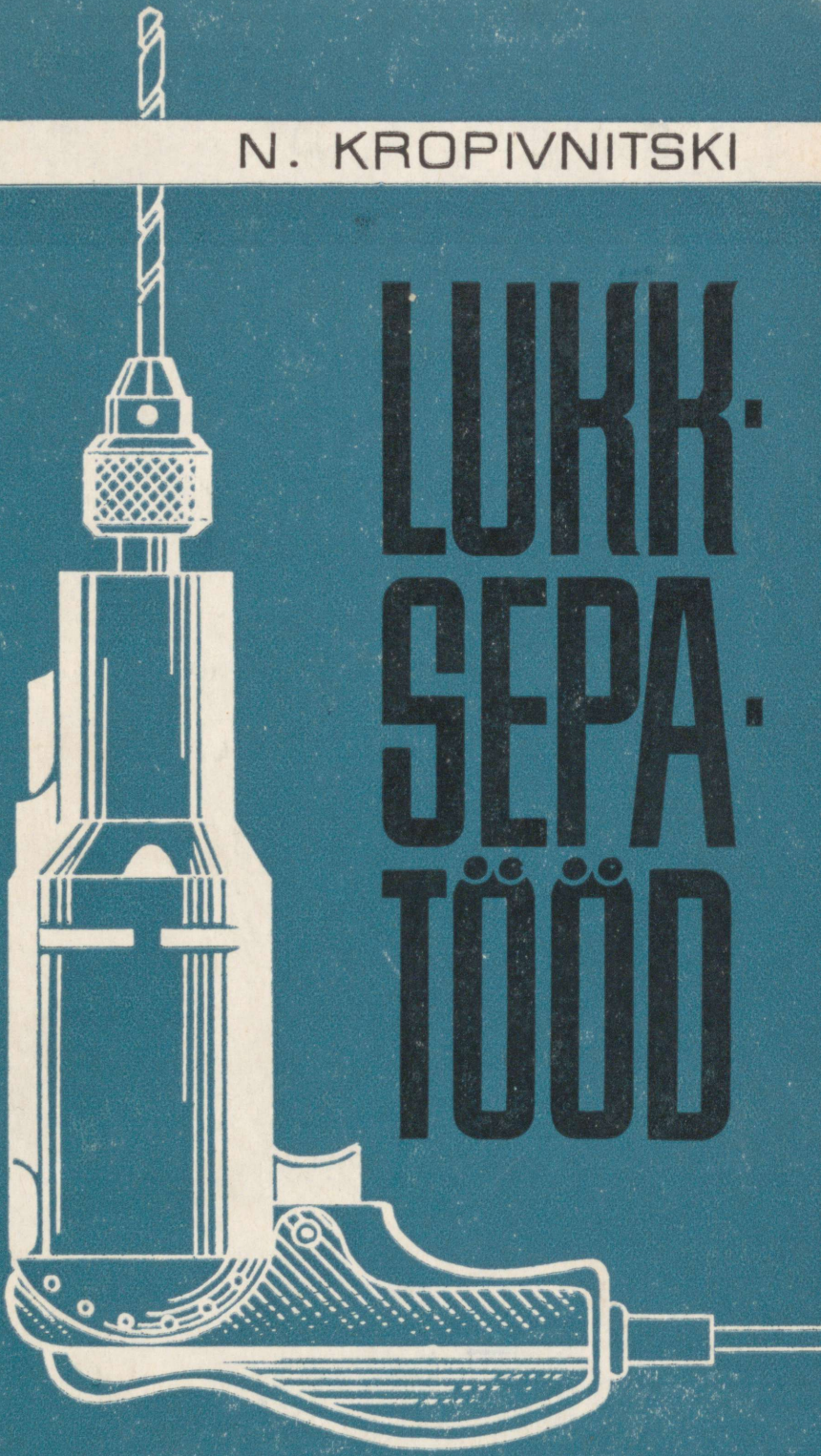
N. KROPIVNITSKI

LUKK-SEPA-TÖÖD



A-30014

N. KROPIVNITSKI

LUKKSEPATÖÖD

KIRJASTUS «VALGUS» · TALLINN 1969

6T4
K76

УДК 683.3(075.3)

Kunstiliselt kujundanud E. Tali

Originaali tiitel:

Н. Н. Кропивницкий
ОБЩИЙ КУРС СЛЕСАРНОГО ДЕЛА
Издание 3-е исправленное
Одобрено Ученым Советом Государственного Комитета Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию в качестве учебника
для профессионально-технических училищ
Издательство «Машиностроение», Ленинград, 1968

Слесарное дело
Н. Кропивницкий
1969

В книге описаны слесарные операции и способы выполнения их с помощью механизированного инструмента на современном машиностроительном заводе. Рассмотрены оборудование, инструменты, приспособления, различные материалы, применяемые при слесарной обработке, в том числе неметаллические. Приведены рациональные методы слесарной обработки, элементы механизации и автоматизации слесарных работ, а также электрические, химико-механические и ультразвуковые способы обработки металлов.

Книга предназначена в качестве учебника для учащихся профессиональных училищ; она может быть полезна для мастеров и преподавателей курсов повышения квалификации слесарей.

270 илл., 23 таблицы, 12 библ. назв.

Raamatus kirjeldatakse lukksepatöid ja nende teostamise viise mehhaniseeritud tööriistade abil kaasaegsetes masinaehitusettevõtetes. Vaadeldakse lukksepatööde juures kasutatavaid seadmeid, tööriistu; rakiseid ja mitmesuguseid materjale, sealhulgas ka mittemetallilisi. Tuuakse lukksepatöö ratsionaalseid meetodeid, mehhaniseerimise ja automatiseerimise elemente. Tutvustatakse metallide töötlemist elektriliselt, keemilis-mehaaniliselt ja ultraheliga.

Raamat on ette nähtud tehniliste kutsekoolide õpikuks, seda võivad kasutada ka meistrid ja lukkseppade kvalifikatsiooni tõstmise kursuste juhendajad.

Vene keelest tõlkinud J. Eilsen ja J. Kõdar
Retsenseerinud A. Maaring

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
74967

3—12—7
44TL—4—69

SISSEJUHATUS

Kaasaegse masinatööstuse automatiseeritud tootmisprotsesside juhtimiseks on vajalik tööliste kvalifikatsiooni, töökultuuri ja tehnilise taseme edasine tõstmine. Seepärast kasvab pidevalt vajadus tööstusseadmete remondilukkseppade ja seadistajate, rakiseid ja stantse valmistavate tööriistalukkseppade, lukksepade-elektrikute, automaatliinide häälestajate ja teiste tootmise mehhaniseerimise ja automatiseerimisega seotud kõrge kvalifikatsiooni ning sügavate teadmistega tööliste järele.

Kvalifitseeritud lukksepa osatähtsus kaasaegses masinaehitusettevõttes on erakordselt suur — mitte ühtegi masinat, mehhanismi ega aparaati pole võimalik koostada ja reguleerida ilma lukkseppade osavõtuta.

Lukksepatööta ei saa läbi ka teised tööstusharud ning ehitus, transport ja põllumajandus. Et automaatse reguleerimise vahenditena kasutatakse keeruka ehitusega elektronaparaate ja arvutusmasinaid, on tunduvalt suurenenud nõudmine mitmesuguse erialaga lukkseppade järele. Lukksepp peab kiiresti orienteeruma masinate, tööpinkide ja seadmete riketes ning vajaliku täpsuse ja asjatundlikkusega need kõrvaldama.

Tehnilise kutsehariduse süsteemi õppeasutused, eriti kutsekoolid, peavad muutuma põhilisteks allikateks, kes varustavad tööstust mitmesuguste erialade, kõrge kvalifikatsiooni ja avara silmaringiga töölistega.

Uute tööliste kutsealasel ettevalmistamisel on tähtis koht montaaži-, remondi- ja tööriistalukkseppade, sanitaartehnikute ning elektrikute väljaõpetamisel. Väljaõppe esimesel perioodil peavad nad omandama oskuse ja küllaldase vilumuse lukksepatöö põhioperatsioonide tegemiseks. Neid operatsioone õpitakse praktiliste harjutuste käigus. Algul omandatakse lihtsamad töövõtted, seejärel aga järjest keerukamad (näiteks keskmise, väikese ja suure läbimõõduga läbi- ja umbaukude puurimine konduktori abil ja kärnimise järgi). Pärast kahe-kolme operatsiooni õppimist hakkavad õpilased tegema lihtsamaid komplekstöid, mille juures

on vaja kasutada juba omandatud töövõtteid mitmesugustes kombinatsioonides. Taoline üksikute operatsioonide õppimine ja lihtsate tööde tegemine vaheldub senikaua, kuni omandatakse kõik lukksepatöö operatsioonid.

Üksikute operatsioonide ja lihtsate komplekstööde vaheldumise periood lõpetatakse keerukamate komplekstöödega. Nende tööde ülesandeks on juba omandatud praktiliste teadmiste, oskuste ja vilumuste kinnistamine ja täiustamine vastava kvalifikatsiooni saamiseks. Nii näiteks õpivad montaažilukksepad alguses koostamistöö lihtsamaid võtteid (üksikute sõlmede koostamine), seejärel aga järjest keerukamaid, mille täitmisel nad kinnistavad ja täiendavad varem õpitut (näiteks kogu pingi või agregaadi koostamine ja reguleerimine).

Real juhtudel tuleb lukkseppadel, elektrikutel, seadistajatel ja teistel spetsialistidel koos töötada. Lukksepp peab tundma uut tehnikat ja tootmistehnoloogiat, see aga nõuab vastavat väljaõpet.

Niisuguse õpetamissüsteemiga tagatakse tööliste loov lähenemine oma tööülesannetele ja nende iseseisev lahendamine kõige erinevamatel juhtudel ja mitmesugustes tingimustes.

I PEATÜKK

LUKKSEPATÖÖD JA NENDE ORGANISEERIMINE MASINAEHITUSE ETTEVÕTETES

Riiklik tööstusettevõte on sotsialistliku tööstuse põhilüli. Ta kujutab endast vastava tööstusharu ja järelikult ka kogu Nõukogude Liidu rahvamajanduse orgaanilist osa.

Rahvamajanduses kasutatavaid masinaid, mehhanisme ja agregaate valmistatakse erinevates masinatehastes ja nimetatakse nende tehaste toodeteks. Tooted saadakse materjalide ja poolfabrikaatide muutmisel valmistoodanguks. Tavaliselt saabub metall tehase valu- või sepatsehhi, kus sellest valatakse, sepistatakse või stantsitakse detailide nõutava kujuga toorikud. Masinatehastesse valandite, valtsmetalli või sepistena saabuvad materjalid antakse tehase ettevalmistustsehhi, kus toimub nende eeltöötlemine (puhastamine, maharaiumine, tükeldamine jne.). Pärast eeltöötlemist ja kontrollimist viiakse toorikud mehaanikatsehhi, kus neid töödeldakse metallilõikepinkidel (trei-, frees-, puur-, lihvpinkidel jt.). Lukksepa- või mehaanikatsehhides valmistatud detaile kontrollitakse tehnilise kontrolli osakonnas (TKO) ja antakse seejärel tsehhi või tehase valmistoodangu lattu. Termilist töötlemist vajavad detailid viiakse pärast eeltöötlemist termikatsehhi, seejärel aga tuuakse lõpptöötlemiseks uuesti mehaanikatsehhi.

Mistahes masin, mehhanism või detail valmib keeruka tootmisprotsessi tulemusena. Tootmisprotsess koosneb detaili valmistamise erinevatest operatsioonidest, kuhu eelkõige kuuluvad lukksepatööd, seejärel detailide koostamine sõlmedeks ja mehhanismideks ning omakorda sõlmede ja mehhanismide koostamine masinaks.

Tootmisprotsessist võtab osa väga palju lukkseppi. Seejuures tuleb märkida, et käsitsi tehtav lukksepatöö on vähem tootlik kui mehaaniline töötlemine (pinkidel) ja nõuab töölistelt palju füü-

silist jõudu. Just seepärast püütaksegi igal pool vähendada käsitsioperatsioonide mahtu nende üleviimisega metallilõikepinkidele. Niisuguste lukksepatööde puhul, mida pole võimalik metallilõikepinkidel teha, kasutatakse mehhaniseeritud tööriistu.

1. LUKKSEPATÖÖDE LIIGID JA NENDE ÜLESANNE

Lukksepatööd kuuluvad metallide lõiketöötlemise hulka. Neid tehakse nii käsitsi kui ka mehhaniseeritud tööriistade abil. Lukksepatööde eesmärgiks on anda töödeldavale detailile vajalik kuju, mõõtmed ja pinnasiledus. Lukksepatööde kvaliteet sõltub lukksepa oskusest ja vilumusest, kasutatavatest tööriistadest ja töödeldavast materjalist.

Lukksepatööde operatsioonideks on märkimine, raiumine, õgvendamine ja painutamine, lõikamine käsisae ja kääridega, viilimine, puurimine, süvistamine ja hõõritsemine, keermetamine, neetimine, kaabitsemine, soveldamine ja plankimine, jootmine ja tinatamine, laagrite valamine, liimimine jne.

Metalldetailide valmistamisel (töötlemisel) sooritatakse lukksepatöö operatsioonid kindlaksmääratud järjekorras.

Kõigepealt tehakse need operatsioonid, mille tulemusena saadakse toorik. Tehtud operatsioone — väljalõikamine, õgvendamine, painutamine — nimetatakse ettevalmistusoperatsioonideks. Ettevalmistusoperatsioonidele järgnevad detaili töötlemise põhioperatsioonid. Enamikel juhtudel on nendeks raiumine ja viilimine, mille tulemusena eemaldatakse toorikult üleliigne metallikiht (töötlemisvaru) ja detail saab joonisele vastava või sellele lähedase kuju, mõõtmed ja pinnakvaliteedi.

Esineb ka niisuguseid detaile, mille lõplikuks töötlemiseks on vaja neid kaabitseda, soveldada ja plankida. Seejuures eemaldatakse valmistatavalt detaililt õhuke metallikiht. Peale selle võib detail olla ühendatud mõne teise detailiga, kui seda nõutakse, ja neid tuleb edaspidi koos töödelda — puurida, süvistada, keermetada, neetida, joota jne.

Kõik loetletud töötlemisviisid kuuluvad lukksepatöö põhioperatsioonide hulka.

Sõltuvalt valmisdetailile esitatavatest nõuetest, võib teha veel täiendavaid operatsioone, mille eesmärgiks on metalldetailidele uute omaduste andmine: pinnakõvaduse või plastsuse tõstmine, korrosioonikindluse suurendamine gaaside, hapete ja aluste keskkonnas. Nendeks operatsioonideks on tinatamine, emaileerimine, noolutamine jt.

Töötlemise järjekorra määramisel arvestatakse seda, millisel kujul detailid või toorikud saabuvad; jämetöötlemine (eeltöötlemine) eelneb alati lõpptöötlemisele (viimistlemisele).

Sõlmede koostamisel üksikutest detailidest ja masinate koosta-

misel üksikutest sõlmedest tehakse lukksepa-koostamistöid. Koostamisel kasutatakse kõiki lukksepatöö põhioperatsioone, sealhulgas ka koostatavate detailide sobitamist sõlmedes koos järgneva reguleerimise ja masina või mehhanismi töö õigsuse kontrollimisega. Lukksepa-remonditööde eesmärgiks on tagada seadmete töövõime ja kulunud ning vigastatud detailide parandamine või vahetamine.

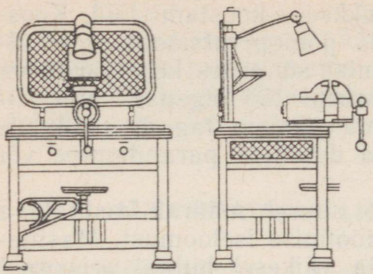
Lukksepatööde maht iseloomustab suurel määral kasutatava tehnoloogia tehnilist taset ja sõltub tootmise iseloomust. Masinaehituse ettevõtetes, mis lasevad välja väikesel hulgal erisugust toodangut (individuaaltootmine), on lukksepatööde erikaal eriti suur. Siin peab lukksepp tegema kõige mitmesugusemaid lukksepatöid, s. o. olema universaal-lukksepp. Vajaduse korral ta remondib ja koostab tööpinke, valmistab rakiseid jne.

Seeriatootmises, kus valmistatakse ühesuguseid detaile suurte partiidena, tõuseb mehaanilise töötlemise täpsus ja vastavalt sellele lukksepatööde maht natuke väheneb. Lukksepad ja lukksepatöö on hädavajalikud ka masstootmise ettevõtetes, kus ühesugust toodangut väljastatakse suurel hulgal ja pikemat aega (aasta, kaks aastat).

Vaatamata tootmistüübile on kõikides vabrikutes ja tehastes lukksepad vajalikud, sest nemad valmistavad stantse, rakiseid ja tööriistu, remondivad ja monteerivad tööstusseadmeid, teevad sanitaartehnilisi töid jne. Ilma lukkseppadeta ei tulda toime ka kaasaegses põllumajanduses — siin remondivad nad traktoreid, kombaine ja teisi masinaid.

2. LUKKSEPA TÖÖVAHENDID JA TÖÖKOHA ORGANISEERIMINE

Töökohaks nimetatakse tsehhi tootmispinna teatud osa, mis on kinnistatud antud töölisele ja varustatud vajalike seadmete, tööriistade, rakiste, abiseadmete ja materjalidega. Töökohale paigutatakse töölaud, millele kinnitatakse kruustangid (joon. 1). Töölaua konstruktsioon, selle stabiilsus ja tugevus ning töökoha varustamine mitmesuguste käsitsi tööd mehhaniseerivate seadmetega avaldab otsest mõju töö tootlikkusele. Töölaud peab olema mugav. Tavaliselt valmistatakse töölaua raam metallist, lauaplaat aga tehakse 40...50 mm paksustest laudadest ning kaetakse pleki või vineeriga. Niisugune lauaplaat ei paindu läbi ega vibreeri töötamise ajal. Laua kõikidele servadele kinnitatakse puidust äärised, mis takistavad väikeste esemete mahakukkumist. Lauaplaadi alla kinnitatakse väljatõmmatavad laekad tööriistade ja abimaterjalide hoidmiseks. Töölaua kõrgus on 750...900 mm, pikkus 1000...1200 mm, laius 700...800 mm. Lukksepa töölaudu valmistatakse kas ühekohalistena, nagu on näidatud joonisel 1, või mitmekohalistena.



Joon. 1. Lukksepa töölaud

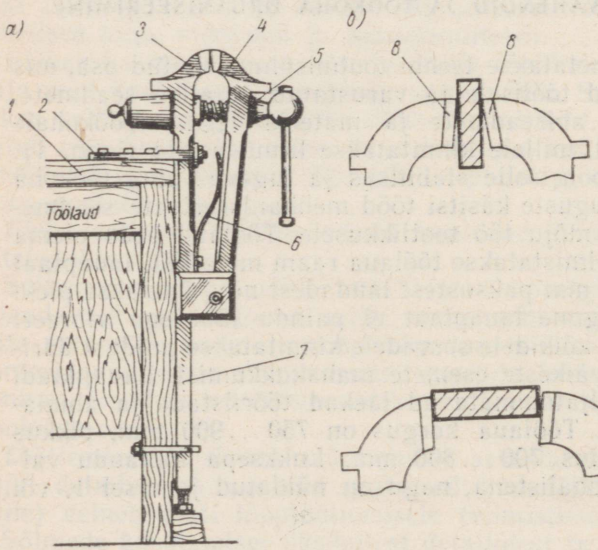
Eriti mugavad on ühekohalised töölauad, mille kõrgust on võimalik reguleerida ja seada vastavalt töölise kasvule. Töölise kaitsmiseks metalli raiumisel tekkivate laastude eest piiratakse töölaud raamile kinnitatud traatvõrguga.

Remondilukkseppadel on soovitatav kasutada vankrile monteeritud liikuvaid töölaudu, mida võib tsehhis ümber paigutada.

Kruustangid on ette nähtud töödeldavate toorikute ja detailide kinnitamiseks ning nad on lukksepa töökohal peamisteks seadmeteks. Kasutatakse sepa-, paralleel- ja käsikruustange.

Sepakruustangid on ette nähtud raskete tööde tegemiseks, millega kaasnevad tugevad löögid (raiumine, painutamine, neetimine jt.). Sepakruustangid koosnevad liikumatust *3* ja liikuvast pakist *4* (joon. 2,*a*). Käigukruvi *5* pööramisel nihkub liikuv pakk *4* ja kinnitab detaili; kruvi *5* lahtipööramisel eemaldub liikuv pakk vedru *6* mõjul ja vabastab detaili.

Sepakruustangid kinnitatakse laua külge käpaga *2*, suurema

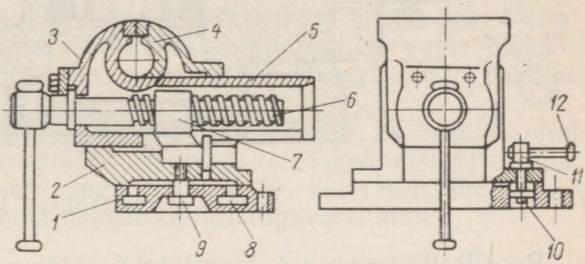


Joon. 2. Lauakruustangid: *a* — üldvaade; *b* — toorikute kinnitamise skeemid

püsivuse saamiseks on liikumatul pakil *3* pikendatud jalg *7*, millega kruustangid täiendavalt kinnitatakse töölaua jala külge.

Sepakruustangide liikuv ja liikumatu pakk sepistatakse konstruktsiooniterasest. Pakkide tööosale keevitatakse tööriistaterasest *У 7*, *У 8* spetsiaalsed plaadid või kinnitatakse kruvidega vahetatavad pakid *8* (joon. 2,*b*). Plaatide tööpinnad karestatakse ja karastatakse.

Sepakruustangid on lihtsa konstruktsiooni ja suure tugevusega. Kuid neil on ka puudusi: pakkide tööpinnad ei ole kõigis asendites teineteise suhtes paralleelsed. See vähendab töötlemise täpsust, sest õhukesed toorikud surutakse kinni ainult pakkide



Joon. 3. Pööratavad paralleelkruustangid

ülemiste servadega, paksud aga ainult alumistega (joon. 2, *b*), mis ei taga küllaldast kinnitamise tugevust jne.

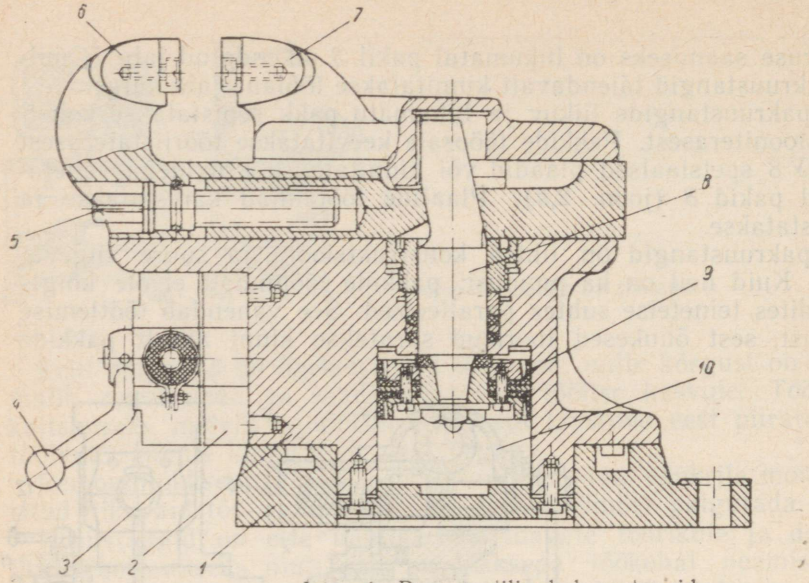
Paralleelkruustangid jaotatakse pööratavateks ja mittepööratavateks. Nende kruustangide liikuv pakk nihkub käigukruvi keeramisel, kuid jääb seejuures liikumatu pakiga igas asendis paralleelseks. Siit on nad saanud ka oma nimetuse.

Lukksepatööde tegemisel kasutatakse laialdaselt just pööratavaid paralleelkruustange (joon. 3), mis koosnevad alusplaadist *1*, pööratavast osast *2* ning liikuvast *3* ja liikumatust pakist *4*. Liikuvat pakki nihutatakse käigukruvi *6* ja mutri *7* abil. Pakkide paralleelsuse tagamiseks on liikuval pakil prismakujuline juhtsaba *5*.

Mööda T-kujulist ringsoont *8* liigub kinnituspolt *11* koos mutriga *10*. Käepideme *12* abil kinnitatakse kruustangide pööratav osa *2* vajalikus asendis alusplaadi *1* külge. Kinnituspoldi *11* vabastamisel saab pööratavat osa pöörata ümber telje *9* ja seada kruustangid vajaliku nurga alla.

Paralleelkruustangide liikuv ja liikumatu pakk, samuti ka pööratav osa tehakse hallmalmist, käigukruvi, poldid ja teised detailid valmistatakse aga süsinik-konstruktsiooniterastest.

Pakkide tööea suurendamiseks ja tooriku tugevamaks kinnitamiseks valmistatakse nende tööosad (vahetatavad pakid ja abipakid) tööriistaterasest У 8 ja karestatakse. Pärast karastamist kinnitatakse nad pakkide külge kruvidega.



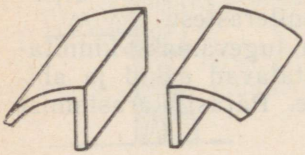
Joon. 4. Pneumaatilised kruustangid

Paralleelkruustangid kinnitatakse töölaua plaadi külge poltidega, mis asetatakse läbi alusplaadi *1* käppades olevate aukude.

Pneumaatilised kruustangid võimaldavad mehhaniseerida detailide ja toorikute kinnitamist. Alusplaadile *1* (joon. 4) on kinnitatud korpus *2*. Reverseerimise jaotuskraani *3* pööramisel käepidemega *4* tungib suruõhk silindrisse *10* ja mõjub kolvile *9*, mis tõukab varva *8* üles. Varb *8* nihutab liikuva paki *6* paremale ja surub detaili vastu liikumatut pakki *7*. Kraani ümberlülitamisel läheb suruõhk silindri ülemisse kambrisse ja, mõjudes kolvile ülevalt poolt, nihutab varva alla. Sel juhul nihkub liikuv pakk *6* vasakule ja vabastab töödeldava detaili. Kruustangi pakkide nihkumise ulatust reguleeritakse kruviga *5*. Kinnitusjõud on umbes 500 kG. Õhurõhu muutumisel võib see jõud väheneda, mis aga on väga tähtis õhukeseseinaliste detailide kinnitamisel.

Pneumaatiliste kruustangide kasutamisel kulub detaili kinnitamiseks või vabastamiseks ainult 2...3 sekundit, kusjuures töölisel pole vaja füüsilist jõudu rakendada.

Kruustangid, nagu kõik teisedki seadmed, nõuavad hoolikat suhtumist ja hooldamist. Nii pole soovitatav laiu detaile kruustangide vahele kinnitada, sest siis tuleks pakid väga kaugele

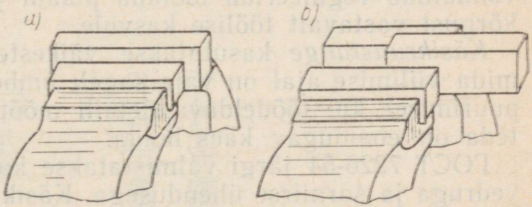


Joon. 5. Kruustangide kaitsepakid

välja keerata, see aga võib põhjustada käigukruvi kõverdumist ja järelikult ka kruustangide enneaegset kulumist. Viilimisel tuleb alati püüda detail kinnitada nii, et käigukruvist jääks umbes üks kolmandik välja keeramata. Samuti ei tohi detaili liiga madalale kinnitada, sest siis võib viil riivata kruustangide pakke ja neid rikkuda.

Kinnitatava detaili tugevamaks haaramiseks karestatakse kruustangide pakkide sisepinnad. Pakkide karestatud pinnad võivad aga jätta detailile jäljed. Et seda ei juhtuks, asetatakse pakkidele spetsiaalsed kaitsepakid (joon. 5), mida lukksepp võib ise kas katuseplekist, vasest, alumiiniumist, seatinast või puust valmistada. Selleks tuleb pehmest teras-, vask- või alumiiniumplekist lõigata välja kaks plaati, mille laius võrdub pakkide laiusega ja pikkus pakkide karestatud pindade kahekordse kõrgusega. Väljalõigatud plaadid kinnitatakse kruustangide vahele poole pikkuse ulatuses ja painutatakse vasara kergete löökidega vastu pakkide pealispinda.

Detail tuleb kruustangide vahele kinnitada nii, et pakkide pind oleks täielikult ära kasutatud (joon. 6, *a*). Tuleb vältida osalist kinnitamist pakkide servadega (joon. 6, *b*), kuna sel juhul pakid tõmbuvad viltu ja ei hoia detaili küllalt tugevasti kinni.

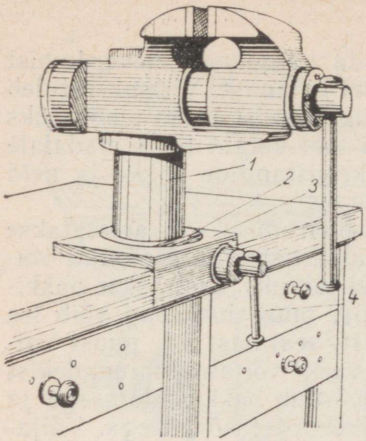


Joon. 6. Detaili kinnitamine kruustangide vahele: *a* — õige; *b* — vale

Väga tähtis on, et kruustangide kõrgus vastaks töölise kasvule. Paralleel- või pneumaatiliste kruustangide ülesseadmise kõrguse kontrollimiseks tuleb asetada küünarnukk kruustangide pakkidele nii, et käe sirged sõrmed puutuksid lõuga. Seisval lukksepal peab 90° alla painutatud parema käe küünarnukk asuma kruustangide pakkide kõrgusel. Kui kruustangid on valesti üles seatud, asub küünarnukk kas allpool või ülalpool pakke.

Sepakruustangidega töötamisel määratakse nende ülesseadmise kõrgus järgmiselt: küünarnukk asetatakse kruustangide pakkidele nii, et rusikasse pigistatud sõrmed puutuksid lõuga. Kruustangide vale kõrgus põhjustab töölise enneaegset väsimist ja ühtlasi ka paralleelsete tasapindade või 90° nurga all olevate tasapindade viilimise täpsuse alanemist. Kui kruustangid asuvad töölaual liiga kõrgel, siis viilitakse rohkem detaili eespool asuvat osa, kui aga liiga madalal, siis kaugemal asuvat osa.

Sverdlovski tehnilises kutsekoolis on välja töötatud lukksepa töölaua niisugune konstruktsioon, mis võimaldab reguleerida



Joon. 7. Reguleeritava kõrgusega kruustangidega lukksepa töölaud

kruustangide kõrgust (joon. 7). Siin on töölauda monteeritud paksuseinaline toru *2*, mis on jäigalt kinnitatud raami *3* külge. Kruustangide silindriline alustorn *1* asub vabalt torus ja on vajalikule kõrgusele kinnitatud kruvi *4* abil.

Reas lukksepatöökodades kasutatakse ühekohalisi töölaudu, mille jalgade konstruktsioon (jalgadesse on monteeritud kruvid) võimaldab reguleerida töölaua plaadi ja seega ka kruustangide kõrgust vastavalt töölise kasvule.

Käsikruustange kasutatakse väikeste detailide kinnitamiseks, mida viilimise ajal on vaja sageli ümber pöörata (joon. 8), või puurimisel, kui töödeldava detaili mõõtmed on väga väikesed ja teda on ebamugav käes hoida.

ГОСТ 7226-54 järgi valmistatakse kahte tüüpi käsikruustange: vedruga ja šarniirse ühendusega. Käsikruustangide pakkide laius on 36, 40 ja 45 mm (joon. 8, *a*). Peentööde jaoks kasutatakse kruustange pakkide laiusega 6, 10 ja 15 mm (joon. 8, *b*).

Mõnikord ei võimalda detaili kuju teda vajalikus asendis kinnitada, näiteks kui on vaja viilida faas mingi nurga all.

Niisugusel juhul kasutatakse detaili kinnitamiseks kaldpakkidega käsikruustange (joon. 8, *c*), mis koos nende vahele kinnitatud detailiga asetatakse paralleelkruustangide pakkide vahele. Teatud arvu ühesuguste detailide üheaegseks töötlemiseks või õhukeste pikkade toorikute viilimiseks kasutatakse spetsiaalseid pitskruvisid (surukruvisid) (joon. 8, *d*).

Käsikruustangid valmistatakse kvaliteetsest süsinik-konstruktsiooniterasest 45 või 50, vedru jaoks kasutatakse süsinik-tööriistaterast У 7 või terast 65 Г. Vedrusid lubatakse valmistada ka terasest 60 ja 70.

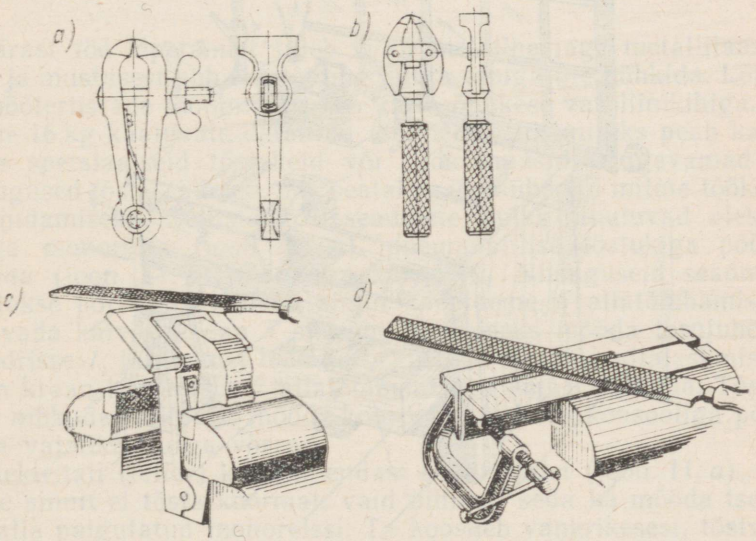
Lukksepa töökoha ja töö otstarbekas organiseerimine etendab tähtsat osa töö tootlikkuse tõstmisel, valmistatava toodangu kvaliteedi parandamisel ja omahinna alandamisel.

Lukksepa töö tootlikkusele avaldab suurt mõju töökoha varustamine tõste- ja transpordiseadmetega. Nende olemasolust ei sõltu mitte üksnes detailide kohaleasetamise ja äravõtmise, sõlmede montaaži ja demontaaži aeg, vaid ka töölise poolt puhkuseks kulutatav aeg.

Lukksepa töökoha otstarbekas korraldamine kõrgekvaliteedilise töö tagamiseks näeb ette mitmesuguste tööriistade ja -vahendite kõige sobivama valiku ja asetuse, ohutu töö, puhtuse, korra ja normaalsete töötingimuste hoidmise töökohal ning selle pideva varustamise kõige vajalikuga.

Eesrindlikele töömeetoditele on omane töökoha pidev täiustamine ja vajalikus korras hoidmine. Tähelepanu, mida eesrindlikud lukksepad omistavad oma töökoha korraldamisele, põhjustab uue, sotsialistliku töö eesrindlastele omase tööstiili. Õnnestunud planeerimise ja organiseerimise näitena võib tuua joonisel 9 kujutatud töökoha.

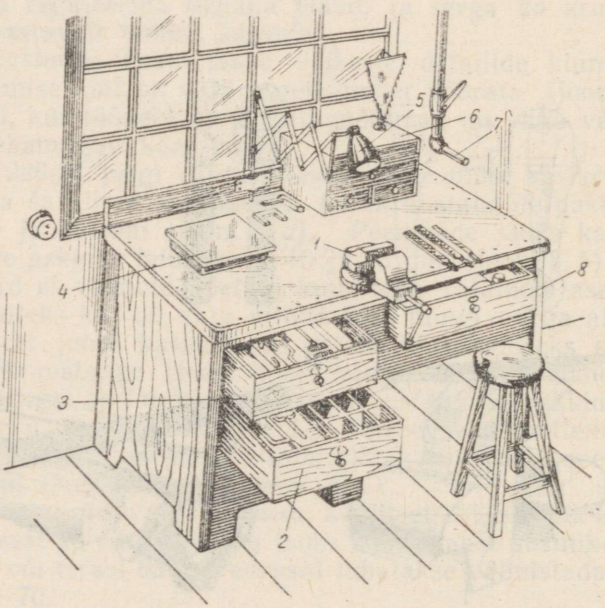
Töökoha otstarbekas organiseerimine, tööriistade ja toorikute kõige parem paigutamine, tööd pidurdavate üleliigsete liigutuste vältimine, ratsionaalsete töövõtete kasutamine — need kõik on tööeesrindlaste kõrge töökultuuri meetodid, moodustades sotsialistliku majandussüsteemi eelistele põhinevad töö organiseerimise vahendid.



