* vastu, osuti kõikumise järgi aga võib otsustada pinna nihkumise üle tööpingi spindli pöörlemistelje suhtes.

Ekstsentriliste võllide töötlemine. Selliseid võlle töödeldakse padrunis või tsentritel. Esimesel juhul saadakse võlli pindade vajalik nihkumine eespool vaadeldud moodusel, teisel juhul aga kahe paari tsentriavade kasutamisega (joon. 212), mis asuvad detaili otspinnal. Esimene avade paar asub teljel O_1O_1 ja neid kasutatakse pinna töötlemiseks läbimõõduga *D*, teine paar asub teljel O_2O_2 ja neid kasutatakse pinna läbimõõduga *d* töötlemiseks. Telgede O_1O_1 ja O_2O_2 vaheline kaugus vastab nõutavale ekstsentrilisusele *e*.

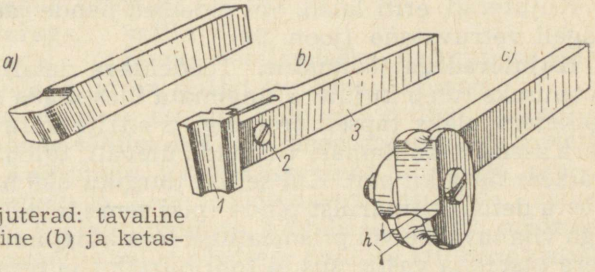
Täpsus antud juhul oleneb õigest tsentreerimisest, mida tehakse märkimise või konduktori järgi.

Kujupindade töötlemine kujuteradega. Terasid, mille lõikeserva kuju vastab töödeldava detaili kujule, nimetatakse kujuteradeks.

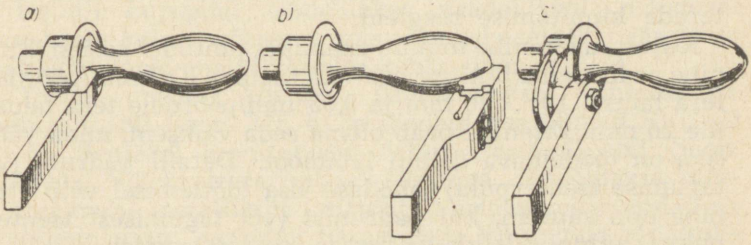
Lihtsaim tera kujupinna töötlemiseks, mida sageli nimetatakse varbteraks, on esitatud joonisel 213, *a*. Näide sellise tera kasutamisest (nõguspinna töötlemisel) on toodud joonisel 214, *a*.

Vaadeldavate terade eeliseks on nende lihtsus ja seega ka suhteliselt väike valmistamise hind. Selliste terade olulisemaks puuduseks on see, et pärast mõnda (aga vahel ka pärast ühte) teritamist muutub nende profiil ja tera osutub edasiseks töötamiseks kõlbmatuks. Seepärast kasutatakse varbkujuterasid peamiselt siis, kui töö ei ole massiline ja terasid teritatakse harva.

Prismaatiline kujutera on esitatud joonisel 213, *b*. Tera esitahuks on tera valmistamiseks kasutatud lati ülemine pind. Taganurk tekib tänu tera kaldasendile pidemes *3*.



Joon. 213. Kujuterad: tavaline (*a*), prismaatiline (*b*) ja ketastera (*c*).



Joon. 214. Tavalise (*a*), prismaatilise (*b*) ja ketaskujutera (*c*) kasutamise näiteid.

Tera teritamisel mööda esitahku tema profiil ei muutu. Tera puuduseks on valmistamise keerulisus. Näide prismaatilise tera kasutamisest on toodud joonisel 214, *b*.

Prismaatilise tera kinnitamiseks pidemesse on tema tagaküljel kogu selle pikkuses kalasabatapp, mis läheb pideme *3* samakujulisse soonde. Pide on läbi lõigatud, mistõttu vastava kruvi kinnikeeramisel surutakse pide kokku, kusjuures tera hoitakse selles küllaldase tugevusega.

Pidemesse kinnitatud radiaalkujutera on kujutatud joonisel 213, *c*. Näide tema kasutamisest on toodud joonisel 214, *c*.

Radiaaltera esitahk asub tema teljest madalamal suuruse *h* võrra (joon. 213, *c*), millega moodustatakse vajalik taganurk. Kui esitahk on tera teljest madalamal 1/10 tera läbimõõdu võrra, on tera taganurk 12°. Kujutera esinurk on enamasti 0°. Sellel tingimusel lihtsustub tera valmistamine, peale selle ei tungi tera detaili ja viimase töödeldud pind tuleb kvaliteetne. Kujuterade laius ei ületa tavaliselt 40 mm, kuid mõnikord kasutatakse ka kujuterasid laiusega kuni 100 mm.

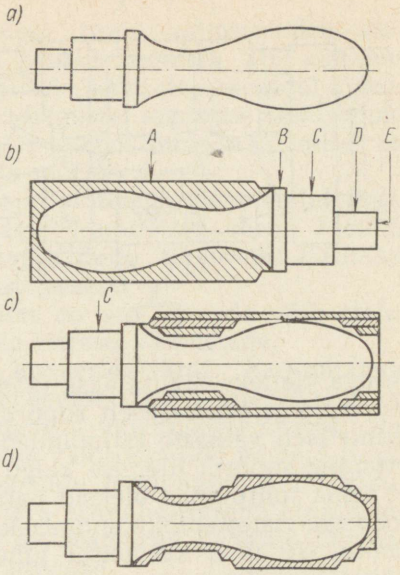
Kujuterad, eriti laiad, või pidemed nende jaoks tehakse sageli vetruvatena (joon. 99).

Kujuteradega töötamine. Töödeldava detaili õige kuju saamiseks tuleb kujutera tingimata üles seada nii, et tema lõikeserv oleks täpselt treipingi tsentrite kõrgusel. Kujutera asendit, kui temale vaadelda ülevalt, tuleb kontrollida väikese nurgiku abil. Kui sellise nurgiku üks haru asetada vastu detaili silindrilist pinda (piki tema telge), teine haru aga viia tavalise või prismaatilise tera külgpinna või ketastera otspinna vastu, siis ei tohi nurgiku ja tera vahel olla pilu.

Kujutera kinnitamisel tuleb eriti hoolikalt täita kõiki terade kinnitamise reegleid.

Kujutera ettenihe toimub enamikel juhtudel käsitsi. Ettenihe peab olema ühtlane ega tohi ületada 0,05 mm/pöördele tera laiusel 10 . . . 20 mm ja 0,03 mm/pöördele tera laiusel üle 20 mm. Ettenihe peab olema seda väiksem, mida väiksem on töödeldava detaili läbimõõt. Detaili padruni (või tagumise tsenterpuki) lähedase osa töötlemisel võib ettenihe olla suurem, kui padrunist (või tagumisest tsenterpukist) suhteliselt kaugel asuva osa töötlemisel.

Terasdetailide kujupindade töötlemisel tuleb kasutada õliga jahutamist. Detaili pind tuleb sealjuures sile ja isegi



Joon. 215. Kujupinna töötlemine üheaegse piki- ja ristettenihkega.

läikiv. Malm-, pronks- ja messingdetailide kujupindu töödeldakse jahutuseta.

Kujupindu kontrollitakse šablooniga. Töödeldud pinna ja šablooni vahel ei tohi olla pilu.

Kui detaili töödeldava pinna mitmesuguste osade läbimõõdud on tunduvalt erinevad, tuleb kujuteraga maha töödelda palju metalli. Tera kiire kulumise vältimiseks tuleb selline pind eelnevalt töödelda koorimisteraga, mille kuju sarnaneb lõplikuks töötlemiseks kasutatava kujutera profiiliga, kuid on sellest tunduvalt lihtsam.

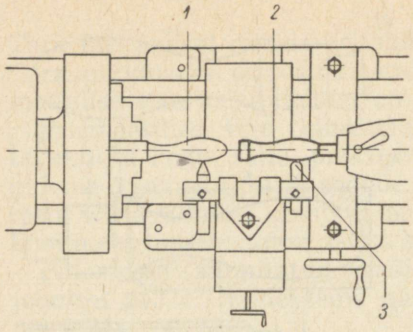
Koorimis-kujutera esinurk võib olla nullist suurem.

Kujupindade töötlemine tera üheaegse piki- ja ristettenihkega. Kujupindu töödeldakse tera üheaegse piki- ja ristkäsiettenihkega vaid töödeldavate detailide väikese arvu korral või kujupindade suhteliselt suurte mõõtmete puhul. Esimesel juhul ei ole isegi tavalise kujutera valmistamine otstarbekohane, teisel juhul oleks vajalik väga lai tera, mis tingimata kutsuks esile detaili vibreerumise.

Detaili kujupind töödeldakse vaadeldaval moodusel tavaliselt kolme võttega, mis saavad selgeks järgneva näitega käepideme töötlemise kohta (joon. 215, *a*).

Toorik, millest käepide valmistatakse, kinnitatakse pinna *A* abil (joon. 215, *b*) ja töödeldakse pinnad *B*, *C*, *D* ja *E*. Seejärel kinnitatakse detail pinna *C* abil (joon. 215, *c*). Välistreitera mõne läbimiga töödeldakse toorikult maha metallikiht (viirutatud erinevates suundades). Töötlemisvaru, mis jääb pärast seda kujupinna lõplikuks treimiseks, on joonisel 215, *d* viirutatud.

Töötlemisvaru töödeldakse maha teravaninalise puhas-



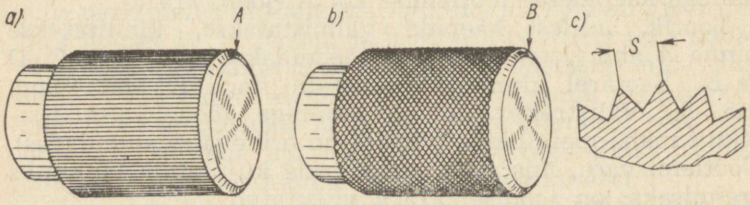
Joon. 216. Kujupinna töötlemine šablooni abil.

teraga. Selleks liigutatakse (käsitsi) supordi alumist kelku vasakule ja samaaegselt supordi ristkelku edasi ja tagasi. Suhteliselt väikeste kujupindade töötlemisel antakse pikiettenihe supordi ülemise kelgu abil, mis on asetatud nii, et tema juhtpinnad oleksid paralleelsed tööpingi tsentrite joonega; ristettenihke andmiseks kasutatakse supordi ristkelku. Nii ühel kui teisel juhul liigub tera tipp mööda kõverjoont. Pärast tera mõnda käiku, kui piki- ja ristettenihke vastastikune suhe on õige, saab töödeldav pind nõutava kuju. Selle töö tegemiseks on vaja suuri kogemusi. Vilunud treialid, töödeldes kujupindu vaadeldud moodusel, kasutavad automaatset pikiettenihet, nihutades samaaegselt ristkelku käsitsi.

Kujupind, mis on töödeldud tera üheaegse piki- ja ristettenihkega, viimistletakse lõplikult viilimise või poleerimisega.

Kujupindu kontrollitakse šabloonidega, mis sarnanevad joonisel 153 esitatutega, kusjuures nende tööpind vastab kujupinnale või tema osale.

Kujupindade töötlemine šablooni järgi. Suhteliselt väi-



Joon. 217. Sirge (*a*) ja ristuv karestus (*b*) ning karestuse samm (*c*).

keste kujupindade töötlemisel, mida valmistatakse väikeste partiidena, võib olla kasulik joonisel 216 esitatud rakis. Töödeldav detail 1 (näiteks käsiratta käepide) kinnitatakse isetsentreerivasse padrunisse, tagumise tsenterpuki pinooli aga asetatakse tsentri asemel šabloon *2*, millel on valmistatava detaili kuju ja mõõtmed.

Töötades üheaegselt kahe ettenihkega, peab treial kogu aeg jälgima, et terahoidjasse kinnitatud sõrm *3* oleks kokkupuutes šablooni pinnaga. Selle tingimuse täitmisel saab toode nõutava kuju iseenesest.

Kirjeldatud rakise eeliseks on see, et teda võib treial ise ilma suuremate kuludeta kiiresti valmistada.

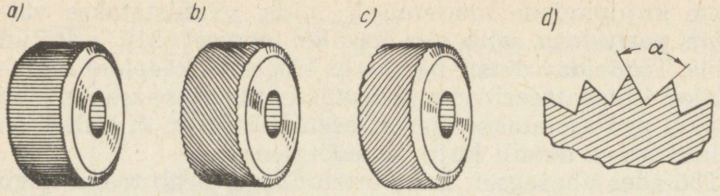
Kujupindade töötlemine kopeeride järgi. Kujupindade töötlemine šablooni järgi üheaegselt kahe ettenihkega on seotud käsiettenihete kasutamise vajadusega, mistõttu on šablooni otstarbekas kasutada vaid detailide väikese partii puhul. Detailide suurte partiide töötlemisel tuleb kasutada kopeere, mille puhul tera ettenihe toimub automaatselt. Viimastel aastatel on sel eesmärgil hakatud laialdaselt kasutama hüdraulilisi suporte.

Kujupindade töötlemine hüdrauliliste suportide abil. See moodus saab arusaadavaks pärast lugeja tutvustamist hüdraulilise supordi ehituse ja tööga, mida vaadeldakse selle raamatu lõpus (lk. 352).

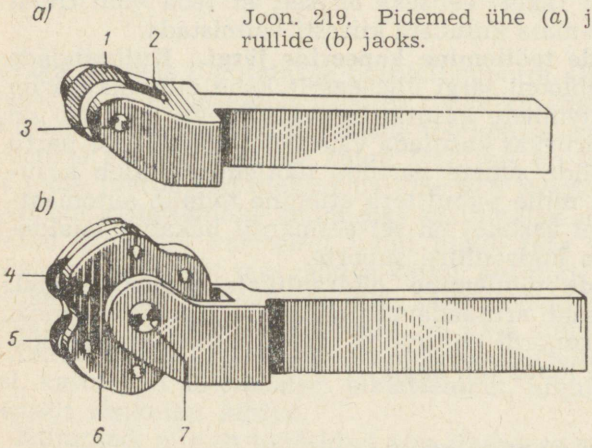
5. PINDADE KARESTAMINE

Karestuse liigid. Karestus, mis tehakse käega haaratavatele pindadele, võib olla sirge (joon. 217, *a*) või ristuv (joon. 217, *b*). Sirge karestuse samm *S* (joon. 217, *c*) on olenemata detaili materjalist 0,5 ... 1,2 mm. Ristuva karestuse samm messingist ja alumiiniumist detailidel on 0,6 ... 1,2 mm, terasest detailidel 0,6 ... 1,6 mm. Mida kõvem on detaili materjal ja suurem tema läbimõõt, seda jämedam peab olema karestuse samm.

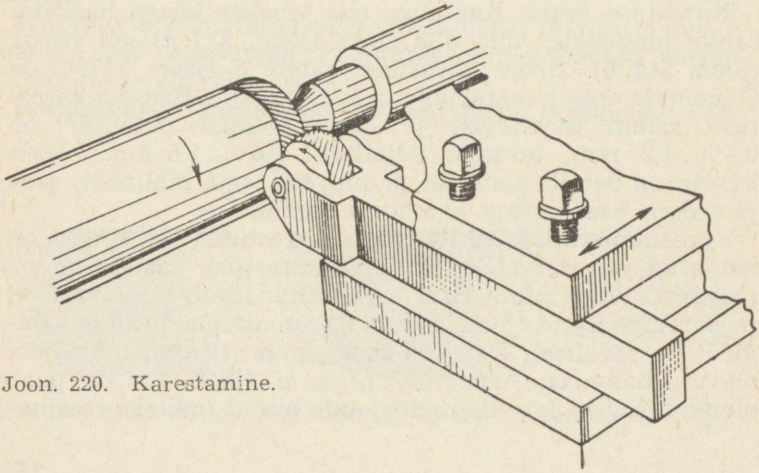
Karestamisrullid. Rull sirge karestuse saamiseks on näidatud joonisel 218, *a*. Ristuva karestuse saamiseks on tingimata vaja kahte rulli — vasakpoolsete (joon. 218, *b*) ja parempoolsete (joon. 218, *c*) hammastega. Rullide läbimõõt on tavaliselt 20 ... 25 mm, laius 10 mm. Rullidel olevate hammaste vaheline nurk α (joon. 218, *d*) peab olema teravam kõvade materjalide puhul (näiteks masina-



Joon. 218. Rullid sirge (*a*) ja ristuva karestuse (*b*, *c*) saamiseks ning rullidel olevate hammaste vaheline nurk (*d*).



Joon. 219. Pidemed ühe (*a*) ja kolme paari rullide (*b*) jaoks.



Joon. 220. Karestamine.

ehitusterase karestamisel $\alpha = 70°$) ja nürim, kui materjal on pehme (messingi karestamisel $\alpha = 90°$).

Karestamisrullid valmistatakse terasest У10А, У12А, ХВГ, 5ХНМ. Väga hästi töötavad rullid, mis on valmistatud kõrge kroomisisaldusega terasest Х9Ю12.

Rullide pidemed. Pidemed rullide jaoks, mida kasutatakse lihtsal karestamisel, on näidatud joonisel 219, *a*. Rull *1* asetseb pidemesse tehtud väljalõikes *2* ja pöörleb teljel *3*.

Ristuval karestamisel on tingimata vaja kahte pidet, ühte parempoolsete ja teist vasakpoolsete hammastega rulli jaoks. Parem on kasutada pidet kahe rulliga, mis asetsevad teineteise kohal. Ühel rullil on parempoolsed, teisel vasakpoolsed hambad.

Joonisel 219, *b* on näidatud universaalne pide. Teljel 7 asetseb hoidur *6* kolme rullide *4* ja *5* paariga, mille hammastel on erinevad sammud.

Karestamise praktika. Karestus tuleb puhas, kriimustuste ja murenemiseta, kui karestamiseks ettevalmistatud pinna läbimõõt jagub rulli läbimõõduga jäägitult. Karestamise protsess on näidatud joonisel 220. Ühe rulliga pide on kinnitatud treipingi terahoidjasse. Detail pöörleb tavalises suunas. Detaili pöörlemiskiirus pehmete teraste puhul on 20 ... 25 m/min, keskmise kõvadusega teraste puhul — 15 ... 20 m/min.

Nõutava sügavusega karestamine saadakse pärast rulli mitut läbimit. Mida jämedam on karestus ja kõvem materjal, seda rohkem peab olema läbimeid. Nii näiteks võib sammuga 1,2 mm karestada messingdetaili 4 ... 6, terasdetaili aga 6 ... 8 läbimiga.

Rulli pikiettenihe läbimõõduga 10 ... 15 mm detaili karestamisel peab olema 1 ... 1,5 mm/pöördele, suure läbimõõduga detailide puhul aga 2 ... 3 mm/pöördele.

Karestamise ajal peab tagumise tsenterpuki pinool olema võimalikult vähe välja keeratud, tagumine tsenter aga surutud tihedasti vastu detaili, mispärast teda tuleb tavalisest sagedamini määrida. Karestus tuleb puhas ja ühtlane, kui töödeldav pind valada üle masinõliga.

Pärast karestamise lõpetamist treitakse karestatud pinna otstele tingimata sirged (*A* joonisel 217, *a*) või ümardatud (*B* joonisel 217, *b*) faasid.

Kolmas osa. TOOTLIKKUSE TÕSTMINE TREIMISEL

I peatükk. PÕHITEADMISI TEHNOLOOGILISEST PROTSESSIST JA TEHNILISEST AJANORMIST

1. TEHNOLOOGILINE PROTSESS JA TEMA KOOSTISOSAD

Tehnoloogiline protsess. *Detailide töötlemise tehnoloogiliseks protsessiks nimetatakse tootmisprotsessi osa, mis on vahetult seotud detaili kuju või füüsikaliste omaduste muutmisega.* Detaili kuju muutmine toimub põhiliselt mehaanilise töötlemise ajal, tema füüsikalised omadused aga muutuvad termilisel töötlemisel (karastamine, noolutamine jne.)

Tehnoloogiline operatsioon. Lihtsamal juhul (näiteks sileda puksi või seibi valmistamisel) toimub detaili mehaanilise töötlemise tehnoloogiline protsess sageli täielikult ühel tööpingil, näiteks treipingil.

Enamikel juhtudel aga tuleb detaili, näiteks võlli, valmistamiseks kasutada mitut erinevat tüüpi tööpinki. Kui pärast võlli välistreimist on ühele tema astmele vaja freesida liistusoon, mõned kaelad aga lihvida, koosneb võlli mehaanilise töötlemise tehnoloogiline protsess kolmest osast, mida nimetatakse operatsioonideks.

Operatsiooniks nimetatakse tehnoloogilise protsessi osa, mis sooritatakse kindla detaili (või üheaegselt töödeldavate detailide grupi) juures ühe töölise (või kindla tööliste grupi) poolt pidevalt ühel töökohal.

Toodud määrangus mõistetakse üheaegselt töödeldavate detailide grupi all juhust, kui töödeldakse näiteks mitut ühesugust ketast ühel tornil.

Tööliste grupp võtab osa ühe operatsiooni täitmisest detailide töötlemisel suurtes tööpinkides, mida teenindavad tööliste brigaadid.

Antud operatsiooni pidevust tuleb mõista nii, et tema täitmist ei katkesta teised operatsioonid. Kui näiteks võlli must- ja puhastreimise vahel, mis sooritatakse ühel ja samal treipingil, tuleb võlli spetsiaalse pressi all õgvendada, on tegemist kahe treimisoperatsiooniga.

Operatsioon on tootmise planeerimise ühikuks (vajalike seadmete, tööjõu jne. väljaarvestamisel). Operatsiooni jaoks kirjutatakse välja töölehed, kontrollteatised ja teised dokumendid.

Ülesseade ja positsioon. Mõnel juhul võib operatsioon koosneda mitmest osast. Nii näiteks pärast võlli tagumise tsentri poole suunatud otsa tööltemist võetakse võll tööpingilt maha ja asetatakse uuesti tööpingile töödeldud otsaga spindli poole. Võlli asendi muutmisega treipingil kaasneb kaasavedaja mahavõtmine ja pealeasetamine. Iga niisugust asendit nimetatakse ülesseadeks.

Ülesseadeks nimetatakse operatsiooni osa, mis täidetakse detaili iga uue asendi puhul treipingi suhtes ja milleks on tingimata vaja detail uuesti kinnitada.

Detaili asend tööpingi suhtes muutub mõnikord ka tema kinnitust muutmata. Sellise juhuse näiteks võib olla detaili pööramine täiendava spetsiaalse padruni abil temale mitmekäigulise keerme lõikamisel. Sellisel juhul koosneb operatsioon mitmest positsioonist.

Positsiooniks nimetatakse operatsiooni osa, mis täidetakse detaili iga uue asendi puhul tööpingi suhtes, kuid detaili ühe kinnitamisega kogu operatsiooni vältel.

Siire. Operatsiooni, mida ei jagata ülesseadeteks või positsioonideks, aga samuti ülesande või positsiooni osaks, on siire.

Siirdeks nimetatakse operatsiooni (ülesseade või positsiooni) osa, mis sooritatakse detaili ühel osal (või detaili teatud pinnaosade grupil) ühe tööriistaga (või mitme üheaegselt töötava tööriistaga) ja lõikerežiimi (lõikekiirus, lõikesügavus ja ettenihe) ühe seadistamisega.

Siirde näiteks, kus detailide teatud pinnaosade gruppi töödeldakse üheaegselt töötavate tööriistadega, võib olla võlli kahe astme üheaegne treimine kahe lõiketeraga.

Kui kaks või mitu järgnevat siiret on ühesugused (või võib neid tinglikult võtta ühesugustena), loetakse see operatsiooni osa vastavaks ühele siirdele, mis koosneb mitmest läbimist. Seda tehakse peamiselt tehnoloogiliste dokumentide lihtsustamiseks, mis kuuluvad antud operat-

siooni juurde. Kui näiteks mingi võlli kaelu treitakse algul läbimõõduni 60 mm, seejärel aga läbimõõduni 50 mm, on tegemist mitte ühe, vaid kahe töödeldava pinnaga, s. o. kahe siirdega. Kui aga sealjuures ei vahetata lõiketera ega muudeta lõikerežiimi, võib antud operatsiooni osa lugeda üheks siirdeks, mis koosneb kahest läbimist.

2. TEHNOLOOGILISE PROTSESSI DOKUMENTATSIOON

Tehnoloogilise protsessi väljatöötamine. Tehase tsehhides läbiviidav tehnoloogiline protsess töötatakse välja tehase või tsehhi tehnoloogia osakondades. Sealjuures koostatakse tehnoloogilise protsessi dokumentatsioon, s. o. kirjutatakse tehnoloogiline protsess mitmesuguse otstarbega plankettidele või kaartidele.

Operatsioonikaart. Selline kaart on tehnoloogiliseks dokumendiks, mida kasutatakse vahetult töökohal ja mis sisaldab kõiki antud operatsiooni sooritamiseks vajalikke andmeid. Erinevates tehastes kasutatavad operatsioonikaardid on oma väliskuju poolest erinevad, kuid sisu poolest põhiliselt sarnased.

Operatsioonikaardis tuuakse andmed töödeldava detaili tooriku ja materjali kohta, samuti andmed, mis on vajalikud lõikerežiimi valikuks. Operatsioonikaardis näidatakse kuidas, missuguses järjekorras, milliste rakiste ja riistade (töö- ja mõõteriistad), aga samuti milliste lõikerežiimidega tuleb antud operatsioon täita. Kaardil näidatakse ratsionaalsed lõikerežiimid iga siirde jaoks, aeg siirde sooritamiseks ja palju muud, mis on seotud antud operatsiooni täitmisega.

Peale märgitu on operatsioonikaardil veel mitmeid teisi andmeid, millel on treialile teisejärguline tähtsus.

3. TEHNILISE AJANORMI KOOSTIS

Eelmärkmed. Tööpingi tootlikkust ja treiali tööd iseloomustab detailide hulk, mida töödeldakse antud töökohal ajaühiku — tunni või vahetuse jooksul. Seda väljendatakse ka ajaga, mis on vajalik antud operatsiooni sooritamiseks või, nagu öeldakse, *tükiaja tehnilise normiga.*

Tükiaeg. Tükiaja (T_t) koostisse kuuluvad põhi- ja abi-

aeg, töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise aeg, aga samuti töökatkestuste ajad, mida põhjustavad isiklikud vajadused ja puhkus raske füüsilise töö puhul.

Põhiajaks (T_p) nimetatakse aega, mille vältel toimub lõikamine, s. o. detaili kuju ja mõõtmete muutumine. Põhiaeg võib olla masinaajaks, kui detail saab pöörlemise ja tööriist ettenihke tööpingilt, masina-käsiajaks, kui detail saab pöörlemise tööpingilt, tööriista ettenihe toimub aga käsitsi, ja lõpuks käsiajaks, kui näiteks hööritsetakse avasid liikumatutes detailides.

Abiajaks (T_a) nimetatakse aega, mis kulub mitmesugusteks põhitöö läbiviimist tagavateks tegevusteks, s. o. töödeldava detaili ülesseadmiseks ja mahavõtmiseks, tööpingi käivitamiseks ja peatamiseks, tööriista vahetamiseks, detaili mõõtmiseks ja teisteks tegevusteks, mis korduvad iga detaili töötlemisel.

Põhi- ja abiaja summa moodustab *operatiivaja* (T_{op}).

Töökoha tehnilise teenindamise aeg (T_{tt}) haarab nürinenud tööriista vahetamise, tööpingi reguleerimise ja puhastamise tööprotsessis.

Töökoha organisatsioonilise teenindamise aeg (T_{ot}) on aeg, mis kulub tööriistade väljavõtmiseks ja ärapanemiseks vahetuse algul ja lõpul, aga samuti tööpingi määrimiseks ja puhastamiseks.

Põhi- ja abiaega ning teisi tükiaja koostisosi väljendatakse tavaliselt minutites (min.).

Põhi- ja abiaja kestus määratakse valemite või tabelite järgi, mis on toodud mitmesugustes käsiraamatutes töö normeerimise kohta metallilõikepinkidel. Nii põhi- kui ka abiaja sisse kuuluvaid võtteid võib ette näha, seega võib neid tükiaja koostisosi määrata täpsusega, mis on küllaldane praktika enamiku juhtude jaoks.

Aeg töökoha tehniliseks ja organisatsiooniliseks teenindamiseks ja töökatsetuste ajad määratakse protsentides operatiivajast.

Ettevalmistus-lõpetusaeg. Ühe või teise operatsiooni täitmiseks vajaliku aja määramisel, mille järgi arvutatakse detaili valmistamise maksumust, tuleb tükiajale tingimata lisada osa nn. ettevalmistus-lõpetusajast, mis tuleb ühe detaili kohta.

Ettevalmistus-lõpetusajaks (T_{el}) nimetatakse aega, mis on vajalik detaili jooniste ja operatsioonikaartide tundmaõppimiseks, tööriistade saamiseks ja äraandmiseks, et täita

antud operatsiooni, tööpingi häälestamiseks, mis ei muutu terve detailide partii töötlemisel.

Ettevalmistus-lõpetusaeg, mida määratakse käsiraamatute abil, kehtib detailide kogu partii kohta ega olene detailide arvust antud partiis.

Kalkulatsiooniaeg. Operatsiooni täitmise täieliku või kalkulatsiooniaja detailide töötlemisel võib määrata valemiga

$$T_k = T_t + \frac{T_{el}}{n}, \qquad (18)$$

kus T_k on kalkulatsiooniaeg, min.;
T_t — tükiaeg, min.;
T_{el} — ettevalmistus-lõpetusaeg, min.;
n — detailide arv partiis.

Valemist (18) on näha, et kõige suuremat mõju kalkulatsiooniajale avaldab tavaliselt tükiaeg, vähem oluline on ettevalmistus-lõpetusaeg.

Oletame näiteks, et 100 detailist koosneva partii töötlemisel on antud operatsiooni tükiaeg 25 min., ettevalmistuslõpetusaeg aga 5 min.

Kalkulatsiooniaeg antud juhul on

$$T_k = T_t + \frac{T_{el}}{n} = 25 + \frac{5}{100} = 25{,}05 \text{ min.}$$

Tükiaja suurenemisel 5 min. võrra on kalkulatsiooniaeg

$$T_k = 30 + \frac{5}{100} = 30{,}05 \text{ min.}$$

Kui samuti 5 min. võrra suurendada ettevalmistuslõpetusaega, siis kalkulatsiooniaeg

$$T_k = 25 + \frac{10}{100} = 25{,}1 \text{ min.}$$

Mida väiksem on töödeldavate detailide arv partiis, seda suurem on loomulikult ettevalmistus-lõpetusaja osatähtsus.

4. VAJADUS AJANORMI KÕIGI KOOSTISOSADE ÜHEAEGSEKS VÄHENDAMISEKS

Vajadus tükiaja kõigi koostisosade üheaegseks vähendamiseks. Tükiaja võib määrata valemiga

$$T_t = T_p + T_a + T_{tt} + T_{ot} + T_{pl}, \qquad (19)$$

kus T_t on tükiaeg, min.;
T_p — põhiaeg, min.;
T_a — abiaeg, min.;
T_{tt} — töökoha tehnilise teenindamise aeg, min.;
T_{ot} — töökoha organisatsioonilise teenindamise aeg, min.;
T_{pl} — töökatkestuste aeg, min.

Põhi- ja abiaja summa, s. o. operatiivaeg, moodustab seeriatootmise tingimustes tavaliselt ligikaudu 90% tükiajast. Seepärast tuleb tükiaja vähendamiseks püüda vähendada operatiivaega, jätmata kasutamast võimalust töökoha teenindamiseks kuluvate aegade vähendamiseks.

Püüdes vähendada operatiivaega, tuleb tingimata kõigi treialile kättesaadavate vahenditega vähendada nii põhikui ka abiaega. Praktikas vaadeldakse mõnikord kiirtreimist ja kiirtöötlemist kui ühte mõistet, mis on täiesti vale. Suurendades lõikekiirust või ettenihet, vähendame vaid operatiivaja üht koostisosa — põhiaega. Seepärast avaldab isegi põhiaja tunduv vähendamine mõnikord operatiivajale, aga järelikult ka tükiajale, tähtsusetut mõju.

Oletame näiteks, et operatiivaeg antud operatsiooni sooritamiseks on 150 min., sellest on põhiaeg 100 min., s. t. ligikaudu 67%, abiaeg aga 50 min., s. t. ligikaudu 33%. Oletame edasi, et lõikekiiruse ja ettenihke suurendamisega õnnestub vähendada põhiaega 5 korda, see on, viia ta 20 minutini. Operatiivaeg juhul, kui abiaeg ei muutu, on $20 + 50 = 70$ min. Järelikult vähendas põhiaja 5-kordne vähendamine operatiivaega vaid ligikaudu $\frac{150}{70} = 2{,}2$ korda.

Kuid asi ei ole ainult selles, et vaadeldud tingimustes operatiivaja vähenemine (järelikult ka tootlikkuse suurenemine) oli oodatust tunduvalt väiksem, vaid ka selles, et pärast lõikekiiruse tõstmist kahanes põhi- ja abiaja suhe.

Tõepoolest: nagu varem näidatud, oli põhiaeg pärast lõikekiiruse tõstmist 20 min., s. o. 27% operatiivajast (70 min.), abiaeg moodustas aga 73% operatiivajast. See tähendab, et lõikekiiruse suurendamisel põhiaja osa operatiivajast vähenes 67%-lt 27%-le, abiaja osa aga tõusis 33%-lt 73%-le, s. o. kahanes tööpingi kasutamine treiali füüsilise koormuse suurendamise arvel, mis ilmselt ei ole lubatav.

See muidugi ei tähenda, et ainult põhiaja vähendamine ei oleks otstarbekas. Reeglina tuleb kasutada kõiki treia-

lile kättesaadavaid võimalusi põhiaja vähendamiseks, samaaegselt sellega aga rakendada progressiivseid mooduseid abiaja vähendamiseks.

Ettevalmistus-lõpetusaja vähendamise vajadus ja võimalused. Vaatamata ettevalmistus-lõpetusaja väikesele osatähtsusele kalkulatsiooniajas, peab treial püüdma seda vähendada. Sellel on suur tähtsus suhteliselt väikese tükiaja, treipingi keeruka ettevalmistamise ja eriti detailide väikese partii puhul.

Üheks peamiseks võimaluseks ettevalmistus-lõpetusaja vähendamisel on igale pingile teatud detailide grupi kinnitamine. Tõepoolest, sel juhul ei ole treialil vajadust joonise ja operatsioonikaardi tundmaõppimiseks enne detailide iga partii töötlemist; väheneb treipingi häälestamiseks kuluv aeg eelnevalt omandatud kogemuste kasutamise arvel.

Ettevalmistus-lõpetusaja vähendamiseks on otstarbekohane (eriti suurtel pinkidel töötamisel) kasutada raskete kinnitusrakiste tööpingile ülesseadmisel ja sealt mahavõtmisel tõsterakiseid.

Peab märkima, et suurt mõju ettevalmistus-lõpetusajale avaldab treiali töökoha organiseerimine. Paremaid tulemusi saadakse, kui rakendatakse töö teaduslikku organiseerimist (TTO).

II peatükk. PÕHIAJA VÄHENDAMISE VÕIMALUSED

1. LÕIKEREŽIIMI SUURENDAMINE

Kiirtreimine. Metallide kiirlõikamine, mis kerkis esile Nõukogude Liidus, on kaasajaks saanud teoreetilised alused ja seda kasutatakse metallilõikepinkidel laialdaselt. Kõik see on saavutatud teadlaste, inseneride (A. Krivouhhovi, A. Issajevi, P. Grudovi j.t.) ja treialite-novaatorite (G. Bortkevitši, P. Bõkovi, V. Birjukovi, V. Trutnjevi, V. Karassevi, V. Seminski, D. Rõžkovi, V. Kolessovi j.t.) ühiste jõupingutuste tulemusena.

Metallide kiirlõikamise meetod seisneb selles, et koos lõikekiiruse suurendamisega väheneb metallide deformatsiooniaste laastu moodustumise protsessis, mida kinnitavad laastu kahanemine ja lõikejõudude vähenemine kiirtreimisel. Deformatsioonide vähenemine laastu üksikutes osades vähendab ka soojushulka, mis tekib lõikeprotsessis igas laastu osas. Peale selle puudutab suurtel lõikekiirustel iga laastu osa esitahku lühemat aega, kui suhteliselt väikeste lõikekiiruste puhul. Tänu sellele satub kiirtreimisel igast laastu osakesest terasse vähem soojust, kui väikeste lõikekiiruste puhul.

Lõikekiiruse suurendamisega väheneb ka soojuse hulk, mis läheb laastudest üle töödeldavasse detaili. Katsed kinnitavad veenvalt, et suurtel lõikekiirustel kuumeneb töödeldav pind vaid tähtsusetult.

Järelikult on suurtel lõikekiirustel soojuse jaotumine parem, kui mõõdukatel kiirustel; suurel lõikekiirusel tekkivasse laastu jääb rohkem soojust, kui väikesel lõikekiirusel tekkivasse laastu.

Vaatamata lõikekiiruse tõstmise positiivsetele nähetele, on tera lõikeservade töötingimused kiirlõikamisel raskemad kui väiksematel lõikekiirustel. Ehkki soojushulk, mis satub terasse igast laastu osakesest, on kiirlõikamisel väiksem kui mõõdukate lõikekiiruste puhul, on terasse tema ühe ja sama töötamisaja jooksul sattuv soojushulk suurte lõikekiiruste puhul suurem kui väikeste lõikekiiruste puhul. Seda selgitab asjaolu, et esimesel juhul saab tera soojust palju rohkematelt laastuosakestelt, kui sama aja jooksul väiksemate lõikekiiruste puhul.

Selle tulemusena kuumeneb tera kiirlõikamisel tunduvalt rohkem. Seepärast nõuab kiirlõikamise areng kõvasulamist plaadikestega terade tugevuse ja püsivuse edasist suurendamist.

Üheks võimaluseks selle eesmärgi saavutamisel on kõvasulamite kvaliteedi parandamine.

Teiseks võimaluseks kõvasulamist plaadikestega terade tugevuse ja püsivuse tõstmiseks on tera negatiivse esinurga kasutamine. Positiivse esinurgaga kõvasulamist plaadikesega terade lõikeomadusi piirab plaadikeste murenemine. Murenemine on eriti märgatav väga kõvade või karastatud teraste töötlemisel, samuti töötamisel löökkoormusega (katkendlik treimine, ebaühtlase töötlemisvaru treimine jne.).

Negatiivse esinurga puhul plaadikese murenemist tavaliselt ei esine, mida võib seletada järgmiste asjaoludega:

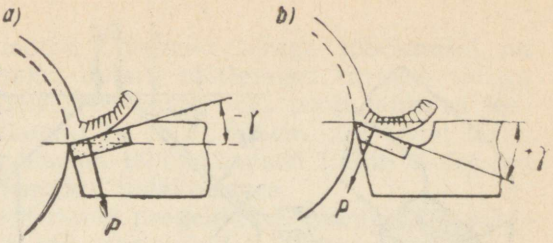
1) treimisel negatiivse esinurgaga (—γ) teradega põhjustab mõjuva jõu P suund surve ja kindlustab kõvasulamist plaadikesele paremad töötingimused, võrreldes positiivse esinurgaga (+γ) tera töötingimustega (joon. 221, *b*);

2) negatiivse esinurga ja lõikeserva positiivse kaldenurga (nurk λ) puhul on tera tipp kaitstud katkendlike pindade treimisel esinevate löökide eest.

Kõik ülalöeldu kehtib peamiselt terase töötlemisel. Malmi ja värviliste metallide lõikamine nõuab tunduvalt väiksemaid jõude; negatiivsete nurkade eelised on siin vähem märgatavad. Selle tõttu kasutatakse nimetatud materjalide töötlemisel negatiivsete esinurkadega terasid harvemini.

Negatiivse esinurgaga teradel on eeliste kõrval ka palju olulisi puudusi.

1. Negatiivse esinurgaga teraga treimisel kasvab laastu hõõrdumine vastu tera, mille tõttu suureneb ka tarvilik



Joon. 221. Laastu surve lõiketerale negatiivse (*a*) ja positiivse (*b*) esinurga puhul.

võimsus. Seepärast tuleb töötamise puhul mitteküllaldase võimsusega pinkidel vähendada lõikekiirust või ettenihet, koos sellega aga ka tootlikkust.

2. Vaadeldavate teradega töötlemisel kasvab radiaaljõud P_y, mis moonutab töödeldava detaili kuju (tema mitteküllaldase jäikuse puhul), tekitab vibratsioone jne.

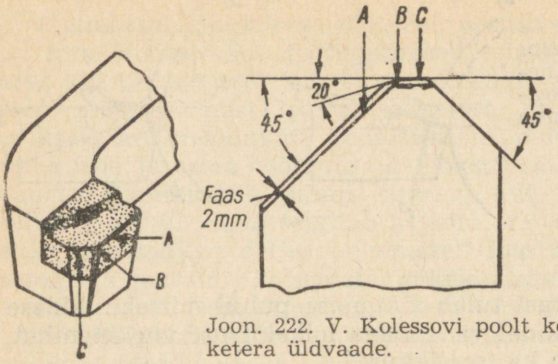
Selle tõttu kasutatakse negatiivse esinurgaga terasid vaid suure ja väga suure tugevusega (σ_b = 80 kG/mm^2 ja rohkem) teraste töötlemisel, löök-koormusega lõikamisel ja väga kõva pinnakihiga toorikute töötlemisel. Viimasel ajal püütakse ka nendel juhtudel kasutada positiivse esinurgaga terasid.

Treimine suurte ettenihetega. Tavalise treipingi tootlikkuse tõstmise võimalusi lõikekiiruse suurendamise arvel piirab sageli spindli liiga väike maksimaalpöörete arv. Tööpingi tootlikkuse tõstmine ettenihke suurendamise arvel, kui kasutatakse tavalise geomeetriaga välistreiterasid, ei ole samuti võimalik. Sel juhul muutub pinnakaredus niivõrd suureks, et sageli osutub vajalikuks detaili veelkordne puhastreimine väikese ettenihkega; see aga viib nullini tootlikkuse tõstmise, mis saadi suure ettenihkega musttreimisel.

Tootlikkust aitab mõnikord tõsta puhastreimine laia teraga (lk. 152), mis on üles seatud nii, et tema lõikeserv oleks paralleelne ettenihke suunaga. Kuid sellised terad võivad vibratsioonideta töötada ainult väga väikeste lõikesügavustega, mis ei võimalda kasutada seda moodust puhastreimisel suhteliselt suurte töötlusvarude puhul.

Kesk-Volga tööpingitehase treial-novaator V. Kolessov soovitas ühendada must- ja puhastreimise ühte siirdesse, kasutades selleks spetsiaalset kombineeritud tera.

Kolessovi konstrueeritud teral on kolm lõikeserva (joon. 222).



Joon. 222. V. Kolessovi poolt konstrueeritud lõiketera üldvaade.

Esimene lõikeserv *A* peanurgaga plaanis 45° täidab tavalise välistreitera ülesannet; teine lõikeserv *B* peanurgaga plaanis 20° on üleminekuservaks; kolmas serv *C* peanurgaga plaanis 0°, s. o. paralleelne ettenihke suunaga, täidab puhastera ülesannet, mida kasutatakse suurte ettenihete juures.

Kolessovi teradega võib töödelda detaile isegi suhteliselt suure lõikesügavuse ja ettenihkega, kusjuures töödeldud pinna siledus tuleb 4. . . . 5. klassi järgi.

Vaadeldud terade efektiivse kasutamise kohta võib tuua järgneva näite. Moderniseeritud treipingil ДИП-300 treis Kolessov treipingi tagumise tsenterpuki pinooli, kusjuures lõikekiirus oli 150 m/min, lõikesügavus — 1,7 . . . 2 mm ja ettenihe — 2,7 mm/pöördele varem kasutatud 0,3 . . . . . 0,5 mm/pöördele asemel. Töötlemise masinaaeg alanes sealjuures peaaegu 10 korda.

Kõige olulisemaks tootlikkuse tunduva tõstmise teguriks Kolessovi teradega töötamisel on must- ja puhassiirete ühitamine koos ettenihke üheaegse suurendamisega.

Kolessovi tera kasutamisel tõuseb tootlikkus isegi siis, kui võrrelda masinaaegu detaili ühe läbimiga töötlemisel (ainult ettenihke suurendamise arvel).

Kolessovi tera praktiline kasutamine näitas, et neil on tavaliste teradega võrreldes suurem püsivus. Seda seletab asjaolu, et ühe ja sama detaili töötlemisel on teekonna pikkus, mille läbib Kolessovi tera, nii mitu korda lühem tavalise tera teekonnast, kui mitu korda on ettenihe Kolessovi teraga töötlemisel suurem ettenihkest tavalise teraga töötlemisel.

Kui näiteks ettenihe Kolessovi teraga töötlemisel on 3 mm/pöördele, sama detaili töötlemisel tavalise teraga aga 0,3 mm/pöördele, on esimese tera poolt läbitava teekonna pikkus ligikaudu 10 korda lühem, kui teisel teral. Võib lugeda, et näidatud töötingimustel kulub Kolessovi tera 10 korda vähem, kui tavaline tera.

Kolessovi töökogemused peegelduvad raamatus «Lõikerežiimide normatiivid treipinkidel üldmasinaehituses» (vene keeles). Seda raamatut kasutas autor lõikekiiruste tabelite koostamisel teradele abinurgaga plaanis $\varphi = 0$, mis on toodud lk. 140.

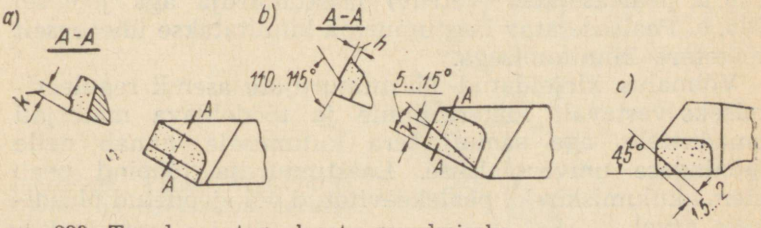
Laastumurdmine kiirtreimisel. Terase kiirtreimisel on eriline tähtsus laastu tükeldamisel, mis kindlustab tööpingi mugava ja ohutu teenindamise.

Universaalset vahendit laastu tükeldamiseks senini ei ole, seepärast on igal selle ülesande vaadeldaval lahendusel enam või vähem piiratud kasutusala.

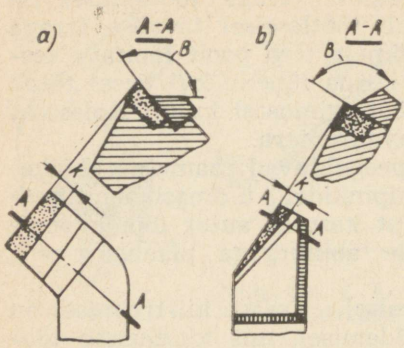
Laastu saab murda lõikesügavuse või ettenihke suurendamisega. Nii ühel kui teisel juhul tekib rohkem murtud laast. Kuid lõikesügavuse suurendamist piirab töötlemisvaru, ettenihke suurendamist — tööpingi võimsus, ettenihkemehhanismi tugevus ja süsteemi tööpink-detail-tööriist jäikus, mõnikord ka pinna etteantud karedus.

Muutmata lõikesügavust ja ettenihet, võib palju peenemat laastu saada, kui suurendada tera peanurka plaanis, mis aga omakorda vähendab tera püsivust.

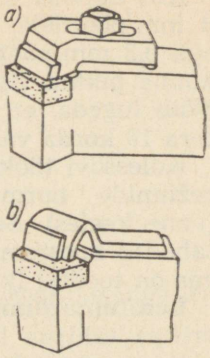
Laastu purustamiseks tehakse mõnikord tera esitahule aste, mis on paralleelne lõikeservaga (joon 223, *a*) või moodustab sellega 5 ... 15° nurga (joon. 223, *b*), kusjuures aste laieneb tera tipu poole. Sellise kujuga astme vastu surutav laast murdub lühikesteks keerdus tükkideks. Astme nurk soovitatakse teha 110 ... 115° piirides. Astme mõõt-



Joon. 223. Terad soontega laastu murdmiseks.



Joon. 224. Joodetud ja keevitatud laastumurdja.



Joon. 225. Pealeasetatavad laastumurdjad.

med k ja h valitakse vastavalt lõikesügavusele ja ettenihkele ning määratakse tavaliselt katseliselt.