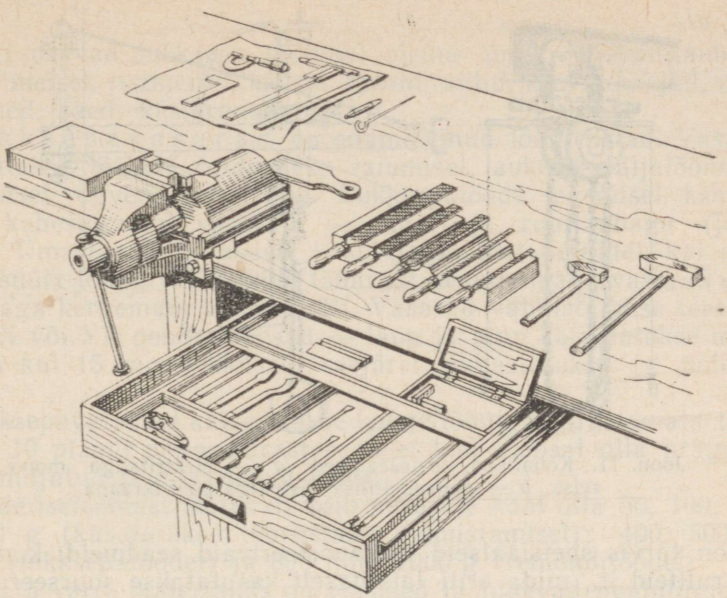
Joon. 8. Detaili kinnitamine käsikruustangide ja pitskruvi vahele: *a* ja *b* — lukksepa käsikruustangid; *c* — kaldpakkidega käsikruustangide kasutamise näide; *d* — pitskruvi kasutamise näide

Töötamise ajal peavad tööriistad ja rakised paiknema töölaual järgmiselt: vasaku käega võetavad peavad asuma töölaual vasakul pool, parema käega võetavad aga paremal pool. Sagedamini kasutatavad tööriistad ja rakised peavad asuma lähemal, ja vastupidi — harvemini kasutatavad kaugemal. Töövahendite niisugune paiknemine peab olema alatine, et lukksepp võiks töötamise ajal võtta vajaliku tööriista, rakise või tooriku ilma selle otsimiseks aega raiskamata. Tööriistu tuleb hoida tööpingi väljatõmmatavates laegastes nii, et lõike- ja mõõteriistu — viile, keermepuure, puure, nurgikuid, nihkmõõdikuid, kruvimõõdikuid jt. — ei riku korrosioon, juhuslikud löögid ja kriimustused. Selleks tehakse lukksepa töölaua väljatõmmatavatesse tööriistalaegastesse põikriiulid laiusega 100...150 mm (joon. 10). Iga kastike peab olema ette nähtud ainult üht liiki tööriistade hoidmiseks. Töölaua ühte laekasse, piki selle külgserva kinnitatakse 3...4 astmelist plaati, millele paigutatakse viilid, kusjuures suured viilid asetatakse alumistele astmetele, väiksemad aga ülemistele.

Laeka põhi jaotatakse vaheseinte abil lahtriteks puuride, hõõritsate, avardite, keermepuuride ja keermelõikurite jaoks. Laeka ülejäänud pinnal tuleb hoida raskemaid tööriistu — vasaraid, meisleid, ristmeisleid jne.



Joon. 9. Tööesrindlase lukksepa A. N. Platonovi töökoht: *1* — pööratavad paralleelkruustangid; *2*, *3* ja *8* — laekad; *4* — kontrollplaat; *5* — topeltšarniiriga elektrilamp; *6* — riiul; *7* — õhujuhe



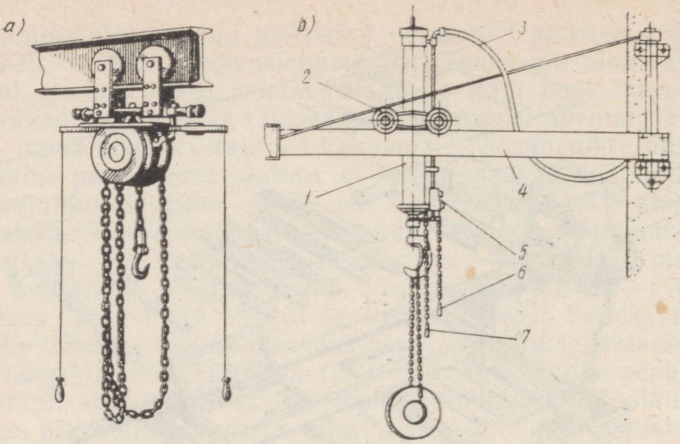
Joon. 10. Tööriistade otstarbekas paigutamine lukksepa töölaual

Pärast töö lõpetamist tuleb viilid metallharjaga metallilaastudest ja mustusest puhastada ning puhta lapiga üle pühkida. Lõike- ja mõõteriistade tööpinnad tuleb katta õhukese vaseliinikihiga.

Üle 16 kg kaaluvate detailide (sõlmede) tõstmiseks peab kasutama spetsiaalseid tõstukeid või sildkraanasid. Mugavamad on niisugused tõsteseadmed, mis seatakse üles ühe või mitme töökoha teenindamiseks. Selliste tõsteseadmete hulka kuuluvad elektritaliga monorelss (joon. 11, *a*), pneumaatilise tõstukiga pöördkraana (joon. 11, *b*), tõstukiga kärud jt. Niisuguseid seadmeid juhitakse põrandalt. Piisab ainult käepideme *6* allatõmbamisest, et avada käivituskraan *5* suruõhu andmiseks mööda torujuhet *3* silindrisse *1*, ja raskust hakatakse tõstma. Koorma allalaskmiseks tuleb kraan käepideme *7* allatõmbamisega ümber lülitada. Tõstuk võib nihkuda rullidel *2* mööda konsooli *4* ja koos konsooliga pöörduda vajaliku nurga võrra.

Elektritali (telfer) kujutab endast elektrivintsi (joon. 11, *a*), mis mitte ainult ei tõsta koormat, vaid nihutab seda ka mööda tsehhi lae alla paigutatud monorelssi. Ta koosneb vankrikesest, tõstvast elektrimootorist, reduktorist, elektromagnetilisest pidurist, trumlist trossi kerimiseks ja klambrist koos konksuga. Telferi juhtimisnupud paiknevad töölise rinna kõrgusel.

Detailide töökohale kätteviimise ja järgmisele töökohale ümberpaigutamise kõige levinumaks viisiks on mehaaniline viis. Sel-



Joon. 11. Kohalikud tõsteseadmed: *a* — elektritaliga monorelss; *b* — pneumaatilise tõstukiga pöördkraana

leks on tarvis spetsiaalseid transporteerivaid seadmeid: konveiereid, rullteid jt., mida eriti laialdaselt kasutatakse suurseeria- ja seeriatootmises — auto-, traktori- ja kombainitehastes ning reas teistes ettevõtetes.

3. LUKKSEPA TÖÖRIISTAD JA KONTROLLMÕÕTERIISTAD

Lukksepatööde tegemisel kasutatakse mitmesuguseid tööriistu ja rakiseid. Üht osa tööriistadest kasutab lukksepp sageli. Need saab ta tööriistalaost alaliseks kasutamiseks. Teist osa tööriistu ja rakiseid kasutatakse võrdlemisi harva ja need võivad asuda lukksepa töökohal üldiseks kasutamiseks. Need tööriistad võtab lukksepp tööriistalaost ainult antud töö tegemiseks vajalikuks ajaks.

Lukksepa tööriistad jaotatakse käsitööriistadeks ja mehhaniseeritud tööriistadeks.

Käsitööriistad. Käsitööriistad liigitatakse järgmiselt:

1) lõikeriistad — meisel, ristmeisel, komplekt puure, käärid, viilid, silindrilised ja koonilised hõõritsad, keermelõikurid, keermepuurid, abrasiivtööriistad (käiad ja pastad) jt.;

2) abitööriistad — lukksepa- ja silumisvasarad, kärn, märknõel, märksirkel, keermelõikurite hoidja, puurivänt jt.;

3) lukksepa-koostamistööriistad — kruustangid, mutrivõtmed, torn, lamemokktangid, käsikruustangid jt.;

4) mõõte- ja kontrollriistad — mõõtejoonlaud, mõõtelint, välismõõdik, sisemõõdik, nihkmõõdik, kruvimõõdik, nurgikud, miiud, nurgamõõdikud, kontrolljoonlauad[1] jne.

[1] Varem kasutatud terminid: nihkkaliiber — nihkmõõdik; sisetaster — sisemõõdik; välistaster — välismõõdik; mikromeeter — kruvimõõdik.

Alati peavad lukksepa töölaual olema ümar- ja ruutlaubaga vasar, meisel, ristmeisel, käärid, tornid, viilid, kruvikeerajad, mutrivõtmed, saed, käsikruustangid jt.

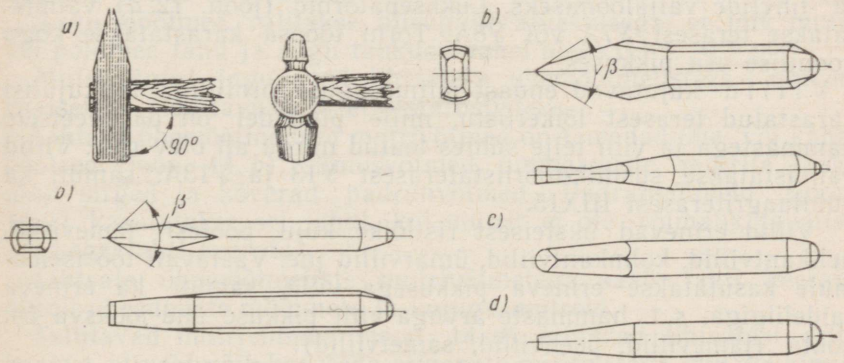
Lukksepavasarad on enamlevinud löögiriistad. Vasarat kasutatakse löökide andmiseks raiumisel, aukude väljalöömisel, neetimisel, õgvendamisel jne. Lukksepatööde tegemisel kasutatakse kahesuguseid vasaraid — ümar- ja ruutlaubaga (joon. 12, *a*). Ümarlaubaga vasarat kasutatakse neil juhtudel, kui nõutakse suurt jõudu või löökide tabavust. Ruutlaubaga vasarad valitakse aga kergemate tööde jaoks. Vasarad valmistatakse terasest 50, 40X või У7, nende tööosad — laup ja pinn karastatakse mitte vähem kui 15 mm pikkuselt, seejärel puhastatakse ja poleeritakse.

Lukksepavasaraid katsetatakse kolme löögiga karastamata terasest У 10 plaadi pihta, pärast seda ei tohi tööosal olla pragusid ning muljutud ja murenenud kohti.

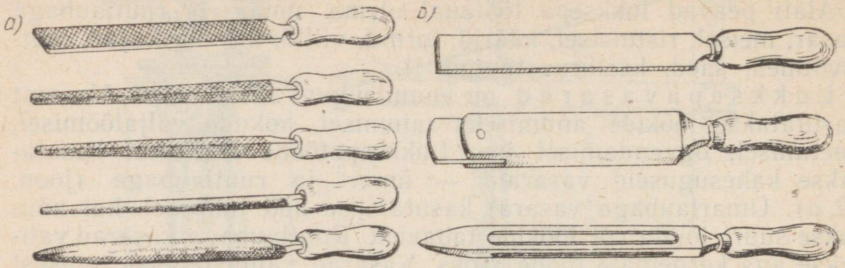
Tööde iseloomust sõltuvalt võib vasarate kaal olla 50, 100, 200 ja 300 g (kasutatakse tööriistade valmistamisel); 400, 500 ja 600 g (lukksepatöödel) ja 800 ning 1000 g (remonditöödel).

Vasara varre materjaliks on elastsed ja tugevad puiduliigid — pihlakas, vaher, pöök, kask jt. Varre ristlõige peab olema ovaalne, tema vaba ots tehakse poolteist korda jämedam kui vasara augu juures olev ots. Varre pikkus sõltub vasara kaalust. Keskmiselt on see 250 . . . 300 mm; 50 . . . 200 g raskuste vasarate puhul on varre pikkus 200 . . . 270 mm, raskematel — 350 . . . 400 mm. Varre otsa, kuhu asetatakse vasar, lüüakse sisse tisleriliimiga kokkumääritud puitkiil või varre otsast äratulekut takistavate kiskudega metallkiil.

Meislit kasutatakse erineva profiiliga metallmaterjali tükeldamiseks, töötlemisvaru eemaldamiseks toorikute pinnalt, mutrite lahtiraiumiseks remondi ajal jne.



Joon. 12. Komplekt põhilisi lukksepavasaraid ja meisleid



Joon. 13. Viilid ja kaabitsad

Meisel koosneb kolmest osast — tööosast, keskmisest osast ja löögiosast (joon. 12, *b*). Meisli tööosal on kiilu kuju, mille teritusnurk oleneb töödeldavast materjalist. Lukksepameisli keskmine osa tehakse ovaalse või hulktahukakujulise ristlõikega. Külgtahkudel ei tohi olla teravaid servi, sest need võivad käsi vigastada. Meisli peal (löögiosal) on tüvikoonuse kuju.

Lukksepameislite valmistamiseks kasutatakse süsinik-tööriistaterast У7А ja У8А. Tööosa karastatakse 15 . . . 30 mm, löögiosa 10 . . . 20 mm pikkuselt.

Ristmeisel sarnaneb tavalise meisliga, kuid on kitsama lõikeservaga. Teda kasutatakse kitsaste süvendite raiumiseks (joon. 12, *b*). Soonte raiumiseks laagriliudadesse ja teiste sarnaste tööde tegemiseks kasutatakse mittestandardseid soonmeisleid (joon. 12, *c*). Soonmeisli serv on koonuse- või poolringikujuline. Ristmeislid valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7А ja У8А ning karastatakse nagu tavalised meislid.

Torne kasutatakse aukude raiumiseks õhukesse lehtmaterjali, neetide jaoks puuritud aukude «kohaldamiseks», s. t. ühendatavates detailides ühe augu seadmiseks kohakuti teisega, praakneetide ja -tihvtide väljalöömiseks. Lukksepatornid (joon. 12, *d*) valmistatakse terasest У7А või У8А. Torni tööosa karastatakse kogu koonilise osa pikkuses.

Viilid kujutavad endast mitmesuguse profiiliga latikujulisi karastatud terasest lõikeriistu, mille pindadel on paralleelsete hammastega ja viili telje suhtes teatud nurga all olev raie. Viilid valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У13 ja У13А, samuti ka kuullaagriterasest ШХ15.

Viilid erinevad üksteisest ristlõike kuju poolest: lameviilid, nelikantviilid, kolmkantviilid, ümarviilid jne. Vastavalt töö iseloomule kasutatakse erineva pikkusega viile, samuti ka erineva raideliigiga, s. t. hammaste arvuga viili pikkuse ühe jooksva cm kohta (jämeviilid, peenviilid, sametviilid).

Eristatakse kolme tüüpi viile: tavalised, nõelviilid ja rasplid. Tavalised viilid (joon. 13, *a*) valmistatakse süsinik-tööriistatera-

sest У13А ja У13. Nõelviilid (joon. 125) on samasugused kui tavalised viilid, kuid väiksemate mõõtmetega. Raie on neil ainult $^1/_2$ või $^3/_4$ pikkuse ulatuses. Nõelviili raideta osa on käepidemeks. Nõelviilid valmistatakse terasest У12 ja У12А. Neid kasutatakse väikeste pindade töötlemiseks ja väikeste mõõtmetega detailide viimistlemiseks.

Rasplid (joon. 122, *c*) erinevad viilidest ja nõelviilidest raide konstruktsiooni poolest. Neid kasutatakse pehmete metallide (tsingi, seatina jne.) jämetöötlemiseks, aga ka puidu, luu ja sarve viilimiseks.

Kaabitsad (joon. 13, *b*) kujutavad endast teatud pikkusega teraslatte või varbu, millel on hoolikalt teritatud tööotsad. Konstruktsioonilt jagunevad kaabitsad terviklikeks ja koostatavateks; tööpinna kujult — lame-, kolmkant- ja profiilkaabitsateks; lõikeotste arvult ühe ja kahe otsaga kaabitsateks. Ühe otsaga kaabitsad on tavaliselt puidust käepidemetega, kahe otsaga kaabitsal käepide puudub.

Kõrvuti terviklike kaabitsatega kasutatakse viimasel ajal ka koostatavaid kaabitsaid, mis koosnevad lõikeplaatide hoidjast ja vahetatavatest lõikeplaatidest. Lõikeplaadid on valmistatud tööriistaterasest, metallkeraamikast või kiirlõiketerasest. Kaabitsad ei ole standardiseeritud. Nad valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У10А või У12А ja karastatakse.

Kruvikeerajaid (joon. 14, *a*) kasutatakse kruvide sisse- ja väljakeeramiseks. Kruvi peas on selleks otstarbeks vastav soon. Kruvikeerajad jagunevad täismetallist puidust peaga, traadist keeratud, puurivändaga, spetsiaalseteks ja mehhaniseeritud kruvikeerajateks. Kruvikeeraja koosneb kolmest osast: tööosast, varvast ja käepidemest. Kruvikeerajad valitakse tööosa laiuse järgi, mis peab vastama kruvi peas oleva soone mõõtmetele.

Mutrivõtmed on hädavajalikud tööriistad poltliidete koostamisel ja lahtivõtmisel. Kõik mutrivõtmed on standardiseeritud. Nende peas oleval augul on kindlaksmääratud mõõtmed, mis näidatakse võtme käepidemel.

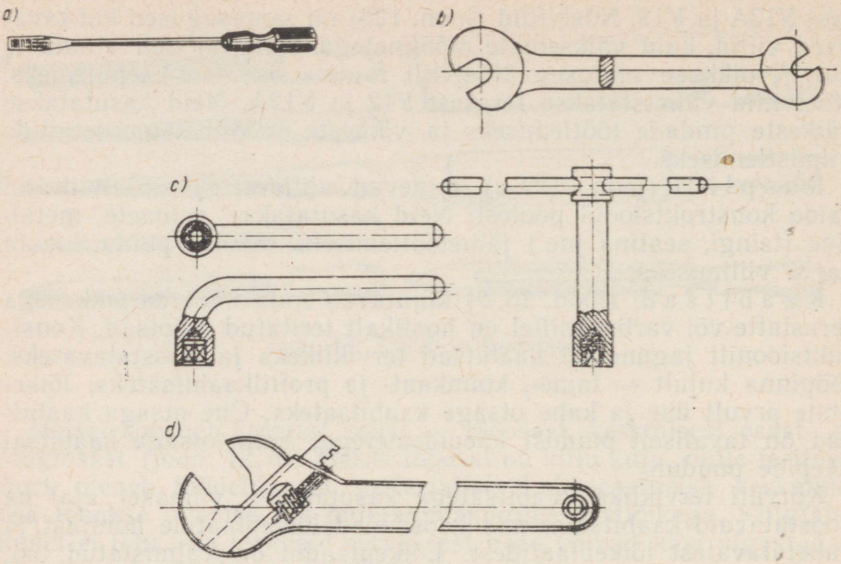
Augu mõõtmed valitakse niisuguse arvestusega, et lõtk mutri või poldipea tahu ja augu tahkude vahel oleks 0,1 ... 0,3 mm.

Mutrivõtmed jagunevad lihtsateks ühemõõtmelisteks, universaalseteks (tellitavad) ja eriotstarbelisteks.

Lihtsad ühemõõtmelised mutrivõtmed on lamedad ühe- või kahepoolsed (joon. 14, *b*), silmusvõtmed, ümmarguste mutrite jaoks ning sirged ja kõverad padrunvõtmed. Padrunvõtmeid (joon. 14, *c*) kasutatakse sel juhul, kui mutrit ei ole võimalik tavalise võtmega lahti keerata.

Lihtsate ühemõõtmeliste mutrivõtmetega saab lahti keerata ainult ühesuguste mõõtmete ja kujuga mutreid.

Tellitavad mutrivõtmed (joon. 14, *d*) erinevad lihtsatest selle poolest, et neid võib kasutada erinevate mõõtmetega mutrite kinni-



Joon. 14. Kruvikeeraja ja mutrivõtmed

ja lahtikeeramiseks. Nende augu mõõtmed on 15 . . . 50 mm, vastavalt käepideme pikkusele. Spetsiaalseid mutrivõtmeid nimetatakse nende kasutusala järgi, näiteks ventiilivõtmed, muhvivõtmed jne. Neid kasutatakse ka raskesti ligipääsetavates kohtades.

K ä s i s a a g i (vt. joon. 98) kasutatakse tavaliselt metalli tükeldamiseks, samuti ka kruvipeadesse soone sisselõikamiseks, toorikute väljalõikamiseks mööda kontuuri jne. Saeraamid on kas kindla või reguleeritava pikkusega. Viimastel on see eelis, et nendesse saab kinnitada erineva pikkusega saelehti.

Ülalpool vaadeldud käsitööriistade kasutamine on seotud mahuka ja vähetootliku tööga. Vaatamata sellele kasutavad paljud lukksepad veel siiani ainult käsitööriistu, kuigi küllalt suure osa lukksepatöödest võiks mehhaniseerida, kasutades mitmesuguseid statsionaarseid ja teisaldatavaid seadmeid ning elektrilisi ja pneumaatilisi tööriistu. Niisuguste tööriistade kasutamine võimaldab tunduvalt tõsta tootlikkust. Kui näiteks mutrite lahti- ja kinnikeeramiseks kasutada mehhaniseeritud mutrivõtit, tehakse töö 4 . . . 10 korda kiiremini kui tavalise mutrivõtmega; pindade puhastamine teisaldatavate lihvmasinate abil toimub 5 . . . 20 korda kiiremini; kaabitsemine mehhaniseeritud kaabitsaga aga 2 . . . 3 korda kiiremini kui tavaliste tööriistadega.

Lukksepatööde mehhaniseerimise all mõistetakse käsitsitöö täiustamist sel teel, et võetakse kasutusele suure tootlikkusega seadmed ning mitmesugused rakised ja mehhaniseeritud tööriis-

tad, mis tunduvalt kergendavad tööd, tõstavad toodangu kvaliteeti ja alandavad selle omahinda.

Mehhaniseeritud käsitööriistad. Neid võib jaotada tööoperatsioonide järgi, mille teostamiseks nad on ette nähtud: metalli raiumiseks ja lõikamiseks, detailide viilimiseks, lihvimiseks ja puhastamiseks, aukude töötlemiseks, keermetamiseks, kaabitsemiseks ja soveldamiseks, keermesliidete koostamiseks jne.

Sõltuvalt ajami tüübist jaotatakse mehhaniseeritud tööriistad elektrifitseerituteks (töötavad elektrimootori jõul) ja pneumaatilisteks (töötavad suruõhu toimel).

Tööorgani (spindli) liikumise iseloomu järgi jaotatakse mehhaniseeritud tööriistad pöörleva ja edasi-tagasi liikuva tööorganiga seadmeteks.

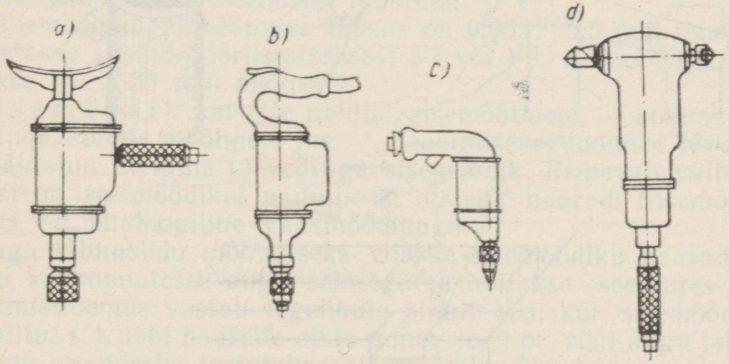
Elektrilistest tööriistadest on laialdasema kasutuse leidnud elektrilised mutrivõtmed, elektritrillid, lihvimis- ja poleerimisseadmed, elektrilised viilid, keermelõikurid. Pneumaatiliste tööriistade hulka kuuluvad mehaanilised mutri- ja kruvikeerajad, vasarad, puurmasinad jt.

Kere konstruktsiooni järgi jaotatakse mehhaniseeritud tööriistad rinnatoega, käepidemega, püstol-tüüpi ning nurkseteks tööriistadeks (joon. 15).

Mehhaniseeritud tööriistade ehitust ja tööd vaadeldakse tööoperatsioonide kirjeldamise juures.

Kontroll- ja mõõteriistad. Detaili valmistamisel kontrollitakse tema mõõtmete ja kuju vastavust joonisele skaalaga mõõteriistadega, samuti ka kontrolljoonlaudade ja kontrollplaatidega.

Seepärast peab lukksepal peale tööriistade tüüpkomplekti olema ka vajalikud kontroll- ja mõõteriistad. Nende hulka kuuluvad: mõõtejoonlaud, mõõtelint, välis- ja sisemõõdik, nihkmõõdik, nurgik, miiud, nurgamõõdik, kontrolljoonlaud jne.

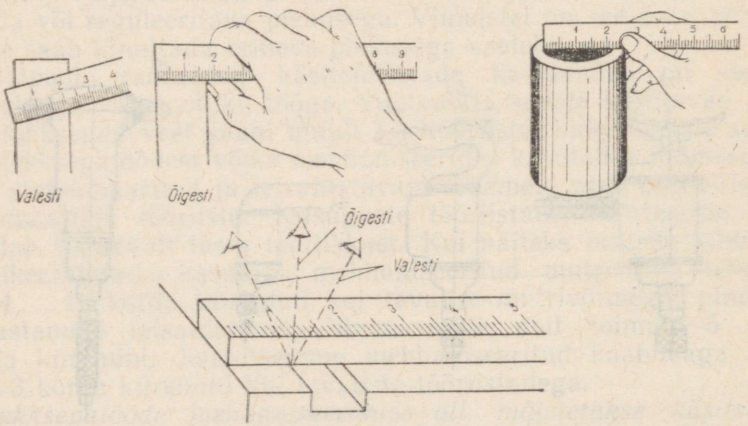


Joon. 15. Mehaaniliste tööriistade konstruktiivsed kujud: *a* — rinnatoega; *b* — käepidemega; *c* — püstol-tüüpi; *d* — nurga all

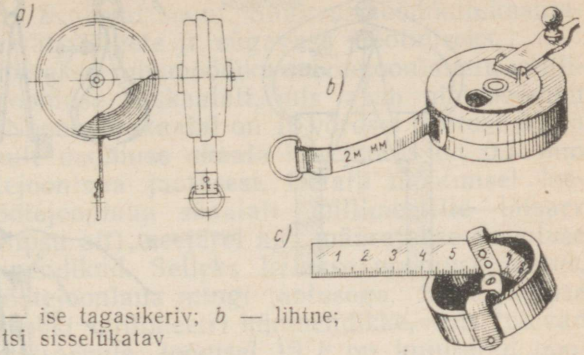
M õ õ t e j o o n l a u d. Mõõtejoonlauale on iga 1 või 0,5 (mõnikord ka 0,25) mm tagant kantud jaotused (kriipsud), mis moodustavad joonlaua mõõteskaala. Mõõtmise hõlbustamiseks on iga poole sentimeetri jaotus märgitud pikema kriipsuga, iga sentimeetri jaotus aga veelgi pikema kriipsuga, mille kohal on sentimeetrite arvu alates skaala algusest näitav number. Mõõtejoonlauaga mõõdetakse sise- ja välismõõte ning pikkusi täpsusega kuni 0,5 mm, teatud vilumuse saavutamisel aga ka kuni 0,25 mm täpsusega. Mõõtejoonlauad valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7 või У8 jäikade või elastsetena. Joonlaudade pikkus on 100, 200, 300, 500, 750 ja 1000 mm, laius 10 ... 25 mm ja paksus 0,3 ... ... 1,5 mm.

Mõõtejoonlauaga mõõtmise võtted on näidatud joonisel 16.

M õ õ t e l i n t kujutab endast teraslinti, mille pinnale on kantud millimeeterjaotusega skaala (joon. 17). Mõõtelint on paigutatud metallkesta ja keritakse sinna tagasi kas vedru toimel (automaatselt), käepideme abil (lihtne) või lükatakse käsitsi sisse. Automaatselt ja käsitsi tagasikeritavad mõõtelindid valmistatakse 1 või 2 m pikkustena, lihtsad — 2, 5, 10, 20, 30 ja 50 m pikkustena. Mõõtelinte kasutatakse joonmõõtmete mõõtmiseks; detaili pikkuse, laiuse ja kõrguse ning detaili üksikute osade vahekauguste mõõtmiseks; samuti ka ringi kaarte ja kõverjoonte pikkuse mõõtmiseks. Silindri ümbermõõdu mõõtmiseks mähitakse terasest mõõtelint tihedalt selle ümber. Seejuures skaala jaotus, mis langeb ühte lindi nulljaotusega, näitab mõõdetava ümbermõõdu pikkust. Niisuguseid võtteid kasutatakse tavaliselt mingi keha ümbermõõdu mõõtmisel selle pinnalaotuse konstrueerimiseks või suurte mõõtmetega silindri läbimõõdu leidmiseks, kui vahetu mõõtmine on raskendatud.



Joon. 16. Mõõtejoonlauad ja nendega mõõtmise näited



Joon. 17. Mõõtelindid: *a* — ise tagasikeriv; *b* — lihtne; *c* — käsitsi sisselükatav

Mõõtmete kandmiseks mõõtejoonlauale ja detaili mõõtmete kontrollimiseks selle valmistamise käigus kasutatakse sise- ja välismõõdikut.

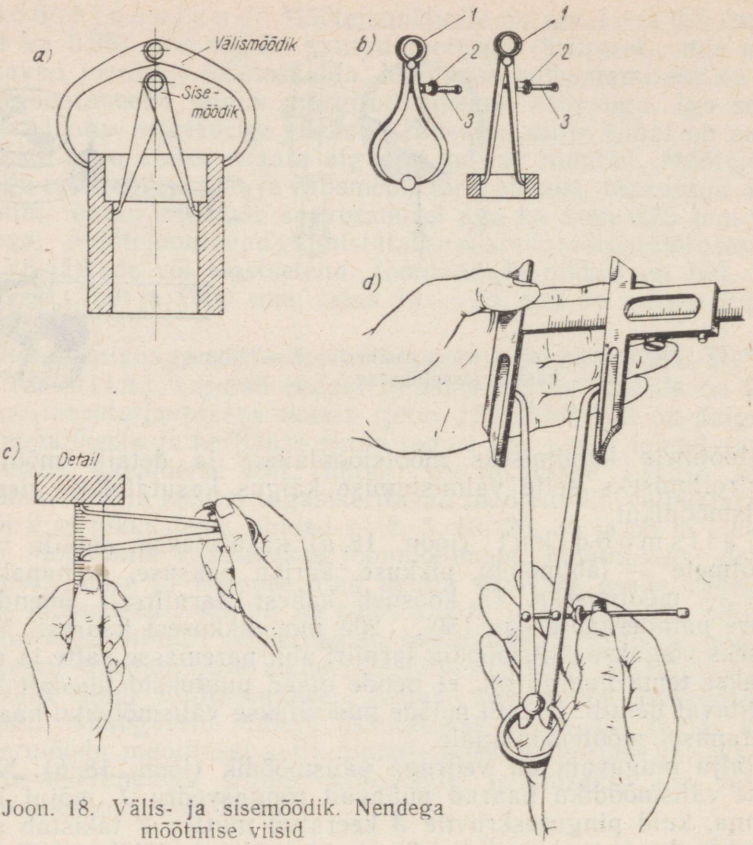
V ä l i s m õ õ d i k u t (joon. 18, *a*) kasutatakse detaili välismõõtmete — läbimõõdu, pikkuse, ääriku paksuse, seinapaksuse jne. — mõõtmiseks. Ta koosneb kahest šarniirselt ühendatud suure painderaadiusega 150 ... 200 mm pikkusest haarast. Mõõtmiseks võetakse välismõõdik šarniiri abil paremasse kätte ja nihutatakse tema haarad nii, et nende otsad puutuksid tihedalt kontrollitavat detaili. Detaili mõõde määratakse välismõõdiku haarade asetamisel mõõtejoonlauale.

Palju mugavam on vedruga välismõõdik (joon. 18, *b*). Niisuguse välismõõdiku haarad püüavad rõngasvedru *1* mõjul laiali minna, kuid pingutuskruvile *3* keeratud mutter *2* takistab seda. Pingutuskruvi on kinnitatud ühe haara külge ja läbib vabalt teist. Mutri *2* pööramisega mööda peenkeermega kruvi *3* seame haarad mõõdule, mis ei saa iseenesest muutuda.

Välismõõdikuga mõõtmise täpsus on 0,25 ... 0,5 mm. Nad valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7 või У8, mõõteotsad karastatakse 15 ... 20 mm pikkuselt.

S i s e m õ õ d i k on ette nähtud sisemõõtmete — aukude läbimõõtude, soonte mõõtmete jne. — mõõtmiseks. Joonisel 18, *a* ja *b* on näidatud tavaline ja vedruga sisemõõdik. Erinevalt välismõõdikust on sisemõõdikul painutatud otstega haarad. Sisemõõdiku ehitus on analoogiline välismõõdikuga.

Augu läbimõõdu mõõtmiseks viiakse sisemõõdiku haarad kergesse kokkupuutesse augu seintega ja hoitakse seejuures risti. Mõõtmistulemus vastab tegelikule ainult siis, kui sisemõõdik ei ole viltu, s. t. läbi haarade otste minev joon on risti augu teljega. Lugemi saamiseks toetatakse sisemõõdiku ühe haara ots vastu tasapinda; sinna vastu on täisnurga all asetatud ka mõõtejoonlaud, millelt saadaksegi mõõde (joon. 18, *c*). Joonisel 18, *d* on näidatud sisemõõdiku haarade vahe mõõtmine nihkmõõdiku abil.



Joon. 18. Välis- ja sisemõõdik. Nendega mõõtmise viisid

Sellega tagatakse suurem täpsus (kuni 0,1 mm) kui joonlauaga mõõtmisel.

Sisemõõdikud valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7 või У8, mõõteotsad karastatakse 15 ... 20 mm pikkuselt.

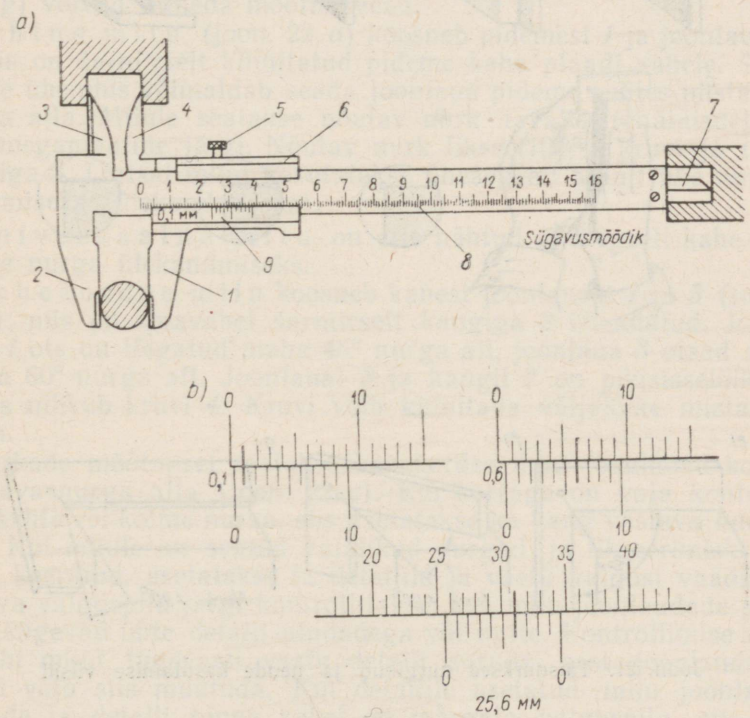
Mõõtejoonlaua, kokkumurtava meetri ja mõõtelindiga mõõtmise täpsus ei rahulda alati kaasaegse masinaehituse nõudeid. Vastutusrikaste masinadetailide valmistamisel kasutatakse täiuslikumaid mõõteriistu, mis võimaldavad mõõtmeid määrata suurema täpsusega. Esmajärjekorras kuulub niisuguste mõõteriistade hulka nihkmõõdik.

Nihkmõõdikut kasutatakse nii detaili sise- kui ka välismõõtmete mõõtmiseks (joon. 19, *a*). Ta koosneb mõõtejoonlauast *8* ja kahest paarist mõõthaaradest: alumistest *1* ja *2* ning ülemistest *3* ja *4*. Haarad *1* ja *4* valmistatakse ühes tükis raamiga *6*, mis libiseb mööda mõõtejoonlauda. Kruviga *5* võib raami kinnitada mõõtejoonlaual nõutavasse asendisse. Alumised haarad on ette nähtud välismõõtmete, ülemised aga sisemõõtmete mõõtmi-

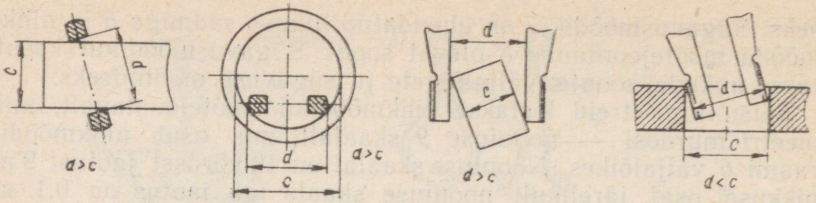
seks. Sügavusmõõdik *7* on ühendatud liikuva raamiga *6* ja nihkub mööda mõõtejoonlauas *8* olevat soont. Sügavusmõõdikut kasutatakse aukude, soonte, väljalõigete jt. sügavuse mõõtmiseks.

Täismillimeetreid loetakse nihkmõõdiku mõõtejoonlaualt, millimeetri murdosi — nooniuse *9* skaalalt, mis asub nihkmõõdiku raami *6* väljalõikes. Nooniuse skaalal on 10 võrdset jaotust 9 mm pikkusel osal, järelikult nooniuse skaala iga jaotus on 0,1 mm võrra väiksem mõõtejoonlaua jaotusest. Detaili mõõtmisel loetakse kõigepealt mõõtejoonlaua skaalalt millimeetrite täisarv (nooniuse esimese kriipsu alt), seejärel aga määratakse nooniuse abil millimeetri kümnendikud. Selleks leitakse nooniuse jaotus, mis langeb kokku mõõtejoonlaua mingi jaotusega. Selle jaotuse järjekorranumber näitabki millimeetri kümnendikke, mis tulevad lisada millimeetrite täisarvule. Joonisel 19, *b* on kujutatud nooniuse kolm asendit mõõtejoonlaua skaala suhtes, mis vastavad mõõtmetele 0,1; 0,6 ja 25,6 mm. Joonisel 20 on kujutatud nihkmõõdiku haarade paigaldamise valed asendid, mille juures mõõdetav läbimõõt *d* pole võrdne detaili tegeliku mõõtmega: $d \neq c$.