Puhastreimisel lõikesügavusega alla 2 mm tuleb laastu purustamiseks teha tera esitahule aste, mille asend ja mõõtmed on näidatud joonisel 223, *c*. Sitkete materjalide töötlemisel ei kindlusta aste alati laastu murdmist.

Laialdaselt kasutatakse pealejoodetud (joon. 224, *a*) või pealekeevitatud (joon. 224, *b*) plaadikestest laastumurdjaid. Plaadike kinnitatakse kaugusele k lõikeservast. Mõnede andmete järgi kõigub see kaugus piirides 4 ... ... 8 mm ja valitakse vastavalt ettenihkele ja lõikesügavusele. Nurk B oleneb samuti ettenihkest ja valitakse piirides 105 ... 115°. Mida väiksem on ettenihe, seda väiksem peab olema see nurk.

Laastu murdmiseks määratud plaadikesed valmistatakse terasest 5ХНМ, 40Х, У10, igasugusest sormaidiga kaetud terasest või kõvasulamist ВК8.

Terale kinnitatav laastumurdja on näidatud joonisel 225, *a*, pealeasetatav (vetruv) laastumurdja aga joonisel 225, *b*. Pealeasetatav laastumurdja kinnitatakse üheaegselt lõiketera kinnitamisega.

Võimalus kirjeldatud laastumurdjate asendi reguleerimiseks vastavalt lõikerežiimile ja töödeldava materjali omadustele, aga samuti tera kulumisele, annab neile mõningase universaalsuse. Laastumurdja tööpind peab olema kulumiskindel pealekeevitatud või -joodetud plaadikese arvel.

Laastumurdja ja tera esitahu vahel ei tohi olla pilu, mis tekitab laastude pidurdamist ja keerdumist ümber tera, terahoidja jne. ning võib muutuda töölisele ohtlikuks. Pilu tekkimise tõenäosus on eriti suur kaldu asetseva laastumurdja puhul.

On olemas ka palju keerukamaid seadmeid laastude purustamiseks, kuid neid vaadeldakse erialases kirjanduses.

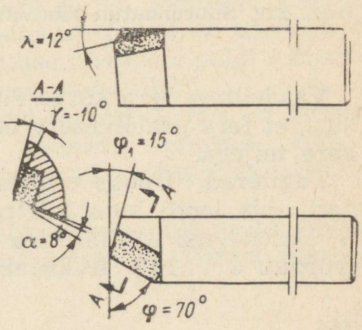
2. SUURE TOOTLIKKUSEGA TERADE KASUTAMINE

Eelmärkmeid. Üheaegselt raamatu teises osas vaadeldud standardsete teradega kasutatakse laialdaselt igat tüüpi terasid, mis on esitatud treialite-novaatorite poolt. Järgnevalt kirjeldatakse mõningaid nendest.

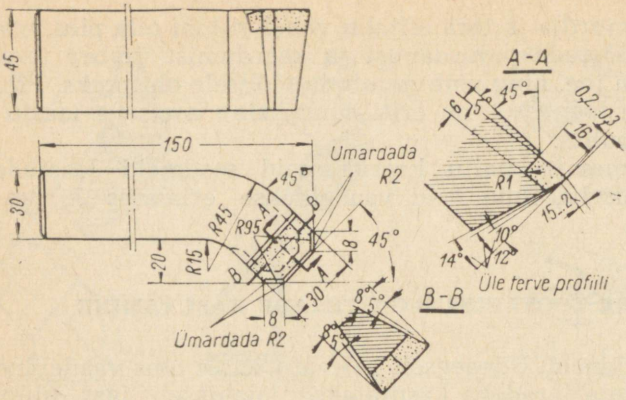
Parendatud välistreiterad. Joonisel 226 on näidatud eriti kõvade teraste töötlemiseks ette nähtud suure püsivusega tera, mille on konstrueerinud treial V. Trutnjev. Teral on negatiivne esinurk ($\gamma = -10°$) ja positiivne pealõikeserva kaldenurk ($\lambda = +12°$). Kui lõikesügavuse ja ettenihke suhe on alla 10, kindlustab tera selline teritus üheaegselt ka laastu purustamise.

Vasakpoolne välistreitera kahe lõikeservaga puhastöötlemiseks on näidatud joonisel 227. Selle tera abil võib treida nii piki- kui ka ristettenihkega. 8 mm pikkune puhastamisserv on valmistatud kaarena, mille raadiuseks on 95 mm; see tõstab tunduvalt vaadeldava tera püsivust.

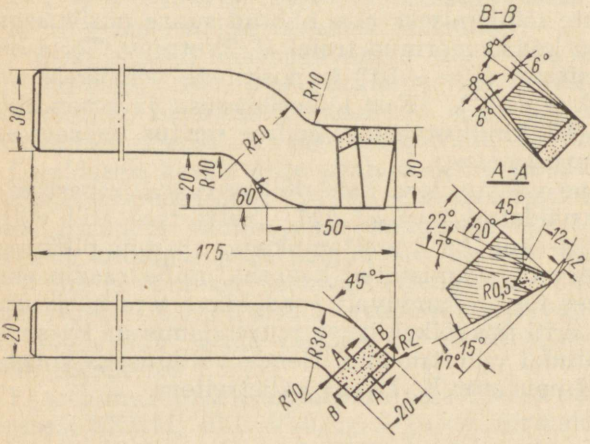
Ettenihke, eriti aga lõikekiiruse suurendamisega kaasnevad real juhtudel vibratsioonid. Nende vältimiseks konstrueeris treial-novaator K. Lakur välistreitera.



Joon. 226. Välistreitera eriti kõvade ja karastatud teraste töötlemiseks.



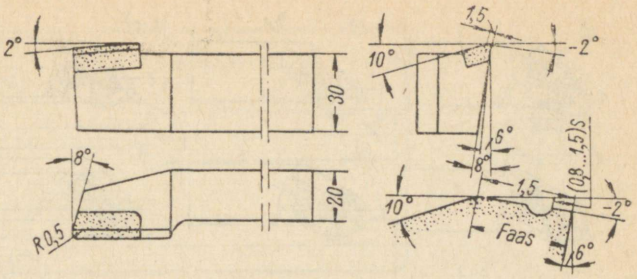
Joon. 227. Vasakpoolne välistreitera töötamiseks suure ettenihkega.



Joon. 228. Suurendatud vibratsioonikindlusega välistreitera.

Vaadeldava tera kõrge vibratsioonikindlus saadakse sellega, et tera pealõikeserv on asetatud ühte tasapinda tera kere teljega.

Tugiterad. Üheks esimeseks suure tootlikkusega teradest, mis loodi koos kiirtreimise tekkimisega, oli treiali G. Bortkevitši loodud tera (joon. 229). Selle tera esinurk (võrdub 8 . . . 10°) freesitakse vastavalt plaadikese pesa



Joon. 229. G. Bortkevitši konstrueeritud välistugitera.

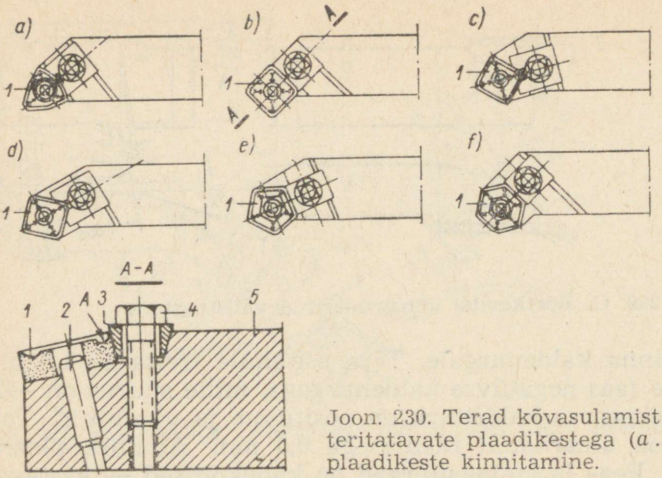
tugipinna kaldenurgale. Tera esitahule treitakse 1,5 mm laiune faas negatiivse kaldenurgaga, mille suurus on —2°. Pealõikeserva kaldenurk on positiivne ja võrdub 2°. Tera tipp on ümardatud raadiusega 0,5 mm. Abinurk plaanis on 8°. Pea- ja abitaganurgad on kahekordsed — vastavalt 6° ja 8°.

Sellise tera töötamisel tekib tema faasile süvend, mis jätab serva juurde riba. Riba laius väheneb tööprotsessis pidevalt. Tera püsivus on suurim, kui riba laius on 0,8... ... 1,5) *s*, kus *s* on ettenihe mm/pöördele. Niipea kui riba laius muutub väiksemaks kui 0,8 *s*, hakkab tema laius kiiresti vähenema ja tera nürineb. Selle vältimiseks taastatakse riba laius peeneteralise rohelisest ränikarbiidist luisuga tera pingist maha võtmata, kusjuures luisku surutakse tihedalt vastu faasi. Sellega tagatakse nurga —2° suuruse säilumine, mis anti terale teritamisel.

Terad kõvasulamist mitteteritatavate plaadikestega. Viimastel aastatel on laialdast kasutamist leidnud terad mehaaniliselt kinnitatud mitme servaga mitteteritatavate kõvasulamist plaadikestega. Plaadike *1*, mis on kolmnurkse (joon. 230, *e*, *f*) kujuga, kinnitatakse pidemesse *5*, nagu näidatud joonisel 230, *g* (lõige *A*—*A* jooniselt 230, *b*). Plaadike *1* tsentreeritakse pidemesse pressitud tihvtiga *2*. Plaadike kinnitatakse kiilukujulise liistuga *3* poldi *4* kinnikeeramisel, mis surub plaadikese vastu tihvti *2*.

Plaadikestel on piki lõikeservi sooned *A*, mis on tehtud valmistamisel (pressimisel). Sooned annavad terale positiivse esinurga, kindlustavad laastu rahuldava murdumise ja hea eemalejuhtimise.

Plaadikesi teritatakse ja plangitakse ainult mööda faase (piki lõikeservi, mööda ülemist otspinda). Pärast plaadi-



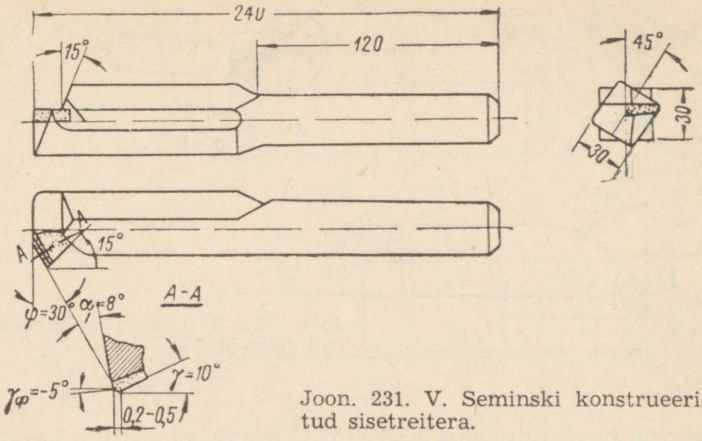
Joon. 230. Terad kõvasulamist mitteteritatavate plaadikestega (*a* ... *f*) ja plaadikeste kinnitamine.

kese kõikide lõikeservade nürinemist või murenemist) teda ei teritata, vaid tagastatakse valmistajale tehasele ümbertöötlemiseks. Taganurk tekib plaadikese kaldasendi tõttu pidemes. Töökindlus, kasutamise mugavus, pidemete pikaealisus ja nende taastamise lihtsus plaadikese vigastumise või purunemise juhul — kõik see loob tingimused vaadeldavate plaadikeste laialdaseks kasutamiseks, eriti poolpuhas- ja puhastöötlemisel.

Pidemeid taastatakse metalli pealesulatamisega vigastatud tugipinnale selle järgneva lihvimisega. Treial-novaator V. Trutnjev tegi ettepaneku asetada pidemesse tööplaadikese alla kõvasulamist tugiplaadike. Sellega kasvas pidemete tööiga veelgi.

Sisetreiterad. Konstruktor-novaatori V. Seminski sisetreitera on esitatud joonisel 231. Osa tera kerest (pikkusega 120 mm), mis kinnitatakse terahoidjasse, on pööratud ülejäänud (töö-) osa suhtes 45° võrra. Selle tõttu on tera tööosal ruudukujuline ristlõige, mis asetseb nii, et tera jäikus on tunduvalt suurem kui tavalise ümmarguse ristlõike puhul. See võimaldab tunduvalt tõsta lõikerežiime avade sisetreimisel. Seminski tera valmistamine on tunduvalt lihtsam, kui tavaliste venitatud terade valmistamine.

Treial-novaatori K. Lakuri poolt esitatud suurendatud vibratsioonikindlusega sisetreitera on näidatud joonisel



Joon. 231. V. Seminski konstrueeritud sisetreitera.

232. Tema eelised on analoogilised joonisel 228 esitatud tera eelistega. Peale selle on antud juhul võimalik tunduvalt tugevdada tera kere ristlõiget, kuna tera tipp asetseb tera telge läbivas horisontaaltasapinnas. Selle tera konstruktsioon on viidud sisse riiklikku standardisse (joon. 127, *c* ja *d*).

Keermeterad. Novaator V. Birjukov soovitas lõigata kolmnurkkeeret sammuga kuni 3 mm ühe teraga (joon. 233), aga sammuga 3,5 . . . 6 mm — kahe teraga. Eellõikamiseks kasutatakse joonisel 234 toodud tera, lõpptöötlemiseks — joonisel 233 toodud tera.

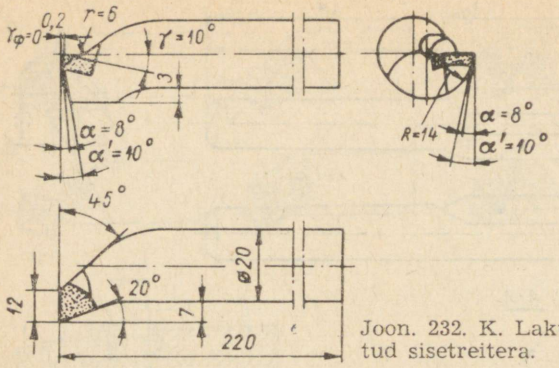
Nende terade iseärasuseks on see, et tera pea on painutatud tera kerest vasakule (parempoolse keerme lõikamisel), mille tõttu tera tipp asetseb tasapinnas, mis langeb kokku tera kere vasakpoolse külgtasapinnaga.

Tera painutatud pea keerdub nähtavasti elastselt lõikejõudude mõjul, mistõttu tera veidi vetrub. See tagab lõigatava keerme pinna hea sileduse.

Peale selle loovad tera pea suured mõõtmed head tingimused soojuse ärajuhtimiseks, mis tunduvalt vähendab joodetud plaadikeste lahtisulamise võimalusi tera kuumenemise tõttu.

Teradel on kõvasulamist T15K6 plaadikesed.

Tera profiilinurk (joon. 233) peab olema lõigatava



Joon. 232. K. Lakuri konstrueeritud sisetreitera.

keerme profiilinurgast väiksem 1° võrra, et vältida keerme laienemist, mis esineb kiirlõikamisel. Järelikult peab meeterkeerme lõikamiseks määratud tera profiilinurk olema 59°.

Keerme eellõikamiseks kasutatavatel teradel (joon. 234) soovitatakse (meeterkeerme puhul) võtta profiilinurk 69°, mis suurendab tera tugevust ja soojuse ärajuhtimist.

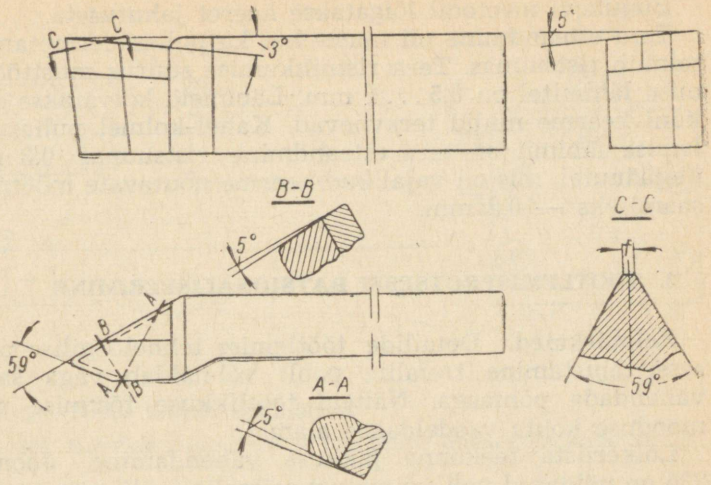
Vaadeldavate terade nürinemisel tekkiva faasi laius (mõõde *f* joonistel 233 ja 234) valitakse vastavalt keerme sammule, mille lõikamiseks antud tera on määratud.

Keerme samm, mm	1...1,75	2...3	3,5...4,5	5...6
Nürinemisfaasi laius, mm	0,037	0,145	0,255	0,365

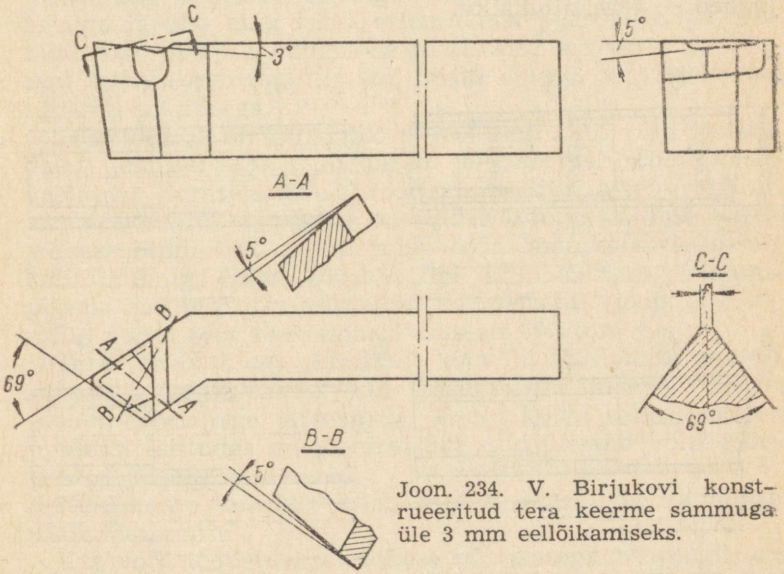
Kui mõnda Birjukovi teradest kasutatakse sitkete metallide keermetamisel, tehakse tera tipule negatiivse esinurgaga faas laiusega mitte üle 1 mm. Eriti kõvade materjalide keermetamiseks kasutatavatel teradel peab olema faas nurgaga —5° üle tera terve profiili.

Keermetamisel tuleb tera tingimata üles seada nii, et tema tipp oleks 0,5...1 mm võrra kõrgemal tööpingi tsentrite joonest, mis aitab vähendada vibratsioone. Tera väljaulatuvus peab olema võimalikult väike, tugipind aga võimalikult sile, mis samuti on oluline vibratsioonide vähendamiseks.

Tera sisselõikumine detaili materjalisse peab toimuma detaili täielikul pöörlemiskiirusel, mistõttu enne iga läbimit tuleb tera tagumise tsenterpuki suunas eemale viia lõigatava keerme 10...15 sammu võrra.



Joon. 233. V. Birjukovi konstrueeritud tera kolmnurkkeerme lõikamiseks sammuga kuni 3 mm ja keerme puhastöötlemiseks sammuga üle 3 mm.



Joon. 234. V. Birjukovi konstrueeritud tera keerme sammuga üle 3 mm eellõikamiseks.

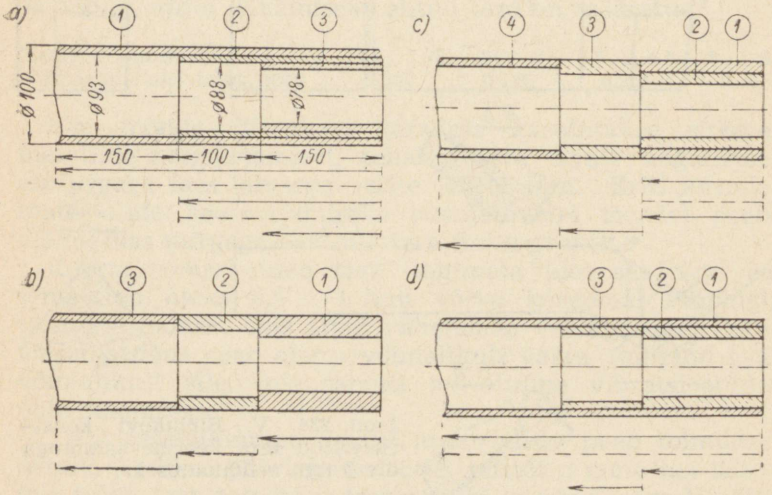
Birjukovi meetodil lõigatakse keeret jahutuseta.

Tera etteandmine nii must- kui ka puhaskeermetamisel toimub ristsuunas. Tera ristnihkumise suurus musttöötlemise läbimitel on 0,5 ... 1 mm. Läbimeid korratakse seni, kuni keerme niidid teravnevad. Kahel-kolmel puhastöötlemise läbimil on tera etteandmine ristsuunas 0,3 mm, ülejäänutel, mis on vajalikud keerme nõutavate mõõtmete saamiseks — 0,2 mm.

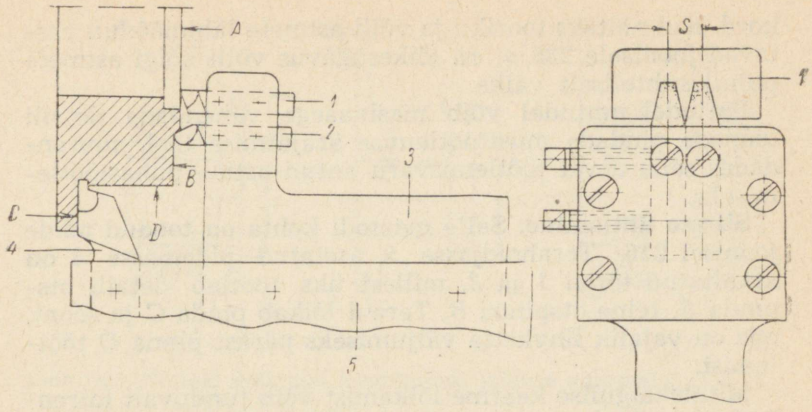
3. TÖÖTLEMISPROTSESSI RATSIONALISEERIMINE

Eelmärkmed. Detailide töötlemise tehnoloogilise protsessi täiustamine treialite poolt võimaldab väga sageli vähendada põhiaega. Näiteid tootlikkuse tõstmise selle mooduse kohta vaadeldakse alamal.

Lõikeriista teekonna pikkuse vähendamine. Joonisel 235 on näidatud neli võimalust astmelise võlli otsa treimiseks. Ringides olevad numbrid näitavad siirete järjekorranumbreid võlli töötlemisel; viirutatud pinnad — vastavate siiretega mahatöödeldavaid metallikihte; pidevad jooned nooltega kujutavad tinglikult tera tööliikumist; kriipsjooned — tera tühikäiku.



Joon. 235. Väntvõlli töötlemise järjekorra variandid.



Joon. 236. Näide siirete ühitamisest.

Joon. 237. Kahekäigulise keerme lõikamine üheaegselt kahe teraga.

Arvestades, et sellistel võllidel on astmete läbimõõtude erinevus tavaliselt väike, võib lugeda, et kõikide astmete töötlemine toimub tööpingi spindli ühesuguse pöörete arvuga ja ühe ning sama ettenihkega pöörde kohta. See tähendab, et võlli mingi osa töötlemise aeg on võrdeline tera ettenihkega minutis või, teisiti öeldes, tera teekonna täieliku pikkusega.

Tera töökäik on kõige pikem (800 mm), kui võlli töödeldakse joonisel 235, *a* näidatud järjekorras. Töötlemisel vastavalt joonisele 235, *b*, töödeldakse iga aste eraldi ja tera teekonna kogupikkus on vaid 400 mm. Otsmise kaela väikese läbimõõdu puhul tuleb teda mõnikord töödelda kahe läbimiga (joon. 235, *c*). Sel juhul on tera teekonna pikkus 550 mm. On võimalik ka variant (joon. 235, *d*), mille puhul tera teekonna pikkus on 650 mm jne.