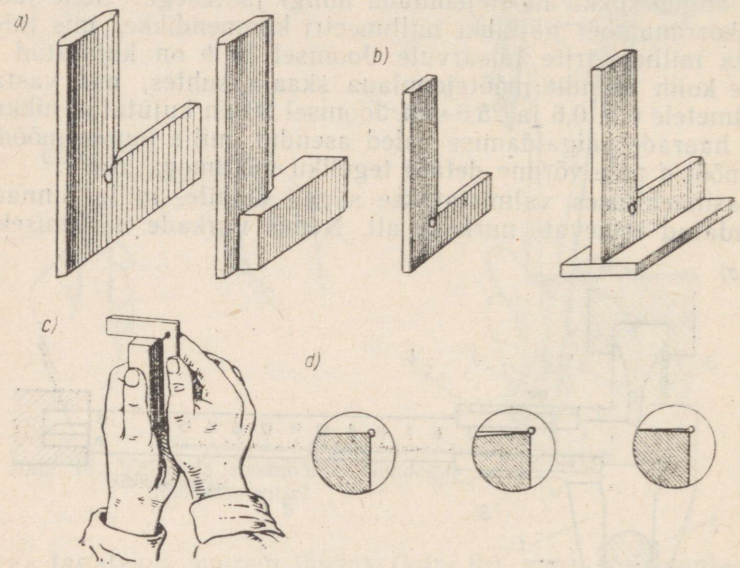
Masinaehituses valmistatakse sageli detaile, mille pinnad on ühendatud erinevate nurkade all. Nende nurkade mõõtmiseks ja

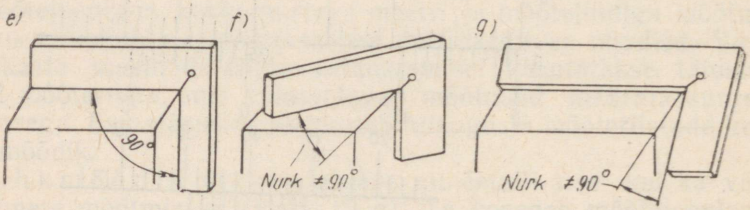


Joon. 19. Nihkmõõdik täpsusega 0,1 mm



Joon. 20. Nihkmõõdiku haarade valed asendid mõõtmisel





Joon. 21. Täisnurksed nurgikud ja nende kasutamise viisid

kontrollimiseks kasutatakse nurgikuid, miiusid, nurgamõõdikuid jt. mõõteriistu.

N u r g i k u d j a m i i u d on enamlevinud mõõteriistad täisnurkade kontrollimiseks. Terasest täisnurksed nurgikud on mitmesuguste mõõtmetega, terviklikud või koostatavad (joon. 21).

Nurgikuid valmistatakse neljas täpsusklassis: 0, 1, 2 ja 3. Kõige täpsem on 0 täpsusklassi nurgik. Faasitud servadega täpseid nurgikuid nimetatakse lekaalnurgikuteks (joon. 21, *a* ja *b*). Täisnurkade kontrollimisel asetatakse nurgik kontrollitavale detailile. Nurgiku ja kontrollitava pinna vahelise valguspilu abil määratakse kõrvalekalle. Detaili välisnurga kontrollimiseks asetatakse nurgik vastu detaili oma siseküljega (joon. 21, *c*), sisenurga kontrollimiseks aga välisküljega. Asetanud nurgiku ühe küljega vastu detaili töödeldud pinda, nihutatakse kergelt surudes tema teine külg vastu detaili töödeldavat külge ja tekkiva valguspilu abil hinnatakse silma järgi täisnurga täpsust (joon. 21, *d*). Mõnikord määratakse kõrvalekalle ka lehtkaliibriga. Vajalik on jälgida, et nurgik asetatakse detailile risti täisnurka moodustavate pindade lõikejoonega (joon. 21, *e*). Nurgiku kaldu asetamisel (joon. 21, *f* ja *g*) võivad esineda mõõtmisvead.

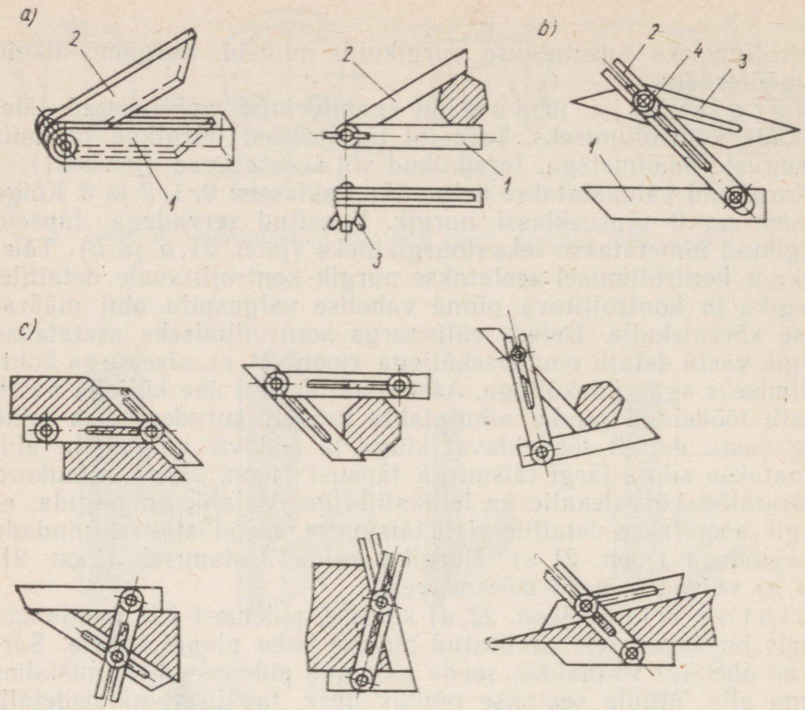
L i h t n e m i i u (joon. 22, *a*) koosneb pidemest *1* ja joonlauast *2*, mis on šarniirselt kinnitatud pideme kahe plaadi vahele. Šarniirne ühendus võimaldab seada joonlaua pideme suhtes mistahes nurga alla. Miiule seatakse nõutav nurk tavaliselt näidisdetaili või nurgaplaatide järgi. Nõutav nurk fikseeritakse kruvi ja tiibmutriga *3*. Lihtsat miiut kasutatakse üheaegselt ainult ühe nurga mõõtmiseks (ülekandmiseks).

U n i v e r s a a l n e m i i u on ette nähtud üheaegselt kahe või kolme nurga ülekandmiseks.

K a h e k o r d n e m i i u koosneb kahest joonlauast *1* ja *3* (joon. 22, *b*), mis on omavahel šarniirselt kangiga *2* ühendatud. Joonlaua *1* ots on lõigatud maha 45° nurga all, joonlaua *3* otsad aga 30° ja 60° nurga all. Joonlaual *3* ja kangil *2* on pikisisselõiked, milles nihkub kruvi *4*. Kruvi võib kinnitada väljalõike mistahes kohta.

Nurkade mõõtmisel seatakse kahekordse miiu joonlauad kontrollitava nurga alla (joon. 22, *c*). Kui korraga on vaja kontrollida kahte või kolme nurka, siis asetatakse ka kang vastava nurga alla. Kui miiule on seatud vajalikud nurgad ja fikseerimiskruvi kinni keeratud, asetatakse ta detailile ja vastu valgust vaadates tekkiva valguspilu järgi kontrollitakse, kas miiu joonlaudade pinnad langevad ühte detaili pindadega või mitte. Kontrollimise ajal ei tohi miiut tugevasti vastu detaili suruda, sest joonlaudade asend võib siis muutuda. Kui detailile asetatud miiu joonlaua servade ja detaili pinna vahel on märgata valguspilu, siis on detail valesti valmistatud.

Miiud on eriti mugavad neil juhtudel, kui näidisdetaili järgi on



Joon. 22. Miiud ja nende kasutamise viisid

vaja valmistada rida teisi, sellega sarnaseid detaile. Sellisel juhul seatakse miiu näidisdetailile vastavaks ja kõiki valmisdetaile kontrollitakse sellel.

Nurgikute ja miiude abil võib küll kontrollida antud nurkade valmistamise õigsust, kuid otsustada kõrvalekalde suuruse üle pole võimalik.

Nurgikud ja miiud valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7 või У8 ja karastatakse.

Nurkade mõõtmiseks või märkimiseks, miiudele nõutava nurga seadmiseks ja nendega ülekantavate nurkade suuruse määramiseks kasutatakse malle ja nurgamõõdikuid. Malle kasutatakse tavaliselt nurkade mõõtmiseks ja märkimiseks tasapinnale. Nurgamõõdikud liigitatakse lihtsateks ja universaalseteks.

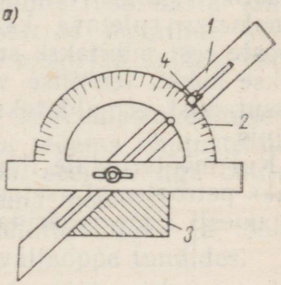
Lihtsad nurgamõõdikud koosnevad joonlauast *1* ja mallist *2* (joon. 23, *a*). Mõõtmisel asetatakse nurgamõõdik detailile nii, et joonlaud *1* ja malli *2* alumine serv puutuksid kokku mõõdetava detaili *3* pindadega. Nurga suurus määratakse näidikuga *4*, mis koos joonlauaga liigub mööda malli skaalat. Lihtsa nurgamõõdikuga võib mõõta nurkade suurust täpsusega 0,5... ... 1°.

Optiline nurgamõõdik (joon. 23, *b*) koosneb korpusest *1*, millesse on kinnitatud skaalaga varustatud klaasketas. Skaala jaotused on kraadides ja minutites. Väikeste jaotuste väärtus on 10′. Korpusega on jäigalt ühendatud põhijoonlaud (liikumatu) *3*. Kettale *5* on monteeritud luup *6*, pide *4* ja liikuv joonlaud *2*. Luubi alla, paralleelselt klaaskettaga, on asetatud väike klaasplaat skaalaga, mis läbi luubi on selgelt nähtav. Joonlauda *2* võib pikisuunas nihutada ja pidemega *4* vajalikus asendis kinnitada. Joonlaua *2* pööramisel ühele või teisele poole pöörduvad samas suunas ka ketas *5* ja luup *6*. Niimoodi vastab joonlaua igale asendile ka ketta ja luubi kindlalt määratud asend. Pärast joonlaua kinnitamist surverõngaga *7*, loetakse nurgamõõdiku näit läbi luubi *6*.

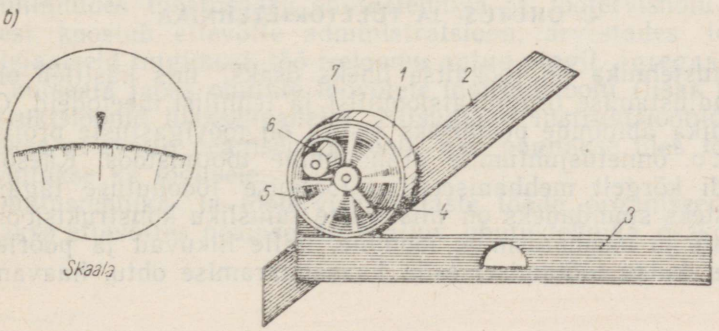
Optilise nurgamõõdikuga võib mõõta nurki 0 . . . 180 kraadini. Optilise nurgamõõdiku näitude lubatud kõrvalekalle on ±5′.

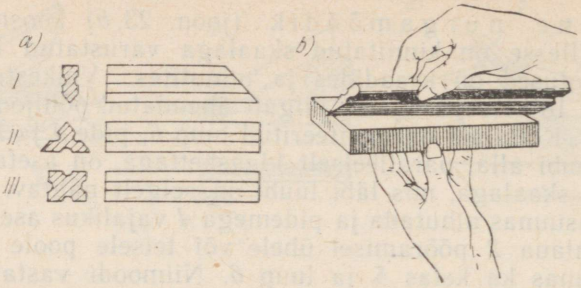
Kontrolljoonlauad on ette nähtud tasapindade sirgjoonelisuse kontrollimiseks. Tasapindade töötlemisel kasutatakse kõige sagedamini lekaaljoonlaudu. Nad jaotatakse kahepoolse kandiga ning kolme- ja neljatahulisteks lekaaljoonlaudadeks (joon. 24, *a*).

Lekaaljoonlauad valmistatakse väga täpselt ja neil on õhuke tööserv. Tööserva ümardusraadius on 0,1 . . . 0,2 mm, mistõttu valguspilu meetodil võib küllalt täpselt määrata kõrvalekaldumist sirgjoonelisusest. Selleks asetatakse joonlaud oma tööservaga (ribi või tera) kontrollitavale pinnale ja vaadatakse vastu valgust (joon. 24, *b*), seejuures on kõrvalekalle sirgjoonelisusest märga-



Joon. 23. Nurgamõõdikud: *a* — lihtne; *b* — optiline





Joon. 24. Lekaaljoonlaudade konstruktiivsed kujud (*a*) (*I*-kahepoolse kandiga; *II* — kolmetahuline; *III* — neljatahuline) ja joonlaua pealepanemise näide

tav joonlaua serva ja detaili pinna vahel oleva valguspilu järgi. Hea valgustuse korral võib märgata kõrvalekallet suurusega kuni 0,005 . . . 0,002 mm.

Lekaaljoonlaudade pikkus on 25 . . . 500 mm. Neid valmistatakse süsinik-tööriistaterasest või legeeritud terastest ja karastatakse.

Mõõteriistade hoidmine ja hooldamine. Mõõteriistade täpsus ja iga ei sõltu mitte ainult valmistamise kvaliteedist ja nendega oskuslikust ümberkäimisest, vaid ka õigest hoidmisest ja hooldamisest.

Lihtsaid mõõteriistu hoitakse tavaliselt töölaua laekas, kuhu nad asetatakse kindlaksmääratud järjekorras mõõteriista tüübi ja mõõtmete järgi. Nihkmõõdikuid ja lekaaljoonlaudu hoitakse spetsiaalsetes suletava kaanega karpides. Mõõteriista kaitsmiseks rooste eest pühitakse selle pind üle puhta kuiva lapiga ja määritakse kokku tehnilise vaseliini õhukese kihiga. Enne mõõteriista kasutamist eemaldatakse määre puhta lapiga või pestakse bensiinis.

Kui mõõteriistale ilmuvad roosteplekid, tuleb see üheks ööpäevaks petrooleumi asetada, pärast seda pesta bensiinis, kuivatada ja uuesti sisse määrida.

4. OHUTUS- JA TULETÕRJETEHNIKA

Ohutustehnika on töökaitse üheks osaks, mis käsitleb ohutu töö kindlustamise organisatsioonilisi ja tehnilisi meetodeid. Ohutustehnika abinõude peamiseks sisuks on töövigastuste profülaktika, s. o. õnnetusjuhtumite ärahoidmine tootmistöös. Käesoleva perioodi kõrgelt mehhaniseeritud tootmise tööohutuse tagamise peamisteks suundadeks on niisuguste täiusliku konstruktsiooniga masinate ja mehhanismide loomine, mille liikuvad ja pöörlevad osad ei kutsu töötamisel esile kaasahaaramise ohtu, haavamist,

vigastamist jne., samuti ka tootmise ratsionaalne organiseerimine.

Inimese organismile mõjuvad mitmesugused väliskeskkonna tegurid, nagu õhu parameetrid (temperatuur, niiskus, tolmu, mürgiste aurude ja gaaside sisaldus), töökoha valgustatus, elektromagnetilise välja, müra ja muude tegurite olemasolu ning intensiivsus. Need tegurid võivad põhjustada kutsehaigusi. Lisaks sellele nõrgendavad nad organismi, vähendavad tähelepanu ohtude suhtes ja on seetõttu paljude tootmises tekkivate õnnetusjuhtumite põhjusteks.

Seega on lukkseppade, treialite, freesijate jt. ohutu töö tagamiseks vaja täiustada kasutatavate tööpinkide, mehhanismide ja teiste seadmete konstruktsioone, aga samuti ka tehnoloogiat, õigesti organiseerida tootmine ja luua töölistele nõutavad sanitaar-hügieenilised tingimused.

Töökaitse teise tähtsa osa — töötervishoiu peamiseks sisuks on niisuguste sanitaar-hügieeniliste tingimuste loomine, mis kindlustaksid töölistele hea enesetunde ja väldiksid võimalike kutsehaiguste ning mürgituste tekkimise.

Töökaitse küsimuste kolmanda osa moodustab õiguslik töökaitse. Nõukogude tööseadusandlus on loodud töötajate huvides ja järelikult kaitseb nende tööd. Tööseadusandluse põhinõuded on esitatud liiduvabariikide Tööseaduste Koodeksi «Töökaitse» vastavates jagudes.

Spetsiaalseid ohutustehnika ja töötervishoiu reegleid üksikutele rahvamajandusharudele annavad välja ametiühingute kesknõukogud kooskõlas vastavate asjasthuvitatud ministeeriumide ja ametkondadega. Sellisteks näideteks on Masinaehituse Tööliste Ametiühingu Kesknõukogu poolt 19. novembril 1958. aastal kinnitatud ohutustehnika ja töötervishoiu eeskirjad metallide külmtöötlemisel, ohutustehnika ja töötervishoiu eeskirjad toodete värvimisel ja rida teisi.

Vastavalt nendele eeskirjadele peavad kõik masinaehitusettevõtetesse töölevõetavad töölised algul läbi tegema ohutustehnika ja töötervishoiu sissejuhatava instruktaaži, seejärel aga ohutute töömeetodite instruktaaži või väljaõppe oma töökohal.

Kutsehariduse õppeasutustes õpitakse ohutustehnika ja töötervishoiu eeskirju teoreetilise ja praktilise väljaõppe tundides.

Juhindudes tööstusharu ohutustehnika ja töötervishoiu eeskirjadest, koostab ettevõtte administratsioon, arvestades tootmise spetsiaalseid tingimusi, töö iseloomu antud pingil, agregaadil jne., iga kutseala jaoks ohutute töövõtete instruktsiooni (lisas tuuakse instruktsioonid lukkseppadele). Niisugused instruktsioonid kinnitatakse ettevõtte peainseneri poolt; nad pannakse üles töökohas ja antakse ka töölisele.

Ohutustehnika- ja töötervishoiualaste tööde organiseerimiseks luuakse ettevõttes peainsenerile alluv ohutustehnika osakond või

büroo. Väikestes tehastes ja suurtes tsehhides nähakse ette ohutustehnikainseneri ametikoht.

Ohutustehnika on orgaaniliselt seotud tuletõrjetehnikaga. See seos lähtub vajadusest kaitsta inimeste tervist ja elu tule eest. Seepärast on tuletõrjeprofülaktika režiimi range täitmine õppetöökodades, ettevõtetes ja mistahes teistes ruumides, eriti aga tule- ja plahvatusohtlikes tehastes, ka ohutustehnika tähtsaimaks nõudeks.

Nõukogude Liidus teostavad töökaitsealast kontrolli ametiühingute nõukogud ja spetsiaalsed riiklikud järelevalveorganid (Riiklik Sanitaarinspektsioon, Riiklik Energeetikatööstuse ja Energiajärelevalve Inspektsioon jt.).

Töövigastused ja kutsehaigused. Töövigastus on inimese organismi ootamatu kahjustamine (haavamine, vigastamine, põletushaav, tugev mürgitus jne.) tööülesannete täitmisel. Inimorganismi füüsilist kahjustust või selle normaalse talitluse häiret, mis tekib kauaaegsel töötamisel kahjulikes töötingimustes, nimetatakse kutsehaiguseks. Siia kuuluvad näiteks ränitolmu sissehingamisest põhjustatud krooniline kopsuhaigus (silikoos), kuulmise nõrgenemine (kurtus) mürarikastes tsehhides töötamisel, ultraviolettkiirgusest tingitud silmade haigestumine jne.

Kui inimorganismile mõjuvad kahjulikud ained küllalt suures kontsentratsioonis, võib selle tulemusena tekkida äge mürgitus. Niisuguseid õnnetusjuhtumeid, mis toimuvad tööülesannete täitmisel, vaadeldakse kui töövigastusi.

Seadmete paigutus ja ohutu töökoha organiseerimine. Metallilõikepinkide, töölaudade ja teiste seadmete õige paigutus tööruumides on ohutu töö tagamise põhitingimuseks. Seadmete paigaldamisel tuleb tingimata silmas pidada kindlaksmääratud minimaalseid vahekaugusi tööpinkide või töölaudade ja hoone üksikute elementide vahel ning õigesti valida läbipääsude ja läbisõiduteede laius.

Lukksepa töölaud, metallilõikepingid ja teised seadmed tuleb tööruumides paigutada nii, et nendevaheline kaugus oleks küllaldane tööliste vabaks läbipääsuks. Läbipääsude laius ei tohi olla alla 1 m. Läbipääsudega risti paigutatud tööpinkide vahekaugus nende järjestikusel asetamisel peab olema 0,9 m, paarikaupa asetamisel (töölised on nägudega vastamisi) aga 1,6 m. Veoautoga koorma vedamiseks moodustatakse läbisõiduteed laiusega 3,5 m. Läbipääse ja läbisõiduteid ei ole lubatud ummistada mitmesuguste esemetega. Läbipääsud ja läbisõiduteed tuleb hoida puhtad ja korras, nende piirid tähistatakse valge värviga või läikivate metallplaatidega.

Töötsooni laius ei tohi olla alla 0,8 m. Nagu juba eespool mainiti, organiseeritakse töökoht vastavalt teostatavale tööle. Sellest, kui õigesti ja ratsionaalselt on töökoht organiseeritud, oleneb töö ohutus ja tootlikkus. Vajalike abiseadmete puudumine või nende

ebaratsionaalne paigutus töökohal ja töökoha risustamine loovad tingimused tööõnnetuste tekkimiseks.

Mehhanismide nendele osadele, mis võivad olla töölisele ohtlikud, tuleb külge riputada hoiatavad sildid.

Ohutustehnika abinõud seadmete ekspluateerimisel. Seadmete ekspluateerimisel võib esineda normaalsest töörežiimist kõrvalekaldumisi: mehhanismide ülekoormamine, rõhu järsk tõus, hermeetilisuse järsk vähenemine, üksikute detailide purunemine (näiteks lihvketta) jne. Seepärast tuleb masinates ja mehhanismides ette näha spetsiaalseid kaitseseadmeid, mis hoiavad ära või ennetavad avariisid ja purunemisi.

Kaitseseadmed valmistatakse jäiga kaane, kattekilbi või raamil asuva võrgu kujul, mis on masina põhiliste osadega ühtseks konstruktsiooniks ühendatud.

Kaasaegsete tööpinkide, presside ja nende seadmete kõik liikuvad ja pöörlevad osad paigutatakse seadme sängi, korpuse või karkassi sisse, seega langeb ära vajadus täiendavaks piirestuseks. Masina vahelülide (rihmülekanded, sidurid jt.) jaoks kasutatakse kas statsionaarseid või teisaldatavaid tihedaid võrk- ja võrepiirdeid. Teisaldatavaid piirdeid kasutatakse näiteks võllide või kruvide väljaulatuvate otste piiramiseks sel juhul, kui nende väljaulatuva otsa pikkus töötamise ajal suurtes piirides muutub.

Abinõud elektrikahjustuste ärahoidmiseks. Elektrivoolu toime inimorganismile võib esile kutsuda tõsiseid tagajärgi. Elektrivool võib avaldada soojuslikku (põletused), mehaanilist (kudede rebestused, luumurrud) või keemilist (elektrolüüs) toimet. Peale selle mõjub elektrivool bioloogiliselt, kahjustades elavale mateeriale omaseid, tema eluvõimega seotud protsesse.

Kogu organismi kui terviku kahjustamist teda läbinud elektrivoolu toimel on hakatud nimetama elektrilöögiks. Erinevalt sellest kannavad kohaliku iseloomuga välised kahjustused (põletused, naha metalliseerumine, elektrimärgid) üldist nimetust — elektritraumad.

Elektrivoolu toime iseloom ei ole ühesugune. On kindlaks tehtud, et alla 500 V pingega vahelduvvool on ohtlikum kui sama pingega alalisvool, kuid üle 500 V pinge korral on alalisvool kardetavama toimega. Erineva sagedusega vahelduvvooludest on kõige ohtlikum tööstusliku sagedusega vool. Kõrgsagedusvoolud (500 kHz ja rohkem) on sisekahjustuste mõttes ohutud. Nad ei kutsu esile elektrilööki, kuid võivad põhjustada põletusi ja pole seega sugugi vähem ohtlikud kui alalisvool või tööstusliku sagedusega vahelduvvool.

Põletused tekivad voolu soojusliku toime või elektrikaare moodustumise tagajärjel. Kõrgsagedusvoolu korral võib esineda sisemine põletus isegi ilma nahapinda märgatavalt kahjustamata.

Elektrivoolu märgid (puutekahjustused) kujutavad endast

elektriseadme või -juhtme selle osa märki või jäljendit, millega vahetult kokku puututi.

Naha metalliseerimine — s. o. naha läbiimbumine ülipeente metalliosakestega, mis kontaktikohas eralduvad ning nahka tungivad.

Kõik elektriseadmed ja -võrgud liigitatakse lähtudes vajalikest ohutustehnika nõuetest kahte gruppi: seadmed ja võrgud nimipingega kuni 1000 V ja üle 1000 V.

Põhilist osa masinatehaste tsehhide seadmetest toidetakse vooluga, mille pinge on 380/220 V, ja nad kuuluvad seega esimesse gruppi.

Ettevõtteid elektrienergiaga toitvad õhu- ja kaabliliinid on reeglikohaselt kõrgepingelised, standardpingega 3, 6, 12, 35, 120 kV ja rohkem. Pinget üle 1000 V kasutatakse ka tööstusliku elektrotermika kõrgsageduslikes seadmetes, elektrilistes värvimis- ja õhupuhastusseadmetes jne.

Elektriseadmete ohutu teenindamise tagamisel on suur tähtsus ümbritseval tootmiskeskkonnal. Nagu juba märgiti, mõjuvad kõrge temperatuur, niiskus, tolm, mürgised aurud ja gaasid inimesele kahjulikult. Samad tegurid mõjuvad kahjustavalt ka elektriisolatsioonile, inimese riietusele ja jalanõudele ning hõlbustavad elektrikahjustuste ja avariide tekkimist. Seetõttu jaotatakse kõik ruumid vastavalt ohtlikkusele kolme kategooriasse: väheohtlikud, ohtlikud ja eriti ohtlikud ruumid.

Väheohtlike ruumide hulka kuuluvad köetavad ruumid, kus õhutemperatuur ei ületa 30° C ja põrand on puidust või teistest voolu mittejuhtivatest materjalidest. Siia kuuluvad joonestussaalid, õppekabinetid, klassid, kontoriruumid jt. Masinatööstuse ettevõtetes kuuluvad mehaanika-, sepa-, galvaanika- ja termilised tsehhid eriti ohtlike ruumide hulka.

Tuleohtlikeks loetakse niisugused ruumid, kus töödeldakse või hoitakse kergesti süttivaid aineid ja kus tootmise iseloomust tingituna võib olla kergesti süttivaid gaase, aure, tolmu või kiude.

Plahvatusohtlikeks loetakse need ruumid, kus valmistatakse, töödeldakse või hoitakse lõhkeaineid või kus võivad tekkida plahvatusohtlikke segusid moodustavad aurud ja tolm.

Et vältida inimese vahetut kokkupuutumist voolu juhtivate osadega, isoleeritakse need hoolikalt, piiratakse katete ja kilpidega või asetatakse kättesaamatusse kõrgusse.

Inimesele mõjuva elektrivoolu kahjuliku toime vähendamise tähtsaimaks abinõuks on madaldatud pingega voolu kasutamine. See abinõu on eriti tähtis töölistele, kes töötavad ohtlikes või eriti ohtlikes ruumides.

Vastavalt ohutustehnika eeskirjadele tuleb elektrilistes käsi- ja kantavates tööriistades, töökoha valgustamiseks töölaudadel ja tööpinkidel, samuti põrandast vähem kui 2 m kõrgusel paiknevates üldvalgustites, pressvormide kuumutusseadmetes jne. kasu-

tada madaldatud pinget, s. t. pinget kuni 36 V. Ohtlikes ruumides kasutatavate käsielektrilampide pinge ei tohi olla üle 36 V, aga eriti ohtlikes ruumides ja väljaspool ruume — mitte üle 12 V.

Tööstuslik valgustus. Tootmisruumide ja töökohtade ratsionaalse valgustuse organiseerimine on töökaitse üheks tähtsamaks ülesandeks.

Hea valgustuse korral ei rikuta silmi (neid pole vaja pingutada), kiireneb töötempo. Valgus ergutab kogu organismi tegevust, hämarus aga pidurdab seda.

On kaks valgustuse liiki: loomulik ja kunstlik. Loomuliku valgustuse osa soodsate töötingimuste kindlustamisel on väga suur. Päevavalgusega võib ruumis saavutada töökohtade kõrgetasemelise valgustuse; loomuliku valgusega on inimesed kõige rohkem harjunud.

Kunstlikuks valgustuseks kasutatakse kaasajal erinevaid valgusallikaid. Peamisteks neist on hõõglambid, luminestsentslambid, spetsiaalsed suurendatud valgusvooga lambid (näiteks kõrge- ja ülikõrge rõhuga elavhõbelambid) ja elektrikaar. Kaasajal normeeritakse kunstlikku valgustust tööstusettevõtete projekteerimise sanitaarnormidega.

Meteoroloogilised tingimused. Tootmisprotsess toimub kõige erinevamatel õhutemperatuuridel, erineva õhuniiskuse ja -liikuvuse juures, samuti ka kuumade seadmete või töödeldavate materjalide ja detailide soojuskiirguse mõju all. Kõik need väliskeskkonna mõjutused kannavad ühist nime — meteoroloogilised tingimused.

Meteoroloogilised tingimused avaldavad inimese enesetundele ja töövõimele suurt mõju.

Normaalsete töötingimuste tagamiseks tootmisruumides on kehtestatud meteoroloogiliste tingimuste normid, mis on lülitatud tööstusettevõtete projekteerimise sanitaarnormidesse. Need normid arvestavad aastaaegu, tootmisruumi iseloomu ja tehtava töö raskust. Nii on soovitatav õhutemperatuur väikese liigsoojusega ruumides kergete tööde tegemisel — 18 . . . 20° C, keskmise raskusega tööde korral — 16 . . . 18° ja raskete tööde tegemisel — 14 . . . 16° C.

Organismi ülekuumenemise vastu võitlemise abinõude hulka kuuluvad raskete tööde mehhaniseerimine, kaitse kiirgusallikate vastu, üleliigse soojuse eemaldamine ventilatsiooni abil, isiklik profülaktika vee ja soolade ainevahetuse rikkumise ja teiste ülekuumenemise tagajärgede vastu. Et taastada vee ja soolade tasakaalu tööliste organismis, varustatakse kuumad tsehhid gaseeritud veega, mis sisaldab kuni 0,5% keedusoola.

Kuumade ja hõõguvate esemetega töötamisel peavad töölised põletuste vältimiseks kasutama soojuskindlat eririietust ja silmade kaitseks valgusfiltritega kaitseprille, mis valitakse vastavalt kehade temperatuurile.

Tööruumide ülemäärase jahtumise ärahoidmiseks kasutatakse õhkkütet, kus sooja õhku antakse juurde ventilaatoritega, ehitatakse sooja õhu eesriidega tuulekojad, mis takistavad talvel külma õhu tungimist ruumidesse uste ja väravate avamisel.

Ettevõtete paigutus ja korrashoid. Ettevõtte territoorium ei pea vastama mitte ainult tootmise nõuetele, vaid ka kõigile sanitaarnormidele. Territoorium peab olema tasane, hästi valgustatud, läbi- ja juurdepääsuteed peavad olema küllaldase laiusega.

Tehniliseks otstarbeks tehtud augud ja teised süvendid peavad olema tihedalt ja tasaselt suletud või kindlalt piiratud. Ettevõtte territooriumil olevad teed ja läbipääsud peavad olema sirged. Tee laius peab vastama kasutatavatele transpordivahenditele, veetavale koormale ja liikumise intensiivsusele, arvestades seejuures vastassuunas liikuvaid veokeid. Sõiduteed peavad olema sillutatud tugeva kattega.

Tööstusettevõtete projekteerimise sanitaarnormidega on kehtestatud iga töötaja kohta nõutav tootmisruumi maht ja pindala, mis ei tohi olla väiksem kui 15 m^3 ja 4,5 m^2. Peale ühe töölise kohta tuleva minimaalse kubatuuri on tähtis ka ruumi minimaalne kõrgus. Eriti madalates ruumides on nende valgustamine ja ventileerimine raskendatud. Tootmisruumi minimaalseks kõrguseks põrandast laeni peab olema 3,2 m. Ruumi põrandad, seinad ja laed peavad kindlustama küllaldase kaitse külma ja niiskuse eest. Põrandad peavad olema soojad, elastsest materjalist, vastupidavad, tasased, mitte liiga libedad ja kergesti puhastatavad.

Nendes ruumides, kus põrand töötingimuste tõttu niiskub vee, emulsiooni, happe, aluse, lahustite ja teiste vedelikega, tuleb see valmistada niiskuskindlast materjalist ja väikese kallakuga vedeliku kiireks äravooluks.

Samuti peab olema ette nähtud elanikkonna kaitse mürgiste gaaside, tolmu, tahma, müra ja roiskvee kahjuliku toime eest.

Tuletõrjeprofülaktika. Põlevainete tuleohtlikkuse hindamisel on suur tähtsus temperatuuril, mille juures põlevained süttivad. Niisugusteks temperatuurideks on leektäpp ja süttimistemperatuur.

Leektäpiks nimetatakse põlevaine (-vedeliku) temperatuuri, mille juures tekib õhu segu gaaside või aurudega, mis süttib lahtise leegiga kokkupuutumisel.

Leektäpil on suur tähtsus põlevvedelike tuleohtlikkuse hindamisel. Põlevvedelikud jagunevad kergesti süttivateks — leektäpp kuni 45° C, ja põlevateks — leektäpp üle 45° C.

Kergesti süttivateks vedelikeks on bensiin, mille leektäpp sõltuvalt margist on —50 . . . +100° C; bensool — leektäpp —13° C; puupiiritus —1° C; petrooleum +28° C ja teised vedelikud. Põlevvedelike hulka kuuluvad linaseemneõli (leektäpp 205 . . . 300° C); määrdeõlid, kivisõetõrv, diislikütus, masuut jne.

Süttimistemperatuuriks nimetatakse põlevaine (-vedeliku) ma-

dalaimat temperatuuri, mille juures ta süttib lahtisest leegist ja jääb põlema ka pärast leegi eemaldamist.

Põlemisprotsessi, mis tekib kogu põlevsegu kuumenemisel lahtise leegi juuresolekuta, nimetatakse isesüttimiseks. Temperatuuri, mille juures aeglane oksüdeerumine läheb üle põlemiseks, nimetatakse isesüttimistemperatuuriks.

Isesüttimistemperatuur määratakse kindlaks spetsiaalse aparaadi abil. Põlevvedelikul on see 400 ... 700° C.

Männipuidu leektäpp on 230° C, süttimistemperatuur 270° C, isesüttimistemperatuur 360° C; puusõel, koksil ja turbal ei ole leektäppi ja süttimistemperatuuri, neid iseloomustab ainult isesüttimistemperatuur, mis nimetatud ainetel on vastavalt 350, 225 ... ... 280 ja 700° C.

Põlevgaasid ja -aurud (bensiin, atsetüleen, tärpentin, vesinik, kivisõetolm jt.) võivad õhuhapnikuga ühinedes moodustada plahvatava segu.

Plahvatus on erakordselt kiire, sekundi murdosa jooksul toimuv põlemine, mille juures eraldub palju soojust ja hõõguvaid gaasilisi produkte, ning tekib suur rõhk.

Tuletõrjeprofülaktika peab tagama tulekahju ennetamise, töötama välja abinõud tule levimise tõkestamiseks, inimeste ja nende varanduse kiireks ja ohutuks evakueerimiseks ruumidest ning tuletõrje tehniliste vahendite eduka kasutamise ja tuletõrjekomando täpse taktikalise tegevuse tulekahjude likvideerimisel.

Tulekahjude peamisteks põhjusteks võivad olla tööstusahjude ja katelde vale ehitus; kütteseadmete rikked ja kütmisrežiimi rikkumine; elektriseadmete ja -võrkude rikked, ülekoormused või vale ehitus; tööstusseadmete mittekorrasolek, ettevaatamatu ümberkäimine tulega, materjalide valest hoidmisest põhjustatud isesüttimine ja -plahvatamine, piksevarraste puudumine või mittekorrasolek jne.

Eristatakse abinõusid, mis väldivad tulekahjude tekkimist ettevõtetes (jagunevad ehitustehnilisteks ja administratiivorganisatsioonilisteks), ja abinõusid, mis on suunatud tulekollete kiireks likvideerimiseks.

Ehitustehnilisteks abinõudeks on ettevõtte territooriumi nõuetekohane planeerimine ja tootmishoonete ning ehitiste paigutamine sellele; spetsiaalsete tule levikut takistavate tõkete ehitamine hoonetesse; põhi- ja tagavaraväljapääsude õige ehitamine ja paigutamine, samuti ka avariivalgustuse ülesseadmine, seadmete õige ekspluateerimine jne.

Administratiiv-organisatsioonilisteks abinõudeks on: suitsetamise ja lahtise tule kasutamise keelamine mitmesuguste tööde tegemisel tuleohtlikes ruumides või tuleohtlike materjalide juures; tuldvõtvate toorainete, poolfabrikaatide ja valmistoodangu varude tagavarade piiramine, vabatahtlike tuletõrjemalevate ja

-salkade organiseerimine; tööliste ja teenistujate tuletõrjealane väljaõpetamine.

Tulekollete kiire likvideerimise abinõude hulka kuuluvad spetsiaalsete teede ja sobivate juurdepääsude ehitamine hoonete juurde ning spetsiaalsete läbikäikude rajamine raskesti ligipääsetavatesse kohtadesse; tuletõrjeredelite ehitamine, veetorustiku, signalisatsiooni ja sideliinide rajamine, tsehhides olevate tulekustutuspunktide varustamine vajalike tuletõrjevahenditega.

Kooskõlas ülalkirjeldatud ohutus- ja tuletõrjetehnika seisukohtadega töötatakse välja instruktsioonid iga tööala jaoks. Näiteks on lisas toodud lukksepatööde ohutustehnika tüüpinstruktsioon.

II PEATÜKK

MÄRKIMISE MÕISTE. TASAPINNALINE MÄRKIMINE.

5. MÄRKIMISE OLEMUS JA SELLE ÜLESANNE OLENEVALT TOOTMISE ISELOOMUST

Märkimiseks nimetatakse töödeldavale detailile või toorikule niisuguste joonte pealekandmist, mis määravad detaili kontuuri või töötlemisele kuuluva koha.

Märkimise peamiseks ülesandeks on piiride näitamine, milleni on vaja toorikut töödelda. Aja kokkuhoiu mõttes töödeldakse lihtsad detailid sageli ilma eelneva märkimiseta. Näiteks tavalise sirgete otstega liistu valmistamiseks on küllaldane raiuda ruudukujulise ristlõikega terasvardast ettenähtud pikkusega tükk ja viilida see joonisel näidatud mõõtmete järgi[1].