Tera teekond, aga järelikult ka võlli töötlemise aeg on ilmselt kõige lühemad, kui kasutatakse joonisel 235, *b* toodud töötlemise järjekorda. Teisel kohal sellest vaatepunktist lähtudes on joonisel 235, *c* kujutatud võlli töötlemise järjekord.

Neid kahte moodust tuleb reeglina kasutada astmelise võlli töötlemisel.

Kui võlli töödeldakse väikese võimsusega treipingil, on kõige enam kasutatavaks joonisel 235, *d* esitatud järje-

kord. Kui näiteks tooriku ja võlli astmete läbimõõdud vastavad joonisele 235, *a*, on lõikesügavus võlli kõigi astmete puhul suhteliselt väike.

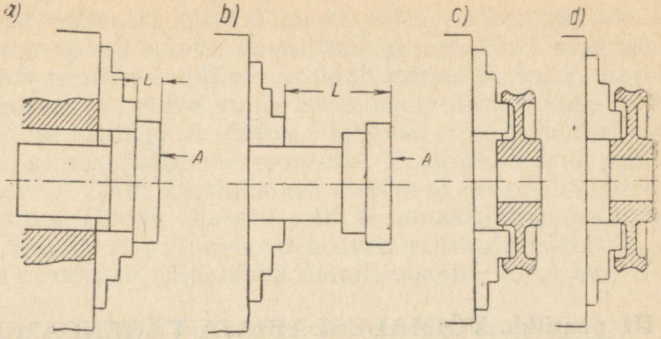
Paljudel juhtudel võib masinaaega vähendada detaili mõnede pindade musttöötlemise ärajätmise teel, suurendades selle arvel töötlemisvaru antud astme puhastöötlemiseks.

Siirete ühitamine. Selle meetodi kohta on toodud näide joonisel 236. Terahoidjasse *5* asetatud pidemesse *3* on kinnitatud terad *1* ja *2*, millest üks töötleb detaili otspinda *A*, teine otspinda *B*. Tera *4* lõikab pinda *C* ja soont, mis on vajalik lihvketta väljumiseks pärast pinna *D* töötlemist.

Mitmekäigulise keerme lõikamist võib tunduvalt kiirendada, kui käikude järjestikuse töötlemise asemel, nagu seda vaadeldi eespool, kasutada pidet mitme tera jaoks. Kahe teraga pide kahekäigulise keerme lõikamiseks on näidatud joonisel 237. Terad asetatakse pidemesse šablooni *1* järgi. Tera telgedevaheline kaugus *3* peab võrduma lõigatava keerme sammuga. Antud juhul lõigatakse üheaegselt kahte kruvisoont, kusjuures ettenihe valitakse võrdne keerme käigu pikkusega.

4. DETAILIDE KINNITAMISE JÄIKUSE SUURENDAMINE

Detailide kinnitamise jäikuse suurendamine nende väljaulatuvuse vähendamise teel. Joonisel 238, *a*, *b* on näidatud ühe ja sama detaili kaks erinevat kinnitamisvõimalust ühesse ja samasse padrunisse. Väljaulatuva osa pikkus *L* on joonisel 238, *a* esitatud detailil tunduvalt väiksem, kui detailil, mis on toodud joonisel 238, *b*. Loomulikult võib detaili otspinda *A* töödelda palju suurema ettenihkega, kui detail on kinnitatud õigesti (joon. 238, *a*). Kui detaili otspinnal *A* on suur töötlemisvaru, tuleb tema kinnitamisel vastavalt joonisele 238, *b* kasutada mitut läbimit. Samadel tingimustel, kuid detaili kinnitamisel vastavalt joonisele 238, *a*, võib tema otspinda töödelda tavaliselt ühe läbimiga. Loomulikult väheneb ettenihke suurendamisel ja läbimite arvu vähendamisel antud detaili töötlemise põhiaeg.



Joon. 238. Näiteid detailide kinnitamise jäikuse suurendamisel.

Detailide kinnitamise jäikuse suurendamine kinnituspindade õige valiku abil. Jäikust võib suurendada, kui töödeldavat detaili, näiteks tiguratast, kinnitada suurema (joon. 238, *c*), aga mitte väiksema (joon. 238, *d*) läbimõõduga pinna abil.

III peatükk. VÕIMALUSI ABIAJA VÄHENDAMISEKS

1. RATSIONAALSETE KINNITUSRAKISTE KASUTAMINE

Detailide töötlemine tsentrite vahel. Tsentrite vahele kinnitatud detailide töötlemiseks kasutatavatel kaasavedajatel ja kaasaveopadrunitel on rida olulisi puudusi. Kaasavedaja pealepanemine ja mahavõtmine kulutab abiaega; töödeldud detaili mahavõtmiseks ja järgmise detaili ülesseadmiseks tuleb tööpink peatada ja uuesti käiku lasta; kaasavedaja ei võimalda töödelda detaili spindli poole pööratud otspindu jne.

Seepärast töödeldakse mitmesuguseid võlle ja teisi detaile ilma kaasavedajata, asendades seda (või kaasaveopadrunit) lihtsate, kuid täiesti töökindlate rakistega.

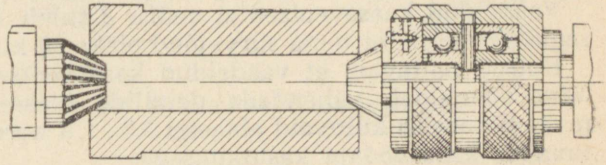
Real juhtudel on võimalik toime tulla ka ilma spindli pöörlemist detailile edasiandvate spetsiaalseadmeteta.

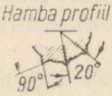
Väikese läbimõõduga detaile saab sageli puhtalt treida ilma kaasavedajata, kui detail asetatakse tavalisele eesmisele ja pöörlevale tagumisele tsentrile. Spindli pöörlemine kantakse töödeldavale detailile üle hõõrdumise arvel, mis tekib eesmise tsentri ja tsentriava kokkupuutuvate pindade vahel. Peab rõhutama, et seda moodust on võimalik kasutada vaid kergete tööde korral.

Ava kaudu üles seatud detaile — mitmesuguseid pukse, hammasrattaid jms. — võib kinnitada küllaldaselt tugevasti, kasutades esimesi hammaspinnaga ja tagumisi pöörlevaid tsentreid (joon. 239).

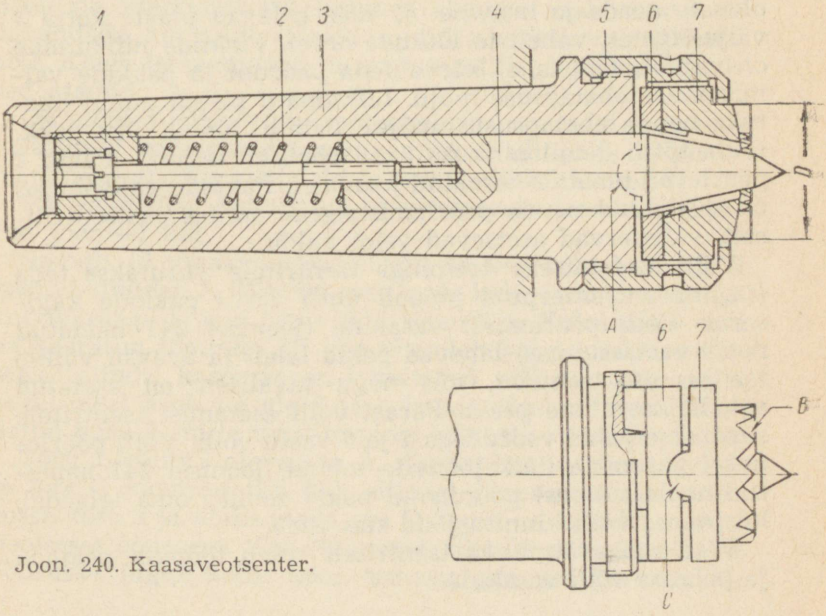
Tsentritel töödeldavaid võlle ja nendega sarnaseid detaile saab täpselt ja täiesti kindlalt kinnitada kaasaveotsentri abil, mis on näidatud joonisel 240.

Kaasaveotsentri kerel *3* on kooniline saba, mis vastab täpselt treipingi spindli koonilisele pesale. Kere avas asetseb ujuv tsenter *4*, millele avaldab toimet vedru *2*. Kerele *3* on keeratud puks *5*, mille sees asub seib *6* kahe poolsilindrilise astmega *A*. Astmed lähevad kere otspinnal olevatesse samakujulistesse soontesse. Peale selle asub puksis veel seib 7. Seibi vasakpoolsel otspinnal on poolsilindrilised astmed *C*, mis lähevad seibi *6* samakujulistesse soontesse. Seibide *6* ja 7 astmed asuvad ristikujuliselt. Tänu sellele puudutab töödeldava detaili otspind, isegi kui ta ei





Joon. 239. Näide hammastatud tsentri kasutamisest.



Joon. 240. Kaasaveotsenter.

ole risti detaili teljega, tagumise (tingimata pöörleva) tsentri survel seibi 7 parempoolset otspinda. Tsenter 4 nihkub sealjuures veidi vasakule, jäädes vedru 2 toime alla ja seibi 7 otspinnal asuvad hambad B lähevad töödeldava detaili otspinda ning annavad talle edasi spindli pöörlemise.

Kaasaveotsenter peab olema varustatud seibide 7 komplektiga, mille tööosa läbimõõt D on erinev. Läbimõõt D peab olema veidi väiksem töödeldava detaili spindli pool asuva otspinna läbimõõdust, et oleks võimalik töödelda detaili kogu külgpinda ja lõigata faasi tema otspinnale.

Vaadeldud kaasaveotsentri vedru 2 tuleb korgi 1 abil reguleerida nii, et tema survejõud oleks 30 kG.

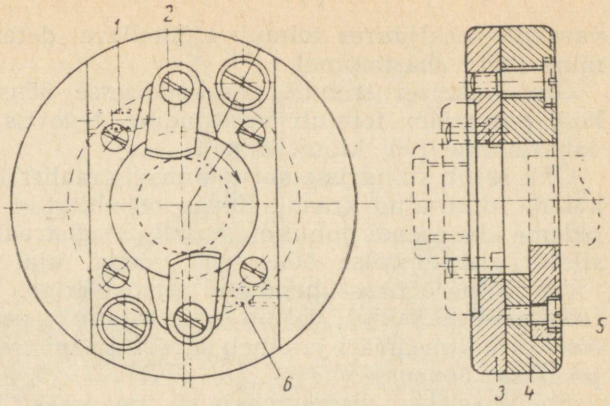
Katsed näitavad, et vaadeldud kaasaveotsentri kasutamine võimaldab vähendada detailide ülesseadmiseks ja mahavõtmiseks kuluvaid abiaegu 3,5 . . . 4 korda, võrreldes tavalise kaasavedaja kasutamisega.

Tsentritel võib detaile ilma kaasavedajata töödelda ka siis, kui kasutatakse isekinnitavat kaasaveopadrunit (joon. 241).

Kettas 3 olevas väljalõikes asuvad liikuvad plaadid 4. Plaatide liikumisulatus ei ole suur ja toimub ainult neis olevate avade ja kruvide 5, mis hoiavad plaate ketta 3 väljalõigetes, vaheliste lõtkude arvel. Plaatide nihkumine on vajalik selleks, et kõrvaldada padruni ja pakkide valmistamise ebatäpsuse mõju. Liikumatu plaadi puhul haaraks nende ebatäpsuste mõjul detaili ainult üks pakk, mille tõttu detail nihkuks ära tööpingi teljelt. Pakid 2 pöörlevad plaati 4 keeratud kruvidel. Pakkide välispinnad on töödeldud nende pöörlemistelgede suhtes ekstsentriliselt, välisservad asetsevad veidi kaldu.

Võlli asetamiseks treipingi tsentritele surutakse teda (tagumise tsenterpuki pinooli abil) vastu pakkide kaldservi. Võlli pööramisel vasakule (joonisel 241 näidatud noole vastassuunas) lähevad pakid laiali ja avavad võllile tee eesmise tsentrini, mis nagu tavaliselt on asetatud spindli koonilisse pessa. Pärast võlli asetamist tsentritele surutakse pakid vedrudega 1 ja 6 vastu võlli. Võlli pöörlemisel paremale (lõikejõudude toimel, joonisel 241 näidatud noole suunas) pöörduvad pakid samuti oma telgedel, kusjuures võlli kinnitusjõud suureneb.

Võlli mahavõtmiseks tsentritelt tuleb tööpink peatada ja pöörata võlli vasakule.



Joon. 241. Isekinnitav kaasaveopadrun.

Padrunisse kinnitatava osa läbimõõtude poolest erinevate detailide töötlemiseks peavad olema vahetatavad pakid.

Tornide ja padrunite mehaanilised ajamid. Mitmesugustel laialisurutavatel tornidel ja padrunites töödeldavate detailide kinnitamiseks kuluvat abiaega saab tunduvalt vähendada, kui neid rakiseid ei juhita käsitsi, vaid ajamite abil. Kõige levinenumad on pneumaatilised ja hüdraulilised ajamid.

On olemas kahte tüüpi pneumaatilisi ajameid — pneumaatilised kolbajamid (pneumaatilised silindrid) ja pneumaatilised diafragmaajamid (pneumaatilised kambrid).

Pneumaatilise kolbajami tüüpkonstruktsioon on esitatud joonisel 242.

Spindli *10* vasakpoolsele otsale on keeratud kaanega *5* kaetud silinder 7. Silindri sees asuv kolb *6* on ühendatud kolvivardaga *8*, mis läheb läbi tihendi *9*. Kolvivarda otsa on keeratud tõmmits *11*, mis ühendab kolvi kinnitusrakisega. Silindri kaanesse on kinnitatud võll *1*, mille välimisel otsal asub torude *3* ja *4* kaudu õhukraaniga ühendatud puks *2*, mille tõttu ta pingi töötamise ajal ei pöörle.

Toru *3*, võllis *1* oleva ava *A*, silindri kaanes oleva ava *B* ja ava *C* kaudu satub õhk silindri parempoolsesse õõnsusse, toru *4* ja võllis oleva ava *D* kaudu — silindri vasakpoolsesse õõnsusse. Kui õhk satub silindri parempoolsesse õõnsusse, liigub kolb, koos temaga aga ka tõmmits *11*,

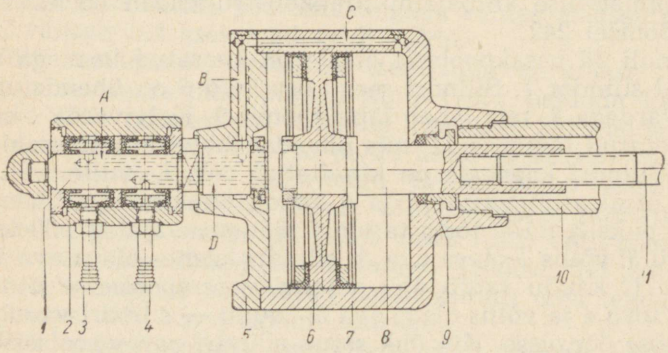
vasakule; sealjuures toimub töödeldava detaili kinnitamine (või vabastamine).

Õhu andmisel silindri vasakpoolsesse õõnsusse liigub kolb paremale; toimub vastupidine tegevus — detaili vabastamine (või kinnitamine).

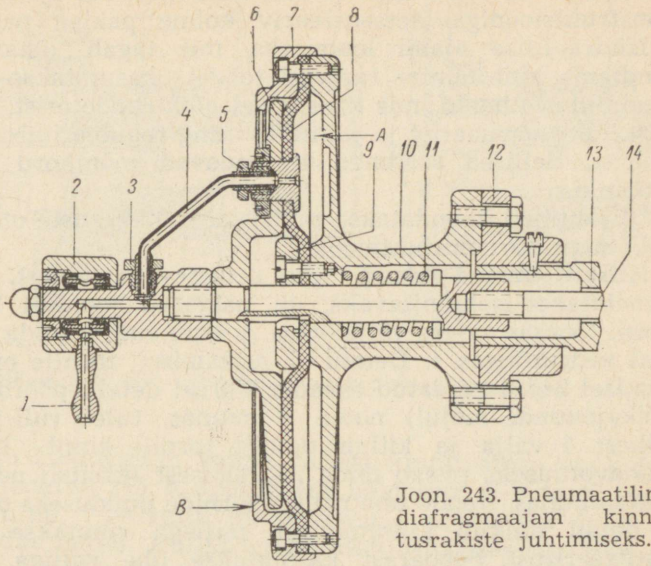
Õhk satub silindrisse suruõhumagistraalist läbi spindlikastile kinnitatud kraani. Kraan on ehitatud nii, et käepideme ühe asendi puhul on suruõhumagistraal ühendatud silindri parempoolse õõnsusega; samal ajal on silindri vasakpoolne õõnsus ühendatud atmosfääriga. Käepideme teise asendi puhul väljub õhk silindri parempoolsest õõnsusest atmosfääri ja läheb suruõhumagistraalist vasakpoolsesse õõnsusse.

Pneumaatilise diafragmaajami (pneumaatilise kambri) ehitus on palju lihtsam. Siin satub suruõhk (joon. 243) toru *1*, mittepöörleva puksi *2*, tihendi *3*, toru *4* ja tihendi *5* kaudu kambri *A* õõnsusse, mis asub puksi *10* ääriku ja kummist või kummeeritud riidest diafragma *8* vahel. Puks *10* on ühendatud tööpingi spindliga *13* ääriku *12* abil. Diafragma *8* on tihedalt surutud puksi *10* ääriku ja rõnga *7*, aga samuti puksi *10* otspinna ja seibi *9* vahele. Kambrisse sattuva õhu survel paindub (kummub) diafragma vasakule, surub kettale *6* ja nihutab seda samuti vasakule.

Jooniselt on näha, et ketas on ühendatud tõmmitsaga *14*, mis toimib detailide kinnitusrakise kinnitusosadele. Õhukraani käepideme pööramisel väljub õhk kambri õõnsusest *A* sama teed mööda, kuid vastupidises suunas. Ketas *6* ja



Joon. 242. Pneumaatiline kolbajam kinnitusrakiste juhtimiseks.



Joon. 243. Pneumaatiline diafragmaajam kinnitusrakiste juhtimiseks.

kummist diafragma surutakse puksi *10* sees asuva vedru *11* poolt tagasi lähteasendisse. Diafragma ülearuselt suure väljapaindumise puhul toetub ketas *6* vastu õlga *B*, mis asetseb rõnga *7* siseküljel.

Joonisel 244 on näidatud mittepöörlev pneumaatiline kolbajam. Siin on silindri kere *4* ühendatud äärikuga *5*, mis on kinnitatud spindlikasti *6* seina külge. Ajami kolbi *1* kinnitusrakisega ühendav tõmmits *2* pöörleb kahel tugirull-laagril *3*, mis asetsevad kolvis. Suruõhk satub silindri õõnsusse läbi ava *A* või *B*. Sellisel pneumaatilise silindri ehitusel on rida eeliseid, võrreldes pöörlevate silindritega. Mittepöörleva silindri puhul ei ole tööpingi spindlil täiendavat koormust silindri massi arvel, mis ei ole soovitav ega lubatav spindli väikeste mõõtmete puhul. Silindri pöörlemise puudumine kõrvaldab täiesti tema tasakaalustamatuse mõju, mida mõnikord võib tähele panna pöörlevate silindrite puhul. Ja lõpuks — mittepöörlevate silindrite puhul ei ole vajadust õhu sissejuhtimise küllaltki keeruka seadme järele.

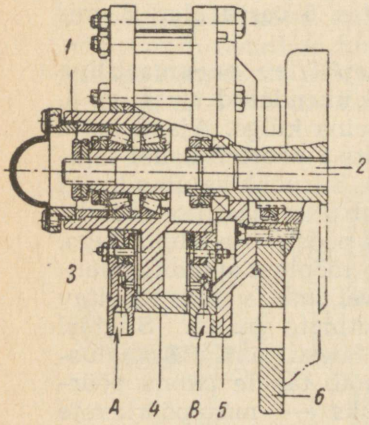
On olemas ka teisi pneumaatiliste ajamite konstruktsioone, mis sageli asetatakse mitte spindlist vasakule, vaid

paremale või ehitatakse rakise sisse (näiteks spetsiaalse konstruktsiooniga isetsentreeriv kolme pakiga padrun).

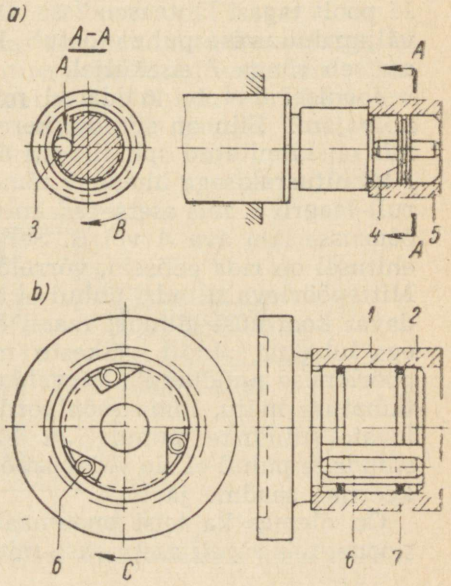
Hüdraulilise ajami loomiseks, mis tagab detailidele kindlama kinnitamise rasketel töödel, kasutatakse spetsiaalseid seadmeid, mis koosnevad elektrimootorist, pumbast, õlireservuaarist ja juhtimis- ning reguleerimisaparatuurist. Sellised seadmed teenindavad mõnikord mitut tööpinki.

Õlijuhtmed ühendatakse rakistega samasuguste otsikute abil nagu suruõhujuhtmedki.

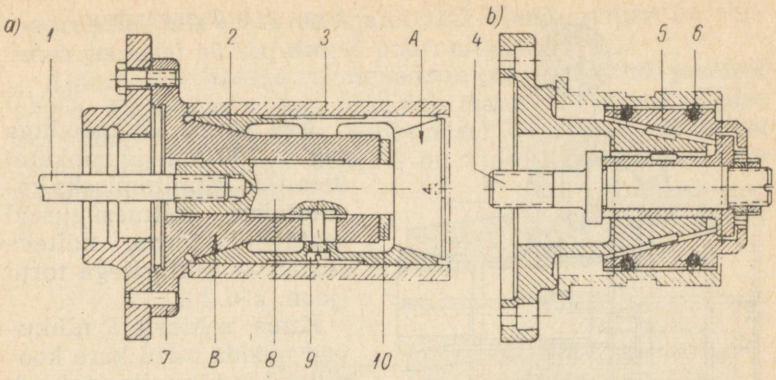
Kiirelttoimivad tornid. Üks sellistest tornidest, mida nimetatakse isekinnitavaks, on näidatud joonisel 245, *a*. Torni tööosas olevas väljalõikes *A* asub rull *3*, mida hoiab seal vedrurõngas *4*. Detaili *5* asetamisel tornile on rull joonisel 245, *a* näidatud asendis. Pärast detaili pöördumist (lõikejõudude mõjul) noole *B* suunas, tuleb rull väljalõikest *A* välja ja kiilub detaili tornile kinni. Detaili mahavõtmiseks piisab tema pööramisest (käsitsi) noole *B* vastassuunas. Nende ühe rulliga tornide puuduseks on see, et detail nihkub kinnitamisel, millega rikutakse tema tsentreeritust. Seepärast kasutatakse ühe rulliga torne peamiselt musttreimisel.



Joon. 244. Mittepöörlev pneumaatiline kolbajam kinnitusrakiste juhtimiseks.



Joon. 245. Rulltornid.



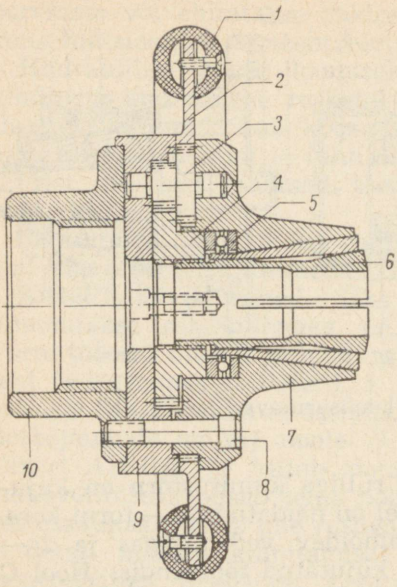
Joon. 246. Ajami abil töötavad laialisurutavad tornid.