Masinadetailide toorikud saabuvad mehaanikatsehhi valandite, sepiste ja valtsmetallina. Töötlemise protsessis eemaldatakse toorikute pinnalt metallikiht, mida nimetatakse töötlemisvaruks. Olenevalt töötlemisvaru suurusest võib selle eemaldada ühe või mitme läbimiga kas treipingil, freespingil, mõnel muul metallilõikepingil või lukksepatööna.

Töötlemisvaru suurust, mis eemaldatakse teatud töötlemisoperatsioonil, nimetatakse operatsiooni töötlemisvaruks.

Viimastel aastatel on töötlemisvaru määramiseks välja töötatud arvutuslik-analüütiline meetod, mille põhjal, arvestades ka eesrindlike tehaste kogemusi, on koostatud andmed töötlemisvarude kohta. Need andmed võimaldavad olenevalt tooriku või detaili iseloomust (materjal, mõõtmed, kaal) ja tootmisviisist õigesti määrata töötlemisvaru suuruse antud liiki tooriku (valandi, sepise, stantsitud või valtsmetallist tooriku) jaoks. Töötlemisvarude normatiivsed andmed on toodud spetsiaalsetes tabelites, mida kasutab tehnoloog.

---

[1] Mõningates masinaehitusettevõtetes teostab märkimist märkija.

Tasapindadel antakse töötlemisvaru tavaliselt külgedele, pöördpindadel aga läbimõõdule.

Selleks et töötlemisel eemaldada detaililt ainult töötlemisvaru ja saada joonisele vastava mõõtmete ja kujuga detail, tuleb toorik real juhtudel enne töötlemist märkida, s. o. tooriku pinnale kantakse spetsiaalsete tööriistadega (joonlaua, sirkli, märknõela jne.) joonisele vastavad mõõtmed ja tõmmatakse jooned, mis näitavad piiri, milleni tuleb töötlemisvaru eemaldada. Detaili pinnale kantud jooni nimetatakse märkjoonteks; märkjoonte järgi toimub tooriku töötlemine.

Märkimise järgi töötlemist ei saa siiski pidada täiuslikuks meetodiks. Ükskõik kui korralikult märkjooni peale ka ei kantaks ja kui peened need ka ei oleks, osutub märkimise järgi töötlemise täpsus mitte eriti suureks ja kõigub 0,2 . . . 0,5 mm piires. Märkimine võtab küllaltki palju aega ja nõuab kõrgekvaliteedilist tööd. Seepärast püütakse kaasaegses masinaehituses, kus see on võimalik ja otstarbekas, märkimisest loobuda. Ilma märkimiseta töötlemisel on hädavajalik kasutada mitmesuguseid rakiseid (konduktoreid, tugesid, šabloone jt.) ja suurendada toorikute töötlemise täpsust. Rakiste maksumus tasub end ära ainult küllalt suure arvu ühesuguste detailide töötlemisel, s. o. mass- ja seeriatootmises. Individuaaltootmises (valmistatakse üksikuid detaile) on aga otstarbekam kasutada märkimist, mitte aga valmistada spetsiaalseid rakiseid.

Kõigis masinatehastes, sealhulgas ka mass- ja suureseeriatootmise ettevõtetes, kasutatakse märkimist rakiste, tööriistade, stantside, šabloonide, mudelite jt. valmistamisel, aga ka remonditavatele seadmetele mitmesuguste detailide valmistamisel.

Lõpuks on rahvamajanduses küllalt tähelepanuväärne koht ehituste, transpordi ja põllumajanduse spetsiaalsetel remondiettevõtetel, milles tootmise iseloom on lähedane individuaaltootmisele ja kus ilma märkimisoperatsioonideta tavaliselt läbi ei saa.

Märkimist kasutatakse ka enam vastutusrikaste valandite või sepiste põhimõõtmete kontrollimisel. Niisugune kontrollimine võimaldab mudelites ja stantsides õigeaegselt teha vajalikke parandusi. Lisaks sellele loob niisugune kontrollimine võimaluse vahetult eemaldada mittekõlblikud detailid ja väldib mittevajalikke kulutusi nende töötlemiseks.

Märkimist kasutatakse:

1) piiride näitamiseks, milleni tuleb detailide pindu töödelda; 2) töötlemise õigsuse kontrollimisel; 3) toorikute kontrollimisel.

Toorikuid peavad kontrollima tehnilise kontrolli osakonna kontrolörid. Keerukate toorikute mõõtmeid on sageli võimalik kontrollida ainult mõõtmisplaadil spetsiaalsete tööriistade abil. Niisugusel juhul piirdub TKO kontrolöri töö metalli kvaliteedi kontrollimisega, kuid märkija kohustustele lisandub veel tooriku kuju ja mõõtmete kontrollimine.

Märkija peab toorikule vajaliku töötlemisvaruga detaili märkima.

Valandite kontrollimisel tuleb erilist tähelepanu pöörata neile kohtadele, mis on saadud kärnide abil ja kus paiknevad mitmesugused väljaulatuvad osad, sest sageli on defektid just nendes kohtades.

Sepiste kontrollimisel tuleb pöörata erilist tähelepanu nende kujule; põhiliselt kontrollitakse, kas nad ei ole kõverdunud. Mõnikord tuleb sepised pärast kontrollimist parandamiseks tagasi saata.

Kuigi sepiste töötlemisvarud on väga suured (vabasepistamisel), ei ole nad tooriku kõigil pindadel alati võrdselt paigutatud. Seepärast tuleb enne keerukate sepiste lõplikku märkimist veenduda, kas detaili kõik põhimõõtmed mahuvad sepisesse ja kas olemasolev töötlemisvaru on edaspidiseks töötlemiseks piisav.

Valtsmetallist toorikute kontrollimine ei valmista mingisuguseid raskusi. Märkija peab kontrollima ainult tooriku põhimõõtmete vastavust tulevasele detailile ja töötlemisvaru olemasolu.

Keerukate toorikute mõõtmete kontrollimiseks ja toorikute detailide väljalõikamiseks tuleb nad enne märkida. Kui seejuures ilmneb, et kõiki detaili joonisel antud põhimõõtmeid on võimalik saavutada ja et töötlemisvarud on küllaldased, võib asuda lõplikule märkimisele. Kui aga leitakse, et tooriku sellises asendis mõned põhimõõtmed, lähtudes telgjoontest, ei mahu peale või töötlemisvarud on väikesed, tuleb telgjooni nihutada ja jätkata detaili märkimist. Kui pärast mõningaid katseid pole põhimõõtmeid siiski võimalik ära paigutada või saadakse liiga väike töötlemisvaru, siis praagitakse toorik välja või saadetakse parandamiseks, kui see on võimalik.

Et mitte praakida välja kalleid toorikuid, võib lubada erandina mõningaid tähtsusetuid kõrvalekaldumisi joonisest detaili mittevastutusrikastes kohtades tingimusel, et see ei mõjuta detaili edaspidist tööd masinas, mille osaks antud detail on. Niisugused kõrvalekaldumised on võimalikud ainult konstrueerimisbüroo või TKO nõusolekul, kusjuures igal üksikul juhul tehakse vastav märge detaili joonisele.

Märkimine on üheks vastutusrikkamaks operatsiooniks, sest selle kvaliteedist sõltub edasise töötlemise ja detaili valmistamise täpsus. Vale märkimine võib põhjustada kalliste toorikute praaki. Seepärast peab lukksepp enne märkima hakkamist toorikut hoolikalt kontrollima ja veenduma selles, et töötlemisvarud on piisavad. Märkimisel tuleb eranditult kasutada joonisel toodud mõõtmeid. Iga jooniselt loetud mõõtme peab lukksepp eelnevalt mõõtejoonlaua abil asetama spetsiaalsele tööriistale ja alles seejärel kandma selle toorikule. Veendunud, et tooriku kuju on õige ja et tema mõõtmed on piisavad, võib hakata märkima.

6. MÄRKIMISE LIIGID

Kaasajal kasutatavad mitmesugused märkimisviisid võib jaotada kolme põhigruppi: masina-, katla- ja laevaehituslik märkimine. Masinaehituslik märkimine on enamlevinud lukksepatööde operatsioon. Katla- ja laevaehituslikul märkimisel on mõningad erinevused. Neid märkimisviise käsitletakse eriraamatutes.

Olenevalt märgitavate toorikute ja detailide kujust eristatakse kahte liiki märkimist: tasapinnalist ja ruumilist.

Tasapinnalist märkimist kasutatakse kontuurjoonte pealekandmiseks lehtmaterjalile ning toorikute ja detailide tasastele pindadele. Nendel juhtudel on võimalik piirduda märkjoonte pealekandmisega ainult ühele tasapinnale. Peale selle võib tasapinnalise märkimise hulka lugeda ka keeruka kujuga detailide üksikute tasapindade märkimise, kuid ainult sel juhul, kui detaili märgitavate elementide vastastikuse asetuse kohta ei ole esitatud erinõudeid.

Ruumilist märkimist kasutatakse joonte graafiliseks pealekandmiseks toorikute ja detailide pindadele, mis asuvad erinevates tasapindades üksteise suhtes erinevate nurkade all. Töövõtete poolest erineb ruumiline märkimine oluliselt tasapinnalisest. Ruumilise märkimise keerukus seisneb selles, et lukksepal ei tule mitte ainult märkida erinevates tasapindades ja üksteise suhtes erinevate nurkade all asetsevad detaili üksikud pinnad, vaid neile pindadele kantud jooned ka omavahel siduda.

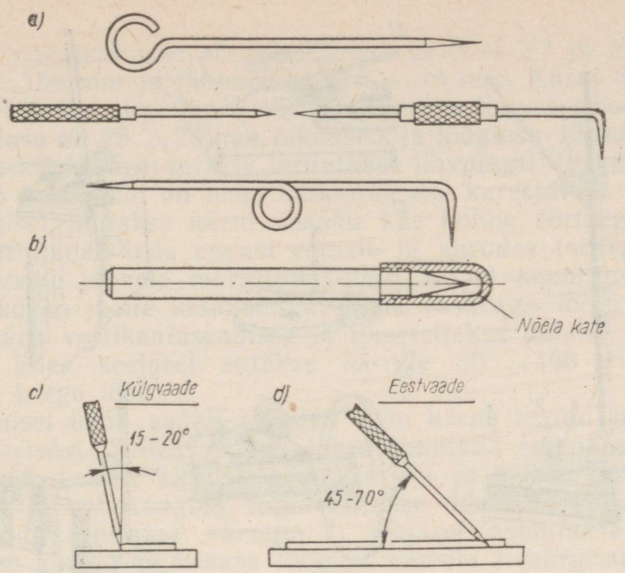
7. MÄRKIMISEL KASUTATAVAD SEADMED, TÖÖRIISTAD JA RAKISED

Arvukad ja mitmekesised märkimistööd tehakse märkimisplaatidel mõõte- ja märkimisriistade ning erirakiste abil, mida võib jaotada järgmistesse gruppidesse:

1) tööriistad joonte pealekandmiseks ja märkimiseks;
2) mõõteriistad ja seadmed detaili mõõtmiseks ning mõõtmete ülekandmiseks detaililt mõõtejoonlauale;
3) ringide ja kaarte märkimisriistad;
4) detailide tsentrite märkimisriistad;
5) arvutusseadmed jt.

Märgitavate detailide ülesseadmiseks, kontrollimiseks ja kinnitamiseks peab lukksepal olema komplekt spetsiaalseid rakiseid. Oma otstarbelt võib niisuguseid rakiseid jaotada järgmistesse gruppidesse:

1) rakised märgitava detaili ülesseadmiseks, kontrollimiseks ja kinnitamiseks;
2) vertikaalsambad mõõtejoonlaudade jaoks;
3) lisaplaadid märkimisplaatidele;
4) jaotusrakised ja tsentripukid.



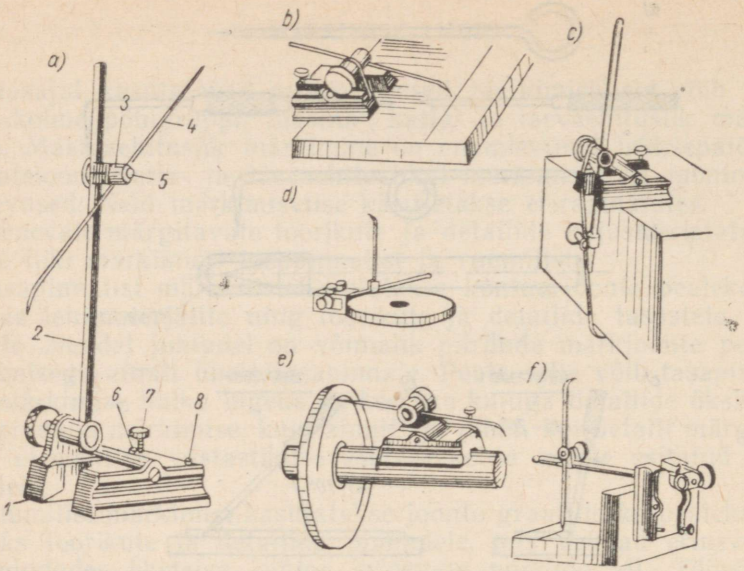
Joon. 25. Märknõelad: *a* — tavalised; *b* — kõvasulamist otsikuga; *c* ja *d* — märknõela õige asend joonte pealekandmisel

Märkimisplaadid valatakse hallmalmist ja neil on karbi kuju. Plaadid varustatakse seestpoolt jäikusribidega. Pärast kunstlikku vanandamist töödeldakse neid väga täpselt mehaanilisel teel, seejärel aga kaabitsetakse lekaaljoonlaua järgi. Plaadid valmistatakse ruudu- või ristkülikukujulistena. Tavaliselt on niisuguste plaatide mõõtmeteks 750×1000, 1200×1200, 1000×1500 mm. Suured märkimisplaadid tehakse koostatavatena. Plaatide tööpind peab olema põrandast 800...900 mm kõrgusel. Märkimisplaadid asetatakse puitlaudadele, tungraudadele või telliskivist vundamendile nii, et plaadi tööpind oleks rangelt horisontaalne.

Märkimisriistad ja kärnid. Märkimisel kasutatakse joonte tõmbamiseks ja märkimiseks märknõela, rismust ja kärni.

Märknõela karastatud ja teravaks teritatud otsaga tõmmatakse detaili pinnale märkjooned (joon. 25, *a* ja *b*). Joonte tõmbamisel peab märknõelal olema kalle nii joonlaua serva (joon. 25, *c*) kui ka märknõela liikumise sihis (joon. 25, *d*). Tõmmatud jooned tulevad joonlaua servaga paralleelsed, kui märknõela kalle joonte tõmbamisel ei muutu. Märknõela tuleb ühtlaselt suruda vastu joonlauda, kusjuures joonlaud peab tihedalt liibuma vastu detaili. Joont tuleb tõmmata ainult üks kord ja see peab olema võimalikult peenike. Seepärast on vaja jälgida, et märknõela ots oleks hästi teritatud.

Märknõelte valmistamiseks kasutatakse 3...5 mm läbimõõduga ümarat tööriistaterast U10 või U12. Märknõelte pikkus ei ületa



Joon. 26. Rismus ja selle kasutamise näide

tavaliselt 200 ... 250 mm. Märknõelad valmistatakse kas ühe või kahe tööotsaga ja karastatakse tavaliselt 20 ... 25 mm pikkuselt.

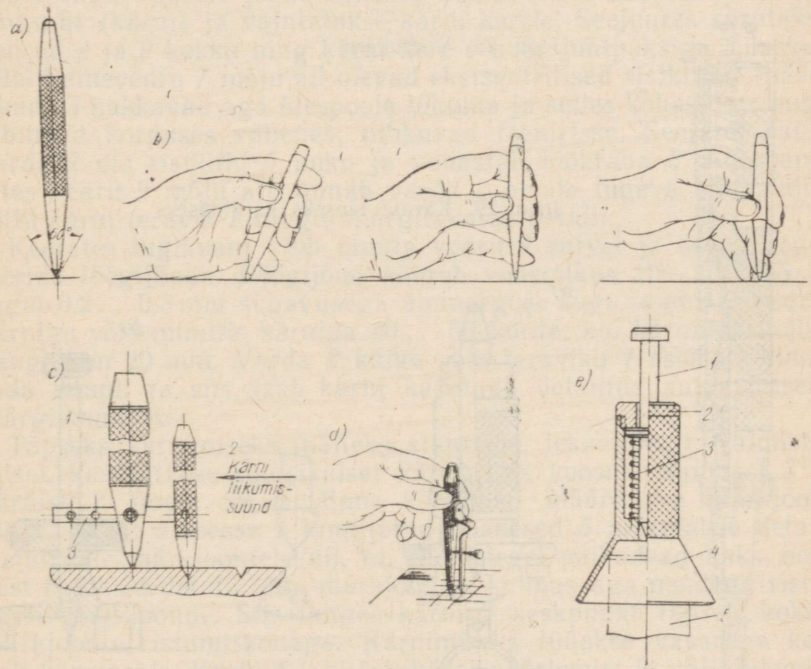
Rismus või statiivile kinnitatud märknõel on ette nähtud horisontaal- ja vertikaaljoonte pealekandmiseks, samuti ka märkimisplaadil kuubikutele või teistele rakistele ülesseatud toorikute kontrollimiseks. Rismused on erinevate konstruktsioonide ja mõõtmetega. Kergete tööde jaoks kasutatakse universaalset rismust (joon. 26, *a*). See koosneb malmist alusest *1* ja sellele šarniirselt kinnitatud sambast *2*, millel libiseb märknõela *4* hoidev liugur *3*. Kruviga *5* kinnitatakse liugur koos märknõela hoidjaga sambal vajalikku asendisse. Märknõela lõplik seadmine täpsele mõõdule toimub mikromeeterkruviga *7*. Paralleelsete joonte tõmbamisel (joon. 26, *b*) on juhtpindadeks malmist aluse *1* tugitihvtid *6* ja *8* (joon. 26, *a*), millega rismus toetatakse vastu märgitava detaili serva. Joonisel 26, *c* ja *d* toodud skeemi järgi märkimisel on juhtpinnaks rismuse aluse tugipind. Ringjoonte tõmbamisel (joon. 26, *e*) kasutatakse juhtpinnana aluse küljel olevat prismaatilist soont, joonisel 26, *f* näidatud skeemi puhul aga väljalõiget rismuse aluses.

Kärni kasutatakse väikeste kooniliste süvendite (kärnide) löömiseks tooriku või detaili märkjoontele, nende lõikumiskohta ja ümarduste (ringjoonte) keskpunkti. Kärnid lüüakse selleks, et märkjooned oleksid hästi näha. Pärast töötlemist peab märkimissüvenditest järele jääma ainult üks pool, see näitab, et detail on märkimise järgi õigesti töödeldud.

Kärnid valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7 ja У8 pikkusega 70...150 mm ja läbimõõduga 6...14 mm. Kärni tööots on kooniliselt teritatud ja lõpeb 45...60° terava tipuga (joon. 27, *a*). Kärni tööosa on 25...25 mm pikkuselt ja löögiosa 15 mm pikkuselt karastatud, kärni teravik teritatakse lihvpingil. Et kärni oleks mugavam käsitseda, on tema keskmine osa karestatud.

Töötamisel hoitakse kärni vasaku käe kolme sõrmega (joon. 27, *b*), kallutades teda endast eemale ja surudes terava otsaga tihedalt vastu joonele märgitud punkti, nii et kooniline teravik langeks kokku joone keskkohaga. Enne vasaraga löögi andmist viiakse kärn vertikaalasendisse ja fikseeritakse detailil sõrmega toetades, alles seejärel antakse kärnile 50...100 g raskuse vasaraga kerge löök.

Märkimisel tekib sageli vajadus lüüa kärne teatud intervallidega üksteisest. Selleks soovitatakse kasutada sammuvat kärni. See koosneb kahest kärnist: põhikärnist *1* ja abikärnist *2* (joon. 27, *c*), mille vahekaugust reguleeritakse fikseerimisplaadiga *3*. Põhisüvend kärnitakse kärniga *1*, seejärel asetatakse saadud süvendisse kärn *2* ja vasara löögiga kärnile *1* märgitakse teine süvend, seejärel asetatakse kärn *2* ümber järgmisse süvendisse



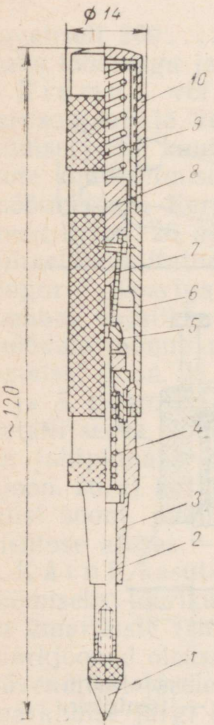
Joon. 27. Kärn ja kärnimise võtted: *a* — kärn; *b* — joonte kärnimise võtted; *c* — sammuv kärn; *d* — kärn-sirkel; *e* — tsentrikärn

jne. Kui on vaja kärnida väikesi ringjooni ja väikese raadiusega järske ümardusi, kasutatakse kärnsirklit (joon. 27, *d*). Silindriliste toorikute otstel keskkoha ülesleidmiseks ja selle märkimiseks kasutatakse tsentrikärni (joon. 27, *e*). Märkimisel asetatakse kooniline kere *4* tooriku *5* otsale ja lüüakse vasaraga kärni *1* pea pihta. Vedru *3* mõjul asub kärn alati ülestõstetud asendis. Kärni väljakukkumist takistab mutter *2*.

Kärnida tuleb alles pärast seda, kui märkimine on lõpetatud. Märkimise ajal pole seepärast soovitatav kärnida, et vasara löökide mõjul võib detaili nihutada, sellega aga rikutakse märkimise edaspidist täpsust.

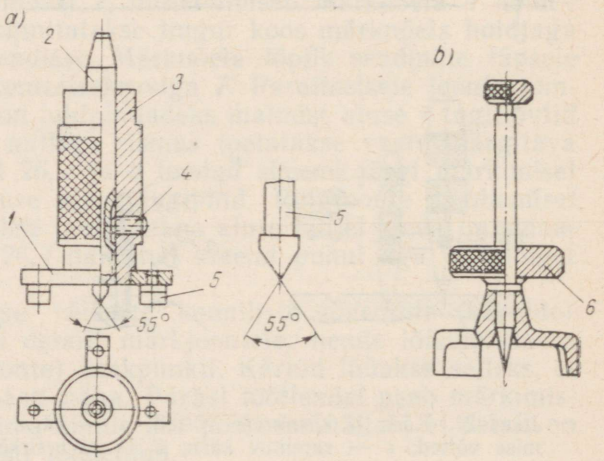
Õhukeste ja vastutusrikaste detailide, näiteks lekaali, matriitsi, templi, õhukeste ja eriti suurte detailide märkimiseks ei ole normaaltüüpi kärn sobiv, kuna löögijõudu on raske reguleerida, süvendid saadakse erinevate sügavustega jne. Et nendel juhtudel suurendada töö tootlikkust ja märkimise täpsust, kasutatakse vedru- (mehaanilist) või elektrikärni, aga ka täpseks märkimiseks ettenähtud spetsiaalseid kärne.

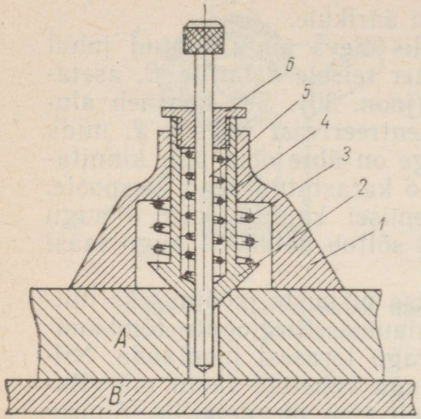
Vedrukärni kasutamisel langeb ära vajadus vasaralöögi järele. Kärn võetakse paremasse kätte nii, et põial (suur sõrm) asuks tugikaanel *10* (joon. 28). Seejärel asetatakse kärni teravik *1* verti-



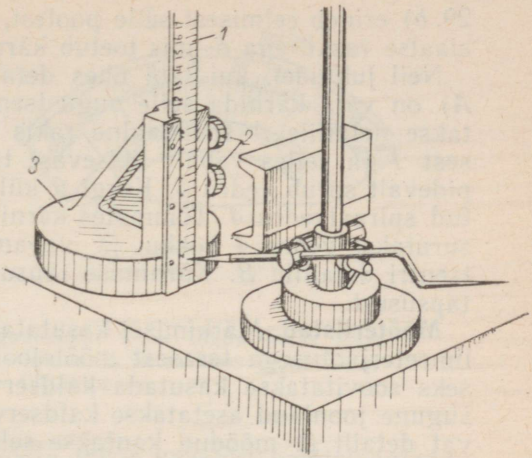
Joon. 28. Vedrukärn

Joon. 29. Kärnid täpseks kärnimiseks





Joon. 30. Seade augu keskpunkti ülekandmiseks kaasdetailile



Joon. 31. Vertikaalse mõõtejoonlaua kasutamine märkjoonte pealekandmisel risnuse abil

kaalasendis täpselt joone sellesse kohta, kuhu soovitakse saada süvendit (kärni) ja vajutatakse kärni kerele. Seejuures surutakse vedrud *4* ja *9* kokku ning kärni kere *6* koos juhtpuksiga *3* laskub alla. Lamevedru *7* mõju all olevad ekstsentrilised ristkiilud (päästikud) *5* hakkavad aga ülespoole liikuma ja selles kohas, kus augu läbimõõt korpuses väheneb, nihkuvad tsentrisse. Seejärel satub varda *2* ots ristkiilu *5* auku ja vabastab löökraua *8*. Löökraud, olles vedru *9* mõju all, annab varda *2* otsale tugeva löögi, mistõttu kärni teravik *1* tungib märgitavasse detaili.

Keerates tugikaant võib muuta vedru *9* survet ja seega reguleerida löögijõudu. Löögijõud kõigub vahemikus 10 ... 15 kG ja tagab 0,2 ... 0,3 mm sügavusega ümmarguse augu saamise. Vedrukärniga võib minutis kärnida 40 ... 50 korda, kui kärnidevaheline kaugus on 20 mm. Varda *2* külge võib teraviku *1* asemele kinnitada templi ja siis saab kärni kasutada detailide automaatseks märgistamiseks.

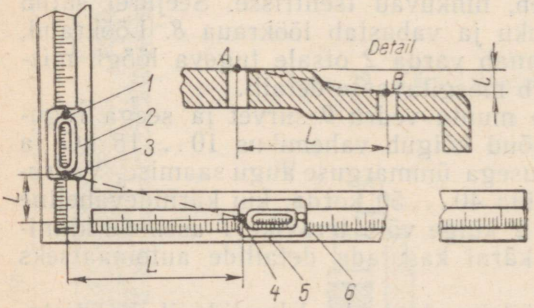
Täpseks kärnimiseks, näiteks stantside, lekaalide jt. valmistamisel, kasutatakse spetsiaalset kärni, mis koosneb sambast *3* ja kärnist *2* (joon. 29, *a*). Enne kärnimist määritakse märkjooni õliga. Kärni alusesse *1* kinnitatud noakesed *5* asetatakse detaili ristuvatele märkjoontele nii, et ühel sirgel paiknevad kaks noakest satuksid detaili ühte märkjoonde, kolmas aga nendega ristuvasse märkjoonde. Siis langeb kärni *2* keskpunkt täpselt kokku märkjoonte ristumiskohaga. Kärnimiseks lüüakse vasaraga kergelt kärnipeale. Kruvi *4* takistab kärni pöörlemist ja väljatulemist sambast *3*. Sama otstarbega kärni teine konstruktsioon (joon.

29, *b*) erineb eelmisest selle poolest, et kärnile antakse löök spetsiaalse raskusega *6*, mis toetub kärni äärikule.

Neil juhtudel, kui läbi ühes detailis oleva augu (antud juhul *A*) on vaja kärnida selle augu tsenter teisele detailile *B*, asetatakse detailile *A* spetsiaalne rakis (joon. 30). See koosneb alusest *1* ja selles vabalt libisevast tsentreerivast puksist *2*, mida pidevalt surub vedru *3*. Korgi *6* külge on ühte otsa pidi kinnitatud spiraalvedru *4*. Tõmmates kärni *5* karastatud pead ülespoole, surutakse vedru *4* kokku ja vabanemisel kannab kärn *5* augu tsentri detailile *B*. Kärnimise täpsus sõltub detaili *A* augu faasi täpsusest.

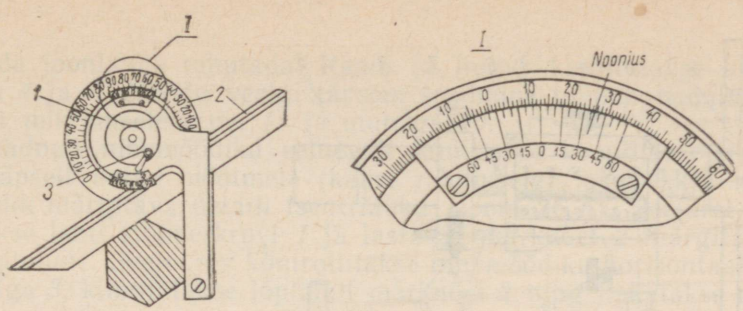
Mõõteriistad. Märkimisel kasutatakse pikkuste mõõtmiseks millimeeterjaotusega terasest mõõtejoonlaudu. Sirgjoonte tõmbamiseks soovitatakse kasutada kaldservaga terasest joonlauda. Niisugune joonlaud asetatakse kaldservaga vahetult vastu märgitavat detaili ja mõõdud kantakse sellelt otse üle detailile. Suurte pikkuste mõõtmisel soovitatakse kasutada terasest mõõtelinte. Vertikaalmõõtmete märkimiseks on mugav kasutada alusega mõõtejoonlauda (joon. 31). See koosneb mõõtejoonlauast *1*, mis vertikaalasendis on kruvidega *2* kinnitatud spetsiaalsele alusele *3*. Selle joonlauaga mõõtmise täpsus on 0,5 . . . 1,0 mm.

Nurga nihkmõõdik (joon. 32) võimaldab antud kaatetite järgi ilma arvutamata määrata täisnurkse kolmnurga hüpotenuusi pikkuse. Nimetatud nihkmõõdikuid on otstarbekas kasutada neil juhtudel, kui on vaja mõõta kaugust kahe punkti *A* ja *B* vahel,



Joon. 32. Nurga nihkmõõdik kahe mitte ühes tasapinnas asuva punkti vahelise mõõtme pealekandmiseks

mis ei asu ühel tasapinnal, kuid on omavahel seotud mõõtmetega *L* ja *l*. Selleks seatakse nihkmõõdiku horisontaalne liugur *5* mõõdule *L*, vertikaalne liugur *2* mõõdule *l*. Seejärel asetatakse märkimissirkli haarad liuguritel olevatesse spetsiaalsetesse süvenditesse *3* ja *4* ja otsitav kaugus saadakse automaatselt sirkli haarade vahelt (s. o. täisnurkse kolmnurga hüpotenuus, mille kaatetid on *L* ja *l*). Kruvid *1* ja *6* on ette nähtud liugurite kinnitamiseks pärast nende seadmist soovitud kohale.

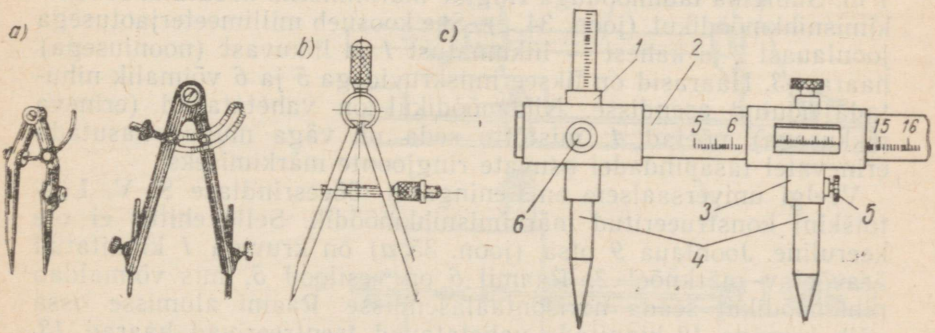


Joon. 33. Universaalne nurgamõõdik: *1* — liikuv ketas koos nooniuse ja joonlauaga; *2* — liikumatu ketas koos joonlauaga; *3* — fiksaator

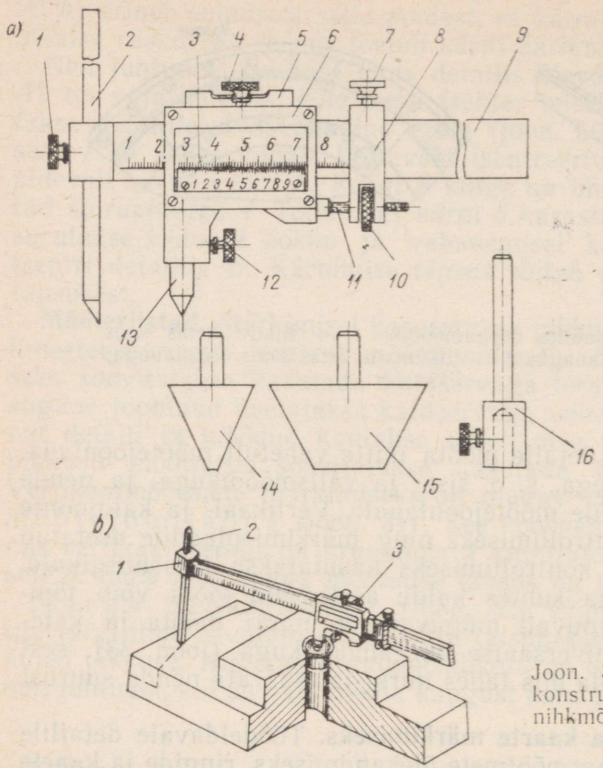
Väga sageli tuleb detaile mõõta mitte vahetult mõõtejoonlaua, vaid abimõõteriistadega, s. o. sise- ja välismõõdikuga, ja nende abil kanda mõõdud üle mõõtejoonlauale. Vertikaal- ja kaldjoonte pealekandmiseks, kontrollimiseks ning märkimisplaadile asetatud detaili vertikaalsuse kontrollimiseks kasutatakse terasnurgikuid. Märkimisplaadi pinna suhtes kaldu asetsevaid jooni võib tõmmata miiu abil. Tunduvalt mugavam on nurki mõõta ja kaldjooni peale kanda universaalse nurgamõõdikuga (joon. 33), sest see võimaldab märkida mis tahes nurki ja määrata nende suurust kraadides.

Seadised ringide ja kaarte märkimiseks. Töödeldavale detailile mõõtejoonlaualt lineaarmõõtmete ülekandmiseks, ringide ja kaarte märkimiseks, ringjoonte osadeks jaotamiseks ning mitmesuguste geomeetriliste konstruktsioonide tegemiseks kasutatakse erineva konstruktsiooniga sirkleid.

Täpsetel sirklitel on tavaliselt vahetatavad nõelad (joon. 34, *a*). Märkimisel kasutatakse ka vedrusirkleid. Need erinevad tavalis-



Joon. 34. Seadised ringjoonte ja kaarte märkimiseks: *a* — vahetatavate nõeltega sirkel; *b* — vedrusirkel; *c* — märkimisnihkmõõdik



Joon. 35. S. V. Lastotškini konstrueeritud universaalne nihkmõõdik (*a*) ja selle kasutamise näide (*b*)

test selle poolest, et nende haarad on ühendatud rõngasvedruga. Võetud mõõde fikseeritakse kindlalt seadekruvi ja mutriga (joon. 34, *b*). Tavaliste sirklitega võib märkida ringe läbimõõduga kuni 1 m. Suurema läbimõõduga ringide märkimiseks kasutatakse märkimisnihkmõõdikut (joon. 34, *c*). See koosneb millimeeterjaotusega joonlauast *2* ja kahest — liikumatust *1* ja liikuvast (nooniusega) haarast *3*. Haarasid on fikseerimiskruvidega *5* ja *6* võimalik nihutada nõutud asendisse. Nihkmõõdikul on vahetatavad (erineva pikkusega) nõelad *4*, mistõttu seda on väga mugav kasutada erinevatel tasapindadel asuvate ringjoonte märkimiseks.

Veelgi universaalsem on Leningradi tööeesrindlase S. V. Lastotškini konstrueeritud märkimisnihkmõõdik. Selle ehitus ei ole keeruline. Joonlaua *9* otsa (joon. 35, *a*) on kruviga *1* kinnitatud äravõetav märknõel *2*. Raamil *6* on vesilood *5*, mis võimaldab nihkmõõdikut seada horisontaalasendisse. Raami alumisse ossa võib kruviga *12* kinnitada vahetatavad tsentreerivad haarad *13*, koonilised otsikud *14* ja *15* või pikenduse *16*. Raam *6* on mikromeeterkruvi *11* abil ühendatud liuguriga *8*, mida saab käsitsi

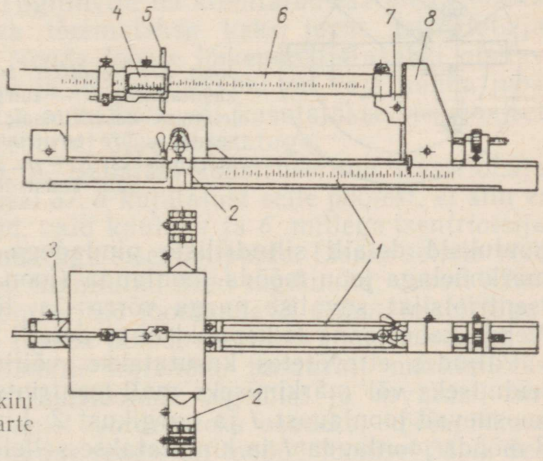
mööda joonlauda nihutada. Raam ja liugur kinnitatakse kruvidega *4* ja *7*. Mõõdu veelgi täpsem seadmine toimub nooniuse *3* järgi mikromeeterkruvi *11* ja mutriga *10*.

Seadnud nihkmõõdiku eelnevalt kinnitatud koonilise otsikuga *14* täpselt antud mõõtmele (kaare raadiusele), asetatakse nihkmõõdik märgitava detaili tsentriauku (joon. 35, *b*). Seejärel keeratakse lahti stopperkruvi *1* ja lastakse märknõel *2* märgitavale tasapinnale. Seejuures kontrollitakse nihkmõõdiku horisontaalsust loodiga *3*, kinnitatakse lõplikult märknõel *2* ning hakatakse märkima.

Süvendiga detailide märkimiseks, mille kõverusraadiused asuvad detaili enda sees, konstrueeris S. V. Lastotškin spetsiaalse rakise, mis lubab kiiresti peale panna süvendi nõutava raadiuse ja kanda kaare detailile (joon. 36). Rakise alus kujutab endast kahest karprauast koosnevat ristikujulist raami, millel on kalasabakujulised sisselõiked. Märgitav detail kinnitatakse prismadega *2* ja *3*. Mööda raami pikiosa nihkub puks *8* koos šarniirse tsentriga *7*. Selle tsentri abil on kinnitatud joonlaud-sirkel *6*. Märknõel *5* on paigutatud mööda joonlauda *6* liikuvasse raami *4*. Detaili asetamisel rakisesse kasutatakse alusele kantud skaalasid.

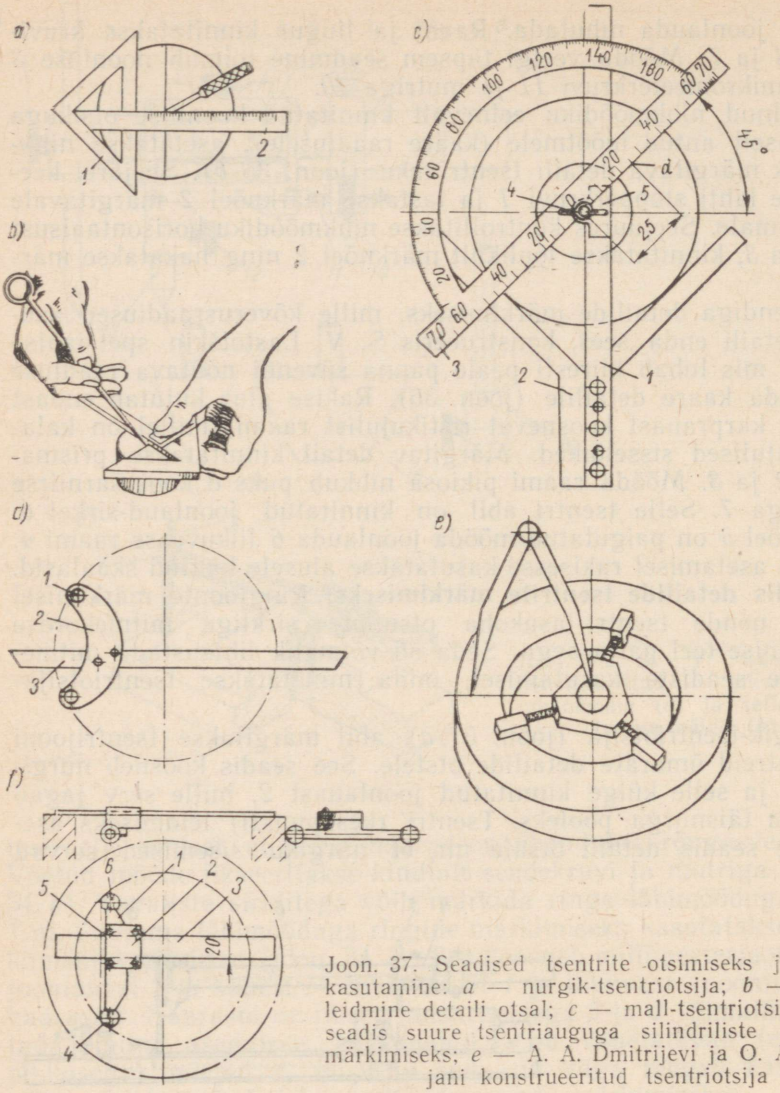
Seadis detailide tsentrite märkimiseks. Ringjoonte märkimisel nõuab nende tsentri asukoha otsimine sirkliga mitmekordse proovimise teel palju aega. Seda on võimalik lihtsustada mitmesuguste seadiste kasutamisel, mida nimetatakse tsentriotsijateks.

Nurgik-tsentriotsija (joon. 37, *a*) abil märgitakse tsentrijooni ja tsentreid ümarate detailide otstele. See seadis koosneb nurgikust *1* ja selle külge kinnitatud joonlauast *2*, mille serv jagab nurgiku täisnurga pooleks. Tsentri (keskpunkti) leidmiseks asetatakse seadis detaili otsale nii, et nurgiku sisemised servad



Joon. 36. S. V. Lastotškini konstrueeritud seadis kaarte märkimiseks

TRU Raamatukogu

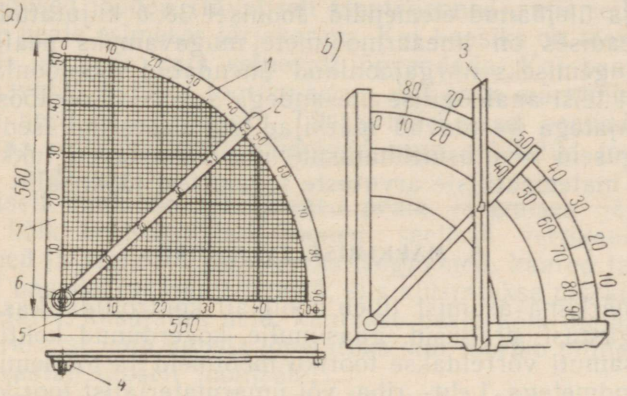


Joon. 37. Seadised tsentrite otsimiseks ja nende kasutamine: *a* — nurgik-tsentriotsija; *b* — tsentri leidmine detaili otsal; *c* — mall-tsentriotsija; *d* — seadis suure tsentriauguga silindriliste detailide märkimiseks; *e* — A. A. Dmitrijevi ja O. A. Babajani konstrueeritud tsentriotsija

puutuksid detaili silindriliste pindadega. Seejärel tõmmatakse märknõelaga joon mööda joonlauda (joon. 37, *b*). Siis pööratakse tsentriotsijat suvalise nurga võrra ja tõmmatakse teine joon. Nende kahe joone lõikepunkt ongi detaili keskpunkt.

Paljudes ettevõtetes kasutatakse võllide otste keskpunktide leidmiseks või märkimiseks mall-tsentriotsijaid (joon. 37, *c*), mis koosnevad joonlauast *1* ja nurgikust *2*. Liuguri *5* abil liigub mall *3* mööda joonlauda *1* ja kinnitatakse sellele nõutavas asendis tiib-

mutriga *4*. Märkimiseks asetatakse tsentriotsija võlli otsale nii, et nurgiku servad puutuksid võlli külgpinnaga. Seejuures läbib joonlaud *1* võlli otsa tsentri. Kasutades joonlauda, tõmmatakse kaks omavahel ristuvat joont, mille ristumiskohta kärnitakse võlli tsenter. Kui on vaja märkida auk *d*, mis asub horisontaaltelje suhtes 45° nurga all 25 mm kaugusel keskpunktist, seatakse mall antud asendisse (45° nurga all) ja kasutades joonlauda, tõmmatakse augu tsentri asukohta määrav joon.



Joon. 38. Seadis täisnurksete kolmnurkade elementide määramiseks

Töödeldud augu tsentri leidmiseks (joon. 37, *d*) kasutatakse tsentriotsijat, mis on analoogiline nurgik-tsentriotsijaga. Antud juhul asetatakse tsentriotsija oma tugitihvtidega *1* auku ja surutakse vastu selle seinu. Tugitihvtid on kinnitatud kaarele *2*. Mööda joonlaua *3* ülemist serva tõmmatakse kaks joont tsentriotsija kahes erinevas asendis. Nende joonte lõikepunktis asubki otsitav tsenter. Juhul kui jooned ja leitud keskkoht on vaja kanda juba töödeldud augule, lüüakse auku kork või kasutatakse spetsiaalset rakist, mis on sarnane joonisel 37, *e* kujutatuga.

A. A. Dmitrijevi ja O. A. Babajani konstrueeritud tsentriotsija (joon. 37, *f*) erineb joonisel 37, *d* kujutatust selle poolest, et siin ei ole tugedeks mitte tihvtid, vaid kuulid *4* ja *6*, millega tsentriotsija surutakse vastu töödeldud augu sisemist pinda. Lisaks sellele võib plaati *2*, mille otstesse on kinnitatud need tugikuulid, vabalt nihutada mööda raami *1* monteeritud joonlauda *3*. Nihutamisel tagatakse vajalik sujuvus ja täpsus plaadi sees asuva survevedruga *5*.

Arvutusseadiste kasutamine kiirendab tunduvalt märkimiseks vajalike graafiliste konstruktsioonide tegemist ja arvutusi, ringide ja sirglõikude jagamist võrdelisteks osadeks, kõõlupikkuse määramist jne. Üks niisugune seadis on toodud joonisel 38, *a*. See

kujutab endast sektorit, mis koosneb täisnurga all asetatud kahest 560 mm pikkusest mõõtejoonlauast *5* ja *7* ning kraadijaotusega kaarest *1*. Ümber kaare *1* keskpunktis (kaare keskpunktiga langevad kokku ka joonlaudade algusjaotused) asetseva telje *6* pöörleb nurgajoonlaud *2*, mida võib seada kaarel *1* oleva skaala järgi vajaliku nurga alla ja kinnitada fiksaatorkruviga *4*.

Paigaldanud joonlaua *2* (nagu hüpotenuusi) ja kasutades seejuures mõõtejoonlaudu *5* ja *7*, samuti ka kaart *1*, võib täisnurkse kolmnurga teadaolevate elementide järgi kergesti määrata selle kolmnurga ülejäänud elemendid. Joonisel 38, *b* kujutatud analoogilises seadises on lineaarmõõtmete mugavamaks pealepanemiseks ja lugemiseks nurgajoonlaud ühendatud rööpjoonlauaga *3*.

On veel teisi analoogilise ülesandega seadisi. Koostöös teaduslike töötajatega kasutavad märkijad-tootmiseesrindlased edukalt mitmesuguseid arvutusmehhanisme, mis vabastavad lukksepad ja märkijad matemaatiliste arvutuste tegemisest töökohal.

8. MÄRKIMISE JÄRJEKORD

Enne märkima asumist tuleb hoolikalt kontrollida, kas toorikul ei ole vigastusi: pragusid, gaasimulle, kõverdunud kohti ja teisi defekte, samuti võrreldakse tooriku mõõtmeid ja töötlemisvarusid joonise andmetega. Leht-, riba- või ümarmaterjalist toorikud tuleb tingimata õgvendada spetsiaalsel plaadil vasara löökidega või pressi all.

Enne tooriku või detaili asetamist märkimisplaadile kaetakse need pinnad, millele tuleb kanda märkjooned, kriidi piimataolise vesilahusega. Kriidi lahusele lisatakse tisleriliimi (sideaineks) ja sikatiivi (kiiremaks kuivamiseks). Puhtalt töödeldud toorikute pinnad värvitakse vaskvitrioli lahusega (25...30 g vitrioli 200 g veele). Pärast lahuse kuivamist jääb detaili pinnale õhuke ja väga vastupidav vasekiht, mille peal on märkjooned hästi nähtavad.

Alumiiniumvalandeid võib katta kiiresti kuivavate valgete (heledate) värvide ja lakkidega või šellakiga, mis lahustatakse värvaine lisandiga piirituses.

Märkija töökohal on värvimiseks soovitatav kasutada vees lahjendatud polüvinüülatsetaat- või butadieenstüroolvärve (lateksvärve), sest need ei ole mürgised.

Märgitavaid detaile tuleb värvida seepärast, et märknõel, rismus või sirkel jätab värvimata pinnale väga tuhmi jälje. Kui aga märgitavad kohad katta ühega eespool nimetatud lahustest, siis on kõik jooned värvi taustal selgesti nähtavad ja säilivad kaua. Suuri detaile ei ole mõtet täies ulatuses värvida. Värvi ja aja kokkuhoidmiseks on küllaldane värvida vaid need kohad, kuhu kantakse märkjooned. Piisab täiesti 20...50 mm laiusest värvitud ribast. Värv tuleb peale kanda spetsiaalsel riiulil või põrandal märkimisplaadi kõrval. Värv kantakse märgitavatele pindadele

tavaliste maalripintslitega. Suurte detailide märkimisel, kui tuleb värvida suuri pindu, kasutatakse pulverisaatorit (pihustit).

Enne märkimist tuleb kindlaks määrata lähtebaas, mille suhtes kantakse peale kõik jooned. Lähtebaasiks nimetatakse seda pinda või spetsiaalselt ette valmistatud joont, millest lähtudes mõõdetakse ja loetakse mõõtmeid märkimise protsessis. Baasiks võib olla märgitava tooriku või detaili pinna see osa, millega ta paigaldatakse märkimisplaadile. Tasapinnalisel märkimisel võivad baasideks olla tasapindsete toorikute välimised servad, samuti ka mitmesugused jooned (tavaliselt tsentrijooned), mis sellisel juhul kantakse peale esimeses järjekorras. Kui baasiks on tooriku välisserv, siis on seda vaja eelnevalt õgvendada. Kui baasideks on kaks omavahel ristuvat tooriku serva, siis enne märkimist on vaja töödelda need täisnurkseteks. Täpsel märkimisel peavad baaspinnad olema eriti hoolikalt töödeldud ning sobitatud joonlaua ja nurgiku järgi.

Tavaliselt kantakse märkjooned peale järgmises järjekorras: alguses kõik horisontaalsed jooned, seejärel vertikaalsed, siis kaldjooned ja viimases järjekorras ringjooned, kaared ja ümardused. Kui baasiks on tsentrijooned, siis alustatakse märkimist nendest, seejärel, kasutades neid, kantakse peale kõik ülejäänud jooned. Märkimist võib lugeda lõpetatuks, kui tooriku pinnale kantud kujutis vastab täpselt joonisele.

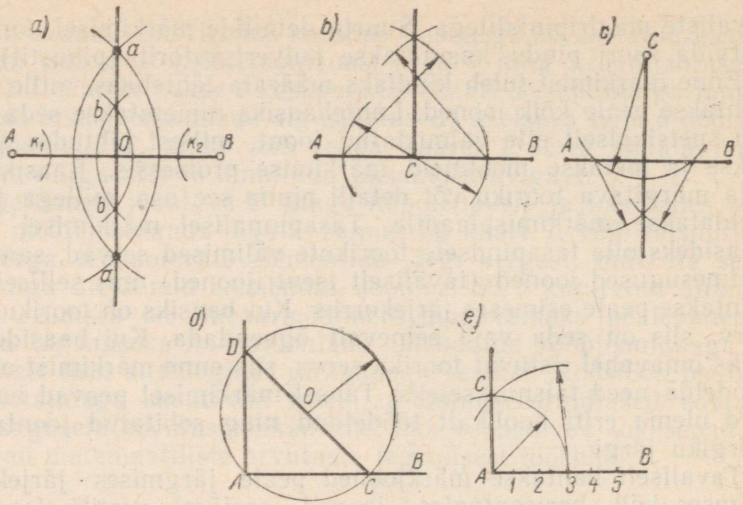
Veendunud märkimise õigsuses, kärnitakse kõik jooned, et nad detaili töötlemisel ei kustuks. Kärnid ei tohi olla sügavad ja märkjoon peab jaotama nad pooleks.

9. GEOMEETRILISED KONSTRUKTSIOONID TASAPINNALISEL MÄRKIMISEL

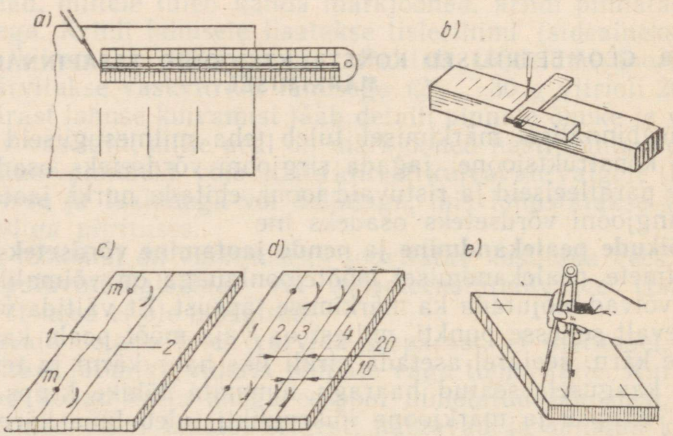
Tasapinnalisel märkimisel tuleb teha mitmesuguseid geomeetrilisi konstruktsioone: jagada sirgjooni võrdseteks osadeks, tõmmata paralleelseid ja ristuvaid jooni, ehitada nurki, jaotada nurki ja ringjooni võrdseteks osadeks jne.

Lõikude pealekandmine ja nende jaotamine võrdseteks osadeks. Mõõtmete pealekandmisel mõõtejoonlauaga on võimalikud vead, mis võivad mõjutada ka märkimise täpsust. Et vältida vigu, tuleb eelnevalt sellesse punkti, millest on vaja mõõt peale kanda, lüüa väike kärn, seejärel asetada sirkli üks haar kärni ja teise vastavale kaugusele seatud haaraga tõmmata lühike kriips märkjoonele. Kriipsu ja märkjoone lõikepunkti tuleb lüüa kärn, seejärel aga kanda peale uus mõõt kirjeldatud viisil jne.

Selleks et jaotada antud lõik AB kaheks võrdseks osaks, tõmmatakse punktidest A ja B vaba raadiusega, mis on suurem poolest lõigust (joon. 39, *a*), kaks kaart. Läbi nende kaarte lõikepunkti a tõmmatakse ristjoon, mis jaotab antud lõigu täpselt poo-



Joon. 39. Lihtsamad geomeetrilised konstruktsioonid märkimisel: *a* — lõigu jaotamine võrdseteks osadeks; *b* — ristsirge tõmbamine punktist *C* sirgele *AB*; *c* — sirgel *AB* olevat punkti *C* läbiva ristsirge tõmbamine; *d* ja *e* — ristsirge ehitamine sirgele *AB*.



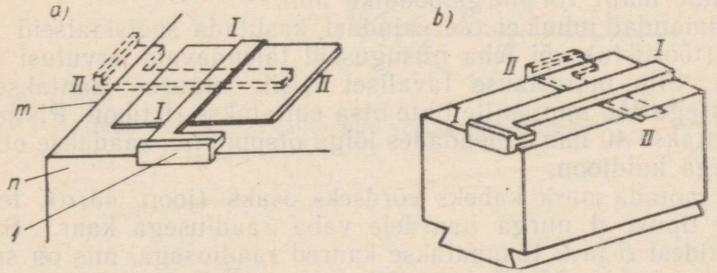
Joon. 40. Paralleelsete joonte märkimise viisid

leks. Kui lõik AB on väga suur ja tõmmatavad kaared lõikuvad väljaspool märgitavat detaili, toimitakse järgmiselt: alguses kantakse punktidest A ja B vaba raadiusega ühesugused lõigud k_1 ja k_2, seejärel tõmmatakse nendest lõikepunktidest kaks kaart, mis lõikuvad märgitava tasapinna piirides punktis b.

Sirglõikude jaotamist 4, 8, 16 jne. võrdseks osaks teostatakse ülalpool kirjeldatud viisil, jagades lõigu alguses pooleks, seejärel iga poole omakorda pooleks jne.

Paralleelsete, ristuvate ja kaldjoonte märkimine. Niisuguste joonte märkimiseks kasutatakse mõõtejoonlauda, nurgikut-ja märkimissirklit.

Paralleelsete joonte märkimiseks tuleb mõõtejoonlaud asetada tooriku märgitavale pinnale nii, et mõõdetud pikkuse jaotus langeks kokku tooriku otsaserva või joonega, mis on võetud märkimise baasiks (joon. 40, *a*). Seejärel tõmmatakse märknõelaga joonlaua nulljaotuse kohale kriips. Need märgid kantakse toorikule kahelt poolt ja ühendatakse siis sirgjoonega. Kui paralleelseid jooni on võimalik tõmmata nurgikuga (joon. 40, *b*), siis tehakse ainult üks kriips, mis tunduvalt kiirendab märkimist.



Joon. 41. Ristjoonte märkimine nurgiku abil lähtudes märkimisplaadi servadest (*a*) ja lähtudes detaili töödeldud servast

Märkimissirkli abil võib jooni märkida ka nii (joon. 40, *c*, *d*, *e*): baasiks võetakse tooriku töödeldud serv. Sirkli haarad seatakse joonlaua järgi vajalikule mõõdule ja üks nendest toetatakse vastu tooriku serva, aga teise, teravama haaraga kantakse peale servaga paralleelsed kriipsud või kaared, mis ühendatakse sirgjoonega. See moodus on eriti mugav avade tsentrite märkimiseks tasapinnale.

Ristjooned konstrueeritakse geomeetriliselt joonlaua ja sirkli abil (joon. 39, *b*, *c*, *d*, *e*). Ristjoonte märkimine nurgiku abil, lähtudes märkimisplaadi servast, toimub nii. Toorik seatakse üles märkimisplaadi nurka (joon. 41, *a*). Seejärel, asetades nurgiku *1* vastu märkimisplaadi külgpinda *n*, tõmmatakse tooriku pinnale joon I—I. Pärast seda asetatakse nurgik vastu märkimisplaadi

külgpinda *m* (joonisel on see näidatud kriipsjoontega). Kuna märkimisplaadi külgpinnad on omavahel risti, siis surudes nurgikut vastu külgpinda *m*, võib läbi tooriku mis tahes punkti tõmmata joone II—II, mis on risti varem tõmmatud joonega I—I. Joonte tõmbamise võtted nurgiku abil, lähtudes tooriku töödeldud servast, on näidatud joonisel 41, *b*.

Kaldjoone asend võib olla joonisel määratud vastava pealkirja (joon. 42, *a*), kaldenurga (joon. 42, *b*) või mõõtmetega (joon. 42, *c*).

Esimesel juhul on kaldjoon antud pealkirjaga: kalle 1 : 5. See tähendab, et iga 5 mm pikkuse kohta (mööda horisontaali) tõuseb (või langeb) kaldjoon 1 mm. Näitena on joonisel 42, *a* toodud kaldjoone niisugune konstrueerimine: sirgele *AB* kantakse 50 mm pikkune lõik, seejärel tõmmatakse punktist *C* ristjoon, millele kantakse pikkus 10 mm (lõik *CD*); sirge, mis läheb läbi punktide *A* ja *D*, ongi kaldega 1 : 5. Märkimise lõpetamiseks on vaja sirgele *AB* kanda lõik pikkusega 100 mm ja punktist *B* tõmmata ristjoon kuni lõikumiseni kaldjoone *AD* pikendusega.

Teisel juhul on kaldjoon antud nurgaga $\alpha = 15°$ (joon. 42, *b*). Sellisel juhul toimub märkimine miiu abil, mis seatakse vastavale mõõdule malli või nurgamõõdiku abil.

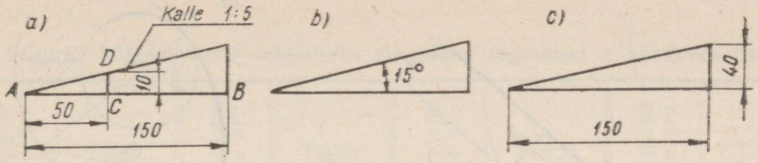
Kolmandal juhul ei ole vajadust kasutada spetsiaalseid seadiseid (tööriistu) või teha niisuguseid täiendavaid arvutusi (joon. 42, *c*). Siin märgitakse tavalisel viisil: alguses kantakse lõik pikkusega 150 mm, mille ühte otsa ehitatakse ristjoon. Ristjoonele märgitakse 40 mm. Ühendades lõigu otspunktid, saadakse otsitava kaldega kaldjoon.

Et jaotada nurk kaheks võrdseks osaks (joon. 43, *a*), tõmmatakse tipust *A* nurga haardele vaba raadiusega kaar. Saadud punktidest *B* ja *C* tõmmatakse kaared raadiusega, mis on suurem kui pool kaart *BC*. Kaarte lõikumispunkt *D* ühendatakse nurga tipuga *A*. Saadud sirge *AD* jaotabki nurga *BAC* pooleks.

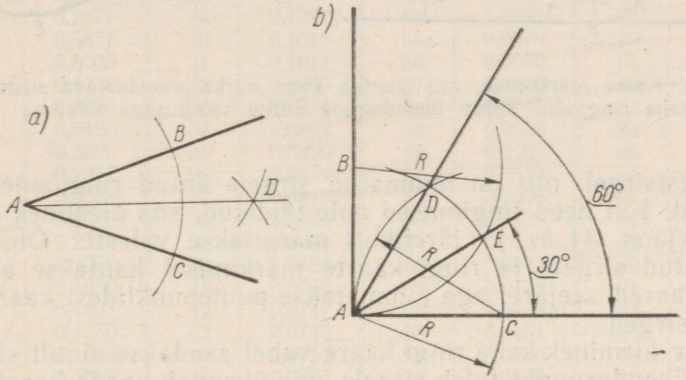
Täisnurga jagamiseks kolmeks võrdseks osaks (joon. 43, *b*) tõmmatakse nurga tipust *A* vaba raadiusega *R* kaar kuni lõikumiseni nurga haaradega. Lõikepunktidest *B* ja *C* tõmmatakse sama raadiusega kaared, mis lõikuvad kaarega *BC* punktides *D* ja *E*. Seejärel ühendatakse kaare lõikepunktid *D* ja *E* nurga tipuga *A*. Sirged *DA* ja *EA* jaotavad täisnurga kolmeks võrdseks osaks.

Kontuuride märkimine, mis koosnevad omavahel ühendatud sirg ja kõverjoontest. Masinadetailide kuju määravad lõikepinnad on enamikul juhtudel moodustatud kahe sirge ja kaare, ringi ja kaare, kahe raadiuse jne. sujuval ühendamisel. Tehaste praktikas kasutatakse sujuvate üleminekute märkimiseks kahte moodust: proovimiste meetodit (ligikaudne) ja geomeetrilise konstrueerimise meetodit (täpsem).

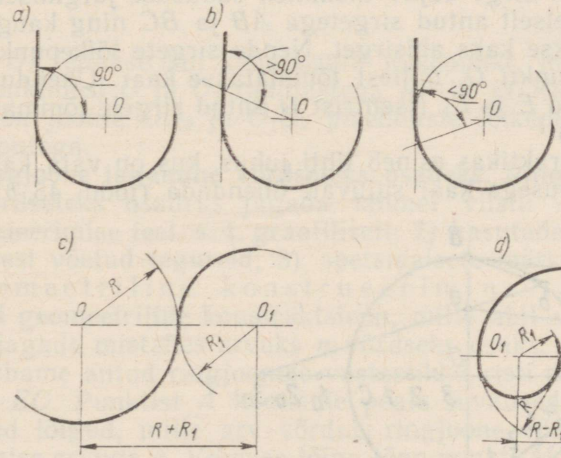
Sujuv üleminek sirge ja ringi kaare vahel saadakse õige ainult sel juhul, kui sirge on puutujaks (joon. 44, *a*) ja kui puutepunkt



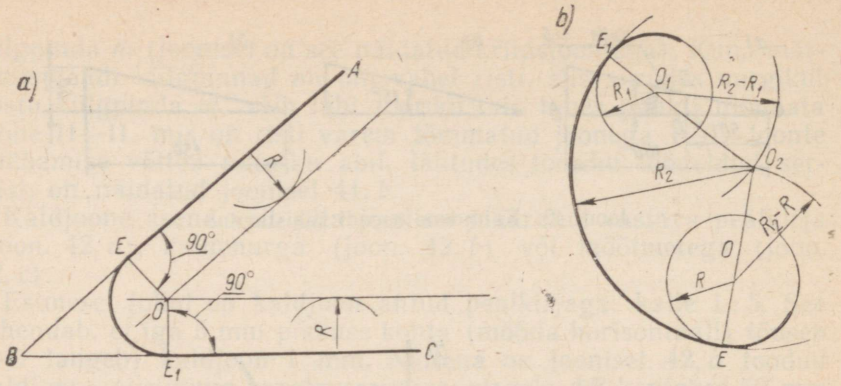
Joon. 42. Kaldjoone asendi tähistamine



Joon. 43. Nurga jaotamine võrdseteks osadeks



Joon. 44. Sujuvate üleminekute ehitamine



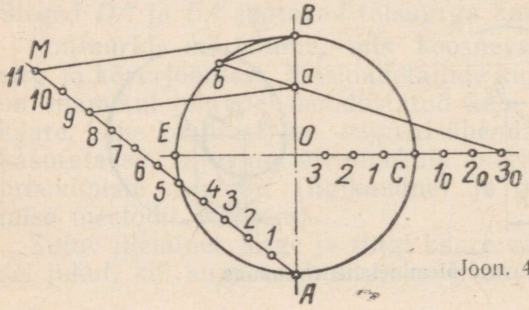
Joon. 45. Kaare märkimine, mis puutub kahe nurka moodustava sirgega (*a*) ja kahe ringjoone sujuv ühendamine antud raadiusega kaarega (*b*)

asub ristsirgel, mis on tõmmatud sirgele antud ringjoone keskpunktist. Kui need tingimused pole täidetud, siis üleminek ei tule sujuv (joon. 44, *b*) ja järelikult märgitakse valesti. Omavahel ühendatud sirgete ja ringi kaarte märkimisel kantakse alguses peale kaared, seejärel aga tõmmatakse puutepunktidest kaari puutuvad sirged.

Sujuv üleminek kahe ringi kaare vahel saadakse ainult siis, kui nende ühenduspunkt tuleb sirgele, mis ühendab nende kaarte vastavate ringjoonte keskpunkte O ja O_1. Välisel puutumisel peab kaarte keskpunktide vahekaugus võrduma nende raadiuste summaga (joon. 44, *c*), sisemisel puutumisel aga vahega (joon. 44, *d*).

Antud raadiusega R kaare ja sellele mis tahes nurga all puutujaks oleva kahe sirge sujuv üleminek saadakse järgmiselt (joon. 45, *a*). Paralleelselt antud sirgetega AB ja BC ning kaugusele R neist tõmmatakse kaks abisirget. Nende sirgete lõikepunkt annab otsitava keskpunkti O, millest tõmmatakse kaar. Ühenduspunktideks on punktid E ja E_1 (tsentrist O antud sirgele tõmmatud ristsirgete alused).

Märkimise praktikas esineb tihti juhus, kus on vaja kaks ringi ja antud raadiusega kaar sujuvalt ühendada (joon. 45, *b*). Kesk-



Joon. 46. Ringjoone jaotamine võrdseteks osadeks

Tabel 1

Tegurid kõõlupikkuste leidmiseks ringjoone jagamisel n võrdseks osaks

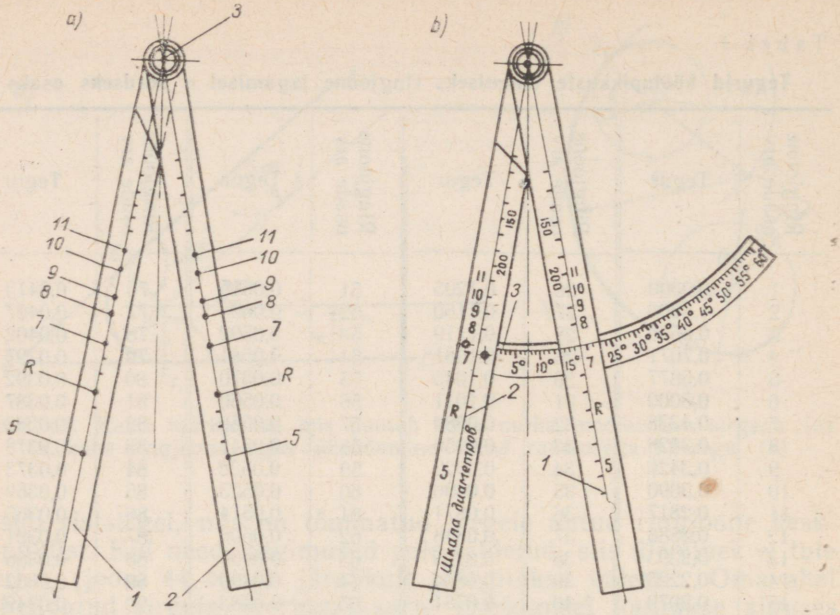
Ringjoone osade arv	Tegur	Ringjoone osade arv	Tegur	Ringjoone osade arv	Tegur	Ringjoone osade arv	Tegur
1	0,0000	26	0,1205	51	0,0615	76	0,0413
2	1,0000	27	0,1160	52	0,0603	77	0,0407
3	0,8660	28	0,1119	53	0,0592	78	0,0402
4	0,7071	29	0,1081	54	0,0581	79	0,0397
5	0,5877	30	0,1045	55	0,0570	80	0,0392
6	0,5000	31	0,1011	56	0,0560	81	0,0387
7	0,4338	32	0,0980	57	0,0550	82	0,0383
8	0,3826	33	0,0950	58	0,0541	83	0,0378
9	0,3420	34	0,0922	59	0,0532	84	0,0373
10	0,3090	35	0,0896	60	0,0523	85	0,0369
11	0,2817	36	0,0871	61	0,0514	86	0,0365
12	0,2588	37	0,0848	62	0,0506	87	0,0361
13	0,2393	38	0,0825	63	0,0498	88	0,0356
14	0,2225	39	0,0804	64	0,0490	89	0,0352
15	0,2079	40	0,0784	65	0,0483	90	0,0349
16	0,1950	41	0,0765	66	0,0475	91	0,0345
17	0,1837	42	0,0747	67	0,0468	92	0,0341
18	0,1736	43	0,0730	68	0,0461	93	0,0337
19	0,1646	44	0,0713	69	0,0455	94	0,0334
20	0,1564	45	0,0697	70	0,0448	95	0,0330
21	0,1490	46	0,0682	71	0,0442	96	0,0327
22	0,1423	47	0,0667	72	0,0436	97	0,0323
23	0,1361	48	0,0654	73	0,0430	98	0,0320
24	0,1305	49	0,0640	74	0,0424	99	0,0317
25	0,1253	50	0,0627	75	0,0418	100	0,0314

punkt O_2 leitakse kui kahe kaare lõikepunkt, mis on tõmmatud keskpunktidest O ja O_1 raadiustega R_2—R ja R_2—R_1. Punktid E ja E_1 on joonte OO_2 ja O_1O_2 pikenduste lõikepunktid vastavate ringjoontega.

Ringjoone jagamine võrdseteks osadeks. Ringjoont on võimalik võrdseteks osadeks jagada kolmel viisil: 1) geomeetrilise konstrueerimise teel, s. t. graafiliselt; 2) kasutades spetsiaalsetest tabelitest võetud tegureid; 3) spetsiaalsete märkimisrakiste abil.

Geomeetriline konstrueerimine. Joonisel 46 on toodud geomeetriline konstruktsioon, mille abil võib antud ringjoont jagada mistahes arvuks n võrdseks osaks, näiteks $n=11$.

Tõmbame antud ringjoonele vastastikku risti olevad diameetrid AB ja EC. Punktist A kanname peale suvalised, kuid omavahel võrdsed lõigud, mille arv võrdub ringjoone võrdseteks osadeks jaotamise arvuga n. Viimase lõigu lõpp-punkti M ühendame punktiga B sirglõigu abil. Läbi punkti, mis asub punktist M kahe jao-



Joon. 47. Spetsiaalsed märkimisseadised — tšeljabinski joonlauad

tuse kaugusel, s. t. läbi punkti *9*, tõmbame sirgega *BM* paralleelse joone kuni selle lõikumiseni diameetriga *AB* punktis *a*. Raadiuse *OC* jaotame neljaks võrdseks osaks ja kolm niisugust osa kanname *OC* pikendusele punktist *C* paremale. Saadud punkti 3_0 ühendame punktiga *a* ja pikendame kuni lõikumiseni ringjoonega punktis *b*. Kaar $bB \approx {}^1/_{11}$ osaga ringjoonest.

Ringjoone võib mis tahes arvuks võrdseteks osadeks jagada ka tabeiis 1 toodud tegurite abil. Tabeli 1 esimeses lahtris on antud ringjoone osade arv, milleks see tuleb jagada. Teises lahtris on tegur, millega tuleb korrutada ringjoone läbimõõtu, et määrata kõõlu pikkust, mis on võrdne ringjoone sisse ehitatud vastava hulknurga küljega.

Olgu näiteks vaja jaotada ringjoon läbimõõduga 100 mm 15 võrdseks osaks. Toimime nii: tabeli 1 esimesest lahtrist otsime üles ringjoone nõutavaks osadeks jagamise arvu, antud juhul 15. Sellele arvule vastab teises lahtris tegur 0,2079. Korrutame ringi läbimõõdu 100 mm teguriga 0,2079, saame 20,79 mm. Seda pikkust tulebki sirkli abil kanda 15 korda ringjoonele.

Sirklit aga on väga raske seada täpselt mõõdule 20,79 (tavaliselt ei ületa sirkli seadmise täpsus 0,1 mm).

Järelikult, kui antud juhul on sirkel seatud 20,7 mm, siis 15 osa pealekandmisel osutub 15. osa 1,3 mm võrra teistest pikemaks.

Sellele võivad lisanduda veel vead osade pealekandmisest ja lõpptulemusena saame, et viimane, viieteistkümnes osa on ülejäänud osadest tunduvalt pikem.

Et vältida vigu osade pealekandmisel, tuleks kasutada järgmist võtet.

Määranud tabeli abil ühe osa pikkuse, ei jaotata ringi kohe 15 võrdseks osaks. Alguses jaotatakse ringjoon tavalisel viisil kolmeks võrdseks osaks, saades punktid *A*, *B* ja *C*, seejärel aga seatakse sirklile maksimaalse võimaliku täpsusega pikkus 20,79 mm ja jaotatakse ringjoone iga osa *AB*, *BC* ja *CA* eraldi viieks lõiguks. Niisugusel viisil väheneb jaotamise viga 3 korda.

Veelgi väiksem viga ringjoone jagamisel saadakse siis, kui sirkli asemel kasutatakse märkimise nihkmõõdikut.

Spetsiaalsete märkimisseadiste kasutamine ringjoonte jagamisel võrdseteks osadeks vabastab lukksepa või märkija geomeetriliste abikonstruktsioonide tegemisest või tabelitega arvutamisest.

Joonisel 47, *a* on kujutatud seda tüüpi lihtsam seadis, nn. tšeljabinski joonlaud, mis koosneb kahest šarniiriga *3* ühendatud joonlauast *1* ja *2*. Joonlaudadele on peale kantud ebaühtlased skaalad märgistusega *5, R, 7, 8, 9* jne.