Palju kaasaegsem kolme rulliga kinnitustorn on kujutatud joonisel 245, *b*. Joonisel on näidatud: *1* — torni kere, *6* — rullid, 7 — rulle kinnihoidev vedrurõngas ja *2* — töödeldav detail. Rullid on kujutatud tööasendis. Nool *C* näitab detaili pööramise suunda tema kinnitamisel.

Kaks ajami abil töötavat torni on kujutatud joonisel 246. Detaili *3* kinnitamiseks kasutatav torn, mis on näidatud joonisel 246, *a*, töötab järgmiselt.

Tõmmitsa *1*[1] nihkumisel vasakule surub koonus *A* laiali tsangi *2* parempoolse otsa. Samaaegselt liigub tsang veidi vasakule, mille tõttu tema vasakpoolse otsa surub laiali torni keres 7 olev koonus *B*. Rõngas *10* takistab tsangi liigset laialisurumist. Kruvi *9* läheb vardal *8* olevasse liistusoonde. Selle seadise abil tagatakse tsangi sund-laialisurumine. Kui tõmmitsa *1* liikumisel paremale tsangi *2* vasakpoolne ots pidurdub (koonusel *B*), tõmbab varda *8* liistusoone kruvini *9* jõudnud vasakpoolne otspind tsangi endaga kaasa. Kui tõmmitsa samasuunalisel liikumisel pidurdub tsangi parempoolne ots, nihkub tsang (koos vardaga) paremale seni, kuni kruvi *9* ei toetu torni keres oleva ava parempoolse seina vastu. Sellel hetkel tsangi nihkumine paremale katkeb ja varda *8* edasisel liikumisel (paremale) tuleb tema koonus tsangist välja, mille tõttu tsangi parempoolne ots surutakse kokku.

[1] Joonisel 242 on see tõmmits tähistatud numbriga 11, joonisel 243 — numbriga 14.



Joon. 247. Tsangpadrun.

Ava suure läbimõõduga (90 ... 100 mm ja rohkem) detailide kinnitamiseks kasutatakse mitmesuguseid seatavaid torne, näiteks seatavate sektoritega torni (joon. 246, *b*).

Kuus sektorit *5* nihkuvad mööda torni kere koonilist osa tõmmitsa toimel, mis on ühendatud kinnitamisseadmega. Sektoreid hoiavad torni keres kaks neid ümbritsevat vedrurõngast *6*.

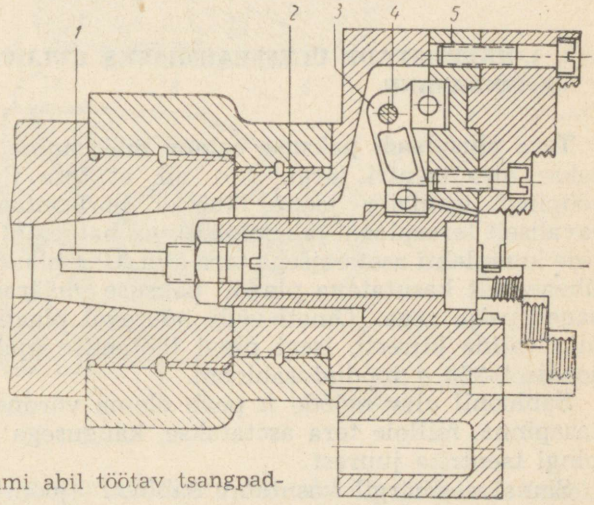
Kiirelttoimivad padrunid. Kiirkinnitamisega tsangpadrun on näidatud joonisel 247. Käsiratta *1* pööramine kantakse ketta *2* avasse lõigatud hammaste (sisehambumine) ja kaksikhammasratta *3* kaudu üle hammasrattale *4*. Hammasratta avasse on lõigatud keere, milles asub tsangi *6* keermetatud ots. Hammasratta *4* pöörlemisel saab tsang *6* sirgjoonelise liikumise piki oma telge, mis on vajalik detaili kinnitamiseks või vabastamiseks. Detaili kinnitamisel tekkivad telgjõud võetakse vastu tugikuullaagri *5* poolt. Osadest *7* ja *9* koosnev padruni kere on kruvidega *8* ühendatud äärikuga *10*, mis keeratakse tööpingi spindlisse.

Ajami abil töötav kolme pakiga padrun on kujutatud joonisel 248. Padruni põhidetailideks on hülss *2* ja põlvkangid *3*, mis pöörduvad telgedel *4*. Iga kangi suurema õlaga seotud lüli läheb hülsi *2* parempoolsel otsal olevasse soonde. Iga kangi lühema õlaga seotud samasugune lüli läheb põhinukkide *5* vastasküljele tehtud soonde. Detaili kinnitamiseks (välispinna abil) nihutatakse hülssi *2* vasakule, mis pöörab kange päripäeva.

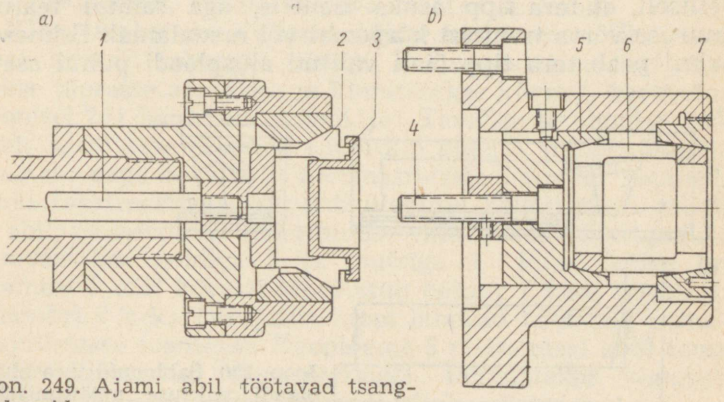
Hülssi *2* nihutatakse tõmmitsa abil, mille vasakpoolne ots on ühendatud pneumaatilise või mingi teise ajamiga. Märgime, et on olemas ka isetsentreerivaid kahe pakiga

padruneid, mis töötavad ajami abil. Nende ehitus on sarnane joonisel 56 kujutatud padrunitega.

Ajami abil töötav tsangpadrun on näidatud joonisel 249, *a*. Tõmmitsa *1*, mis ühendab tsangi *2* pneumaatilise või mingi teise ajamiga, nihkumisel vasakule surutakse tsang kokku, millega detail *3* on täpselt tsentreeritud ja tugevasti kinnitatud.



Joon. 248. Ajami abil töötav tsangpadrun.



Joon. 249. Ajami abil töötavad tsangpadrunid.

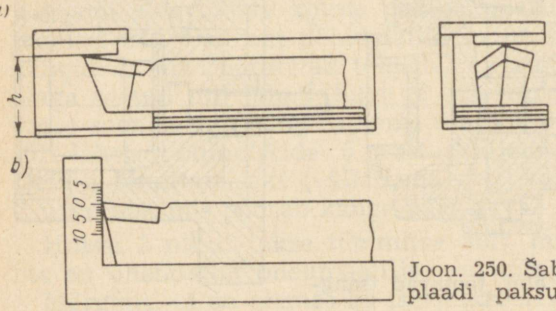
Pikkade detailide kinnitamiseks kasutatakse kahekülgsete tsangidega padruneid (joon. 249, *b*). Tsang *6*, millel on mõlemas otsas sisselõige, asetatakse liikuva puksi *5* ja liikumatu rõnga *7* vahele. Tõmmitsa *4* nihkumisel paremale surub puks *5* kokku tsangi vasakpoolse otsa ja nihutab teda samaaegselt paremale. Tsangi parempoolne ots surutakse sealjuures samuti kokku, mis tagab detaili kinnitamise kahes kohas. See annab detailile püsiva asendi isegi tema suure pikkuse korral.

2. LÕIKERIISTADE ÜLESSEADMISEKS KULUVA AJA VÄHENDAMINE

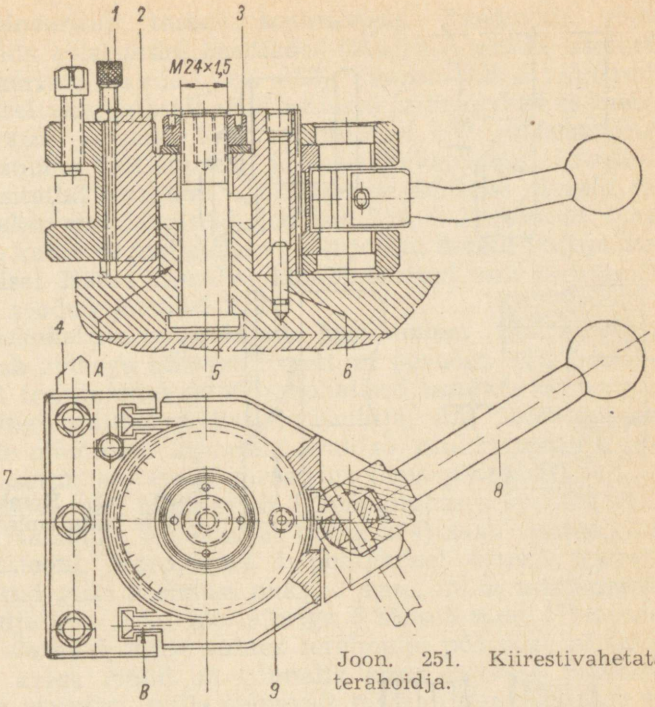
Tera alusplaadi paksuse eelnev määramine. Tera seatakse üles tsentri järgi, s. o. nii, et tera tipp asetseks tööpingi tsentrite joont läbival horisontaaltasapinnal, tavaliselt terasplaadi (alusplaadi) või halvemal juhul plaatide komplekti asetamisega tera alla. Ühe plaadi või mitme üheaegselt kasutatava plaadi paksuse määramine võtab sageli palju aega. Ometi võib nõutavat plaati antud tera alla valida kiiresti, isegi pingi töötamise ajal, kasutades joonisel 250, *a* toodud šablooni.

Šabloonil olev mõõde *h* peab olema võrdne terahoidja tasapinna, millele tera asetatakse, kaugusega antud tööpingi tsentrite juurest.

Samal eesmärgil kasutatav šabloon (joon. 250, *b*) on universaalne. Seda kasutades võib valida tera alusplaadi selliselt, et tera tipp asuks tsentris, aga samuti teatud suuruse võrra tsentrist kõrgemal või madalamal. Esimesel juhul peab tera tipp õieti valitud alusplaadi puhul aset-



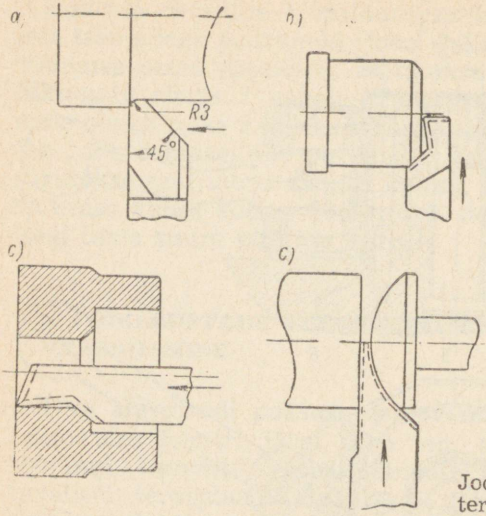
Joon. 250. Šabloonid tera alusplaadi paksuse määramiseks.



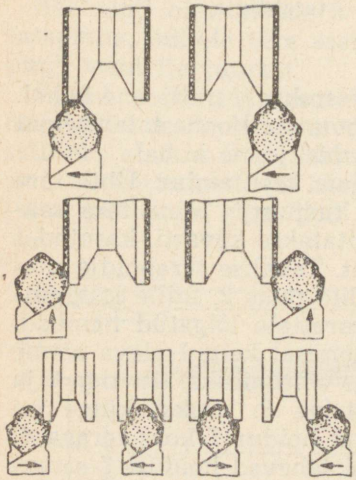
Joon. 251. Kiirestivahetatav terahoidja.

sema šabloonile kantud millimeeterskaala nulljoone kohal. Teisel juhul peab tera tipp olema nulljoonest kõrgemal või madalamal, skaala vastava mõõtjoone kohal.

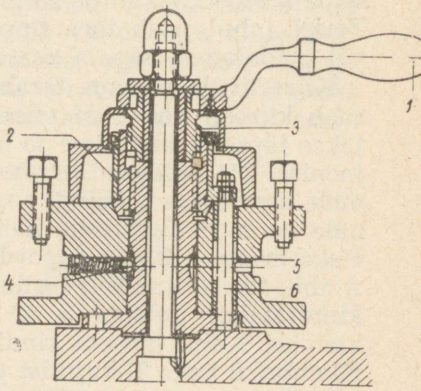
Kiirestivahetatavate terahoidjate kasutamine. Ühte tera saab kiiresti vahetada teisega, kusjuures teine tera seatakse täpsesse asendisse ja kinnitatakse kõvasti, kasutades joonisel 251 näidatud terahoidjat. Tavalise terahoidja asemele asetatakse tööpingi supordile puks 2, mille külgpinnale on nagu tavalisele hammasrattale lõigatud hambad. Puks tsentreeritakse supordi ülemisel kelgul oleva astme *A* abil, fikseeritakse (pöördumise vältimiseks) tihvtiga *6* ja kinnitatakse poldiga *5* ja mutriga *3*. Puksi külge on klambri *9* abil kõvasti kinnitatud hoidur 7 koos teraga *4*. Klambri *9* kaks T-kujulist tappi lähevad hoiduri 7 samakujulistesse soontesse. Käepideme *8* pööramisel koos tema külge kinnitatud ekstsentrikuga tõmmatakse klamber pingule. Hoiduri kõrgust reguleeritakse kruviga *1*.



Joon. 252. Kombineeritud terade kasutamise näiteid.



Joon. 253. Keerulise kombineeritud tera kasutamise näide.



Joon. 254. 12-positsiooniline terahoidja.

Kombineeritud terade kasutamine. Tunduvalt võib vähendada abiaegasid, kasutades tavaliste terade asemel kombineeritud terasid (joon. 252). Joonisel 252, *a* näidatud teraga treitakse puhtalt võlli astmeid ja ümardust astmete üleminekul; joonisel 252, *b* kujutatud tera kasutatakse võlli otspinna töötlemiseks ja faasi lõikamiseks. Joonisel 252, *c* esitatud tera abil treitakse detailidesse avasid ja töödeldakse sisekoonuseid; joonisel 252, *d* kujutatud tera asendab kahte — mahalõike- ja kujutera detaili kujupinna töötlemisel. Näide keerulise kombineeritud tera kasutamisest on toodud joonisel 253.

Mitmekohaliste terahoidjate kasutamine. See moodus vähendab abiaegu nii efektiivselt, et peaaegu kõigil kaasaegsetel treipinkidel on neljakohalised terahoidjad.

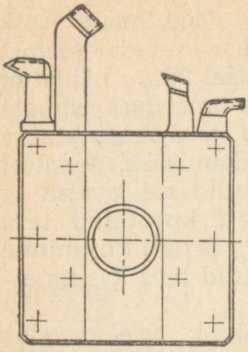
Tööpingil mitmekohalise terahoidja abil töödeldavate detailide mõõtmete täpsusele avaldab olulist mõju terahoidja asetumise täpsus pärast iga tema pööramist.

Sverdlovi nim. Leningradi Tööpingitehases konstrueeritud neljakohalist terahoidjat (joon. 254) saab asetada 12 tööpositsiooni. Käepideme *1* pööramisel kruvib temaga ühendatud puks *3* ennast puksi *2* sisse, mille tulemusena terahoidja kere koos fiksaatoriga *6* tõuseb üles. Fiksaator väljub sõrme *5*, mille suhtes terahoidja pöördub, äärikus olevast avast. Nüüd on võimalik keret pöörata (käsitsi) nõutava asendini, mille eelnevalt määrab kuulfiksaator *4*. Fiksaatori kuul läheb sealjuures ühte kolmnurkse ristlõikega soonde, mis asuvad sõrme *5* külgpinnal.

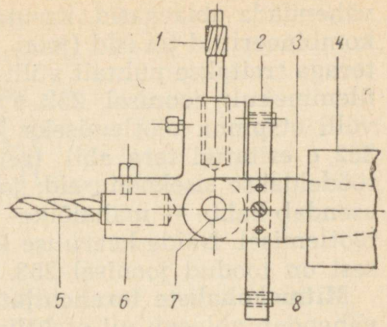
Käepideme pööramisel vastassuunas langeb terahoidja kere alla ja fiksaator *6* läheb tsentreeriva sõrme ääriku järjekordsesse avasse. Vaadeldud terahoidja puuduste hulka kuuluvad: vajadus käepideme pööramiseks rohkem kui ühe pöörde võrra; terahoidja kere automaatse pööramise puudumine. Vaatamata nendele puudustele, on vaadeldud terahoidjat otstarbekas kasutada faasidega detailide, aga samuti kooniliste hammasrataste ja nendega sarnanevate detailide töötlemisel. Sel juhul võib iga terahoidjasse kinnitatud teraga töödelda mitut erinevalt asetsevat koonilist pinda.

Tuleb märkida vahetatavate terahoidjate[1] kasutamise otstarbekust. Selline terahoidja (joon. 255) varustatakse terade komplektiga, mis on teatud detaili töötlemiseks

[1] Treial M. Baraškovi ettepanek.



Joon. 255. Vahetatav terahoidja.



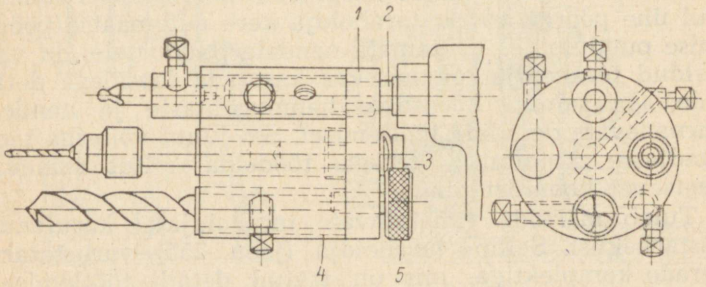
Joon. 256. Kahekohaline pide tagumise tsenterpuki pinooli asetatavate lõikeriistade jaoks.

vajalikud. Pärast antud detailide partii töötlemist võetakse terahoidja koos teradega tööpingist ära ja asendatakse uuega, mis on ette valmistatud järgmise detaili treimiseks.

Terade mugavamaks ülesseadmiseks on vaadeldaval terahoidjal lõikeriistade jaoks mitte neli, vaid ainult kaks palju laiemat kohta; kinnituspoldid asetsevad sealjuures kahes reas, malekorras.

Vahetatavate terahoidjate kasutamine õigustab end vaid sel juhul, kui antud tööpingil töötlemiseks on püsivalt kinnistatud teatud detailid.

Mitmekohaliste pidemete kasutamine tagumise tsenterpuki pinooli asetatavate lõikeriistade jaoks. Kui detailis töödeldakse ava mitmete lõikeriistadega, mis seatakse

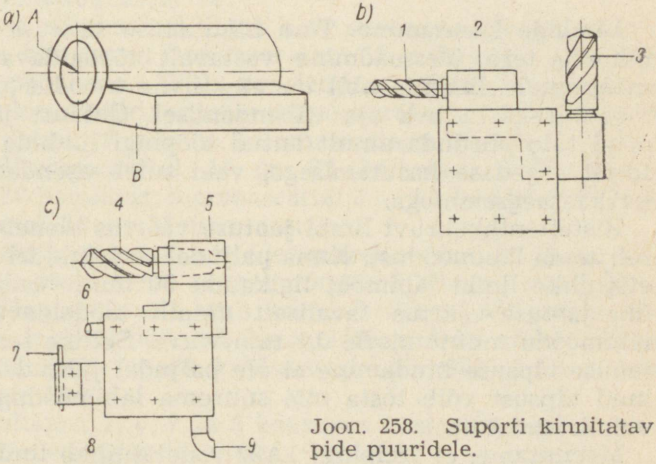


Joon. 257. Mitmekohaline pide tagumise tsenterpuki pinooli asetatavate lõikeriistade jaoks.

üles tagumise tsenterpuki pinooli, siis lõikeriistade vahetamiseks kuluvate abiaegade vähendamiseks tuleb kasutada mitmekohalisi pidemeid.

Lihtsaim seda tüüpi pide on esitatud joonisel 256. Pinooli *4* asetatud pideme keres *3* on silm, mis asub sõrmel *7*. Ümber sõrme pöörleb täisnurkselt painutatud hoidur *6*, millesse võib kinnitada kaks lõikeriista, näiteks puuri *5* ja avardi *1*. Joonisel on tööasendis näidatud puur; pärast hoiduri pööramist 90° võrra saab tööasendi avardi. Iga hoiduri asend määratakse plaati *2* keeratud kruvidest *8* ühe abil.

Mitmekohaline pide mitme (antud juhul kolme) lõikeriista kinnitamiseks on näidatud joonisel 257. See pide koosneb kettast *1*, mis on ühendatud koonilise sabaga *2*.



Joon. 258. Suporti kinnitatav pide puuridele.

Kettasse *1* kinnitatud sõrmel *3* pöörleb trummel *4*, mille pesadesse asetatakse tööriistad. Iga tööriista tööasend fikseeritakse karestatud peaga tihvti *5* abil.

Puuride kinnitamine tööpingi supordile. Puuride, avardite ja hõõritsate kinnitamisel tagumise tsenterpuki pinooli toimub ettenihe enamikus tööpinkides käsitsi, mis ei võimalda vajaliku suurusega ühtlast ettenihet ja on töölisele väsitav. Neid puudusi võib vältida, kinnitades puurid ja

teised tööriistad avade töötlemiseks supordile. Pide ühe puuri kinnitamiseks on näidatud joonisel 258, *a*.

Pideme koonilisse avasse *A* asetatakse näiteks puur, plaadi *B* abil aga asetatakse pide terahoidjasse.

Joonisel 258, *b* on näidatud pide *2* kahe puuri jaoks, milliseid kasutatakse astmelise ava töötlemisel. Vajaduse korral võib pideme ühte pessa kinnitada puuri *1* ava puurimiseks töödeldavasse detaili, teise pideme pesasse aga kinnitada puuri *3* või süvisti puuritavale avale faasi töötlemiseks.

Joonisel 258, *c* on näidatud keerulisem juhus: terahoidjasse on kinnitatud pide *5* koos puuriga *4* ja teradega *6* ning *9* ja pide *8* mahalõiketeraga 7.

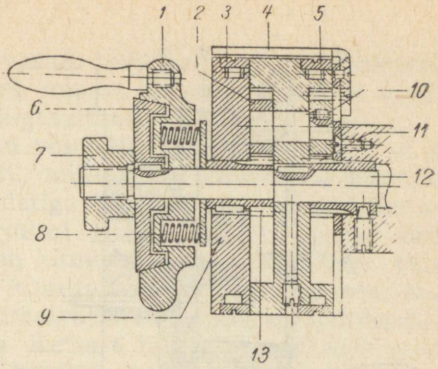
3. DETAILIDE MÕÕTMISEKS KULUVA AJA VÄHENDAMINE

Limbide kasutamine. Tera nihutamise suuruse määramine ja tera ülesseadmine vastavalt töödeldava detaili mõõtmetele limbide abil on efektiivne moodus detailide mõõtmiseks kuluva aja vähendamisel. Öeldust järeldub, et ei tule piirduda ainult antud tööpingi limbide võimalikult sagedase kasutamisega, vaid tuleb asendada need ka kaasaegsematega.

Ristettenihkekruvi limbi jaotuse väärtus oleneb peamiselt tema läbimõõdust. Kuna paljudel treipinkidel on ristettenihke limbi läbimõõt ligikaudu 50 mm, vastab limbi ühe jaotuse väärtus tavaliselt detaili töödeldava pinna läbimõõdu muutumisele 0,1 mm võrra. Selline tera nihutamise täpsuse hindamine ei ole paljudel juhtudel piisav, kuid täpsust võib tõsta uue suurema läbimõõduga limbi valmistamise teel.

Meenutame, et treipingi 1A62 ristettenihke limbi, mida vaadeldi raamatu esimeses osas, lugemi täpsus oli 0,05 mm. Kõige kaasaegsema konstruktsiooniga ristettenihke limbide jaotuse väärtus on 0,02 mm ja mõnedel pretsessioonpinkidel isegi 0,01 mm.