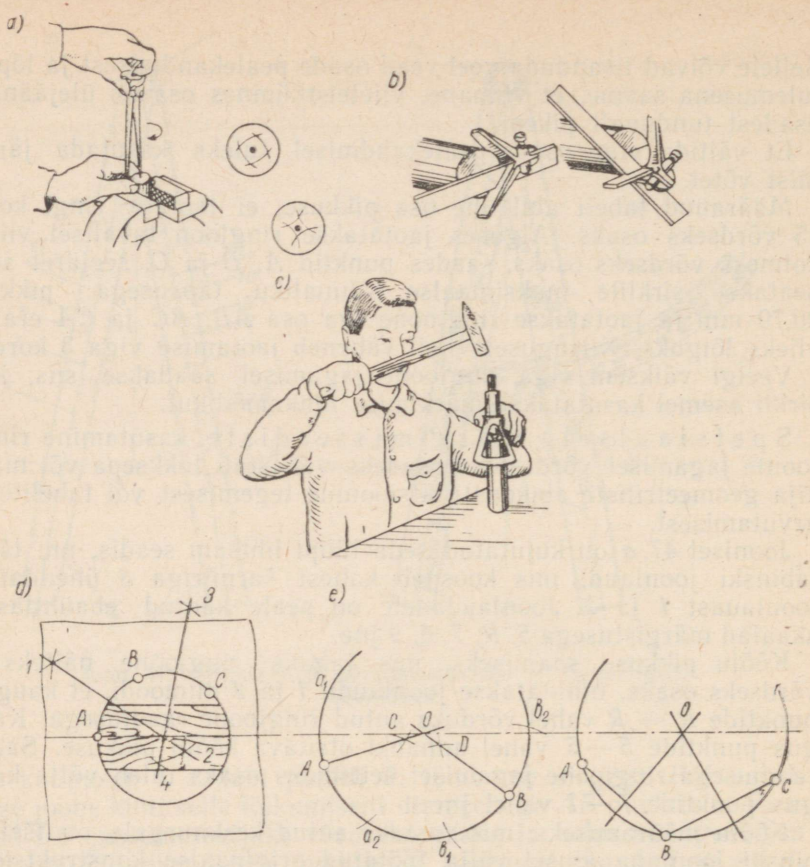
Kõõlu pikkuse saamiseks, mis jagaks ringjoone näiteks 5 võrdseks osaks, nihutatakse joonlaudu *1* ja *2* niimoodi, et kaugus punktide *R* — *R* vahel võrduks antud ringjoone raadiusega. Kaugus punktide *5* — *5* vahel annabki otsitava kõõlu pikkuse. Sama raadiusega ringjoone jagamisel seitsmeks osaks tuleb võtta kaugus punktide *7* — *7* vahel jne.

Kõõlu määramiseks, mis vastaks antud kesknurgale, on tšeljabinski joonlaua alusel välja töötatud originaalse konstruktsiooniga spetsiaalne seadis (joon. 47, *b*). Niisuguse seadise kummalgil joonlaual *1* ja *2* on kaks skaalat — üks ühtlane (läbimõõtude jaoks), teine kahanev (raadiuste jaoks). Kraadide sektor *3* on liikumatult ühendatud joonlauaga *2*. Joonlauale *1* on kinnitatud noonius nurkade täpseks lugemiseks. Niisugune seadis on universaalne ja võrreldes tšeljabinski joonlauaga ka mitte liiga keeruline.

Seda tüüpi seadised osutuvad töös niivõrd täpseteks, et vajadus kõrvalekaldumiste järgnevaks eemaldamiseks langeb peaaegu ära.

Silindriliste kehade, ringjoonte ja kaarte keskpunktide märkimine. Silindriliste detailide otstel leitakse keskpunkt sirkli või nurgik-tsentriotsijaga nii, nagu see on näidatud joonisel 48, *a* ja *b*.

Ümarate äärikute, ketaste ja nendega sarnaste detailide märkimisel, milles on juba augud, kuid keskpunkt on teadmata, soovitatakse kasutada ühte järgmistest geomeetrilise konstrueerimise võtetest.



Joon. 48. Tsentrite märkimine: *a* — sirkliga; *b* — nurgik-tsentriotsijaga; *c* — tsentrimärkijaga; *d* ja *e* — augu tsentri leidmise geomeetrilised viisid

Märkimisele kuuluvasse auku lüüakse puidust kork (joon. 48, *d*). Seejärel märgitakse augu servale vabalt kolm punkti *A*, *B*, *C* ja nendest kui keskpunktidest tõmmatakse kaared kuni lõikumiseni punktides *1*, *2*, *3* ja *4*. Läbi saadud lõikepunktide *1*, *2*, *3* ja *4* tõmmatakse joonlaua abil sirgjooned. Nende joonte lõikepunkt määrabki augu keskpunkti.

Seda ülesannet võib lahendada ka teisel viisil. Antud ringjoonel või kaarel valitakse vabalt kaks punkti *A* ja *B*, mis kergelt kärnitakse (joon. 48, *e*). Nendest punktidest tõmmatakse ringjoonele vaba raadiusega kaared (kriipsud). Punktid a_1, a_2, b_1 ja b_2 (kaarte ja antud ringjoone või kaare lõikepunktid) kärnitakse. Seejärel tõmmatakse saadud punktidest kaared, mille raadius on ligikaudu võrdne $^2/_3$ kõõlu a_1a_2 või b_1b_2 pikkusega. Need kaared lõi-

kuvad punktides *C* ja *D*. Seejärel tõmmatakse läbi saadud punktide *A* ja *C*, samuti ka *B* ja *D*, sirgjooned, mis omavahel lõikuvad otsitavas keskpunktis — punktis *O*.

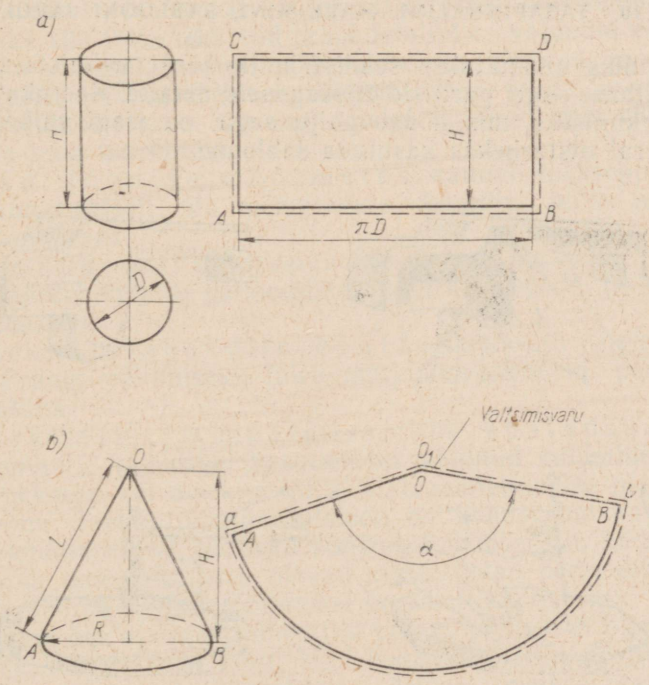
Lihtsamate kehade pinnalaotus. Lukksepal tuleb sageli valmistada leht- või profiilmaterjalist tooteid, millel on silindri, koonuse, kuubi jne. kuju. Seepärast on märkimisel vaja osata niisuguste toorikute tegelikke mõõtmeid õigesti valida, et märgitud toorik pärast väljalõikamist ja painutamist vastaks joonisel antud mõõtmetele ja kujule. Tooriku tegelike mõõtmete leidmiseks on vaja teha nn. tasapinnaline pinnalaotus.

Silindri pinnalaotus kujutab endast ristkülikut, mille kõrgus võrdub silindri kõrgusega *H* ja pikkus silindri ümbermõõduga (joon. 49, *a*). Silindri ümbermõõt saadakse tema läbimõõdu korrutamisel 3,14, s. o.

$$L=\pi D.$$

Et saada täielikku pinnalaotust (lehtmaterjalil), tuleb pinnalaotuse mõõtmetele lisada valtsimise teel ühendamiseks vajalik varu ja töötlemisvaru.

Koonuse pinnalaotus tehakse järgmises järjekorras. Märgitakse punkt *O* ja sellest (joon. 49, *b*) kui keskpunktist tõm-



Joon. 49. Silindri (*a*) ja koonuse (*b*) pinnalaotus

matakse kaar, mille raadius võrdub koonuse moodustaja pikkusega. Seejärel leitakse sektori tipu juures olev nurk valemiga

$$\alpha = \frac{360R}{L},$$

kus α on koonuse pinnalaotuses oleva sektori nurk kraadides;
R — koonuse alusringjoone raadius mm;
L — koonuse moodustaja pikkus mm.

Pärast nurga α määramist tõmmatakse punktist O kaks raadiust OA ja OB, mille vaheline nurk võrdub ülalpool toodud valemiga saadud tulemusega, sellele lisatakse valtsimisvaru (õhukeste lehtede painutamiseks nende ühenduskohas).

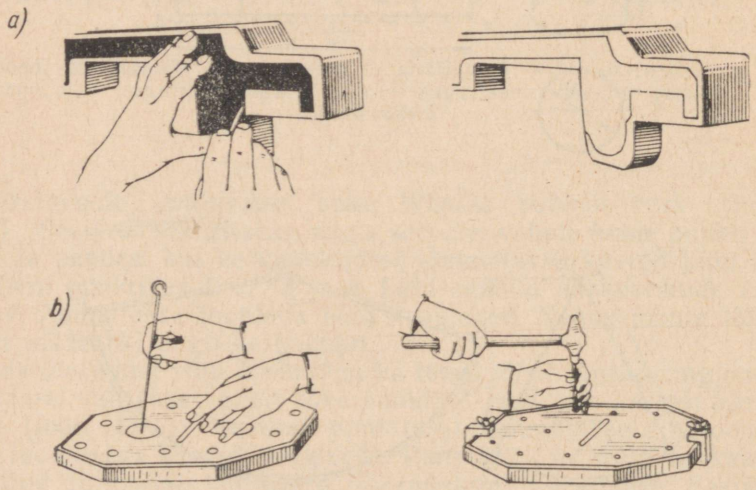
Näide. Koonuse aluse läbimõõt on 120 mm, tema moodustaja pikkus 200 mm. Tuleb määrata pinnalaotuse sektori nurk. Antud juhul $R = \frac{120}{2} = 60$ mm, $L = 200$ mm.

Kasutades ülaltoodud valemit saame

$$\alpha = \frac{360R}{L} = \frac{360 \cdot 60}{200} = 108°.$$

10. TASAPINNALINE MÄRKIMINE ŠABLOONI JÄRGI

Šablooniks nimetatakse seadist, mille järgi valmistatakse või kontrollitakse suuri partiisid ühesuguseid detaile. Keerukate detailide märkimiseks, mis nõuab palju aega, on isegi väikeste partiide korral otstarbekas kasutada šabloone.



Joon. 50. Šablooni järgi märkimine: *a* — kontuuri; *b* — augu

Šablooni järgi märkimisel paigutatakse šabloon eelnevalt värvitud toorikule (detailile) ja tõmmatakse märknõelaga joon mööda šablooni kontuuri (joon. 50, *a*). Seejärel lüüakse märkjoonele kärnid. Niisuguse märkimisviisi juures langeb ära vajadus täiendavate konstrueerimiste tegemiseks.

Šabloone ei kasutata ainuüksi detaili kontuuri märkimiseks. Šabloonide abil on mugav märkida ka aukude keskpunkte (joon. 50, *b*), eriti kui neid on palju ja nad kõik peavad langema kokku samasuguste aukudega kaasdetailis (toru või kolmikute äärikud jne.).

Šabloonid valmistatakse õhukesest lehtmaterjalist paksusega 1,5 kuni 3 mm. Keerukad šabloonid varustatakse spetsiaalsete tugede ja seadistega nende asetamiseks ja nihutamiseks märgitavale detailile.

Šabloonidele tehakse märge, mis näitab toote tüüpi, joonise numbrit ja märgitava detaili numbrit, samuti ka joonise number, mille järgi šabloon on valmistatud.

11. MÄRKIMISPRAAK JA SELLE VÄLTIMINE

Märkimisel avastatakse kõigepealt ettevalmistustsehhide (valu-, sepa- jt.) süü tõttu tekkinud praakdetailid — valandid või sepised ei vasta joonisel toodud mõõtmetele, on kõverad ja viltu jne. Niisugused detailid edasisele töötlemisele ei kuulu ja nende märkimine katkestatakse. On veel teisigi tegureid, mis võivad põhjustada vale märkimist.

Vead joonise mõõtmetes kannab lukksepp või märkija automaatselt üle märgitavale detailile, mille tulemusena saadakse praak.

Kulunud märkimisplaadi ebatäpsus. Seepärast tuleb märkimisplaate perioodiliselt kontrollida loodi ja lekaaljoonlaua abil.

Märkimisvahendite ebatäpsus viib valele märkimisele. Praagi vältimiseks tuleb märkimisvahendeid perioodiliselt kontrollida.

Märkimis- ja mõõtmisriista ebatäpsuse põhjuseks on selle sagedasel kasutamisel tekkinud kulumine. Kahjuks pole lukksepp või märkija mitte alati suuteline ise neid puudusi avastama. Tsehhi administratsioon on kohustatud kasutamiseks välja andma ainult hoolikalt kontrollitud tööriistu, lukksepp peab aga kõik oma kasutuses olevad mõõteriistad perioodiliselt kontrollida andma ja neid töötamisel hoolikalt käsitsema.

Suurem osa ülalpool nimetatud praagi põhjusi ei olene vahetult lukksepa või märkija tööst, kuid kogenud tööline peab neid õigeaegselt avastama ja kõrvaldama. Allpool tuuakse praagi põhjused, mis vahetult sõltuvad lukksepast.

1. *Joonise valest lugemisest põhjustatud märkimise viga.* Lukksepp peab täpselt aru saama joonisest, kui ta aga pole selleks suuteline, peab tingimata pöörduma abi saamiseks brigadiri või meistri poole.

2. *Vead mõõtmete pealekandmisest* tekivad toorikute ebaõige mõõtmise tulemusena ja neil juhtudel, kui lukksepp kannab osa mõõte peale detaili töötlemata pindadest, teise osa aga lähtepindadest.

3. *Vead detaili ilma kontrollimata ülesseadmisest* põhjustavad selle viltu paiknemist ja järelikult ka ebaõiget märkimist. Toorikute ülesseadmist märkimisplaadile ja kontrollimist tuleb teha tähelepanelikult.

4. *Seadiste ebaõige kasutamine.* Näiteks detaili kontrollimiseks kasutab lukksepp mõõtplaatide asemel tavalisi, asetab valesti šablooni jne.

5. *Hooletu märkimine lukksepa poolt.* Näiteks joonisel on näidatud raadiuse pikkus, aga lukksepp või märkija kannab selle peale kui läbimõõdu, märgib augud telgede suhtes valesti, ei sea täpselt sirkli haarade ulatust jne.

Toodud näidetest piisab selleks, et selgitada nende vigade iseloomu ja mõista, millise tähelepanelikkusega peab lukksepp suhtuma oma töösse.

12. OHUTUSTEHNIKA MÄRKIMISEL

Märkimisel ei tohi lukksepp unustada märknõela ja märkimisplaadil oleva tooriku teravaid otsi, kuna need võivad tõsiselt töölist vigastada.

Ohutuse eesmärgil soovitatakse töötamise ajal ja ka vaheajal märknõelte ja rismuse vabadele teravikele asetada kaitsekatted.

Märkjooni võib kärnida nii tavalise kui ka elektrikärniga. Viimasel juhul tuleb hoolikalt järgida elektriohutuse eeskirju. Tuleb arvestada, et löögi momendil on pinge kärni korpuse ja märgitava tooriku kontaktikohas väga kõrge, seepärast on voolujuhtivate osade riknenud isolatsiooni korral voolu all ka kärni korpus ja märgitav detail. Kui tööline puutub siis kokku toorikuga, võib ta sattuda voolu alla. Elektrikärniga töötamisel peab märgitav detail või toorik olema korralikult maandatud.

Tooriku ülesseadmisel märkimisplaadile, prismale, tungrauale või mõnele rakisele peab tarvitusele võtma abinõud, et nad sealt maha ei kukuks.

Lehtmaterjali märkimisel võivad materjali teravad servad vigastada kätt. Seepärast tuleb toorikud asetada plaatidele ja võtta need sealt pärast märkimist kinnastatud kätega.

III PEATÜKK

METALLI RAIUMINE

13. RAIUMISE MÕISTE

Raiumiseks nimetatakse metalli töötlemise operatsiooni, millega toorikult eraldatakse metallikiht meisli, ristmeisli või soonmeisli ja vasara abil.

Raiumisel on lõikeriistaks meisel, ristmeisel või soonmeisel, löögiriistaks aga vasar. Raiumisel saavutatav töötlemise täpsus on 0,4 . . . 0,7 mm.

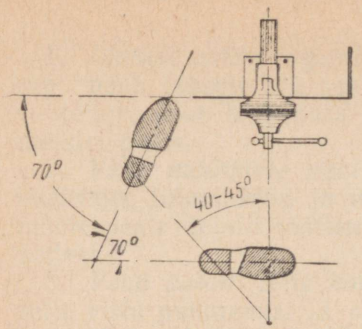
Kaasaegses masinaehituses kasutatakse metalli raiumist ainult neil juhtudel, kui toorikut pole mingil põhjusel võimalik tööpingil töödelda. Raiumist kasutatakse toorikute pinnalt liigse metallikihi (valu ja keevisõmbluste puhastamiseks, faaside raiumiseks põkkkeevituse jaoks jne.) eemaldamiseks; kõva kooriku, sepistatud ning valatud toorikute servade ja kraadide maharaiumiseks; lehtmaterjali tükeldamiseks; õlisoonte ja aukude väljaraiumiseks jne.

Metalli raiumise tehnoloogia sõltub töö liigist. Raiumine toimub kruustangide vahel, plaadil või alasil. Väikeste mõõtmetega toorikud ja valandid kinnitatakse raiumisel sepakruustangide vahele. Suurtes detailides olevate keevisõmbluste defektid ja valupead raiutakse välja kohapeal.

Metalli käsitsi raiumine on väga töömahukas ja raske operatsioon. Seepärast on hädavajalik püüda seda maksimaalselt mehhaniseerida.

Raiumise mehhaniseerimise vahenditeks on raiumise asendamine abrasiivtööriistaga töötlemisega ja meisli asendamine pneumaatilise või elektrilise raiumisvasaraga.

Vaatleme kõigepealt käsitsi raiumise põhilisi tööjuhiseid ja -võtteid. Enne tööle asumist peab lukksepp oma töökoha ette valmistama. Selleks tuleb töölaua laekast võtta meisel ja vasar, asetada meisel tööpingile kruustangidest vasakule lõikeservaga enda poole, vasar aga kruustangidest paremale laubaga nende poole.



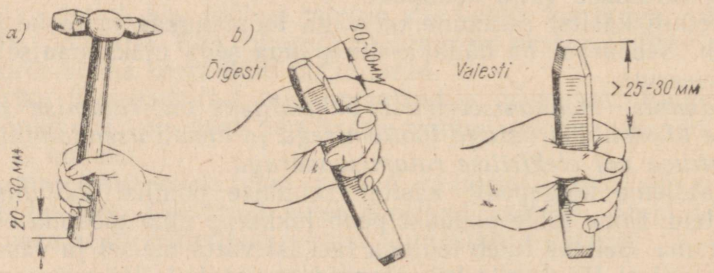
Joon. 51. Töölise jalgade asend raiumisel

Raiumise ajal on suur tähtsus lukksepa keha õigel asendil: kruustangide juures tuleb seista stabiilselt, poolpöördega nende poole; töölise keha peab asuma kruustangide teljest vasakul. Vasak jalg tuleb asetada poole sammu võrra ettepoole, nii et jalapõia telg moodustaks kruustangipakkide suhtes 70 ... 75° nurga, parem jalg aga asub mõnevõrra tagapool, jalapõia telgjoon on kruustangide telgjoone suhtes 40 ... 45° nurga all (joon. 51).

Vasara varrest tuleb kinni võtta nii, et käsi asuks 20 ... 30 mm kaugusel varre vabast otsast (joon. 52, *a*). Vasara vars haaratakse nelja sõrmega ning surutakse vastu peopesa; põial asetatakse esimesele sõrmele ja kõik sõrmed pigistatakse tugevasti kokku. Meislit hoitakse vasaku käega 20 ... 30 mm kaugusel peast, sõrmi ei ole vaja tugevasti kokku pigistada (joon. 52, *b*).

Raiumise ajal tuleb meislit hoida töödeldava pinna suhtes 30 ... ... 35° nurga all (joon. 53, *a*). Väiksema kaldenurga puhul hakkab meisel libisema ega lõika (joon. 53, *c*), suurema kaldenurga puhul aga tungib liiga tugevasti metalli ning raiutav pind tuleb konarlik (joon. 53, *d*).

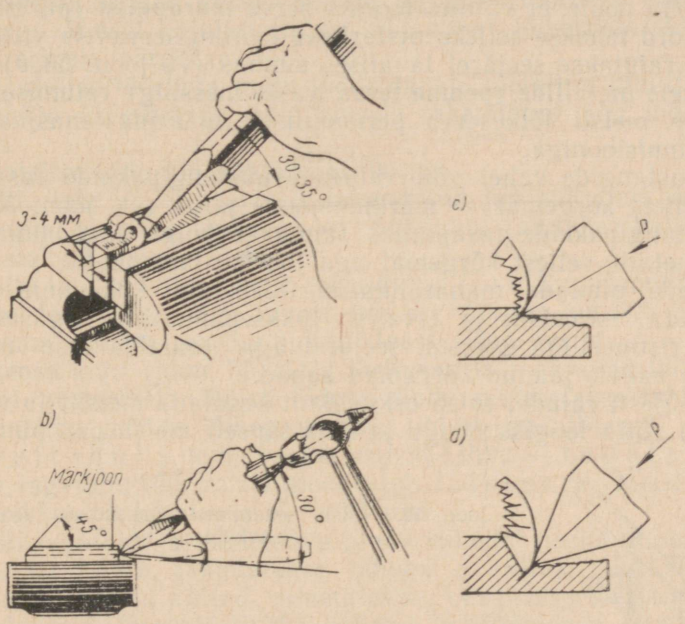
Kruustangide vahel käsitsi raiumisel on oluline tähtsus meisli õigel asendil kruustangide liikumatute pakkide vertikaalpinna suhtes. Meisli lõikeserva normaalseks nurgaks on 40 ... 45° (joon. 54, *a*). Väiksema nurga puhul lõikepind suureneb ja raiuda on raskem, mistõttu protsess ise aeglustub (joon. 54, *b*). Suurema



Joon. 52. Tööriistade hoidmine raiumisel

nurga puhul saadakse laastu keerdumise ja lisatakistuse tekkimise tõttu konarlik ja rebitud lõikepind; toorik võib kruustangide vahel ka nihkuda (joon. 54, *c*).

Raiumise tootlikkus ja kvaliteet sõltuvad vasaraga hoovõtu viisist ja löögist. Hoovõtt võib toimuda käerandmest, küünarnukist või õlast. Randmest hoovõtu puhul saadakse löök käerandme liikumise jõul (joon. 55, *a*). Niisugust lööki kasutatakse kergel tööl õhukeste laastude mahavõtmisel või väikeste ebatasasuste eemaldamisel. Küünarnukist hoovõtu puhul painutatakse kätt



Joon. 53. Raiumise võtted: *a* — kruustangipakkide tasapinnas; *b* — märkjoonte järgi; *c* — meisli väikese kaldenurga juures; *d* — meisli suure kaldenurga juures

küünarnukist (joon. 55, *b*) ja löök saadakse tugevam. Küünarnukist hoovõttu kasutatakse tavalisel raiumisel, kui tuleb eemaldada keskmise paksusega metallikiht või raiuda sisse faasid ja sooned. Õlast hoovõtu puhul saadakse suurim hoog (joon. 55, *c*) ja ka kõige tugevam löök. Õlast hoovõttu kasutatakse paksu metalli raiumisel, paksude kihtide eemaldamisel ühe läbimiga, metalli tükeldamisel ja suurte pindade töötlemisel.

Raiumisel sõltub lukksepa töö tootlikkus raiumise iseloomust ja kohast, vasaralöögi tugevusest ja raiumise tempost. Randmest hoovõtuga raiumisel tehakse keskmiselt 40...50 lööki minutis,

raskema töö korral ja õlast hoovõtu puhul langeb raiumise tempo 30...35 löögini minutis.

Meisliga eemaldatavate laastude mõõtmed sõltuvad töölise füüsilisest jõust, meisli mõõtmetest, vasara kaalust ja töödeldava metalli kõvadusest. Kõige tootlikumaks loetakse raiumist, kui ühe läbimiga eemaldatakse 1,5...2 cm paksune metallikiht. Suurema paksusega kihi eemaldamisel väsib lukksepp kiiremini, raidepind aga saadakse mitte puhas.

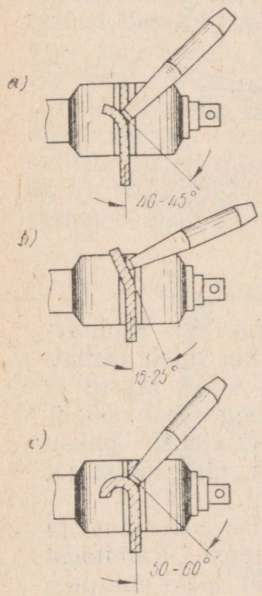
Hapraid metalle (malm, pronks) tuleb raiuda tooriku servast keskkoha poole, et vältida tooriku serva murdumist (purunemist). Mõnikord tehakse selleks otstarbeks tooriku servadele viiliga faasid ja raiutakse seejärel tavalises suunas (vt. joon. 53, *b*).

Sitkete metallide (pehme teras, vask, messing) raiumisel soovitatakse meisli lõikeserva perioodiliselt määrida masinaõli või seebiemulsiooniga.

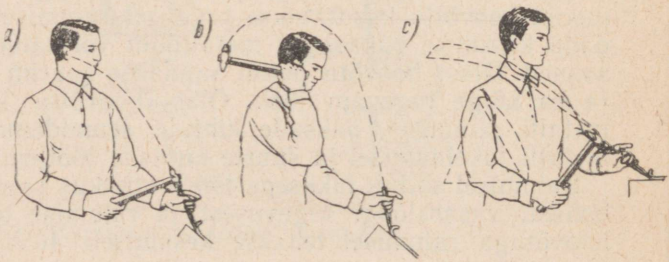
Kruustangide vahel võib raiuda kruustangipakkide tasapinnas või sellest kõrgemal — märkimisjoone järgi (vt. joon. 53, *a*, *b*). Kruustangipakkide tasapinnas raiutakse kõige sagedamini õhukest metalli, sellest kõrgemal aga tooriku laiu pindu.

Laiade pindade maharaiumisel tuleb aja kokkuhoiu mõttes kasutada ristmeislit ja tavalist lukksepameislit. Alguses raiutakse ristmeisliga sooned, seejärel aga eemaldatakse meisliga soonte vahele jäänud kõrgemad kohad.

Et õigesti raiuda, tuleb oskuslikult kasutada meislit ja vasarat, õigesti võtta löögiks hoogu ja lüüa täpselt meisli pea pihta.



Joon. 54. Meisli seadmine tööasendisse kruustangipakkide suhtes



Joon. 55. Vasara liikumine (hoovõtt): *a* — löök randmest hoovõtuga; *b* — löök küünarnukist hoovõtuga; *c* — löök õlast hoovõtuga

Lõikeriistad. Metalli raiumisel on tööriistaks meisel, ristmeisel ja soonmeisel. Kuuma metalli raiumiseks kasutatavat meislit nimetatakse sepameisliks, külma metalli raiumiseks kasutatavat aga lukksepameisliks.

Lukksepameisel koosneb kolmest osast: tööosast, keskmisest osast (kehast) ja peast (löögiosast).

Lõiketöötlemisel saadakse detaili nõutav kuju liigse metalli eemaldamisel laastu kujul. Selleks antakse tööriista lõikeosale kiilu kuju. Meisel kujutab endast lihtsaimat lõikeriista, kus kiil on eriti selgelt märgatav (joon. 56).

Kiilukujulise tööriista mõju töödeldavale metallile muutub sõltuvalt kiilu asendist ja selle alusele rakendatud jõu mõjumise suunast.

Eristatakse kiilu töö kahte põhiliiki:

1) kiilu telg ja kiilu alusele rakendatud jõu mõjumissuund on risti tooriku pinnaga (joon. 56, *a*). Sel juhul raiutakse toorik läbi (lõhestatakse) (joon. 56, *b*);

2) kiilu telg ja kiilu alusele rakendatud jõu mõjumissuund moodustavad tooriku pinnaga nurga, mis on väiksem kui 90°. Sellisel juhul eemaldatakse tooriku pinnalt laast (joon. 56, *c*).

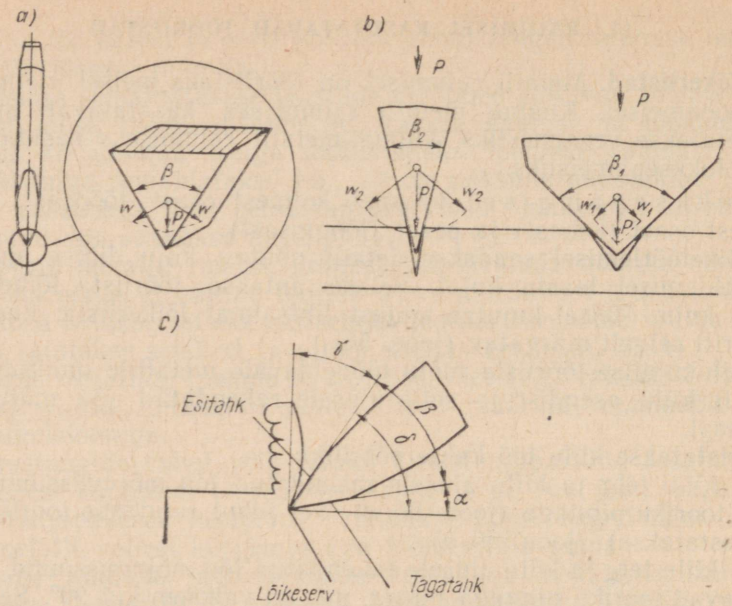
Lõikeosa kuju (joon. 56, *c*) ja teritusnurk määravad lõikeriista (meisli) geomeetria. Meisli tööosa pindu nimetatakse tahkudeks. Tahku, mida mööda lõikeprotsessis libiseb metallilaast, nimetatakse esitahuks, tema vastas asuvat tahku — tagatahuks. Esi- ja tagatahu lõikumisel moodustub lõikeserv. Meisli lõikeserva pikkus on tavaliselt 15 ... 25 mm.

Meisli tagatahu ja töödeldava pinna vahelist nurka nimetatakse taganurgaks, tähistatakse tähega α (alfa). Nurka, mille moodustavad kiilu küljed, nimetatakse teritusnurgaks, see tähistatakse β (beeta). Nurka esitahu ja töödeldava pinna vahel nimetatakse lõikenurgaks ja tähistatakse tähega δ (delta). Nurka esitahu ja pinna vahel, mis on pandud läbi lõikeserva risti töödeldava pinnaga, nimetatakse esinurgaks ja tähistatakse tähega γ (gamma).

Mida väiksem on teritusnurk, seda vähem jõudu on lõikamiseks vaja rakendada. Seepärast valitakse teritusnurga suurus olenevalt töödeldava materjali tugevusest ja lõikeriista töötingimustest. Mida kõvem või hapram on metall, seda suurem on vastupanu kiilu tungimisele metalli ja seda suurem peab olema meisli teritusnurk. Malmi ja pronksi raiumisel võetakse $\beta=70°$, keskmise kõvadusega terase korral $\beta=60°$, vase ja messingi puhul $\beta=45°$, alumiiniumi ja tsingi korral $\beta=35°$.

Taganurga α ülesandeks on vähendada hõõrdumist tööriista ja töödeldava pinna vahel. Taganurga suurus on tavaliselt 3 ... 8°.

Meisli keha tehakse niisuguse kujuga, mis võimaldab teda raiu-



Joon. 56. Lõikeprotsessi skeem meisliga töötamisel: *a* — jõu jaotumine kiilul; *b* — teritusnurga mõju lõikeprotsessile; *c* — laastu moodustumine raiumisel ja meisli geomeetria

mise ajal mugavalt käes hoida. Enamasti on meisli kehal ristkülikukujuline ovaalsete külgservadega või hulktahukakujuline ristlõige.

Meisli pea tehakse alati tüvikoonusena, mille ülemine ots on poolkerakujuline. Pea niisuguse kuju korral mõjub vasara löök meislile suurema efektiivsusega, kuna löök satub alati meisli löögiosa tsentrisse. Peale selle laieneb koonusekujuline pea löökide mõjul vähem.

Lukksepameislite mõõtmed on toodud tabelis 2. Meislit pikkusega 100 ... 125 mm kasutatakse peentööde tegemisel, pikkusega 150 ... 200 mm — jämedamatel töödel.

Meisli kvaliteet sõltub termiliseks töötlemiseks ettenähtud režiimist kinnipidamisest (karastamisest, noolutamisest) ning õigest teritamisest. Meisli tööosa karastamiseks kuumutatakse seda 40 ... 70 mm pikkuselt temperatuurini 800 ... 830° C (heleda kirsipunase hõõgvärvuseni) ja jahutatakse vees 15 ... 30 mm pikkuselt koos järgneva noolutamisega violetse muutevärvuse ilmumiseni. Meisli pea karastatakse samasugusel teel 15 ... 20 mm pikkuselt, noolutades halli muutevärvuse ilmumiseni.

R i s t m e i s e l erineb tavalisest meislist selle poolest, et tema lõikeserv on tunduvalt kitsam kui tavalisel meislil. Teda kasutatakse kitsaste süvendite, liistusoonte jne. väljaraiumiseks. Et

ristmeisel ei kiiluks soonde tungimisel kinni, tehakse tema lõikeserv natuke laiem kui tööosa. Real juhtudel kasutatakse ristmeislit ka laiade pindade ettevalmistamisel tavalise meisliga raiumiseks.

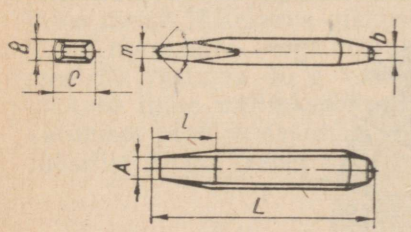
Ristmeisli termiline töötlemine ja teritamise geomeetria ei erine millegi poolest meisli termilisest töötlemisest ja teritamise geomeetriast. Ristmeisli standardmõõtmed ГОСТ 7212-54 järgi on toodud tabelis 3.

Soonmeislit kasutatakse õlisoonte raiumiseks laagriliudadesse ja -puksidesse, spetsiaalsete kujusoonte raiumiseks ja teisteks säärasteks töödeks. Soonmeislid valmistatakse teravatipuliste või poolümarate lõikeservadega. Nende mõõtmed sõltuvad selle laagriliua või -puksi läbimõõdust, millesse on vaja õlisooned raiuda. Soonmeisel erineb ristmeislist ainult lõikeserva kuju poolest.

Tuleb märkida, et soonte raiumine on töömahukas ja vastutusrikas protsess. Pärast väljaraiumist on sooned sageli ebatasased, erineva sügavusega jne. Seepärast otsivad tööeesrindlased võimalusi, mis aitavad laagriliudadesse ja -puksidesse õlisoonte raiumise protsessi kaasaegsemaks muuta. Nad kasutavad spetsiaalseid rakiseid ja mehhaniseeritud seadmeid.

Tabel 2

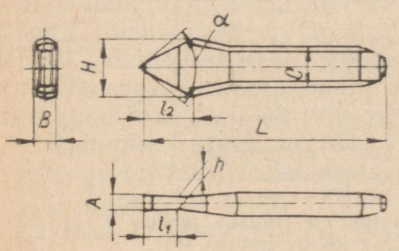
Lukksepameislid (ГОСТ 7211-54)



Põhimõõtmed mm						
A	*B*	*b*	*L*	*m*	*C*	*l*
5	8	5	100	2...3	12	25
10	8	5	125	2...3	12	35
15	10	8	150	4...5	16	40
20	16	12	175	4...5	25	50
25	20	16	200	5...6	30	60

Tabel 3

Ristmeislid (ГОСТ 7212-54)



Põhimõõtmed mm							
A	*L*	*B*	*C*	*H*	l_1	l_2	*h*
2	150	8	12	15	15	30	1,5
5	150	10	16	20	20	35	4
8	175	10	16	20	20	35	7
10	175	16	25	30	25	45	8
12	200	16	25	35	30	50	10
15	200	16	25	40	35	55	13

Meisli ja ristmeisli teritamine. Lõikeriistade terituspingid võib jaotada kolme põhigruppi:

1) terituspingid käsitsi teritamiseks (käiad);

2) universaalsed terituspingid mitut liiki tööriistade teritamiseks;

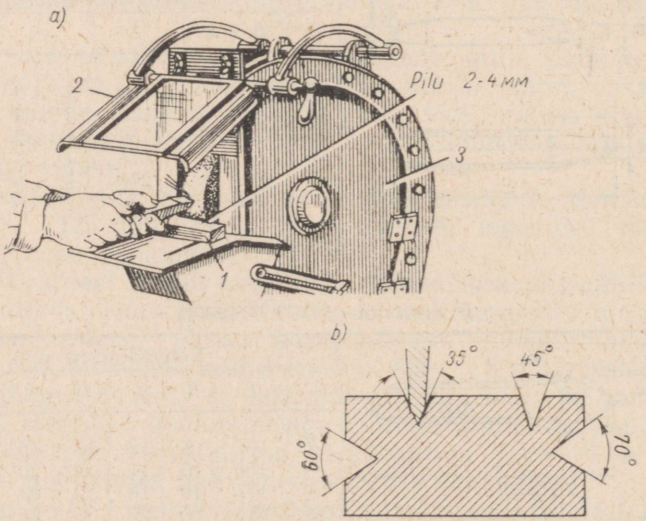
3) spetsiaalsed pingid (tavaliselt poolautomaadid) ühe kindla tööriista teritamiseks.

Meisli ja ristmeisli teritamiseks kasutatakse tavaliselt lihtsaid pinke. Teritatav tööriist asetatakse seejuures terituspingi (joon. 57) juhttoele *1* ja surutakse kergelt vastu abrasiivketast ning liigutatakse aeglaselt edasi-tagasi kogu ketta laiuses. Teritamisel tuleb meislit vees jahutada.

Teritamisel tuleb meislit (ristmeislit) kord ühe, kord teise küljega vastu ketast hoida, see tagab ühtlase teritamise. Pärast teritamist peab meisli lõikeserv olema ühesuguse laiusega ja kaldenurgaga meisli telje suhtes. Meisli teritusnurga suurust kontrollitakse šablooni järgi, mis kujutab endast 70, 60, 45 ja 35° väljalõigetega plaati. Meisli või ristmeisli teritamisel tuleb tingimata kinnitada kaitseekraan *2* ja kaitsekate *3*.

Löögiriist. Löögiriistadeks on mitmesuguse ülesande ja konstruktsiooniga vasarad.

Lukksepavasaraid valmistatakse kahte tüüpi: ruut- või ümarlaubaga (vt. joon. 12, *a*). Ruutlaubaga vasarate valmistamine on lihtsam, nad on odavamad ja seepärast lukksepatöö praktikas laialt levinud. Ümarlaubaga vasarate eelis seisneb sel-



Joon. 57. Meisli (ristmeisli) teritamine lihtsal teritus-pingil (*a*) ja teritamise õigsuse kontrollimine (*b*)

Tabel 4

Andmed terasest lukksepavasarate valimiseks

Vasara kaal g	50	100	200	300	400	500	600	800	1000
Töö iseloom	Kerge					Keskmine		Raske	
Tööliste kategooria, kellele soovitatakse vastava kaaluga vasarat	13 ... 14 aasta vanustele õpilastele					15 ... 17 aasta vanuste õpilastele	Täiskasvanud töölistele	Füüsiliselt arenenud töölistele	
Vasara varre pikkus mm	250 ... 300					320 ... 350		400	
Kasutamise sagedus	Sageli kasutatavad							Vähem kasutatavad	Harva kasutatavad

les, et nende löögiosal on suurem mass kui pinnil; see tagab suure löögijõu ja tabavuse.

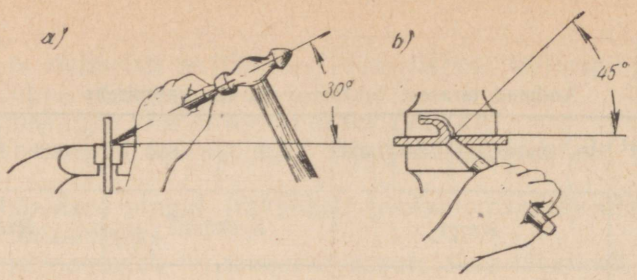
Oluline on vasara valimine kaalu järgi. Vasara kaal peab vastama meisli lõikeserva pikkusele. Praktika näitab, et metalli raiumisel normaalse löögi korral peab meisli lõikeserva igale millimeetrile vastama 40 g vasara kaalust, aga ristmeisli lõikeserva pikkuse igale millimeetrile 80 g vasara kaalust. Vasara kaalu valimisel peab endastmõistetavalt arvestama ka töölise kasvu ja füüsilist jõudu (tabel 4).

15. RAIUMISE VIISID

Meisliga käsitsi raiumine nõuab tööliselt raiumise põhireeglite järgimist ja vajalikku treeningut. Metalli raiumisel peavad mõlemad käed tegutsema kooskõlastatult. Paremas käes oleva vasaraga tuleb täpselt ja osavalt lüüa meislile, vasakuga aga nihutada löökide vaheajal meislit mööda metalli.

Olenevalt tööoperatsiooni iseloomust võib metalli raiuda kruustangide vahel, plaadil või alasil.

Raiumine kruustangide vahel. Lukksepapraktikas raiutakse leht- ja lattmaterjalist peeneid toorikuid kruustangide vahel. Näiteks klambri tooriku väljaraiumiseks on vaja võtta tükk 4 mm paksust lehtmaterjali ja vastavalt joonisel olevatele mõõtmetele



Joon. 58. Lehtmaterjali raiumise võtted

kanda sellele märkjooned. Pärast joonte pealekandmist kinnitatakse toorik tugevasti kruustangide vahele, nii et kontuuri märkimisjooned oleksid kruustangipakkide tasapinnas. Seejärel võetakse kätte meisel ja vasar ning asutakse raiumisasendisse (eespool kirjeldatud reeglitele vastavalt); asetatakse meisel kruustangipakkide tasapinna suhtes 30 ... 35° nurga alla (joon. 58, *a*) ja 45° nurga alla kruustangide vahele kinnitatud terasplaadi suhtes, nii et meisli lõikeserva keskkoht puutuks metalliga kokku (joon. 58, *b*) ja raiutakse üleliigne metall maha ühe läbimiga mööda märgitud kontuuri. Lõpetanud raiumise plaadi ühelt poolelt, keeratakse kruustangid lahti, pööratakse plaat ümber, kinnitatakse see uuesti kruustangide vahele, ja jätkatakse raiumist. Niisuguses järjekorras tuleb raiuda liigne metall ka ülejäänud külgedelt.

Seejuures tuleb meeles pidada, et lehtmaterjali raiutakse ainult kruustangipakkide kõrgusel ja meisel peab raiumise ajal nihkuma mittte ainult mööda liikuvat, vaid ka mööda liikumatut kruustangipakki.

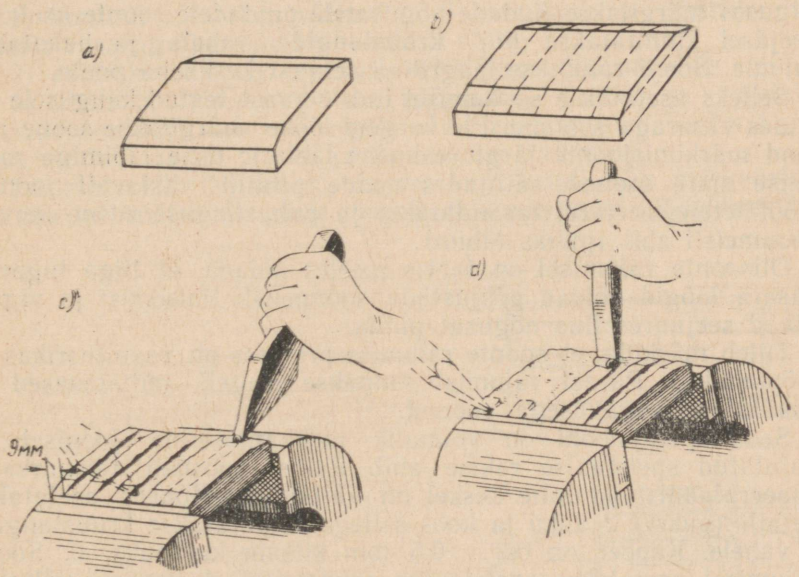
Real juhtudel tuleb lukksepal raiuda toorik välja kruustangipakkidest kõrgemal asuvat märkjoont mööda. See töö on töömahukam. Toorikule kantakse eelnevalt märkjooned, vastaspoolele tehakse aga faas vastavalt äravõetava metallikihi mõõtmetele (vt. joon. 53, *b*). Niisuguse faasi olemasolu väldib servade maharaiumist iga läbimi lõpus, mis on eriti tähtis habraste metallide raiumisel.

Lehtmaterjalist toorikud kinnitatakse kruustangide vahele nii, et märkjooned oleksid näha. Raiutakse mitme läbimiga. Esimese löögi ajal hoitakse meislit horisontaalselt (joonisel 53, *b* on see näidatud kriipsjoonega), detaili edaspidisel raiumisel hoitakse meislit juba normaalses asendis.

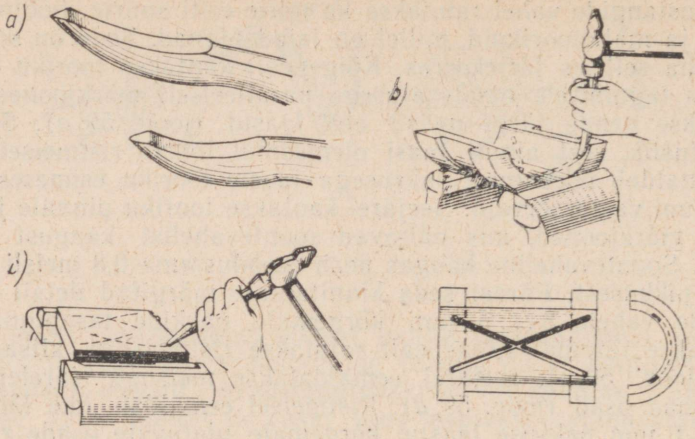
Eelraiumisel mööda märkjoont tuleb eemaldada mitte eriti paksud laastud (mitte üle 1,5 ... 2 mm). Vastupidisel juhul ei tule töödeldav pind tasane, laast keerdub raskelt, toorik vajub raiumise ajal alla, paindub läbi ja võib isegi kruustangipakkide vahelt lahti tulla. Puhasraiumisel (viiluvraiumisel) on eemaldatava metallikihi paksus 0,5 ... 0,7 mm.

Kruustangide vahel raiutakse ka mitte eriti suurte mõõtmetega teras- ja malmtoorikuid, millel on laiad pinnad. Seda on soovitatav teha sellises järjekorras. Kõigepealt kantakse tooriku esimesele ja tagumisele otsale alusega paralleelselt märkjooned. Siis raiutakse nende järgi meisli abil faasid (joon. 59, *a*). See on kohustuslik, sest ainult faasi olemasolul lõikab ristmeisel hästi ja eemaldab ühesuguse paksusega laaste tooriku esimesest servast kuni vastasservani. Seejärel kantakse tooriku pinnale ja faasidele märkjooned, mis näitavad soontevahelist kaugust (joon. 59, *b*). Soontevaheline kaugus peab moodustama 0,8 meisli lõikeserva pikkusest. Pärast seda kinnitatakse märgitud detail kruustangide vahele 3 ... 5 mm kõrgemale pakkide tasapinnast ja hakatakse raiuma. Kõigepealt raiutakse ristmeisliga kitsad soned (joon. 59, *c*), seejärel eemaldatakse meisliga järelejäänud kõrgemad osad (joon. 59, *d*). Ristmeisel eemaldab ühe läbimiga 0,5 ... 1 mm paksuse laastu; kõrgemale ulatuvate osade raiumisel tavalise meisliga on laastu paksus 1 ... 1,5 mm.

Kirjeldatud viis laiade pindade töötlemiseks kergendab ja kiirendab tunduvalt käsitsi raiumist. Malmi, pronksi ja teiste habraste metallide puhul ei tohi raiuda tooriku servani, sest tooriku serv võib murduda. Eemaldamata jäänud metall tuleb raiuda vastaspoolelt, asetades töödeldava detaili ümber.



Joon. 59. Laiade pindade raiumine: *a* — toorik pärast servade kalduraiumist; *b* — soonte märkimine; *c* — soonte raiumine ristmeisliga; *d* — soontevaheliste vaheseinte maharaiumine meisliga



Joon. 60. Õlisoonte sisseraiumine soonmeisliga (*a*) tasapinnale (*b*) ja laagriliuale (*c*)

Õlisooned raiutakse laagriliudadesse ja -puksidesse kruustangide vahel (joon. 60) spetsiaalse ristmeisli — soonmeisli abil. Alguses märgitakse liudade nõgusatele pindadele soonte asukoht, seejärel kinnitatakse liud kruustangide vahele ja hakatakse raiuma. Sooni raiutakse laagriliua servast keskkoha poole.

Selleks asetatakse soonmeisel liua servast teatud kaugusele ja, andes vasaraga soonmeislile kergeid lööke, märgitakse soone jäljend märkimisjoonte järgi (esimene läbim); teise läbimiga raiutakse sisse sooned, säilitades nende profiili vastavalt joonise mõõtmetele; seejärel tasandatakse ja puhastatakse soone servad soonmeisli abil (puhas läbim).

Õlisoonte raiumisel on tarvis meeles pidada, et liiga tugevad vasara löögid võivad põhjustada soonmeisli libisemist ja vigastavad seejuures liua nõgusat pinda.

Tuleb märkida, et soonte raiumise protsess on vastutusrikas ja töömahukas. Pärast raiumist saadakse sageli mittetasased ja ebaühtlase sügavusega sooned.[1]

Seda operatsiooni on võimalik mehhaniseerida joonisel 61 kujutatud spetsiaalse rakise abil. Rakis koosneb täisnurksest kopeerplaadist *3*, mille keskel on väljalõige. Kopeer asetatakse detaili (puksi) *2* auku ja koos sellega kinnitatakse kruustangide *1* vahele. Kopeer on 0,2 ... 0,5 mm kitsam kui puks *2*. Soone raiumisel asetatakse spetsiaalne soonmeisel *4* kopeeri väljalõikesse ja lüüakse sellele vasaraga. Soonmeisel nihkub mööda

[1] Real juhtudel on võimalik töödelda sooni mitte käsitsi, vaid metallilõikepinkidel, kus see on palju tootlikum.

kopeeris olevat soont, toetudes selle vastu alumise astmega, ülemine aste aga raiub seejuures soont. Kopeeri otstes olevad faasid kergendavad soonmeisli sisselõikumist töö alguses.

See meetod lihtsustab tunduvalt soonte raiumist, suurendab tootlikkust ja parandab kvaliteeti.

Raiumine plaadil ja alasil. Toorikute väljaraiumist ja tükeldamist plaadil, alasil või roopal kasutatakse juhtudel, kui leht-, latt- või varbmaterjali pole võimalik kruustangide vahele kinnitada ja seal töödelda.

Selleks et raiuda terasplaati pooleks, tuleb see eelnevalt märkida ja asetada plaadile. Raiumine toimub järgmiselt: meisel võetakse vasakusse kätte ja hoides seda kõigi sõrmedega, asetatakse märkjoonele vertikaalselt, seejärel antakse vasaraga õlast hoovõtuga tugev löök. Meislit võib hoida ka nii, nagu on näidatud joonisel 62, *a*.

Raiumisel tuleb arvestada, et järgmist sisseraiet on kergem teha, kui meislit nihutatakse edasi mitte kogu lõikeserva võrra, vaid 0,5 ... 0,7 võrra.

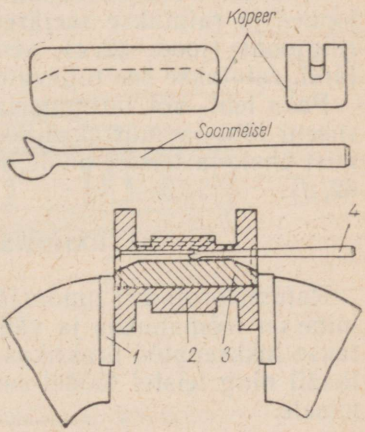
Kui lehtmaterjalist on vaja välja raiuda mingisuguse kujuga toorikut (joon. 62, *a*), tehakse seda järgmises järjekorras: kõigepealt kantakse peale kontuurjooned, seejärel paigaldatakse leht plaadile ja hakatakse raiuma. Väljaraiumiseks kasutatakse järgmisi võtteid:

1) kontuur raiutakse välja 2 ... 3 mm kaugusel märkjoonest, andes vasaraga kergeid lööke meisli pihta;

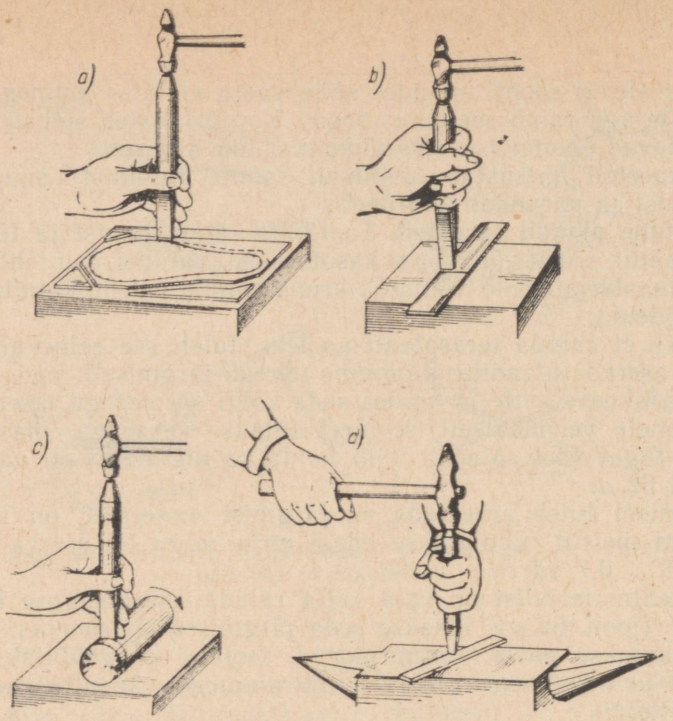
2) raiutakse mööda kontuuri, lüües tugevasti meislile;

3) ühelt poolt raiutud leht pööratakse ümber ja raiutakse mööda kontuuri, mis on selgelt näha vastaspoolel. Seejärel pööratakse leht uuesti ümber ja lõpetatakse raiumine.

Lattmaterjali läbiraiumiseks on vaja kriidi või märknõelaga kanda lati mõlemale poole jooned, mis märgivad töödeldava tüki



Joon. 61. Seadis soonte sisseraiumiseks I. G. Tomaševski meetodil



Joon. 62. Plaadil raiumise võtted (vertikaalne raiumine): *a* — kõverjoonelise kontuuriga lehtmaterjalist tooriku väljaraiumine; *b* — lattmaterjali läbiraiumine; *c* — ümarmaterjali raiumine; *d* — lati raiumine alasil

pikkust (joon. 62, *b*). Seejärel, raiunud lati ühelt poolt poole paksuse ulatuses läbi, pööratakse see ümber ja raiutakse teiselt poolt. Pärast seda murtakse läbiraiutud metallitükk lahti.

Ümarate varbade raiumiseks kantakse neile kõigepealt märkjooned ja raiutakse seejärel kergete löökidega ümberringi mööda ringjoont (joon. 62, *c*), seejärel aga, pöörates varba iga lõõgi järel, raiutakse see tugevate löökidega läbi.

Paks leht- või lattmaterjal raiutakse mõlemalt poolt poole paksuseni läbi ja murtakse seejärel katki, painutades seda vaheldumisi ühele ja teisele poole, või lüüakse küljest ära vasaraga (joon. 62, *d*).

16. RAIUMISE MEHHANISEERIMINE

Raiumisprotsessi tundmaõppimisel saab selgeks, et käsitsi raiumine on töömahukas ja vähetootlik operatsioon. Seepärast pööratakse lukksepatöö praktikas ja tööstustoodangu koostamisel, montaažil ning teistel töödel suurt tähelepanu raiumise mehhaniseerimisele.

Raiumise mehhaniseerimiseks kasutatakse mõnda järgmistest meetoditest:

1) mehhaniseeritud tööriistu käsitsi töötamiseks (pneumaatilised või elektrilised raiumisvasarad);

2) spetsiaalseid raiumist kiirendavaid tööriistu ja rakiseid;

3) raiumist asendavaid metallilõikepinke ja kantavaid masinaid mehaaniliseks töötlemiseks.

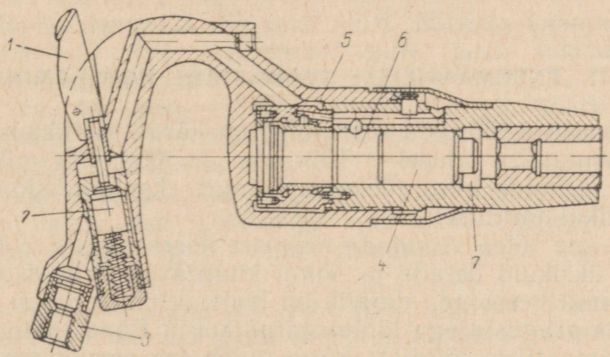
Mehhaniseeritud tööriistadega raiumine kiirendab tööprotsessi mitu korda ja tõstab raiumise kvaliteeti. Nii suureneb töö tootlikkus pneumaatilise raiumisvasara kasutamisel õlisoonte laagriliuda sisseraiumisel 5...6 korda, võrreldes soonmeisliga käsitsi raiumisega.

Väikeste pneumaatiliste raiumisvasarate kasutamine on eriti kasulik kitsastes ja ebamugavates kohtades töötades, kus käsitsi raiumine tavalise vasaraga osutub võimatuks.

Kodumaine tööstus laseb seeriaviisi välja mitut tüüpi erineva võimsuse ja kaaluga pneumaatilisi raiumisvasaraid, mis on ette nähtud mitmesugustes tingimustes töötamiseks.

Pneumaatiline raiumisvasar koosneb korpusest, kolvist, jaotussiibrist ja käivitusseadmega käepidemest (joon. 63). Ta töötab järgmiselt. Tsehhi magistraalist tulev suruõhk läheb mööda kummivoolikut ja tutsi *3* vasara käepidemesse. Lukksepp, kes hoiab vasarat ühes käes, vajutab päästikule *1*, avades seejuures sisselaskeklapi *2* nii, et suruõhk olenevalt kolvi *4* ja jaotussiibri *5* asendist läheb kas töökäigu kambrisse *6* või tagasikäigu kambrisse *7*. Kui jaotussiiber asub äärmises parempoolses asendis, tungib õhk kambrisse *6* ja tõukab silindrit paremale, andes löögi meisli peale.

Töökäigu lõppedes avanevad väljalaskekanalid, rõhk kambris *6* langeb ning jaotussiiber nihkub vasakpoolsesse äärmisse asen-



Joon. 63. Pneumaatiline raiumisvasar PM-5

disse. Seejuures avatakse suruõhule sissepääs kambrisse 7 ja silinder hakkab liikuma tagasi. Tagasikäigu lõpus surub kolb töötanud õhu kambrisse 6 ja tasakaalustab jaotussiibri rõhu. Kui kambris 7 toimub väljalase ja rõhk langeb, siis tasakaalu kaotanud jaotussiiber nihkub äärmisse parempoolsesse asendisse, seejuures toimub uuesti kolvi töökäik.

Pneumaatilist raiumisvasarat tuleb raiumise ajal hoida mõlema käega — paremaga käepidemest, vasakuga aga toru otsast — ja suunata meisel märkjoonele.

Tsehhi suruõhumagistraali puudumisel kasutatakse mõnikord liikuvat elektropneumaatilist seadet И-125. See koosneb pumbast-pulsaatorist koos kolmefaasilise 1 kW võimsusega elektrimootoriga, mis on monteeritud spetsiaalsele vankrikesele, ja kahest reguleeritava löögijõuga vasarast. Üks neist (väiksem) on arvutatud maksimaalsele löögitööle 0,3 kGm, teine aga (suur) — kuni 1,6 kGm. Mõlemad vasarad teevad 600 lööki minutis.

Metalli raiumise mehhaniseerimise üheks vahendiks on raiumise asendamine abrasiivtööriistaga töötlemisega. Näiteks asendas tehase Uralmašzavod stantside tsehhi lukksepp-novaator G. F. Rõžov stantside raiumise nende töötlemisega abrasiivketaste abil. Abrasiivkettad on monteeritud painduvatele võllidele ning lihvmasinaid saab liigutada ühest kohast teise. See tõstis töö tootlikkust 3,5 korda ja kergendas tunduvalt tööd. Novaatorit järgisid ka teised Uralmašzavodi stantside tsehhi töölised, kus nüüd umbes 90% kõigist raiumistöödest on asendatud abrasiivtööriistadega töötlemisega.

Niisama efektiivseks osutub ka metallilõikepinkide kasutamine käsitsi raiumise asemel. Näiteks detaili töötlemine höövel-, frees- ja tasalihvpinkidel vähendab käsitsi raiumise aega kümneid kordi. Pinkidel töötlemise progressiivsete meetodite juurutamine käsitsi raiumise asemele suurendab tunduvalt töö tootlikkust ja parandab tootmiskultuuri.

17. PNEUMAATILISTE TÖÖRIISTADE HOOLDAMINE

Pneumaatilise tööriista korrasolek on kõrge tootlikkuse ja tema ohutu kasutamise aluseks. Tööriista on võimalik pikaajaliselt säilitada ja hoida alati töökorras ainult ekspluatatsiooni eeskirjade hoolikal täitmisel.

Kõige enne tuleb veenduda tööriista korrasolekus, s. t. kontrollida, kas üksikuid detaile ja sõlmi kinnitavad kruvid on küllalt kõvasti kinni keeratud. Vajalik on kontrollida suruõhu juhet, sel ei tohi olla pragusid ega läbitorgatud kohti. Enne juhtme ühendamist pneumaatilise tööriista külge tuleb see suruõhuga hoolikalt läbi puhuda, et kõrvaldada tolm ja mustus, mis tööriista sisse

sattudes põhjustavad selle kulumist. Seejärel tuleb kontrollida seadme õlitamist. Õli ei tohi sattuda voolikusse, sest see põhjustab vooliku riknemist. Tuleb kontrollida ka tööriista (meisli, ristmeisli, soonmeisli jt.) korrasolekut ja selle laba kinnituse usaldatavust.

Pneumaatilist tööriista tuleb tugevalt ja kindlalt käes hoida. Alguses soovitatakse katsetada seadet töös, selleks lülitatakse kaks-kolm korda õhk sisse ja kohe jälle välja. Kui seejuures ei ilmne mingisuguseid tööriista rikkeid, võib teda lülitada nõutud operatsiooni tegemiseks. Voolikul ei tohi olla järske paindekohti — see põhjustab rõhu langemist. Samuti ei tohi lubada, et voolikust sõidaksid üle vankrid või autod, kuna voolik langeb siis kiiresti tööst välja. Ei soovitata voolikut tirida, sest see võib põhjustada ühenduskohtade katkemist.

Pideva pingelise töö juures vahetatav lõikeriist kuumeneb, mistõttu lõikeriista saba võib murduda. Kuumenenud lõikeriist tuleb vahetada teisega ja jahutada. Lühiajalistel töövaheaegadel tuleb pneumaatiline tööriist asetada puhtale kohale.

Pikemal vaheajal või pärast töö lõpetamist tuleb magistraaljuhtme õhukraan sulgeda, lahutada seade juhtmest, võtta välja sissepandav lõikeriist ja anda lattu. Pneumaatilist tööriista võib hoida ainult kuivas köetavas ruumis.

18. RAIUMISPRAAK JA OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD

Lukksepatöö praktikas esineb juhtumeid, et käsitsi töödeldud detailid osutuvad joonisel antud mõõtmetest kõrvalekaldumise tõttu kõlbmatuteks. Praak võib tekkida ka seetõttu, et raiumisel saadakse ebarahuldava kvaliteediga pind. Seda põhjustab meisli või ristmeisli tungimine liiga sügavale metalli, haprast metallist detaili servade murenemine või mõni muu põhjus.

Raiumisel tekkiva praagi peamisteks põhjusteks on valed töövõtted, tähelepanematus töö ajal, nüri tööriista kasutamine jne.

Tehes käsitsi terve rea operatsioone, peab lukksepp hästi tundma ohutustehnika põhieeskirju.

Käsitsi raiudes võib töötada ainult korras tööriistaga — vasara, meisli või ristmeisliga. Ärataotud ja deformeerunud peaga meisliga töötada ei tohi.

Vasara varrel ei tohi olla pragusid. Vasar peab olema tugevasti kinnitatud varre otsa. Töötamise ajal peab lukksepp kasutama kaitseprille. Kruustangide vahel raiumisel tuleb aga kasutada kaitsevõrke või -kilpi.

Käte kaitsmiseks vigastuste eest (ebamugaval tööl, eriti väljaõppe esimesel perioodil) peab meislile asetama kummist kaitseseibi, käelabale aga sirmikese.

Mehhaniseeritud raiumisel (pneumaatilise raiumisvasaraga)

kasutatakse suruõhku. Torudes on suruõhu rõhk 5...7 at. Niisuguse survega õhujuga osutub inimesele ohtlikuks. Vooliku ühendamisel pneumaatilise tööriistaga või sellest lahutamisel peab suruõhu juurdepääsu kraan olema suletud. Pneumaatilise tööriista võib sisse lülitada ainult pärast meisli või ristmeisli kohaleasetamist.

Pneumaatilist tööriista ei lubata remontida, kui suruõhk on sisse lülitatud. Lõikeriista võib vahetada ainult raiumisvasara täielikul peatumisel. Mehaanilisel raiumisel lendavad metallikillud laiali suure hooga, seepärast peab lukksepp kasutama mittepurunevast klaasist kaitseprille. Töökoht tuleb tingimata piirata metallvõrgust sirmiga.

IV PEATÜKK

METALLI ÕGVENDAMINE JA PAINUTAMINE

19. METALLI ÕGVENDAMINE

Õgvendamiseks nimetatakse lukksepatöö operatsiooni, millega kõrvaldatakse toorikute ebatasasus, kõverdumine ja teised kujudefektid. Metalli õgvendamist ei tohi silumisega ära vahetada.

Õgvendamine on metalltoorikule õige geomeetrilise kuju andmine survega, olenemata sellest, kas surve tekitatakse pressiga või vasara löökidega.

Õgvendamine kujutab endast ettevalmistavat operatsiooni, mis eelneb metallide töötlemise põhioperatsioonidele.

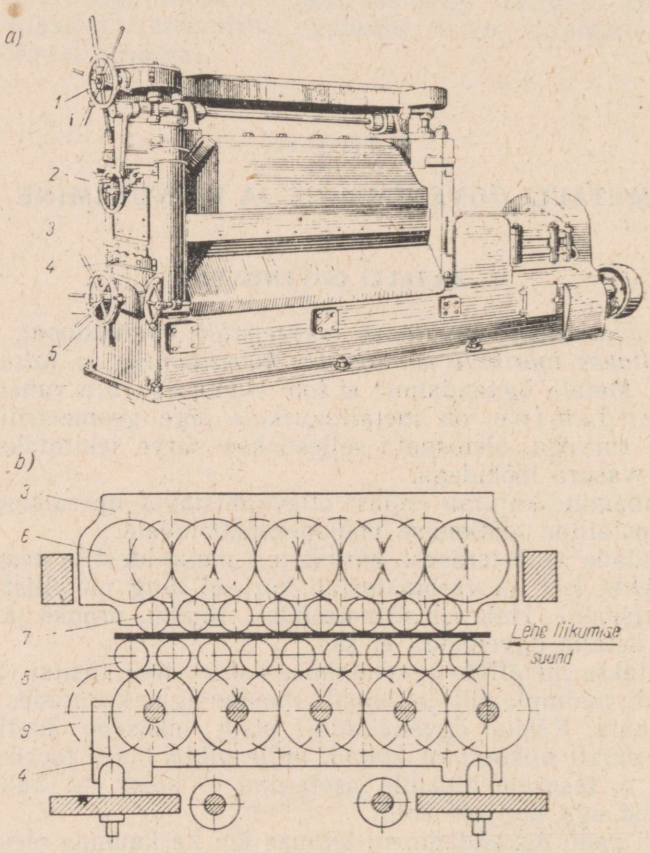
Õgvendada saab terasest, värvilistest metallidest ja nende sulamitest leht-, latt- ja varbmaterjali, torusid ning metallist keeviskonstruktsioone. Habrastest metallidest (malm, pronks jt.) toorikuid ja detaile õgvendada ei saa.

Eristatakse metallide õgvendamise kahte viisi: käsitsi vasaraga teras- või malmplaadil ja alasil; masinatega, kasutades õgvendusmasinaid. Käsitsi õgvendamisel otsib lukksepp tooriku või detaili pinnalt niisugused kohad, mille pihta lüües toorik õgvenduks, s. o. tasasele plaadile asetatuna ei oleks tal kaardunud, paindunud ega lainjaid kohti.

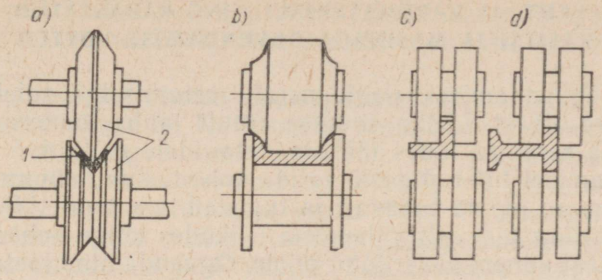
Metalli saab õgvendada nii külmas kui ka kuumas olekus. Viimasel juhul tuleb silmas pidada, et terasest toorikuid ja detaile võib õgvendada temperatuurivahemikus 850... 1100° C. Kõrgemate temperatuurideni kuumutamine võib põhjustada ülekuumenemist, seejärel aga tooriku läbipõlemist, s. o. parandamatut praaki.

20. ÕGVENDAMISEL KASUTATAVAD SEADMED, TÖÖRIISTAD JA RAKISED

Metalli käsitsi õgvendamisel on põhiliseks seadmeks terasest või malmist õgvendusplaat, mis valatakse tavaliselt monoliitsena, harvem aga jäikusribidega. Kõige sagedamini on nende plaatide mõõtmeteks 400×400, 750×1000, 1000×1500, 1500×2000 mm jne. Plaatide tööpind peab olema hästi hööveldatud ja lihvitud. Õgvendusplaadid paigutatakse 0,8...0,9 m kõrgusele (arvestades põran-



Joon. 64. Üheksavõlliline õgvendusvaltspink; *a* — üldvaade; *b* — lehtmaterjali õgvendamise skeem: *1* — käsiratas ülemiste valtside traaversi ülestõstmiseks ja allalaskmiseks; *2* — ülemiste valtside kallutamise mehhanism; *3* — ülemiste valtside traavers; *4* — alumiste valtside traavers; *5* — käsiratas alumiste valtside nihutamiseks; *6* — ülemised tugivõllid; *7* — ülemised töövõllid; *8* — alumised töövõllid; *9* — alumised tugivõllid



Joon. 65. Rullid profiilmaterjali masinal õgvendamiseks: *a* — nurgikutele; *b* — karprauale; *c* — nurgikutele; *d* — I-terasele *1* — õgvendatav metall; *2* — vahetatavad koostatavad rullid

dapinnast) spetsiaalsetele vundamentidele, metallist või puidust alustele, mis peavad tagama küllaldase jäikuse ja horisontaalsuse.

Käsitsi õgvendamisel kasutatakse tööriistana ümara laubaga terasvasaraid. Pehmest materjalist (vask, plii, puit) vasaraid kasutatakse lõplikult töödeldud pindade õgvendamiseks, samuti ka värvilistest metallidest ja nende sulamitest toorikute ja detailide õgvendamiseks.

Metallist või puidust silumisklotse kasutatakse õhukese leht- või lattmaterjali õgvendamiseks.

Masinatega õgvendamisel kasutatakse mitmesuguseid rakiseid ja õgvendusseadmeid.

Leht- ja profiilmaterjale õgvendatakse õgvenduspinkidel ja pressidel. Õgvendusvaltspinkides (joon. 64, *a*) on tööorganiteks valtsid. Õgvendamisel asetatakse metalliileht valtsidele ning tänu valtside ja lehe vahel tekkivale hõõrdejõule nihkub ta edasi (joon. 64, *b*). Valtside vahelt läbi minnes painutatakse lehte kord ühele, kord teisele poole, õgvendades niimoodi tema kiud. Kõverdunud metalliileht lastakse valtside vahelt läbi mitu korda (mõnikord kuni 5 korda).

Õgvendusvaltsidega õgvendatakse ka profiilmaterjali. Konstruktsioonilt sarnanevad need valtsid lehtmaterjali õgvendusvaltsidega. Niisuguste valtspinkide võllidel (rullidel) on õgvendatava metalli profiilile vastavad sooned (joon. 65). Õgvendusprotsess on analoogiline lehtmaterjali õgvendamisega.

Survega õgvendamisel kasutatakse ka presse. Õgvenduspressid valmistatakse kas hüdraulilise või mehaanilise ajamiga. Õgvendatavale materjalile survet edasi andva templi järgi jaotatakse pressid horisontaalseteks ja vertikaalseteks. Presse kasutatakse ka profiilmetalli õgvendamiseks.

21. LATT-, LEHT- JA VARBMATERJALI NING KARASTATUD TOODETE KÄSITSI JA MASINAGA ÕGVENDAMISE VÕTTED

Käsitsi õgvendamisel, nagu metalli raiumiselgi, tuleb vasarat hoida varre otsast. Lööke antakse ainult lauba kumera pinnaga, kuna lauba servaga lüües jääksid detailidele mõlgid.

Õgvendamisel tuleb õigesti valida kohad, kuhu suunata löögid. Löögid peavad olema tabavad ja tugevad, vastavalt kõverdumise suurusele, ning pidevalt vähenema, liikudes kõige rohkem kõverdunud kohast vähem kõverdunu poole. Õgvendamine loetakse lõpetatuks, kui kõik ebatasasused on kõrvaldatud ja toorik on muutunud sirgeks, mida võib kontrollida joonlaua pealeasetamisega. Metallide käsitsi või masinaga õgvendamisel tuleb töötada kinnastes.

Lattmaterjali õgvendatakse käsitsi õgvendusplaadil või alasil lukksepavasaraga.

Kõige lihtsam on õgvendada laiemalt küljelt paindunud metalli (joon. 66, *a*). Seda õgvendamise liiki kohatakse kõige sagedamini. Niimoodi kõverdunud toorikuid on võimalik ilma eriliste raskusteta õgvendada. Raskem on õgvendada metalli, mis on serviti paindunud (joon. 66, *b*). Kui esimesel juhul seisnes ülesanne pinna lihtsas õgvendamises, siis nüüd tuleb metalli üht osa deformeerida venitamise teel. Veelgi raskem on õgvendada väändunud latti (joon. 66, *c*).

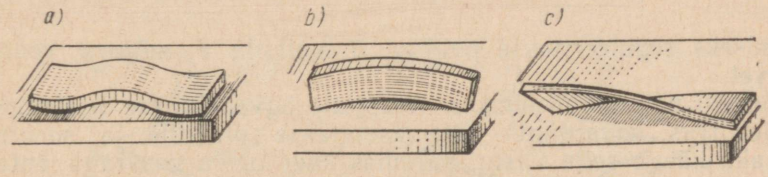
Mõnikord esinevad ühel toorikul kõik nimetatud painde liigid. Et täielikult õgvendada niisugust toorikut, tuleb kasutada mitmeid erinevaid töövõtteid. Paindunud latt asetatakse plaadile kõverdunud kohaga ülespoole ja, hoides seda vasaku käega kinni, antakse paremasse kätte võetud vasaraga tugevaid lööke kõverdunud kohtadele (joon. 67, *a*). Alguses tuleb lüüa kõverdunud koha servadele ja siis, olenevalt lati sirgestumise astmest, läheneda järk-järgult löökidega kumeruse keskkoha poole. Mida suurem on kõverus ja mida paksem on latt, seda tugevamad peavad olema löögid ja vastupidi: sel määral, kuidas materjal õgvendub, tuleb vähendada löökide tugevust ning lõpetada õgvendamine kergete löökidega. Õgvendamisel tuleb latti vastavalt vajadusele perioodiliselt pöörata ühelt küljelt teisele. Õgvendanud laiema külje, tuleb alustada serviti õgvendamist, asetades seejuures lati serviti. Pärast üht-kaht lööki tuleb latt pöörata ühelt servalt teisele. Kõverdumise vähenemisel tuleb vähendada löökide tugevust.