Tavalise ehituse puhul vastab ristettenihkekruvi limbi ühele pöördele tera radiaalnihkumine 5 . . . 6 mm võrra, mis muudab limbide kasutamise keerukaks suurema liikumise korral. Seda puudust ei ole diferentsiaallimbil (joon. 259), millel on kaks rõngast *3* ja *5*, kusjuures rõngast *3* jaotuse väärtusega 1 mm kasutatakse supordi suurema



Joon. 259. Ristettenihkekruvi diferentsiaallimb.

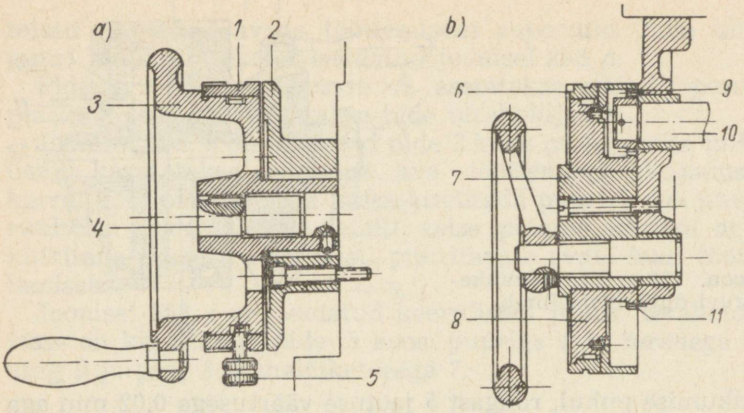
liikumise puhul, rõngast *5* jaotuse väärtusega 0,02 mm aga tera täpseks mõõtuseadmiseks. Seda võimaldab limbi keres asuv planetaarülekanne. Limbi kere on kinnitatud ristettenihkekruvile *12*.

Kruvi pöörlemisel liigub kere sees asuv hammasratas *10* mööda liikumatut hammasratast *11* ja hakkab selle tagajärjel pöörlema. Võlli pöörlemine, millele hammasratas *10* on kinnitatud, antakse hammasrataste *2* ja *13* kaudu edasi kettale *9*, mis on hammasrattaga *13* seotud liistliite abil. Hammasrattal *11* on 22 hammast, hammasrattal *10* — 20 hammast, hammasrattal *2* — 21 hammast ja hammasrattal *13* — 21 hammast.

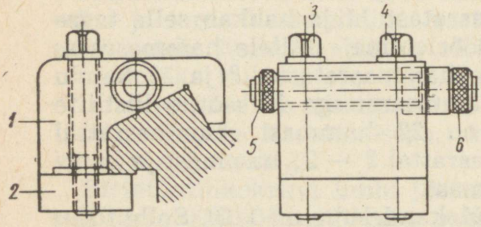
Nende hammasrataste ülekandesuhe on 1/10. Selle tõttu pöörleb limbi kerel asetsev rõngas *5* kümme korda kiiremini rõngast *3*, mis asub kettal *9*. Kruvi käepideme ühe pöörde jooksul pöördub ketas 1/10 pöörde võrra. Limbi näitusid saab lugeda kaldservaga plaadilt *4*, mis asub rõngaste kohal.

Detailidest *1*, *6*, *7* ja *8* koosneva käsiratta ehitust vaadeldakse edaspidi (lk. 335).

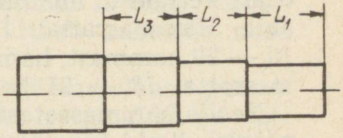
Lihtsa ehitusega pikiettenihkekruvi limb on näidatud joonisel 260, *a*. Võllile *4* on tavalise käsiratta asemel kinnitatud spetsiaalne käsiratas *3*. Supordipõlle kinnitatud puksile *2* on tehtud märkjoon, mis on vajalik rõngal *1* oleva skaala näitude lugemiseks. Käsiratta ja rõnga vahelisse soonde asetatud tasavedru pidurdab viimast. Pärast rõnga *1* seadmist nullasendisse kinnitatakse ta käsiratta külge kruviga *5*. Rõnga pinna läbimõõt peab olema selline, et sinna võiks kanda skaala jaotuse väärtusega, mis vastab tera nihkumisele pikiettenihke suunas 0,1 mm võrra.



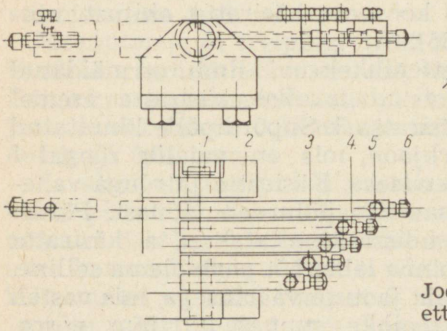
Joon. 260. Pikiettenihkekruvi limb.

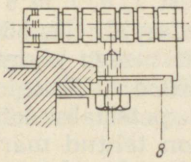


Joon. 261. Lihtsaim pikiettenihke piiraja.



Joon. 262. Piirajate järgi töödeldud detail.





Joon. 263. Ärapööratavad pikiettenihke piirajad.

Limbi ühele pöördele vastab tavaliselt supordi nihkumine vaid 25 ... 50 mm võrra, mis on ebamugav, kui on vajalik supordi ulatuslikum liigutamine.

Märgitud puudust on võimalik vältida, kui limb ei saa pöörlemist mitte võllilt, millele on kinnitatud käsiratas, vaid tööpingi hammaslatiga hambumises oleva hammasratta võllilt. Sellisel juhul (joon. 260, *b*) pöörleb limbi ketas *8* puksil *7*, mis on kinnitatud supordipõllesse. Hammasratas *9*, mis on kinnitatud tööpingi hammaslatiga hambumises oleva hammasratta *10* teljele, on hambumises ketta *11* hammasvööga. Ketta *6* läbimõõt valitakse sellise arvestusega, et temale kantud skaala jaotuse väärtus vastaks supordi liikumisele 1 mm võrra. Limbi pööramist loetakse supordipõllele kinnitatud tabelile kantud märkjoone järgi.

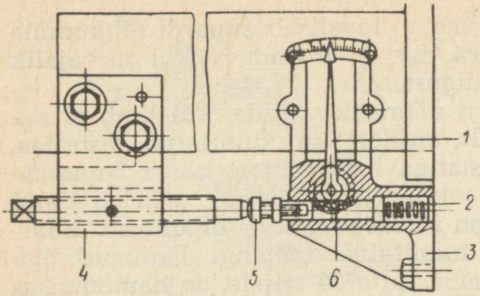
Töötlemine piirajate järgi. Mitmesuguse konstruktsiooniga piki- ja ristettenihete piirajate kasutamine on üheks põhimooduseks terade mõõtmiseks kuluvate abiaegade vähendamisel.

Lihtsaima konstruktsiooniga pikiettenihke piiraja (joon. 261) koosneb liistu *2* abil poltidega *3* ja *4* sängi külge kinnitatud kerest *1*, peenkeermega kruvist *6*, mis on keeratav keresse *1* ja vastumutrist *5*, mille abil kruvi kinnitatakse nõutavas asendis. Kruvi täpset seadmist võimaldab kruvi peale kantud skaala.

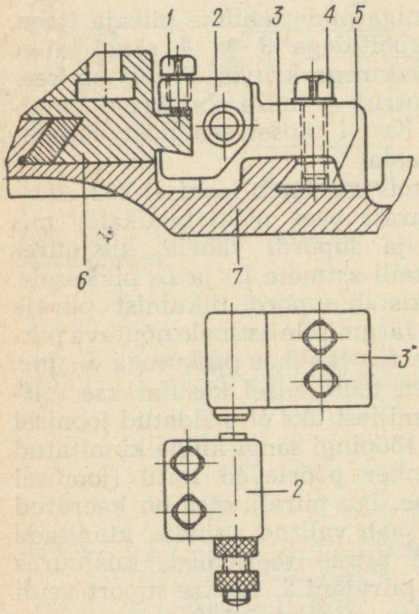
Kui töödeldakse detaili, mis sarnaneb joonisel 262 esitatuga, kasutatakse peale piiraja veel mõõtetahukaid, mis asetatakse sängile piiraja ja supordi vahele, kusjuures tahukate pikkus vastab detaili astmete L_2 ja L_3 pikkusele.

Astme L_1 töötlemisel takistab supordi liikumist piiraja koos kahe mõõtetahukaga. Järgmisele astmele nõutava pikkuse L_2 saamiseks võetakse ära tahukas pikkusega L_2 jne.

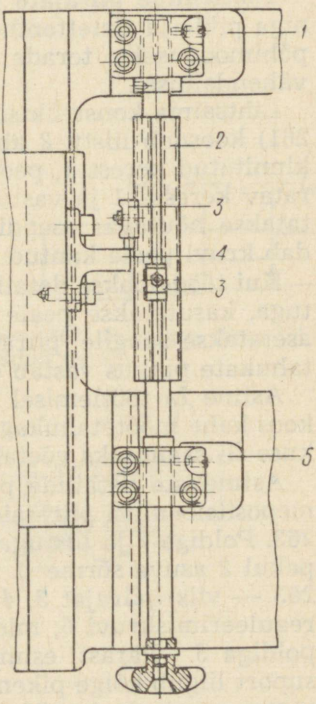
Astmeliste detailide partii töötlemisel kasutatakse mitmepositsioonilisi piirajaid, millest üks on näidatud joonisel 263. Poldiga *7* ja liistuga *8* tööpingi sängi külge kinnitatud pakul *2* asuva sõrme *1* ümber pöörlevad mitu (joonisel 263 — viis) piirajat *3*, *4* jne. Iga piiraja otsa on keeratud reguleerimiskruvi *6*, mida saab valitud asendis kinnitada poldiga *5*. Pärast esimese astme töötlemist, kusjuures suport liigub kõige pikema piirajani *3*, viiakse suport veidi tagasi paremale ja pööratakse piirajat *3* 180° nurga võrra (tema uus asend on joonisel 263 näidatud kriipsjoonega), seejärel töödeldakse teine aste piiraja *4* järgi jne.



Joon. 264. Pikiettenihke indikaatorpiiraja.



Joon. 265. Lihtsaim ristettenihke piiraja.



Joon. 266. Mitmepositsiooniline ristettenihke piiraja.

Töödeldavate astmete (kaelte) pikkuse täpsuse suurendamiseks on otstarbekohane kasutada spetsiaalseid, mõnikord väga lihtsaid seadmeid, mis tagavad piirajale ühesuguse survejõu. Üks sellistest seadmetest on kujutatud joonisel 264; arvuga *4* on tähistatud tavaline piiraja, arvuga *3* — supordi vasakpoolse seina külge kinnitatud toend. Toendis asub varras *6*, mis vedru *2* survel asub äärmises vasakpoolses asendis. Kui supordi liikumisel vasakule reguleerimiskruvi *5* pea, mis on keeratud varda *6* otsa, puudutab piiraja *4* kruvi, nihkub varras *6* paremale ja supordi poolt piirajale rakendatavat survejõudu võib kontrollida osuti *1* järgi, mis vardaga *6* on seotud hammaslattülekande abil.

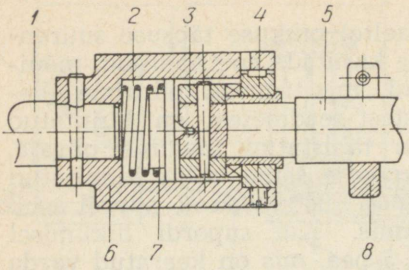
Vaadeldud seadme abil võib kasutada tavalist indikaatorit, mis on kinnitatud tööpingi sängile tavalise piiraja asemel.

Lihtsaim ristettenihke piiraja on näidatud joonisel 265, kus arvuga 7 on tähistatud supordi kelk. Pakk *3* on poltide *4* ja kiilu *5* abil kinnitatud alumisele kelgule, piiraja *2* on aga kinnitatud poltidega *1* ristkelgu *6* astmele.

Mitmepositsiooniline ristettenihke piiraja (joon. 266) asetatakse supordi alumisele kelgule. Laagrites *1* ja *5* pöörleb võll *2*, mille keskmises jämedamas osas on kalasabakujulised sooned. Vajalikesse kohtadesse soontes asetatakse reguleeritavate kruvidega nukid. Supordi ristkelgu liikumise peatab piiraja *4*, mis on kinnitatud supordi vertikaalseina külge.

Täpsemate läbimõõtudega detailide töötlemisel tuleb tavaliste ristettenihke piirajate asemel kasutada indikaatoriga varustatud piirajaid. Ühesugust survet piirajale (mis kindlustab töödeldavate detailide mõõtmete kõikumise vähenemise) võib tagada ristettenihke käsiratta ümberehitamisega nii, nagu näidatud joonisel 259. Käsiratas on asetatud kruvile *12* vabalt ja ühendatud koonilise hõõrdkettaga *6*, mis omakorda on ühendatud kruviga liistu abil. Käsiratast surub vastu hõõrdketast vedru *8*, kusjuures survejõudu võib reguleerida mutri 7 pööramisega. Mutri teatud asendi puhul on piirajale supordi peatamiseks avaldatav surve täpselt määratud. Töötamisel piirajateta peab mutter olema täiesti pingutatud.

Seadmete kasutamine pikettenihke automaatseks väljalülitamiseks. Kui tööpingi ettenihkemehhanismis ei ole ette nähtud seadet ettenihke automaatseks väljalülitami-

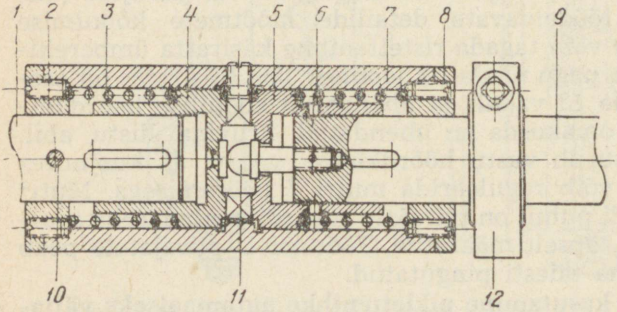


Joon. 267. Seade pikiettenihke automaatseks väljalülitamiseks (1. variant).

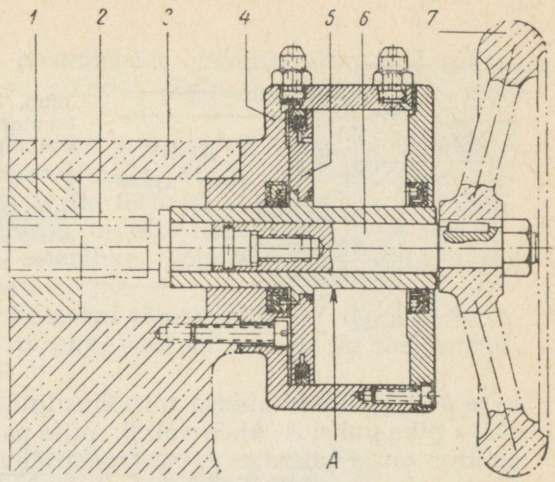
seks (näiteks langevat tigu), tuleb seda teha tööpingi ettenihkemehhanismi lihtsa moderniseerimise abil.

Tööpingi tagumise tsenterpuki poolt spindli poole suunatud ettenihke väljalülitamiseks sobib joonisel 267 esitatud seade. Kere *6* kinnitatakse ettenihetekasti võlli *1* otsale. Võlli pöörlemine antakse tööpingi käiguvõllile *5* edasi nukksiduri abil, mille üks osa *3* on kinnitatud käiguvõlli otsa, mis asub keres *6*; siduri teine osa *4* on kere kaaneks. Siduri osade hambumise tagab vedru *2*, mis toimib osale *3* detaili 7 kaudu. Tagumise tsenterpuki poolt spindli suunas liikuv suport, jõudes rõngani *8*, mis on kinnitatud määratud kohas käiguvõllile, sunnib nihkuma viimast vasakule. Nukksiduri lahtilülitamisel ettenihe katkeb. Supordi liikumisel paremale lülitub nukksidur vedru toimel uuesti sisse.

Kui on vaja lülitada automaatselt välja ettenihet, mis on suunatud tagumise tsenterpuki poolt spindli poole või



Joon. 268. Seade pikiettenihke automaatseks väljalülitamiseks (2. variant).

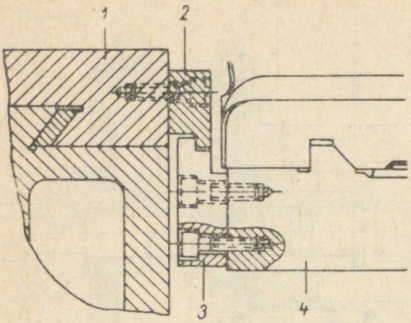


Joon. 269. Pneumaatilise silindriga pinooli juhtimisseade treipingi tagumise tsenterpuki juurde.

vastupidi, võib osutuda kasulikuks joonisel 268 kujutatud seade. Ettenihetekasti võlli *1* ja käiguvõlli *9* otstesse on asetatud nukksidurid *4* ja *5*, mis võllidega on ühendatud liugliistude abil. Sidureid ümbritseb puks 7. Kaaned *2* ja *8* on puksiga ühendatud kruvide abil, kusjuures kaas *2* on omakorda tihvti *10* abil ühendatud ettenihetekasti võlliga. Puksi sees on ääris, mille vastu mõlemad nukksidurid surutakse vedrude *3* ja *6* poolt. Sidurite sellise asendi puhul on nende nukid hambumises ja ettenihetekasti pöörlemine antakse edasi käiguvõllile. Tagumise tsenterpuki poolt spindli poole suunatud ettenihe lülitatakse välja pärast seda, kui liikuv suport toetub vastu käiguvõllile kinnitatud rõngast *12*, mille tõttu võll nihkub vasakule ja lülib toe *11* abil välja siduri *4*. Ettenihke vastupidise suuna puhul suport läheb vastu rõngast, mis on käigukruvile asetatud tagumise tsenterpuki pool. Käiguvõll nihkub sealjuures paremale ja tugi *11* lülitab õla kaudu välja siduri *5*.

4. TAGUMISE TSENTERPUKI JUHTIMISEKS KULUVA AJA VÄHENDAMINE

Pneumaatiline silinder tagumise tsenterpuki pinooli juhtimiseks. Aja vähendamiseks, mis kulub detaili kinnisurumiseks tagumise tsentriga, varustatakse tagumine tsenterpukk järgmise seadmega (joon. 269, *a*). Tsenterpuki



Joon. 270. Seade tagumise tsenterpuki ja supordi ristkelgu ühendamiseks: *1* — supordi ristkelk; *2* ja *3* — haaratsid, mis on kinnitatud vastavalt kelgu ja alusplaadi külge; *3* — tagumise tsenterpuki alusplaat.

kere *3* külge kinnitatakse suruõhusilinder *4*. Läbi kolvis *5* oleva pika puksi *A* läheb võll *6*, mille parempoolsele otsale on kinnitatud käsiratas *7*, vasakpoolsele aga kruvi *2* pinooli liigutamiseks, Võll pöörleb vabalt kolvi puksi *A* avas. Suruõhu juhtimisel silindrisse liigub pinool vastavas suunas. Käsiratta *7* abil nihutatakse pinooli siis, kui sinna on kinnitatud mingi lõikeriist, näiteks puur.

Tagumise tsenterpuki liigutamise mehhaniseerimine. Avade töötlemisel puuride, avardite, hõõritsate või teiste lõikeriistadega, mis on kinnitatud tagumise tsenterpuki pinooli, toimub lõikeriista ettenihe peaaegu alati käsitsi. Ettenihe on tavaliselt väiksem normaalsest, mis on lubatav puuri tugevuse poolest. Seda võib seletada treiali kartusega purustada puur, andes talle liigselt suure ettenihke. Suure läbimõõduga, aga ka väikese läbimõõduga, kuid sügavate avade puurimine on töölisele väsitav. Tööpingi lihtne moderniseerimine, mis on näidatud joonisel 270, võimaldab töödelda avasid ühtlase ja suurima lubatava ettenihkega ega väsita töölist.

5. TÖÖPINGI JUHTIMISEKS KULUVA AJA VÄHENDAMINE

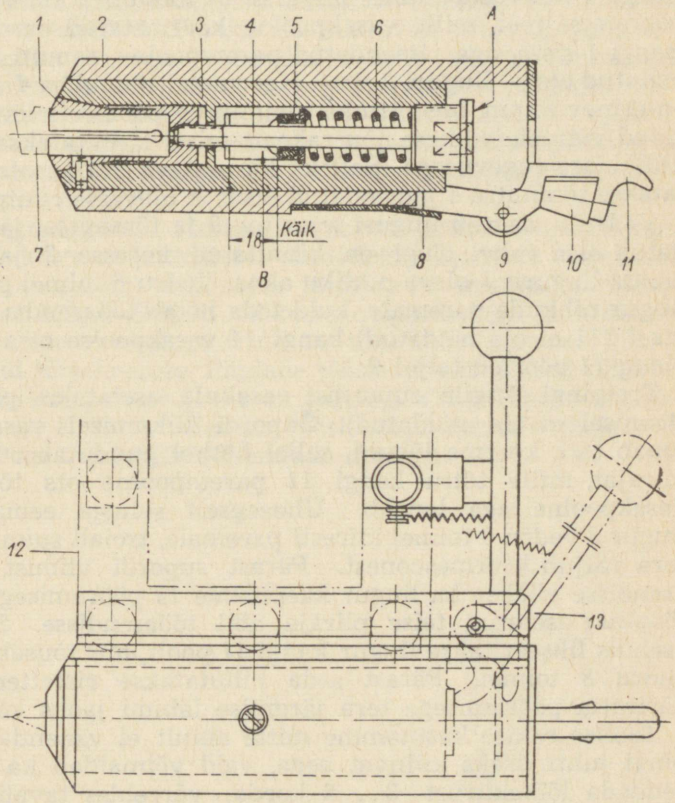
Üldmärkmeid. Tööpingi juhtimiseks kuluvat abiaega saab treimisel vähendada treipingi moderniseerimise või juhtimisvõtete täiustamise teel.

Eespool vaadeldud treipingi 1A62 juhtimine on igati mugav. Tööpingi käivitamiseks ja peatamiseks on kaks ühesuguselt tegutsevat käepidet, nii et treial võib kasutada ühte nendest, millele ta on parajasti lähemal. Ühe-

aegselt treipingi peatamisega pidurdatakse ka inertsi mõjul edasi pöörlev spindel. Spindli pöörete arvu saab muuta kiiresti jne.

Veel rohkem, võrreldes treipingiga 1A62, on täiustatud treipinki 1K62, mida valmistab tehas «Krasnõi Proletari». Sellel treipingil on seade tera kiireks (seade-) nihutamiseks piki- ja ristsuunas, on ette nähtud tagumise tsenterpuki automaatse ettenihke võimalus, on lihtsustatud tsenterpuki kinnitamist jne.

Tööpingi konstruktsiooni täiustamine ei võimalda mitte ainult vähendada abiaegu, vaid vähendada ka töölise füü-



Joon. 271. V. Trutnjevi esitatud rakis tera kiireks eemaleviimiseks keermetamisel.

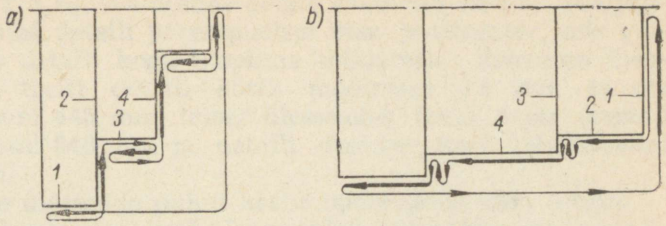
silist pinget. See aga vähendab treiali väsimist, mis mõjub positiivselt tema tööviljakuse tõusule. Treialid, kes töötavad pinkidel, millel taolisi seadmeid ei ole, täiustavad sageli treipingi juhtimist, varustades teda lihtsate piduritega, seadmetega tera kiireks eemaleviimiseks jne.

Joonisel 271 on näidatud rakis tera töödeldavast detailist automaatseks eemaleviimiseks keermetamisel. Kere *2*, mille ühel külgpinnal on aste, kinnitatakse treipingi terahoidjasse *12*. Kere avas asub liugur *3*, millesse tsangi *1* abil kinnitatakse ümmarguse kehaga tera 7. See annab võimaluse seada tera üles mitmetes asendites, arvestades lõigatava keerme tõusunurka. Tera kinnitamiseks vajalik tsangi *1* kokkusurumine liuguris *3* toimub tõmmitsa *4* pööramise teel, mille vasakpoolne keermetatud ots läheb tsangi *1* sisse, aga jämendatud parempoolne, samuti keermetatud ots — liuguri *3* sisse. Keermetel tõmmitsa *4* otstes on erinev samm, mistõttu ka tõmmitsa *4* pööramiseks määratud võtmele väikese jõu rakendamisel kinnitatakse tera küllaldase tugevusega. Selleks kasutatava võtme ots asetatakse tõmmitsa *4* jämendatud otsas *A* olevasse ruutpessa.

Vedru *6* asetseb liuguri avas toe *5* ja tõmmitsa jämendatud otsa vahel. Tugi on kinnitatud keresse *2* ja võib läbida liuguris *3* oleva pikliku akna. Vedru *6* toimel püüab liugur nihkuda paremale, kuid teda hoiab tööasendis (joonisel 271 ei ole näidatud) kangi *11* vasakpoolse otsa aste. Kang *11* pöörleb teljel *9*.

Treipingi sängile, supordist vasakule, asetatakse piiraja (joonisel ei ole näidatud). Supordi liikumisel vasakule jõuab tera keerme lõpuni, sellel hetkel puudutab rull *10* piirajat, mille tõttu kangi *11* parempoolne ots tõuseb, vasakpoolne aga langeb. Üheaegselt sellega eemaldub liugur *3* vedru *6* toimel kiiresti paremale, treiali suunas, ja tera väljub keermesoonest. Pärast supordi viimist algasendisse viiakse ka liugur käepideme *13* pööramisega või tööpinki asetatud teise piiraja abil tööasendisse. Selles asendis fikseeritakse liugur kangi *11* poolt, mis tõuseb üles vedru *8* toimel. Pärast seda nihutatakse ristettenihke käsiratta pööramisega tera järgmise läbimi jaoks kohale.

Taolise rakise kasutamine mitte ainult ei vähenda tööpingi juhtimiseks kuluvat aega, vaid võimaldab ka suurendada lõikekiirust 3 . . . 5 korda, võrreldes tavalisega, seega omakorda tõstab keermetamisprotsessi tootlikkust ja suurendab lõigatava keerme pindade siledust.



Joon. 272. Astmelise kujuga detaili töötlemise järjekorra variandid.

Näide abiaegade vähendamise kohta tööpingi juhtimise täiustamise abil. Astmeliste detailide töötlemisel vähendas treial-novaator G. Bortkevitš tunduvalt tööpingi juhtimiseks kuluvat aega, vähendades tera käsitsi toimuvaid tühikäike. Ta märkas, et tera pikisuunas liigutamine toimub kiiremini kui ristsuunas ja väsitab treialit vähem. Kehtivate abiaja normatiivide kohaselt kulutatakse tera pikisuunas liigutamiseks 2 . . . 4 korda vähem aega kui ristsuunas.

Arvestades seda, hakkas Bortkevitš suurte otspindadega ja lühikeste silindriliste pindadega detailide treimisel kasutama sellist töötlemise järjekorda, mis on näidatud joonisel 272, *a*. Detaili väikeste otspindadega ja pikkade silindriliste astmetega treib ta vastavalt joonisel 272, *b* esitatud järjekorrale. Pindade töötlemise järjekord nii ühe kui ka teise juhuse jaoks on joonisel 272 näidatud numbritega (*1, 2, 3, 4*). Selline töötlemisprotsesside järjekord võimaldas tunduvalt vähendada abiaegu.

IV peatükk. ORGANISATSIOONILIS-TEHNILISED ABINÕUD TREIMISTÖÖDE TOOTLIKKUSE TÕSTMISEKS

1. TEHNOLOOGILISE PROTSESSI RATSIONALISEERIMINE

Operatsioonide koondamine ja jaotamine. Keerulise kujuga detaile töödeldakse tavaliselt mitme ülesseadega. Ülesseadete arv võib sealjuures olla suurem või väiksem vastavalt mitmesugustele tingimustele. Mõnedel juhtudel tootlikkus tõuseb, kui ülesseadete arv on suhteliselt väike, s. t. kasutatakse treimistööde koondatud plaani. Teistel tingimustel tuleb tootlikkuse tõstmiseks operatsioone jaotada mitmeks ülesseadeks, või nagu öeldakse, kasutada töötlemise jaotamise plaani. Kaalutlused, millest tuleb igal üksikjuhul lähtuda, on toodud alljärgnevates näidetes.

Koondatud operatsioonid on kasulikud, kui detaili kuju ja mõõtmed on sellised, et iga detaili uus ülesseadmine tööpinki võtab palju aega, aga samuti, kui detaili võib töödelda tööriista ja lõikerežiimi sagedase vahetamiseta.

Joonisel 273, *a* on näidatud detaili kolm ülesseadet, mis on ette nähtud olemasolevas tehnoloogilises protsessis. Esimeses ülesseades on ette nähtud treida tsentritele kinnitatud detailil äärik mõõtmeni 13 mm ja otsmine aste läbimõõduni 72 mm. Teises ülesseades, pärast detaili pööramist ja kinnitamist padrunisse ning toetamist lünetiga, töödeldakse detaili otspind mõõtmeni 445 mm. Kolmandas ülesseades, detaili samasuguse kinnitusega, treitakse detaili teine ots mõõtmeni 848 mm. Operatsioon kestab kokku 27 min.

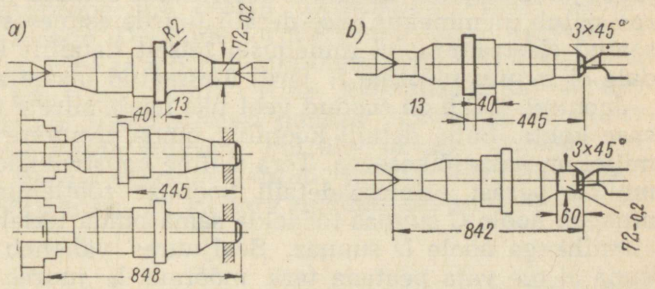
Treiali A. Savinovi ettepanekul selle detaili töötlemise plaan koondati ja detaili hakati töötlema kahe ülesseadega

(joon. 273, *b*), kinnitades detaili tsentrite vahele. Sealjuures toetas detaili parempoolset otsa pooltsenter, mis võimaldas detaili kogu otspinna töötlemist. Esimeses ülesseades treiti detaili äärik mõõtmeni 73 mm ja ots mõõtmeni 445 mm, teises ülesseades treiti teine otspind mõõtmeni 848 mm ja detaili otsmine kael läbimõõduni 72 mm.

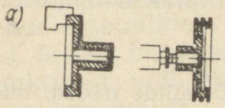
Kahe ülesseade puhul kestis operatsioon vaid 8 min.

Töötlemise jaotatud plaani tuleb kasutada seeriatootmises, kui töödeldava detaili kuju ja mõõtmed on sellised, et tema ülesseadmine ja kinnitamine tööpinki võtab vähe aega, tööriista ja lõikerežiimi tuleb aga mitu korda vahetada.

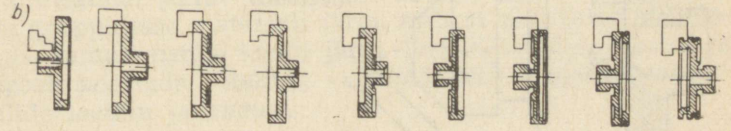
Joonisel 274, *a* on näidatud rihmaratta kaks ülesseadet, mille abil toimus töötlemine. Rihmarattal on palju astmeid, kaelu, sooni ja teisi töödeldavaid pindu, mis teevad vajalikuks lõikeriista mitmekordse vahetamise. Peale selle tuleb koondatud töötlemise puhul treialil sageli vahetada



Joon. 273. Näide operatsioonide koondamisest.



Joon. 274. Näide operatsioonide jaotamisest.



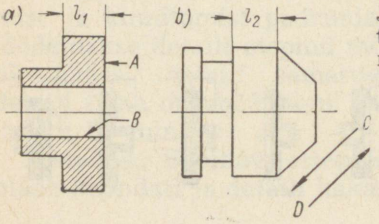
spindli pöörete arvu ja ettenihke suurust, teostada mitmekordseid mõõtmisi jne. Kõik see toob kaasa abiaja suurenemise ja väsitab treiali kiiresti.

Treial-novaator P. Bõkov tegi ettepaneku töödelda seda rihmaratast üheksa ülesseadega (joon. 274, *b*), millega seoses töötlemise tükiaeg vähenes 3 tunnilt 45 minutilt 1 tunni 12 minutini. Kõigi ülesseadete puhul kinnitatakse rihmaratas isetsentreerivasse kolme pakiga padrunisse. Torni ei ole vaja.

Töötamine siirete tsüklilisuse meetodil. Meetodi olemus seisneb selles, et esimese detaili töötlemiseks valitud siirete järjestus muudetakse vastupidiseks teise detaili töötlemisel; kolmandat detaili töödeldakse samuti nagu esimest, neljandat — nagu teist jne. Nii näiteks treitakse detaili ühe ülesseadega (joon. 275, *a*) otspind *A* ja ava *B*. Sealjuures treitakse esimesel ja igal järgneval paarituarvulise järjekorranumbriga detailil algul otspind ja seejärel ava. Teisel detailil (ja kõigil järgnevatel paarisarvulise järjekorranumbriga detailidel) aga treitakse algul ava ja seejärel otspind. Detailide töötlemisel sellises järjekorras säilub üleminekul teise detaili juurde esimesest mõõtu seatud sisetreitera, üleminemisel teiselt detaililt kolmandale ei muutu mõõtme l_1 järgi ülesseatud otsatera asend.

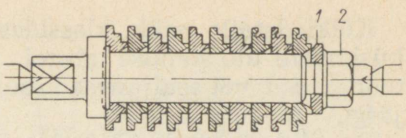
Joonisel 275, *b* on toodud veel üks näide siirete tsüklilisuse kohta. Selle detaili koonilist pinda treitakse teraga, millel on kaks lõikeserva. Tera selline konstruktsioon võimaldab pärast esimese detaili koonuse töötlemist ettenihkega noole *C* suunas töödelda sama pinda teisel detailil ettenihkega noole *D* suunas. Sealjuures väheneb abiaeg, kuna ei ole vaja peatada tera mõõtme l_2 juures ja viia tagasi lähteasendisse.

Mitme detaili üheaegne töötlemine. Selle meetodi panus treimistööde tootlikkuse tõstmisesse seisneb selles, et detailide töötlemisel partiidena kinnitatakse tööpingile



Joon. 275. Detailide näited, mida töödeldakse siirete tsüklilisuse meetodil.

Joon. 276. Näide mitme detaili üheaegsest töötlemisest.



üheaegselt mitu detaili. Sealjuures vähenevad detailide ülesseadmiseks, tera ülesseadmiseks, mõõtmisteks jne. kuluvad ajad. Üheaegselt ülesseatavatest detailidest iga detaili kohta tulev ülesseadmise ja kinnitamise aeg väheneb vaadeldava meetodi puhul mõnikord vähe. Kuid aeg, mis kulub tera mõõtuseadmiseks, mõõtmiseks jne. iga detaili kohta üheaegselt töödeldavate detailide hulgast, väheneb nii mitu korda, kui suur on üheaegselt töödeldavate detailide arv. Kui näiteks tera antud mõõtmesse seadmise aeg tavalisel viisil töötlemisel on üks minut, siis kümne detaili üheaegsel kinnitamisel tuleb tera ülesseadmise aeg iga detaili kohta 0,1 min.

Näide mitme detaili üheaegsest töötlemisest on toodud joonisel 276. Aeg iga detaili ülesseadmiseks kümnest on ligikaudu võrdne ühe detaili ülesseadmise ajaga samasugusele tornile. Detailide tornile kinnitamise aeg (seibi *1* kohaleasetamine ja mutri *2* kinnikeeramine) on ühesugune nii ühel kui teisel juhul. Kuid loomulikult on tornile kümne detaili ülesseadmisel nendest igaühe kohta kuluv aeg kümne korda väiksem, kui ühe detaili kinnitamisel. Kümme korda väiksem (antud juhul), kui ühe detaili kaupa töötlemisel, on ka tera mõõtuseadmiseks kulutatav aeg jne.

2. DETAILIDE GRUPIVIISILISE TÖÖTLEMISE KASUTAMINE

Eelmärkmeid. Metallilõikepinkides, eriti treipinkides töödeldavate detailide kuju ja mõõtmed, aga samuti ka nendele detailidele esitatavad nõuded, on väga mitmekesised. Sellest hoolimata, vaadeldes detaile erinevatest vaatepunktidest, võib neid jagada suhteliselt vähestesse klassidesse, gruppidesse jne.

Lihtsaimal juhul võib kõiki detaile jagada klassidesse või gruppidesse materjali järgi, millest nad tuleb valmistada, samuti nende kaalu järgi. See võimaldab kiiresti ja täpselt koostada detailide valmistamiseks vajalike materjalide loetelu ja kogust.

Kõiki detaile võib klassidesse ja gruppidesse jagada küsimuste üldistamise alusel, mis kerkivad esile nende töötlemisel, või sealjuures kasutatavate seadmete tunnuste järgi.

Detailide jagamine klassidesse nende töötlemise üldistamise alusel või töötlemisel kasutatavate seadmete liikide järgi annab võimaluse luua sellist tehnoloogilist protsessi, valmistada selliselt ette töötlemiseks vajalikke pinke, samuti tootmist tervikuna, mille puhul detailide valmistamine toimuks kõige ratsionaalsemalt ja ökonoomsemalt. Selle ülesande lahenduse, mis on tuntud kui detailide grupiviisilise töötlemise meetod, töötas välja Lenini preemia laureaat, tehnikadoktor S. Mitrofanov.

Detailide grupiviisilise töötlemise meetodi olemus. Detailide operatsioonide järgi[1] grupeerimise meetodi olemus seisneb järgnevas. Kõik detailid jagatakse klassidesse seadmete tunnuste järgi, mis tagavad nende kõige ratsionaalsema valmistamise kindlate tehnoloogiliste operatsioonide lõikes (või tervikuna — lihtsa kujuga detailide puhul, mida töödeldakse ühetüübilistes pinkides). Nii näiteks luuakse detailide klassid, milliseid töödeldakse trei-, revolver-, frees- ja teistel pinkidel.

Iga klassi piires jagatakse detailid gruppidesse, arvestades detaili kuju, s. o. tema kuju moodustavate elementide, töötlemisele kuuluvate pindade, nende detailide valmistamise tehnoloogilise protsessi ehituse üldistusi.

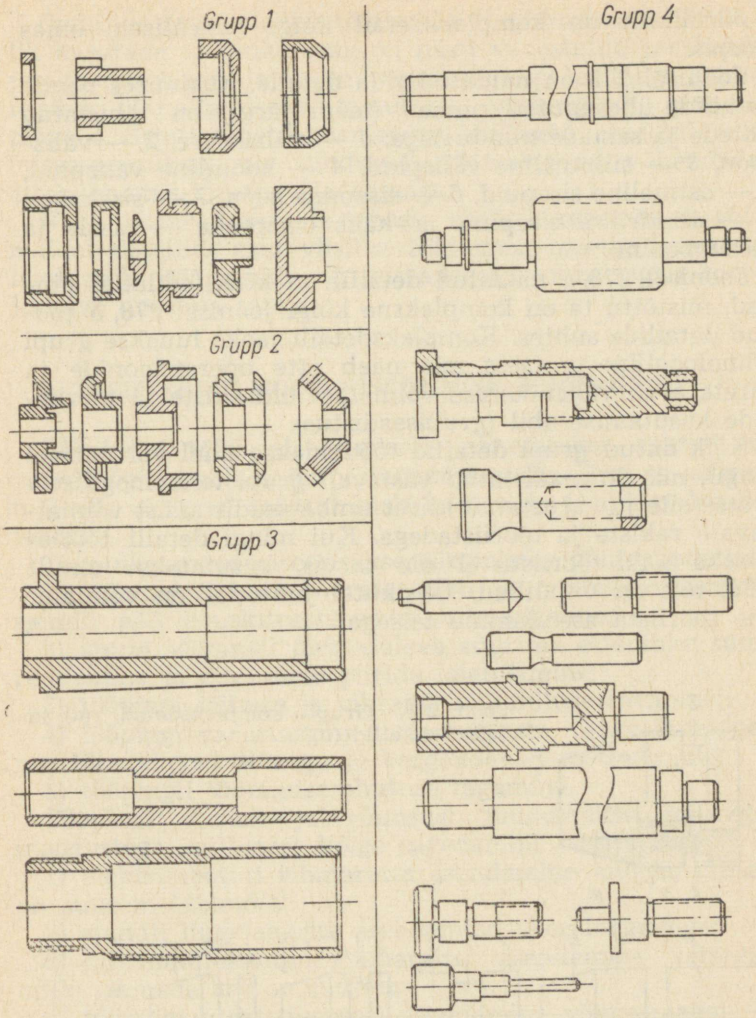
Ühe grupi detaile tuleb töödelda ühetaolistel seadmetel, kasutades grupiseadistust ja selle grupi jaoks iseloomulikke rakiseid ja tööriistu.

Näitena on joonisel 277 toodud neli detailide gruppi, mida töödeldakse treipinkidel.

Mingi grupi detailide tehnoloogilise protsessi väljatöötamiseks (mida nimetatakse grupiviisiliseks) eraldatakse igast grupist selle jaoks iseloomulik detail, mida nimetatakse kompleksdetailiks. See detail koosneb reast lihtsatest pindadest: sisemistest ja välimistest silindrilistest ning koonilistest pindadest, sisemistest ja välimistest soontest, keermetatud pindadest jne. Ülejäänud detailidel on vaid mõned nendest pindadest.

---

[1] On võimalik grupeerida detaile ka kogu tehnoloogilise protsessi järgi, mille aluseks on detailide konstruktsioonilis-tehnoloogiline üldistus.



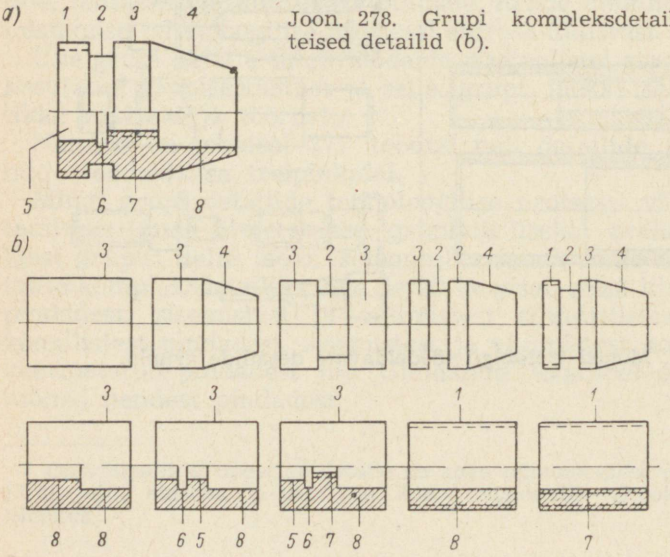
Joon. 277. Mõned treipingil töödeldavate detailide grupid.

Järelikult on kompleksdetail kõige keerulisem omas grupis.

Joonisel 278 on näidatud rida detaile, kusjuures nende detailide ühesugused pinnad (laadi järgi) on tähistatud ühtede ja samade numbritega: *1* — väliskeere, *2* — välissoon, *3* — silindriline välispind, *4* — kooniline välispind, *5* — astmeline sisepind, *6* — sisemine soon, *7* — sisekeere, *8* — silindriline sisepind ja kaks otsapinda — vasak- ja parempoolne.

Joonisel 278, *a* näidatud detailil on kõik loetletud pinnad, mistõttu ta on kompleksne kõigi joonisel 278, *b* toodud detailide suhtes. Kompleksdetaili jaoks luuakse grupi tehnoloogiline protsess, mis näeb ette operatsioonide ja siirete arvu vähendamise võimalust üldrakiste ja tööriistade kasutamise abil (grupiseadistus).

Kõik antud grupi detailid töödeldakse ühel või mitmel pingil, mis on seadistatud vastavalt grupi tehnoloogilisele protsessile ja varustatud kiiret ümberseadistamist võimaldavate rakiste ja tööriistadega. Kui mingi detaili töötlemiseks kõiki tööriistu ei ole tarvis, kasutatakse ainult neid, mis on vajalikud. Üksikutel juhtudel on võimalik ühe tööriista asendamine teisega.



Joon. 278. Grupi kompleksdetail (*a*) ja teised detailid (*b*).

Detailide grupiviisilise töötlemise tingimustes on võimalik kasutada tööpinke, mis on hästi varustatud terahoidjatega mitme tera jaoks, mitmekohaliste pidemetega lõikeriistade kinnitamiseks tagumise tsenterpuki pinooli, piki- ja ristettenihete piirajatega (milliseid vaadeldi eelmises peatükis), mis tunduvalt võimaldavad vähendada ettevalmistus-lõpetus- ja abiaega.

Nagu näitavad paljude tehaste tööliste kogemused, võimaldab detailide grupiviisilise töötlemise meetod kasutada laialdaselt tööpinkide grupiseadistust, mis tagab tootlikkuse tunduva tõusu.

3. TREIPINKIDE MODERNISEERIMISE PÕHISUUNAD

Üldalused. Moderniseerimiseks nimetatakse suhteliselt vana tööpingi sellist ümbertegemist, mille järgi ta suuremal või vähemal määral saab kaasaegse treipingi kvaliteedi.

Tööpinke moderniseeritakse järgmistes põhisuundades:

1) tööpingi spindli pöörete arvu ja võimsuse, samuti spindli pöörlemiskiiruste arvu suurendamine;

2) antud tööpingil olemasoleva suurima ettenihke suurendamine ja ettenihete piiride laiendamine;

3) tööpingi jäikuse ja vibratsioonikindluse tõstmine;

4) tööpingi varustamine mitmesuguste lisaseadmetega, mis lühendavad abiaega ja kergendavad töötingimusi;

5) tööpingil töötamise ohutuse tagamine.

Tööpingi kiirust ja võimsust muudetakse mitmete moodustega, millistest kõige sagedamini kasutatakse:

1) elektrimootori rihmaratta asendamine uuega, millel on suurem läbimõõt;

2) spindli liugelaagrite asendamine veerelaagritega;

3) kiilrihmülekande rihmaratta asendamine teisega, mille rihmade arv on suurem;

4) tööpingi elektrimootori asendamine võimsamaga;

5) lamerihmülekande asendamine kiilrihmülekandega;

b) hõõrdsiduri ketaste arvu suurendamine;

7) parema konstruktsiooniga ja suurema ketaste arvuga siduri kasutamine;

8) kiirustekasti kõige nõrgema lüli (näiteks hammasratasploki) asendamine ja kiirustekasti määrimissüsteemi parandamine.

Tööpingi kiiruste arvu suurendamiseks asetatakse tema kiirustekasti täiendavad hammasrataspaarid.

Suurima ettenihke suurendamiseks väikseimat muutmata asetatakse ettenihetekasti või ettenihke ajamivõllidele kiirustekastis täiendavad hammasrattad. Kõikide ettenihete suurendamiseks muudetakse kitarri hammasrataste, ettenihetekasti viimase hammasrattapaari, mis annab pöörlemise käiguvõllile ja supordipõlle hammasrataste ülekandesuhet.

Tööpingi jäikuse ja vibratsioonide summutamisvõime tõstmiseks on vajalik:

a) asetada tööpingi elektrimootor põrandale või tööpingi alumisele osale;

b) paremini sobitada liugelaagrite liuad keresse või suurendada spindli ja teiste kiirustekasti võllide liugelaagrite rõngaste istu tihedust;

c) balansseerida kiirestipöörlevad detailid, kasutada tasakaalustatud padruneid jne.;

d) tõsta rihm- ja hammasülekannete töötamise sujuvust, kasutada kiilrihmu lamerihmade asemel, kasutada kaasaegsemaid rihmade ühendamise mooduseid, mis võimalikult vähe muudaksid nende paksust liitekohas;

e) suurendada tagumise tsenterpuki tööpingi külge kinnitamise ja pinooli tsenterpuki külge kinnitamise jäikust;

f) tõsta supordi kõigi osade juhtpindade sobitamise kvaliteeti ja kõrvaldada lõtkud ristkelgu mutris.

Ülaltoodud võimalused treipingi moderniseerimiseks lubavad suurendada lõikerežiime antud tööpingis ja vähendada töötlemise põhiaega.

Mitte ühtegi võimalust, mis on seotud treipingi konstruktsiooni muutmisega, ei tohi rakendada enne, kui on arvutuse teel kontrollitud tööpingi detailidele lubatavad kiirused ja võimsused.

Tööpingi varustamine täiendavate seadmetega, mis võimaldavad lühendada abiaega. Neid seadmeid võib kasutusalade järgi jagada järgmisteks põhigruppideks:

a) rakised töödeldavate detailide kinnitamiseks;

b) ratsionaalsed seadmed lõikeriistade kinnitamiseks;

c) seadmed supordi liikumise lugemiseks;

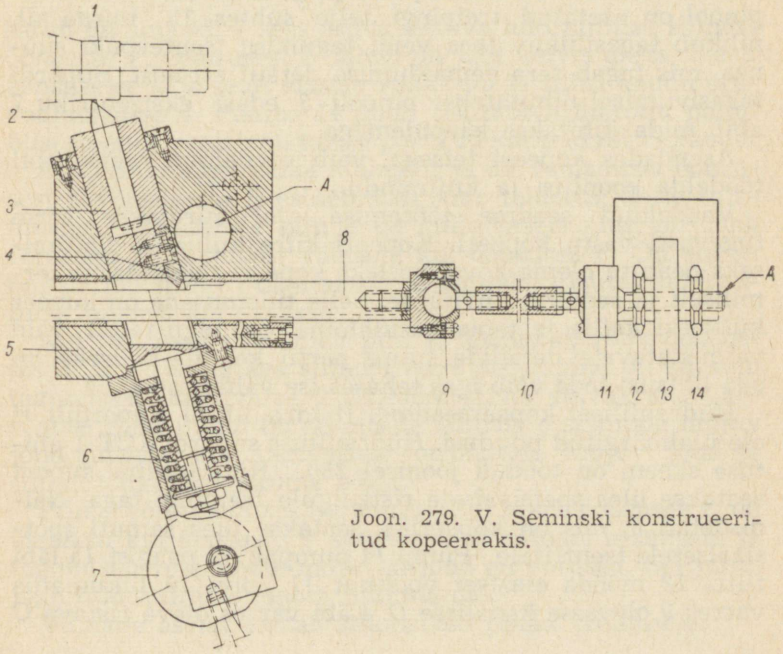
d) kopeerimisseadmed.

Näiteid selliste rakiste ja seadmete, välja arvatud kopeerimisseadmed, kohta on toodud eelmises peatükis. Siin rõhutame vaid järgmist.

Esmajärguliseks ülesandeks detailide kinnitamise küsimuse lahendamisel on kinnitusseadmete juhtimiseks määratud mehaaniliste, näiteks pneumaatiliste ajamite laialdane kasutamine. Igal juhul, muidugi kui see millegi pärast pole võimalik, tuleb kasutada kiirelttoimivaid kinnitusseadmeid, mis võimaldavad kinnitada detaili tema ülesseadmisprotsessis täiendava ajakuluta (hammaspinnaga eesmine tsenter, kaasaveotsenter) või minimaalse ajakuluga (võtmata padruneid).

Mitmesuguste mitmekohaliste seadmete kasutamise vajadus lõikeriistade kinnitamiseks nii supordile kui ka tagumise tsenterpuki pinooli, on ilmne. Sama võib öelda ka supordi liikumist lugevate ja määravate seadmete — limbid, piirajad jne. — juurutamise ja pideva kasutamise kohta. Märgime siinjuures veel kord, et tööpingi varustamine taoliste seadmetega on vältimatuks tingimuseks detailide grupiviisilise töötlemise kasutamisel.

Kõige lihtsamat kopeerimisseadet vaadeldi kujupindade töötlemise kirjeldamisel. Keerukamad seadmed samaks eesmärgiks võimaldavad töödelda mitte ainult kõverjoo-



Joon. 279. V. Seminski konstrueeritud kopeerrakis.

nelist profiili, vaid ka astmelise kujuga detaile. Sealjuures mehhaniseeritakse detailide töötlemise protsessi tunduvalt.

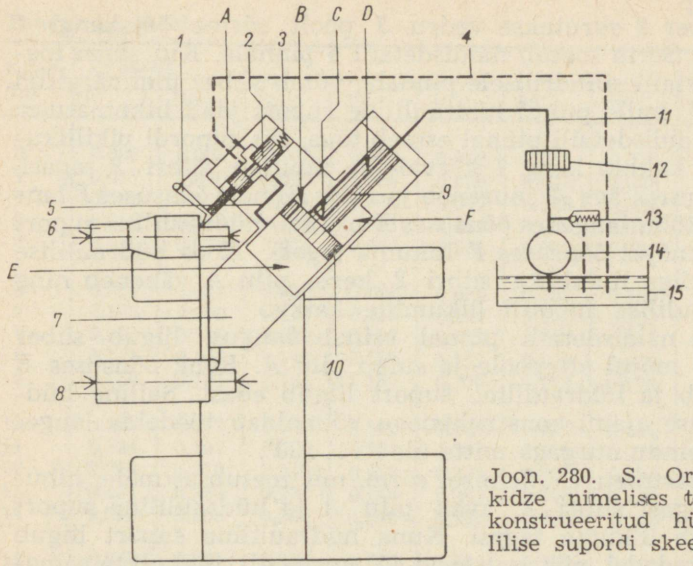
Joonisel 279 on näidatud kopeerrakis astmeliste pindade töötlemiseks, mille esitas treial-novaator V. Seminski. Rakise keres *5*, mis on asetatud treipingi supordile, asetseb tavalise terahoidja asemel pinool *3* koos lõiketeraga *2*, mis liigub telgsuunas. Vedru *6* toimel surutakse sõrm *4* vastu kopeeri *8* pinda. Kopeer kujutab endast astmelise pinnaga kangi. Kopeeri astmete pikkus võrdub töödeldava detaili *1* kaelte pikkusega, nende kõrgus aga vastab detaili kaelte raadiuste erinevusele. Kopeer *8* on liigendi *9*, tõmmitsa *10*, siduri *11* ja saba *A* kaudu ühendatud toendiga *13*, mis on kinnitatud pingi sängile. Liigendi saba läbib toendis *13* horisontaalselt asuva pikliku ava. Sellise ava olemasolu võimaldab kopeeri nihutada (koos supordi ristkelguga) ja mutrite *12* ning *14* abil seada telgsuunas.

Supordi automaatsel pikiettenihkel libiseb sõrm *4* piki kopeeri järjekordse astme pinda. Hetkel, mil sõrm jõuab kopeeri astmeni (meenutame, et tööprotsessis liigub suport vasakule, aga kopeer on liikumatu), hüppab ta kiiresti vedru *6* toimel kopeeri järgmisele astmele. Kuna pinool on asetatud treipingi telje suhtes 15° nurga all, nihkub tagasiliikuv tera veidi tagumise tsenterpuki suunas, mis tagab tera eemaldumise detaili astmest. Supordi tagasiviimisel nihutatakse pinooli *3* edasi ekstsentriku 7 abil, mida juhitakse käepidemega.

Asendades kopeeri teisega, võib vaadeldud rakise abil töödelda koonilisi ja kujupindu.

Vaadeldud seadme töötamise ajal surutakse sõrm tugevasti vastu kopeeri. Kopeeri kiire kulumise vältimiseks peab ta olema kõva, milleks kopeeri töödeldakse termiliselt ja seejärel lihvitakse. Selle tulemusena on kopeer küllaltki kallis ja tema kasutamine on õigustatud vaid valmistatavate detailide suure partii korral. Eeliseks on aga lihtsus; teda võib igas tehases ise valmistada.

Hüdraulilisel kopeerseadmel (hüdraulilisel supordil) ei ole ülalmärgitud puudusi. Hüdraulilise supordi KCT-1 ehituse skeem on toodud joonisel 280. Hüdrauliline suport seatakse üles spetsiaalsele ristkelgule treipingi taga. Näidisdetail *6*, mis on kopeeriks, seatakse üles samuti spetsiaalsetele tsentritele. Pump *14* pumpab õli paagist *15* läbi filtri *12* mööda elastset voolikut *11* kolvi *10* liikumatus varres *9* olevasse kanalisse *D*. Läbi varres oleva ristava *C*



Joon. 280. S. Ordžonikidze nimelises tehases konstrueeritud hüdraulilise supordi skeem.

satub õli supordi 7 sees asuva liikuva hüdraulilise silindri õõnsusse *F*. Õõnsusest *F* läheb õli läbi kolvis oleva ava *B* õõnsusesse *E* ja sealt elastse vooliku *5* ja siibri kaudu äravoolutorusse *4*. Pumba *14* poolt tekitatava ülerõhu puhul õlisüsteemis voolab õli tagasi paaki *15* kaitseklabi *13* kaudu.

Aval *B* on väga väike läbimõõt ja õli voolamisel õõnsusest *F* õõnsusesse *E* esineb seal suur takistus. Selle tulemusena, kui siibri *2* pilu *A* on küllaldaselt suur, on rõhk õõnsuses *E* tunduvalt väiksem kui õõnsuses *F*. Õli surve, mis mõjub silindri tagumisele otspinnale, liigutab hüdraulilise supordi kere tagasi.

Kui jaotussiiber *2* suleb pilu *1*, ühtlustub rõhk õõnsustes *E* ja *F*. Kuna aga silindri eesmine otspind on suurem tagumisest (kolvivarre *9* ristlõike pinna võrra), siis ühesuguse rõhu puhul on eesmisele silindri otspinnale mõjuv jõud suurem, kui tagumisele otspinnale mõjuv jõud ja silinder hakkab liikuma edasi.

Pilule võib anda sellise suuruse, et rõhk õõnsuses *E* on väiksem kui õõnsuses *F* sedavõrd, et silindri eesmisele ja tagumisele otspinnale mõjuvad jõud on võrdsed. Sel juhul jääb hüdrauliline suport liikumatuks.

Viimane asend vastab silindrilise pinna treimisele.

Siiber *2* surutakse vedru *3* poolt sõrme õõtskangi *1* vastu. Sõrm toetub näidisdetaili *6* pinnale. Kui sõrm toetub detaili silindrilisele pinnale, võtab siiber ülalmärgitud asendi, mille puhul hüdrauliline suport jääb liikumatuks. Kui näidisdetaili pinnal esineb tõus, siis supordi pikiliikumisel kaldub kang *1* kõrvale ja nihutab siibri *2* tagasi. Sealjuures ava *A* suureneb ja rõhk silindri õõnsuses *E* langeb. Rõhu langedes õõnsuses *E* hakkab hüdrauliline suport rõhu mõjul õõnsuses *F* liikuma tagasi. Koos hüdraulilise supordiga liigub ka siibri *2* kere, pilu *A* väheneb ning hüdraulilise supordi liikumine katkeb.

Kui näidisdetaili pinnal esineb langus, liigub siiber vedru mõjul ettepoole ja suleb pilu *A*. Rõhk õõnsuses *E* kasvab ja hüdrauliline suport liigub edasi. Selline hüdraulilise ajami konstruktsioon võimaldab töödelda langevaid pindu nurgaga mitte üle 25 . . . 30°.

Ristastmete töötlemisel sõrm, mis toetub astmele, nihutab tagasi siibri *2*, avab pilu *A* ja hüdrauliline suport hakkab liikuma tagasi. Kuna hüdrauliline suport liigub juhtpindadel, mis asetsevad 45° nurga all, nihkub ta samaaegselt alumise kelgu suhtes tagumise tsenterpuki poole, kompenseerides alumise kelgu pikiliikumist. Selle tõttu liigub tera pinnas, mis on risti töödeldava detaili *8* teljega ja töötleb vastava astme otspinna.

Hüdraulilise supordi selline konstruktsioon võimaldab töödelda vaid neid otspindu, mis on pööratud tagumise tsenterpuki poole. Seepärast tuleb enamik detaile töödelda kahe ülesseadega, neid vahepeal pöörates. Enne töödeldakse tagumise tsenterpuki pool asuv otspind, pärast selle vastas asuv otspind.

Paljude tehaste kogemused näitavad, et hüdrauliline suport tagab täpsuse 3. ja 4. klassi vahel.

Treipingil ohutu töötamise tagamine. Treipingi moderniseerimisel pööratakse erilist tähelepanu selliste tingimuste loomisele, mille puhul töötamine oleks töölisele ohutu.

Kõik kinnitusrakised, mis ei rahulda ohutuse nõudeid, vahetatakse teistega. Nii näiteks asendatakse avatud kaasaveopadrunid kinnistega. Spindli otsa täiendatakse seadmega, mis väldib padruni lahtikeerdumist spindlilt.

Moderniseeritud pingid varustatakse seadmetega laastu ja tolmu eemaldamiseks habraste metallide töötlemisel, samuti spetsiaalsete ekraanidega, mis kaitsevad treialit eemalelendavate laastude eest.

Tangensite tabel

Kraadid	Tangens 0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	Kraadid
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	0,017	0
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	0,035	1
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	0,052	2
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	0,070	3
4	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082	0,085	0,087	4
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	0,105	5
6	0,105	0,108	0,111	0,114	0,117	0,120	0,123	6
7	0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138	0,141	7
8	0,141	0,144	0,146	0,149	0,152	0,155	0,158	8
9	0,158	0,161	0,164	0,167	0,170	0,173	0,176	9
10	0,176	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	0,194	10
11	0,194	0,197	0,200	0,203	0,206	0,210	0,213	11
12	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225	0,228	0,231	12
13	0,231	0,234	0,237	0,240	0,243	0,246	0,249	13
14	0,249	0,252	0,256	0,259	0,262	0,265	0,286	14
15	0,268	0,271	0,274	0,277	0,280	0,284	0,287	15
16	0,287	0,290	0,293	0,296	0,299	0,303	0,306	16
17	0,306	0,309	0,312	0,315	0,319	0,322	0,325	17
18	0,325	0,328	0,331	0,335	0,338	0,341	0,344	18
19	0,344	0,348	0,351	0,354	0,357	0,361	0,364	19
20	0,364	0,367	0,371	0,374	0,377	0,381	0,384	20
21	0,384	0,387	0,391	0,394	0,397	0,401	0,404	21
22	0,404	0,407	0,411	0,414	0,418	0,421	0,424	22
23	0,424	0,428	0,431	0,435	0,438	0,442	0,445	23
24	0,445	0,449	0,452	0,456	0,459	0,463	0,466	24
25	0,466	0,470	0,473	0,477	0,481	0,484	0,488	25
26	0,488	0,491	0,495	0,499	0,502	0,506	0,510	26
27	0,510	0,513	0,517	0,521	0,524	0,528	0,532	27
28	0,532	0,535	0,539	0,543	0,547	0,551	0,554	28
29	0,554	0,558	0,562	0,566	0,570	0,573	0,577	29
30	0,577	0,581	0,585	0,589	0,593	0,597	0,601	30
31	0,601	0,605	0,609	0,613	0,617	0,621	0,625	31
32	0,625	0,629	0,633	0,637	0,641	0,645	0,649	32
33	0,649	0,654	0,658	0,662	0,666	0,670	0,675	33
34	0,675	0,679	0,683	0,687	0,692	0,696	0,700	34
35	0,700	0,705	0,709	0,713	0,718	0,722	0,727	35
36	0,727	0,731	0,735	0,740	0,744	0,749	0,754	36
37	0,754	0,758	0,763	0,767	0,772	0,777	0,781	37
38	0,781	0,786	0,791	0,795	0,800	0,805	0,810	38
39	0,810	0,815	0,819	0,824	0,829	0,834	0,839	39

Kraadid	Tangens							Kraadid
	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
40	0,839	0,844	0,849	0,854	0,859	0,864	0,869	40
41	0,869	0,874	0,880	0,885	0,890	0,895	0,900	41
42	0,900	0,906	0,911	0,916	0,922	0,927	0,933	42
43	0,933	0,938	0,943	0,949	0,955	0,960	0,966	43
44	0,966	0,971	0,977	0,983	0,988	0,994	1,000	44
45	1,000	1,006	1,012	1,018	1,024	1,030	1,036	45
46	1,036	1,042	1,048	1,054	1,060	1,066	1,072	46
47	1,072	1,079	1,085	1,091	1,098	1,104	1,111	47
48	1,111	1,117	1,124	1,130	1,137	1,144	1,150	48
49	1,150	1,157	1,164	1,171	1,178	1,185	1,192	49
50	1,192	1,199	1,206	1,213	1,220	1,228	1,235	50
51	1,235	1,242	1,250	1,257	1,265	1,272	1,280	51
52	1,280	1,288	1,295	1,303	1,311	1,319	1,327	52
53	1,327	1,335	1,343	1,351	1,360	1,368	1,376	53
54	1,376	1,385	1,393	1,402	1,411	1,419	1,428	54
55	1,428	1,437	1,446	1,455	1,464	1,473	1,482	55
56	1,483	1,492	1,501	1,511	1,520	1,530	1,540	56
57	1,540	1,550	1,560	1,570	1,580	1,590	1,600	57
58	1,600	1,611	1,621	1,632	1,643	1,653	1,664	58
59	1,664	1,675	1,686	1,698	1,709	1,721	1,732	59
60	1,732	1,744	1,756	1,768	1,780	1,792	1,804	60
61	1,804	1,816	1,829	1,842	1,855	1,868	1,881	61
62	1,881	1,894	1,907	1,921	1,935	1,949	1,963	62
63	1,963	1,977	1,991	2,006	2,020	2,035	2,050	63
64	2,050	2,066	2,081	2,097	2,112	2,128	2,145	64
65	2,145	2,161	2,177	2,194	2,211	2,229	2,246	65
66	2,246	2,264	2,282	2,300	2,318	2,337	2,356	66
67	2,356	2,375	2,395	2,414	2,434	2,455	2,475	67
68	2,475	2,496	2,517	2,539	2,561	2,583	2,605	68
69	2,605	2,628	2,651	2,675	2,699	2,723	2,748	69
70	2,748	2,773	2,798	2,824	2,850	2,877	2,904	70
71	2,904	2,932	2,960	2,989	3,018	3,048	3,078	71
72	3,078	3,108	3,140	3,172	3,204	3,237	3,271	72
73	3,271	3,305	3,340	3,376	3,412	3,450	3,487	73
74	3,487	3,526	3,566	3,606	3,647	3,689	3,732	74
75	3,732	3,766	3,821	3,867	3,914	3,962	4,011	75
76	4,011	4,061	4,113	4,165	4,219	4,275	4,331	76
77	4,332	4,390	4,449	4,511	4,574	4,638	4,705	77
78	4,705	4,733	4,843	4,915	4,989	5,066	5,145	78
79	5,145	5,226	5,309	5,396	5,485	5,576	5,671	79

Kraadid	Tangens							Kraadid
	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
80	5,671	5,769	5,871	5,976	6,084	6,197	6,314	80
81	6,314	6,435	6,561	6,691	6,827	6,968	7,115	81
82	7,115	7,269	7,429	7,596	7,770	7,963	8,144	82
83	8,144	8,345	8,556	8,777	9,010	9,255	9,514	83
84	9,514	9,788	10,078	10,385	10,712	11,059	11,430	84
85	11,430	11,826	12,250	12,706	13,197	13,727	14,301	85
86	14,301	14,924	15,605	16,350	17,169	18,075	19,081	86
87	19,081	20,206	21,470	22,904	24,542	26,432	28,636	87
88	28,636	31,242	34,368	38,189	42,964	49,104	57,290	88
89	57,290	68,750	85,940	114,589	174,885	343,774		89

SISUKORD

Esimene osa. Treimistööde üldküsimused

I peatükk. Põhiteatmeid lõikeprotsessist ja lõiketeradest . 5
1. Vajalikud mõisted ja määrangud 5
2. Algteadmisi metallide lõiketeooriast 15
3. Algteadmisi treiteradest 24

II peatükk. Treipingid ja nende hooldamine 41
1. Universaaltreipink 1A62 41
2. Universaaltreipink 1K62 64
3. Treipinkide hooldamine ja nendel töötamise ohutus 68

III peatükk. Treipingil töödeldavate detailide kinnitamine 73
1. Rakised tsentritel töödeldavate detailide kinnitamiseks 73
2. Rakised detailide kinnitamiseks välimise pinna kaudu 83
3. Rakised detailide kinnitamiseks avade kaudu . . 95

IV peatükk. Treipinkidel töödeldavate pindade karedus (siledus) ja täpsus 100
1. Jäikus ja vibratsioonid treimisel 100
2. Pinnakareduse ja täpsuse sõltuvus treimistingimustest 106
3. Põhiteadmisi tolerantsidest ja istudest 111
4. Üldteadmisi baasidest ja detailide baseerimisest treipinkidel 120

Teine osa. Põhilised treimistööd

I peatükk. Silindriliste välis- ja otspindade töötlemine . 125
1. Silindriliste välispindade musttreimine 125
2. Silindriliste pindade puhastöötlemine 151
3. Otspindade ja astmete töötlemine 170
4. Soonte lõikamine ja mahalõikamine 175

II peatükk. Silindriliste avade töötlemine 184
1. Avade puurimine, ülepuurimine ja avardamine . . 184
2. Avade sisetreimine 191
3. Avade hõõritsemine 194
4. Avade mõõtmine 200
5. Avades asetsevate astmete ja soonte töötlemine . . 204

III peatükk. Kooniliste pindade töötlemine 209
1. Üldandmeid koonustest 209
2. Väliskoonuste töötlemine ülesseatud (laia) lõiketeraga 213
3. Väliskoonuste töötlemine supordi pööratud ülemise kelgu abil 215
4. Väliskoonuste töötlemine kõrvalenihutatud tagumise tsenterpukiga 217
5. Väliskoonuste töötlemine koonusjoonlaua või hüdraulilise supordi abil 223
6. Kooniliste avade töötlemine 226

IV peatükk. Keermetamine 231
1. Üldmõisteid keermetest 231
2. Põhiteadmisi keermete tolerantsidest 237
3. Treipinkide häälestamine keermetamiseks 240
4. Kolmnurkkeerme lõikamine teradega 247
5. Kolmnurkkeerme lõikamine keermelõikurite ja puuridega 260
6. Ruut-, trapets- ja mitmekäigulise keerme lõikamine 267

V peatükk. Mõned erilised treialitööd 274
1. Väikese jäikusega detailide töötlemine 274
2. Töötlemine plaanseibil ja nurgikul 277
3. Ekstsentriliste detailide töötlemine 280
4. Kujupindade töötlemine 283
5. Pindade karestamine 287

Kolmas osa. Tootlikkuse tõstmine treimisel

I peatükk. Põhiteadmisi tehnoloogilisest protsessist ja tehnilisest ajanormist 290
1. Tehnoloogiline protsess ja tema koostisosad . . . 290
2. Tehnoloogilise protsessi dokumentatsioon 292
3. Tehnilise ajanormi koostis 292
4. Vajadus ajanormi kõigi koostisosade üheaegseks vähendamiseks 294

II peatükk. Põhiaja vähendamise võimalused 297
1. Lõikerežiimi suurendamine 297
2. Suure tootlikkusega terade kasutamine 303
3. Töötlemisprotsessi ratsionaliseerimine 310
4. Detailide kinnitamise jäikuse suurendamine . . . 312

III peatükk. Võimalusi abiaja vähendamiseks 314
1. Ratsionaalsete kinnitusrakiste kasutamine . . . 314
2. Lõikeriistade ülesseadmiseks kuluva aja vähendamine 324
3. Detailide mõõtmiseks kuluva aja vähendamine . . 330
4. Tagumise tsenterpuki juhtimiseks kuluva aja vähendamine 337
5. Tööpingi juhtimiseks kuluva aja vähendamine . . 338

IV peatükk. Organisatsioonilis-tehnilised abinõud treimistööde tootlikkuse tõstmiseks 342
1. Tehnoloogilise protsessi ratsionaliseerimine . . . 342
2. Detailide grupiviisilise töötlemise kasutamine . . . 345
3. Treipinkide moderniseerimise põhisuunad . . . 349

Lisa 355

Александр Николаевич Оглоблин. ТОКАРНОЕ ДЕЛО. На эстонском языке. Обложка Р. Пангсеп. Издательство «Валгус», Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja J. Eilsen. Kunstiline toimetaja R. Tungla. Tehniline toimetaja M. Sein. Korrektor J. Nurme.

Laduda antud 6. IV 1970. Trükkida antud 7. VII 1970. Kohila Paberivabriku trükipaber nr. 2, 54×84/16. Trükipoognaid 22,5. Tingtrükipoognaid 18,9. Arvestuspoognaid 19,09. Trükiarv 6000. Tellimuse nr. 2652. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk tn. 2. Hind 77 kop.

77 kop.

A
30792
77 381

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00397413 8