Serviti kaardunud latti õgvendatakse rihtimisega. Niisugusel juhul antakse tugevaid lööke vasara pinniga, selle eesmärgiks on paindunud koha ühelt poolt väljavenitamine (pikendamine) (joon. 67, *b*); laubaga tuleb anda lööke venitatavast kohast servade poole.

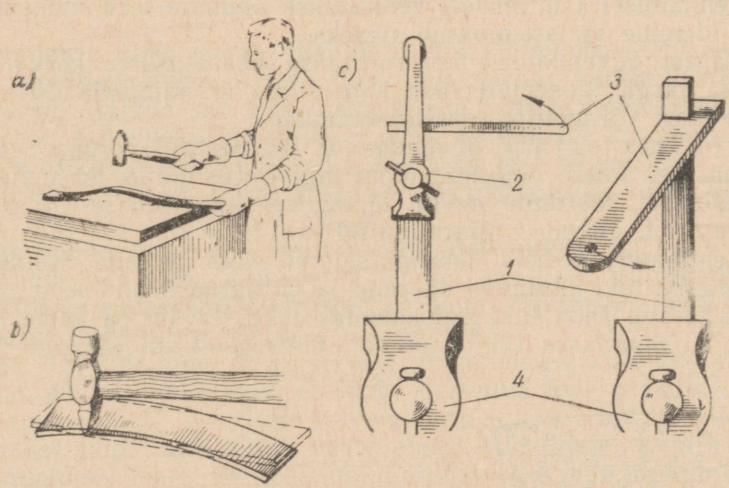
Väändunud lati õgvendamiseks soovitatakse kasutada väänamise meetodit. Niisugune toorik *1* kinnitatakse kruustangide *4*

vahele ja pööratakse hoovaga *3* või käsikruustangidega *2* (joon. 67, *c*). Õgvendamine lõpetatakse plaadil või alasil vasara kergete löökidega.

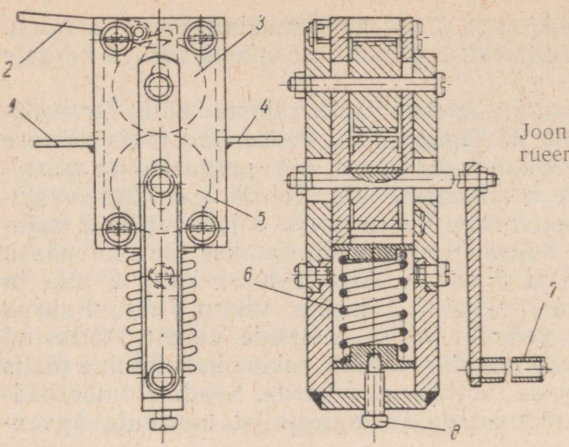
Ratsionaalsemaks osutub spetsiaalsete rakiste abil õgvendamine. Tööeesrindlase N. K. Zimarini konstrueeritud rakis väikese paksusega lattide õgvendamiseks (joon. 68) paigutatakse paralleelkruustangide vahele vertikaalasendis. Toorik asetatakse vastuvõtuplaadile *1* kuni toetumiseni vastu valtsi *3* ja kangile *2* vajutades tõstetakse valts *3* üles. Seejärel nihutatakse toorikut edasi, asetades ta valtside *3* ja *5* vahele. Siis lastakse kang *2* alla ja hakatakse käepidemega *7* valtsi *3* pöörama. Vedru *6* mõjul surub valts *5* tooriku vastu vedavat valtsi. Valtside vahelt läbilastud toorik väljub õgvendatult plaadile *4*. Selle rakise kasutamine tõstis lattmaterjali õgvendamise tootlikkust 5 korda. Seadme ümberhäälestamisel erinevate mõõtmetega ja materjalist toorikute õgven-



Joon. 66. Õgvendatavad lattmaterjalist toorikud: *a* — paindunud laiemalt servalt; *b* — serviti paindunud; *c* — väändunud



Joon. 67. Lattmaterjali õgvendamise võtted: *a* — plaadil õgvendamine; *b* — õgvendamine rihtimise teel; *c* — õgvendamine sirgeksväänamise meetodil



Joon. 68. N. K. Zimarini konstrueeritud seadis lattmaterjali õgvendamiseks

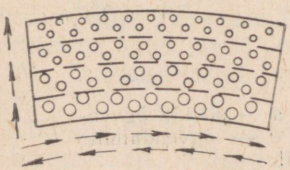
damiseks reguleeritakse poldiga *8* valtsile *5* mõjuva vedru *6* survet.

Serviti paindunud õhukesi teraslatte õgvendatakse teistsuguses järjekorras: kõverdunud latt asetatakse plaadile ja surutakse vasaku käega selle vastu, paremas käes oleva vasaraga antakse lööke ridade viisi kogu lati pikkuse ulatuses, järk-järgult üle minnes alumiselt servalt ülemisele (joon. 69). Alguses peavad löögid olema tugevamad, kuid vastavalt üleminekule ülemisele servale peavad nad nõrgenema ja muutuma sagedasemateks. Niisugusel õgvendamisel (rihtimisel) venitatakse alumine serv rohkem välja kui ülemine ja latt muutub sirgeks.

Pärast õgvendamist kontrollitakse ebatasasuste kõrvaldamist silma järgi, täpsemalt saab kontrollida märkimisplaadil valguspilu järgi või joonlaua pealeasetamisel.

Lehtmaterjali õgvendamine on veelgi keerukam operatsioon. See sõltub deformatsiooni liigist, mis mõjus lehtmaterjalile valtsimisel, toorikute mõõtu lõikamisel, elektrikaare või gaasiga lõikamisel, aukude väljaraiumisel jne.

Lehtmaterjali kõik deformatsioonid võib jaotada kolme liiki. Esimesse liiki kuuluvad kühmud ja muljutud kohad lehe või tooriku keskel. Teist liiki iseloomustab lehe servade ja äärte lainelisus. Kolmandasse liiki kuuluvad üheaegselt nii kühmud kui ka

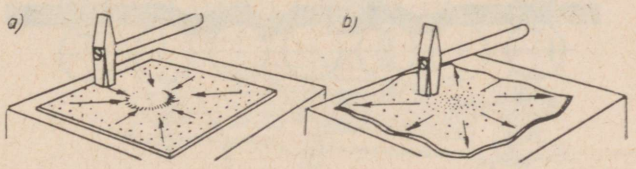


Joon. 69. Õhukese teraslati õgvendamine (noolte on näidatud löökide suund, punktidega aga vasaralöökide tihedus ja tugevus)

tooriku või lehe servade lainelisus. Seda nimetatakse sega- ehk liitdeformatsiooniks. Olenevalt deformatsiooni liigist on lehtmaterjali õgvendamisel oma erinevused.

Kühmulist lehte õgvendatakse järgmiselt. Leht asetatakse plaadile kühmudega ülespoole ja kumeratele kohtadele tõmmatakse kriidiga joon ümber (joon. 70, *a*). Lehe servad toetuvad seejuures vastu plaati. Hoides lehte vasaku käega kinni, antakse paremas käes oleva vasaraga lööke lehe servadest kühmu poole. Joonisel 70 on näitena toodud löökide andmise skeem, nooltega on näidatud nende suund. Niisuguste löökide mõjul lehe tasane osa, mis liibub vastu plaati, venitatakse välja, mistõttu kühm järk-järgult õgvendub.

Kui lehel on mitu kühmu, siis tuleb löögid anda kühmude vahekohtadele. Selle tulemusena leht venitatakse välja ja kõik kühmud koonduvad ühte kohta, moodustades ühe üldise kumeruse, mis õgvendatakse eespool toodud viisil.

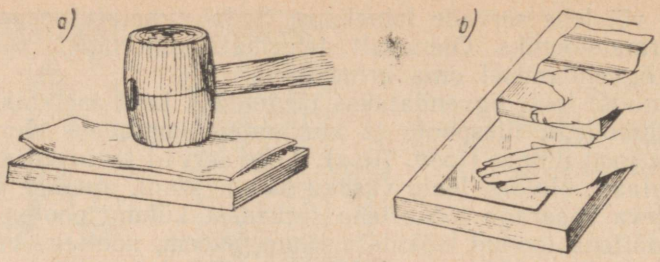


Joon. 70. Lehtmaterjali õgvendamise skeem

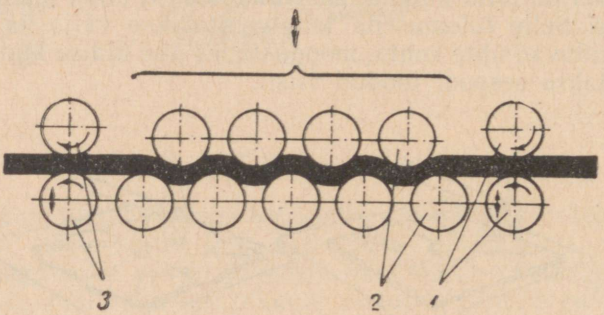
Tingimata tuleb meeles pidada, et kui kühmudega leht ei liibu oma servadega vastu plaati, tuleb teda suruda plaadi vastu kas käega või asetada servadele raskus. Kui seda ei tehta ja antakse vasaraga lööke plaadiga mitte tihedalt kokkupuutuvale lehele, siis tekib toorikule palju muljutud kohti ning lehti ei venitata servadest välja. Seejuures suureneb ka õgvendamiseks kuluv aeg ja tekib müra, mis väsitab töölist.

Õgvendades lehte mõlemalt poolt, tuleb jälgida, kui palju väheneb kühm. Kui ta on ikka veel märgatav, siis tuleb tingimata korrata lööke sellessamas järjekorras, kuid väiksema jõuga, kuni saadakse kogu pinna ulatuses tasane leht.

Lehe õgvendamine, mille servad on lainelised, kuid keskosa on tasane, on näidatud joonisel 70, *b*. Asetanud lehe plaadile, pannakse tema ühele lainelisele servale mingisugune raskus, teist aga surutakse samal ajal käega vastu plaati. Niisugune asend kaitseb õgvendamisel lehte. Löökide mõjul venitatakse lehe keskmine osa välja ja servade lainelisus hakkab kaduma. Pärast seda tuleb leht ümber pöörata ja jätkata õgvendamist samal viisil, kuni saadakse nõutud sirgjoonelisus.



Joon. 71. Õhukeste lehtede õgvendamine: *a* — puitvasaraga; *b* — silumisklotsiga



Joon. 72. Rotatsioon-leheõgvendusmasina skeem: *1* — sisendjuhtvaltsid; *2* — õgvendusvaltsid; *3* — väljundvaltsid

Õhukesi lehti õgvendatakse puidust vasaratega (joon. 71, *a*); väga õhukesed lehed asetatakse tasasele plaadile ja õgvendatakse silumisklotsiga (joon. 71, *b*).

Lehtmaterjali palju tootlikumaks õgvendamismeetodiks on õgvendamine rotatsioonmasinatel. Nimetatud protsessi olemus seisneb selles, et õgvendatavad lehed või detailid lastakse malekorras asetatud valtside vahelt läbi (joon. 72). Masinal on kaks kohakuti asetsevat sisendjuhtvaltsi ja kaks väljundjuhtvaltsi. Sisendjuhtvaltside pöörlemiskiirus on natuke väiksem kui väljundvaltsidel, tänu sellele venitatakse leht õgvendamise käigus ka natuke välja, mis samuti soodustab tooriku õgvendamist.

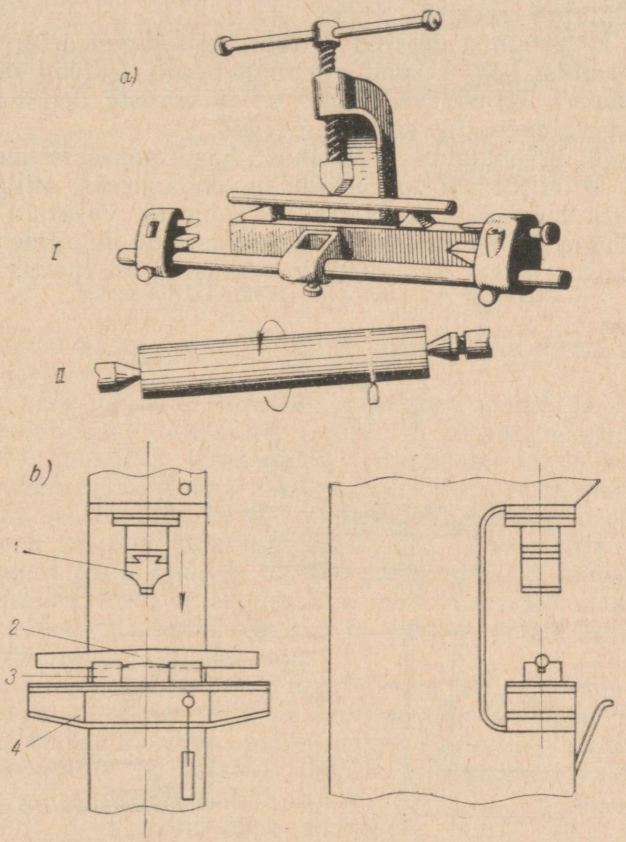
0,6...3 mm paksuse lehe õgvendamiskiirus on 3...6 m/min. Lehtmaterjali õgvendatakse ka kolme, viie, seitsme ja enam valtsiga masinates.

Varbmaterjali (läbimõõt kuni 30 mm ja pikkus kuni 3 m) õgvendatakse tavaliselt plaadil lukksepavasaraga. Õgvendamiseks antakse vasaraga lööke plaadile asetatud varva paindunud kohtadele. Sirgjoonelisust kontrollitakse silma järgi ja valguspilu järgi plaadi ning varva vahel. Õgvendamisel tuleb varba kogu

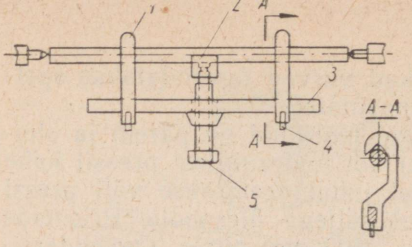
aeg oma telje ümber pöörata. Pikad varvad õgvendatakse spetsiaalsetel valtsidega õgvendamismasinatel.

Suure ristlõikega võlle ja ümaraid toorikuid on parem ja ohutum õgvendada kruvi- (joon. 73, *a*) või hüdraulilisel pressil kahe prisma vahel (joon. 73, *b*). Sellisel juhul asetatakse võll pressi töölaua *4* prismadele *3* paindunud küljega ülespoole. Prismade vahekaugust saab reguleerida 150...300 mm piires. Õgvendamiseks keeratakse kruvi (või tempel) *1* võlli *2* paindunud osale.

Joonisel 74 on näidatud spetsiaalse rakise skeem võllide õgvendamiseks tsentrite vahel. Rakis koosneb haarajatest *1*, mida olenevalt kõveruse asukohast võllil võib nihutada mööda varrast *3* ja kinnitada kruviga *4*. Varda keskosas asub kruvi *5* koos prismaatilise otsikuga *2*. Võlli õgvendamisel asetatakse rakis nii, et



Joon. 73 Paindunud võllide õgvendamise skeem: *a* — käsitsi kruvipressil (*I* — õgvendamine pressi all; *II* — kontrollimine tsentrite vahel); *b* — õgvendamine 25 T hüdraulilisel pressil (*1* — tempel; *2* — võll; *3* — prisma; *4* — laud)



Joon. 74. Võllide õgvendamisrakise skeem

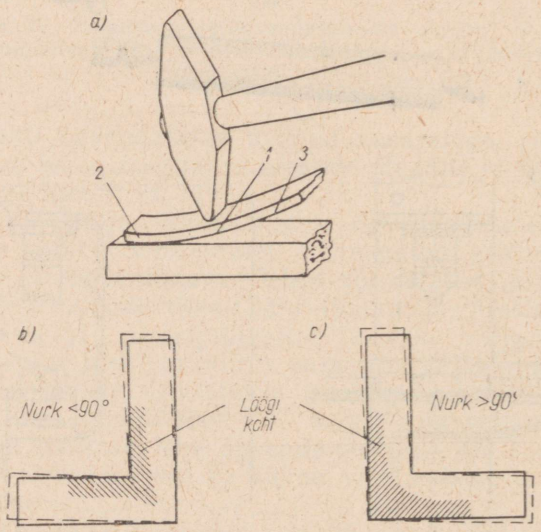
prismaatiline otsik asuks vastu suurima kõverusega kohta, seejärel surutakse teda kruviga *5*, kuni saadakse nõutava paindega võll.

Suure ristlõikega tugevalt kõverdunud võllidel tuleb paindekohti enne õgvendamist kuumutada, pärast seda õgvendatakse rakises.

Pärast õgvendamist kontrollitakse võlli eraldi lauale või plaadile paigutatud tsentrite vahel.

Pärast karastamist detailid ja tööriistad sageli deformeeruvad. Deformeerumist põhjustavad sisepinged, mis tekivad detaili kiirel jahtumisel karastusvedelikus. Et niisuguste detailide kõverdumist kõrvaldada, õgvendatakse neid.

Olenevalt õgvendamise iseloomust kasutatakse mitmesuguseid vasaraid: detailide või tööriistade õgvendamiseks, millel ei tohi olla vasara löögijälgi, kasutatakse pehmeid vasaraid (vasest, tinast). Tugevalt deformeerunud ja karastatud detailide õgvendamiseks kasutatakse 200...600 g raskusi lukksepavasaraid või



Joon. 75. Karastatud toodete õgvendamise (rihtimise) näited: *a* — karastatud latt (*1*, *2*, *3* — löökide andmise järjekord); *b* — nurgiku õgvendamine (viirutusega on näidatud löökide andmise kohad)

spetsiaalseid terava laubaga silumisvasaraid (joon. 75, *a*). Õgvendusplaat peab olema tasase ja lihvitud pinnaga. Kõverdunud detail asetatakse plaadile kõverusega allapoole, surutakse vasaku käega tihedalt vastu plaati ja hoitakse kinni ühest otsast. Seejärel antakse vasara ninaga mitte eriti tugevaid kuid sagedasi ja täpseid lööke kõverdumise tsentrist servade poole. Niimoodi tagatakse metalli ülemiste kihtide väljavenitamine detaili kõverdunud poolel ja detail õgvendub.

Keerukama kujuga detaile, näiteks nurgikut, millel pärast karastamist tekkinud deformatsioon on põhjustanud täisnurga muutust, õgvendatakse nii, nagu on näidatud joonisel 75. Kui nurgiku nurk on väiksem kui 90°, siis tuleb õgvendada sisemise nurga tipu juurest (joon. 75, *b*), kui aga nurk on suurem kui 90°, siis välimise nurga tipu juurest (joon. 75, *c*). Õgvendamine lõpetatakse siis, kui nurgiku servad võtavad õige kuju ja mõlemad nurgad on 90°.

Juhul kui detail või tööriist on kõverdunud pinnalt ja kitsalt servalt, tuleb seda eraldi õgvendada: alguses pinnalt ja seejärel servalt.

Täpseid detaile ja tööriistade toorikuid, mida õgvendati külmas olekus pressi all või vasaraga, tuleb sisepingete eemaldamiseks noolutada.

22. PAINUTAMISE OLEMUS JA LIIGID

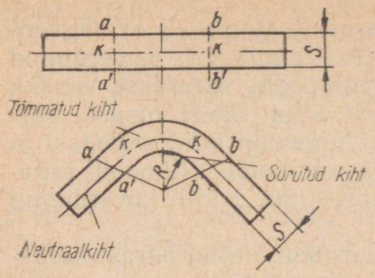
Painutamist kasutatakse toorikule kõvera kuju andmisel antud kontuuri järgi.

Painutamisel mõjuvad metallile üheaegselt tõmbe- ja survejõud. Tooriku paindekoha välisküljel (joon. 76) olevat metallikiudu *ab* tõmmatakse, mistõttu tema pikkus suureneb; sama koha siseküljel olevat kiudu *a'b'* aga surutakse kokku ja selle pikkus väheneb. Ainult neutraalkiht *kk* või, nagu seda on hakatud nimetama, neutraaljoon, ei allu painutamismomendil survele ega tõmbele. Neutraaljoone pikkus pärast tooriku painutamist ei muutu.

Neil juhtudel, kui paindepinged ei ületa materjali elastsuspiiri, on tooriku deformatsioon elastne, ja pärast pinge eemaldamist võtab toorik oma esialgse kuju.

Painutatud tooriku saamiseks on tarvis, et paindepinged ületaksid elastsuspiiri, sest siis on tooriku deformatsioon plastiline.

Lehtmaterjalist toorikute painutamisel kaasneb plastilise deformatsiooniga alati ka elastne deformatsioon, seepärast vetrub mingi nurga alla painutatud toorik pärast surve eemaldamist natuke lahti, s. o. paindenurk suureneb, toorik aga sirgestub väheke. Nurka, mille võrra toorik elastse deformatsiooni tõttu sirgestub või lahti vetrub, nimetatakse deformatsiooninurgaks. Selle nurga suurus sõltub metalli margist, tooriku paksusest ja painderaadiusest.



Joon. 76. Metalli kiudude asetus painutamisel

On veel teine painutamisviis, millega tagatakse täpsete nurkade ja painderaadiuste saamine. Seda nimetatakse tõmbega painutamiseks. Siin mõjub toorikule painutamise ajal veel lisatõmbejõud. Niisugusel painutamisel ristlõike kõiki kiude tõmmatakse, mistõttu ristlõige väheneb ainult natukene, kuid paindenurk ja -raadius jäävad muutumatuteks.

Lukksepatöös on rohkem levinud lihtsale paindeskeemile põhinevad painutamistööd, s. o. arvestatakse lahtivetrumist.

Väga väikese painderaadiusega detailide saamise võimalust piirab oht, et tooriku välimine kiht võib paindekohas puruneda selle kihi materjali ülemäärase suhtelise pikenemise tõttu, samuti ka tooriku pinnal olevate defektide (pragude jt.) mõjul. Minimaalse lubatud painderaadiuse suurus sõltub tooriku materjali mehaanilistest omadustest, kasutatavast painutamise tehnoloogiast ja tooriku pinna kvaliteedist.

Väga väikese painderaadiusega detailid tuleb valmistada plas-

Tabel 5

Lehtmetalli minimaalsed lubatavad painderaadiused mm

Paksus mm	Metall				
	Teras	Duralumiinium	Alumiinium	Vask	Messing
0,2	—	—	—	0,2	0,2
0,3	0,5	1,0	0,5	0,3	0,4
0,4	0,5	1,5	0,5	0,4	0,5
0,5	0,6	1,5	0,5	0,5	0,5
0,6	0,8	1,8	0,6	0,6	0,6
0,8	1,0	2,4	1,0	0,8	0,8
1,0	1,2	3,0	1,0	1,0	1,0
1,2	1,5	3,6	1,2	1,0	1,2
1,5	1,8	4,5	1,5	1,5	1,5
2,0	2,5	6,5	2,0	1,5	2,0
2,5	3,5	9,0	2,5	2,0	2,5
3,0	5,5	11,0	3,0	2,5	3,5
4,0	9,0	16,0	4,0	3,5	4,5
5,0	13,0	19,5	5,5	4,0	5,5
6,0	15,5	22,0	6,5	5,0	6,5

tilistest materjalidest või lähtematerjal eelnevalt termiliselt töödelda — lõõmutada.

Suhteliselt väikese ümardusraadiusega detailide valmistamisel väheplastilistest materjalidest on vaja kasutada lihtsamat painutamistehnoloogiat, mille juures tekivad tähtsusetud tõmbejõud tooriku hõõrdumisel painutamisrakises või -stantsis.

Detaili painderaadiust ei tohi võtta lubatud minimaalsele väga lähedale, kui seda ei dikteeri just konstruktiivsed nõuded (tabel 5). Tehnoloogilistel kaalutlustel ei ole plastiliste materjalide korral soovitatav kasutada tooriku paksusest väiksemat painderaadiust.

Kääridega lõikamisel või väljaraiumisel tooriku materjal lõikejoone lähedal kalestub ja tema plastilisus väheneb, mis suurendab lubatava minimaalse painderaadiuse väärtust.

Samuti on tarvis silmas pidada, et paksuse suurenemisega lehtmaterjali mehaanilised omadused langevad, mistõttu minimaalsete lubatavate raadiuste väärtused tunduvalt suurenevad.

Painderaadiuse valimise põhiseisukohtade mittejälgimine võib põhjustada tooriku või detaili pragunemist ja teisi vigastusi.

Painutatud toorikuid ja detaile valmistatakse latt-, leht-, varb- ja profiilmaterjalist.

23. PAINUTAMISEL KASUTATAVAD SEADMED, TÖÖRIISTAD JA RAKISED

Klambrite, aasade, kandurite, rõngaste ja teiste toodete valmistamisel leht-, ümar- ja profiilmaterjalist on painutamise erinevused tingitud joonise nõuetest.

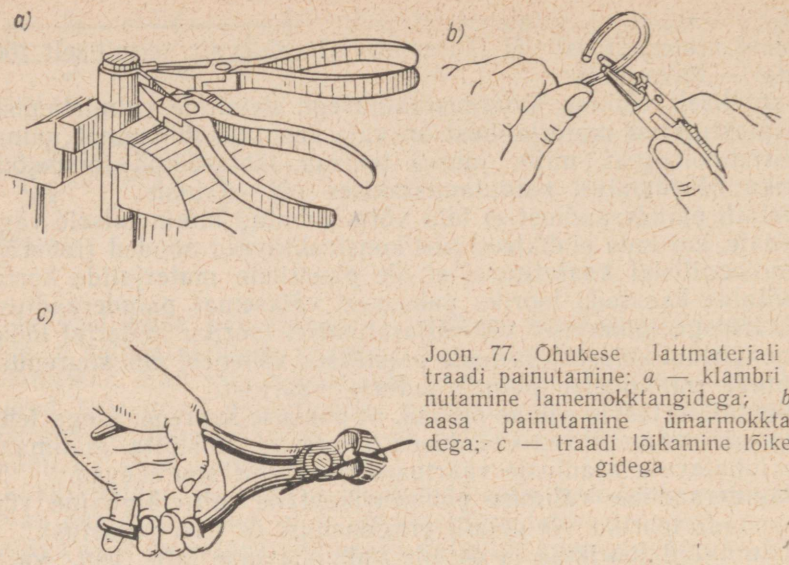
Toorikud võib painutada nurga alla, antud raadiuse või kõverjoone järgi.

Käsitsi painutatakse tavaliselt kruustangide vahel lukksepavasara abil, kasutades seejuures mitmesuguseid rakiseid. Et painutamisel õiget kuju saada, kasutab lukksepp sageli spetsiaalseid torne, mille abil painutatakse keeruka profiiliga toorikuid ja detaile. Eriti laialdaselt kasutatakse rakiseid ühesuguste detailide partii painutamisel. Operatsioonide järjekord sõltub tooriku kontuuri mõõtmetest ja materjalist.

Painutada võib näidise, koha, märkimise ja šablooni järgi.

Õhukesest lattmaterjalist ja traadist toorikute painutamisel kasutatakse peente detailide haaramiseks, kinnipigistamiseks ja hoidmiseks (joon. 77, *a*) lamemokktange.

Ümarmokktange kasutatakse traadi painutamiseks (joon. 77, *b*). Nad erinevad lamemokktangidest selle poolest, et nende mokad on koonusekujulised. Traaditükkide lõikamiseks vedrude valmistamisel ja kuni 3 mm läbimõõduga varraste tükeldamiseks kasutatakse lõiketange (joon. 77, *c*). Selleks otstarbeks on mugavamad kombineeritud lamemokktangid. Nen-



Joon. 77. Õhukese lattmaterjali ja traadi painutamine: *a* — klambri painutamine lamemokktangidega; *b* — aasa painutamine ümarmokktangidega; *c* — traadi lõikamine lõiketangidega

dega on võimalik haarata, pigistada kinni ja hoida peendetaile ning lõigata tükkideks traati ja väikese ristlõikega latte.

Kaasaegses tootmises kasutatakse peamiselt mehhaniseeritud painutamist painutamispressidel, painutamisvaltsidel, universaalsetel painutamispinkidel ja -pressidel.

Lehtmaterjali painutamispresse (joon. 78, *a*) kasutatakse väga mitmesugusteks töödeks — servade painutamisest kuni profiilide painutamiseni ühes või mitmes tasapinnas erinevate nurkade all.

Profiile painutatakse liuguri *1* raamile kinnitatud templi *2* (joon. 78, *b*) ja pressi plaadi *5* alusele *4* või vahetult plaadile asetatud matriitsiga *3*. Templid erinevad üksteisest oma kuju ja painderaadiuse poolest. Matriitsi tööosa kujutab endast pesa, mis tavaliselt valmistatakse nurgiku kujul või sirge soonena.

Painutamiseks kasutatavate templite *1* ja matriitside *2* profiilid on toodud joonisel 78, *c*.

Et saada mitme paindekohaga toorikut, painutatakse järgemööda, mitme läbimiga, nihutades toorikut või lehte iga kord ülesseatud toeni. Läbimite arv on võrdne profiili paindekohtade arvuga.

Lehtmaterjali painutamisvaltspink koosneb kahest alumisest valtsist *1* (joon. 79), millele antakse pöörlev liikumine mehhanismiga *2*, ja laagrisse *5* monteeritud ülemisest valtsist *3*. Ülemise valtsi paneb liikuma painutatav leht *4*. Lehele vajaliku painderaadiuse andmiseks saab seda valtsi kõrguse suhtes nihutada. Kui toorikul peab olema kooniline kuju, siis antakse ülemisele valtsile kalle, mis on võrdne moodustatava koonilise pinna kaldega.

Erineva ristlõikega profiilide painutamiseks kasutatakse rullidega painutuspinki. Universaalsetel kolme- ja neljarullilistel painutuspinkidel painutatakse erineva painderaadiusega profiile.

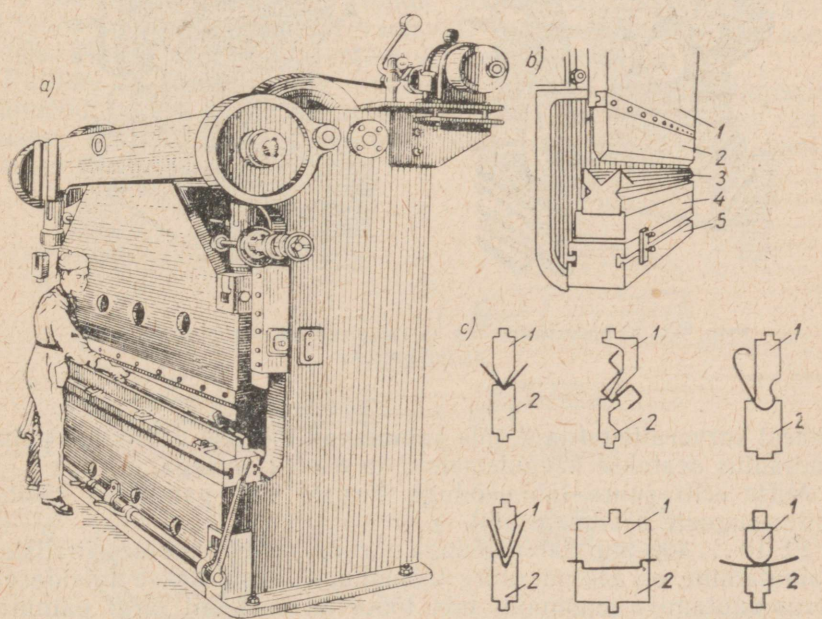
Joonisel 80, *a* on näidatud kolmerulliline pink, mida kasutatakse alumiiniumisulamist kuni 2,5 mm paksusega lehtede profiilide painutamiseks.

Ülemine rull *1* (joon. 80, *a*) seatakse alumiste rullide *4* ja *5* suhtes vajalikku kohta käepideme *2* pööramisega. Painutamisel peab toorik olema surutud ülemise rulliga vastu kahte alumist. Surujad tuleb seada nii, et rullid libiseksid vabalt mööda profiili, mitte lastes sellel painutamise ajal keerduda.

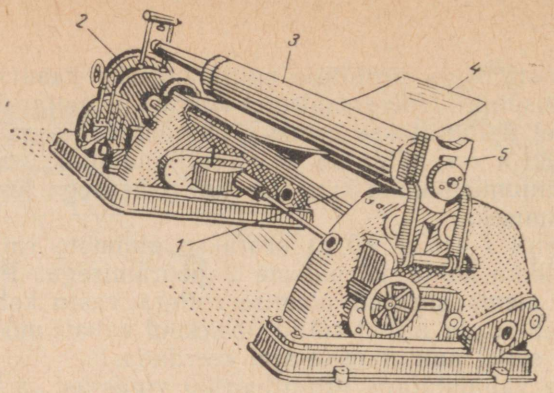
Et vältida valmistatava profiiltooriku vigastusi ja kriimustusi, peab rullide pind olema poleeritud.

Suure painderaadiusega profiilid painutatakse kolmerullilistel pinkidel mitme läbimiga.

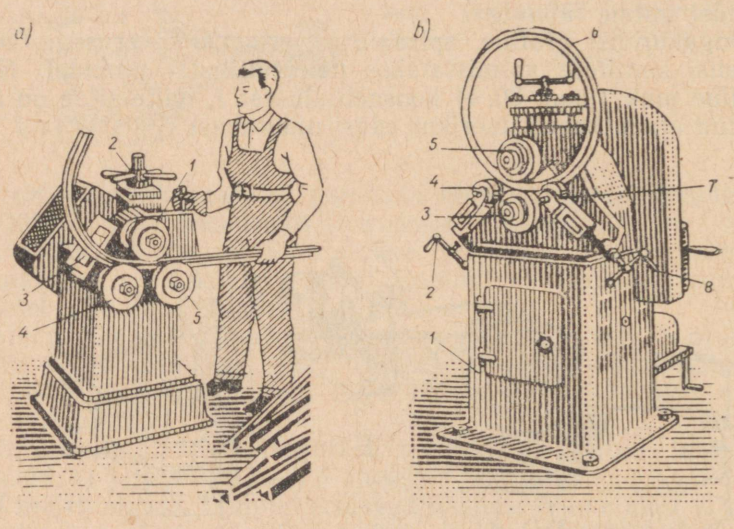
Rõngakujulisi profiile, spiraale ja erineva kõverusega kõverjoonelisi kontuure valmistatakse neljarullilistel pinkidel. Neljarulliline pink (joon. 80, *b*) koosneb alusest *1*, mille sisse on monteeritud ajam, kahest toorikut edasi nihutavast rullist *3* ja *5* ning



Joon. 78. Press lehtmaterjali painutamiseks (*a*, *b*) ja painutamiseks kasutatavate templite ja matriitside näited (*c*)



Joon. 79. Lehtmaterjali painutamisvaltspink



Joon. 80. Kolmerulliline (*a*) ja neljarulliline (*b*) pink profiilide painutamiseks

kahest surverullist *4* ja *7*, mis painutavad toorikut *6*. Nõutav painderaadius seatakse käepidemete *2* ja *8* pööramisega.

Mitte eriti suure läbimõõduga torusid võib painutada käsitsi mitmesuguste seadmete abil.

Et 10 ... 400 mm läbimõõduga torude (eriti õhukeseseinaliste) painutamine on seotud suure töömahuga, kasutatakse laialdaselt torupainutamise masinaid, mis töötavad šablooni järgi painutamise meetodil (joon. 81, *a*). Erinevalt valtsimismeetodil painutamisest antakse siin pöörlemine painutussšabloonile, tugiklots on liikumatu või pikisuunas nihutatav.

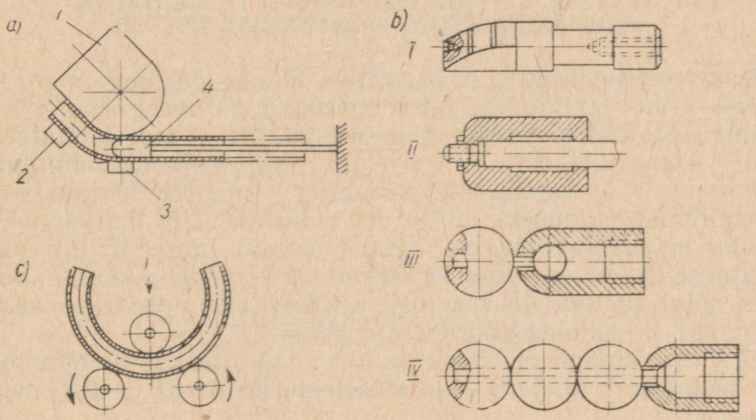
Šablooni järgi painutamise meetodil töötavate painutamispinkide mehhanism koosneb painutavast šabloonist *1*, surujast *2* ja tugiklotsist *3*. Enamikul juhtudel kasutatakse veel torni *4*, mille ülesandeks on ovaalsuse ja kortsude tekkimise vältimine.

Laialt on levinud järgmise kujuga tornid: lusikakujuline (joon. 81, *b*, *I*), kerakujuline (*III*) või tõmbi otsaga kerakujuline (*II*). Õhukeseseinaliste torude painutamisel kasutatakse liittorni (*IV*). Niisugused tornid kaitsevad toru seinu paindekohas, kergendavad toru nihutamist mööda torni, annavad sellele ümara kuju ja isegi tasandavad mittesügavaid kortse.

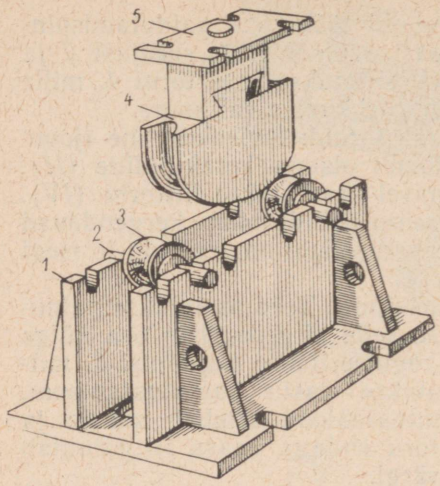
Pingil töötamise järjekord on niisugune. Torn asetatakse painutussablooni soonde ja kinnitatakse selle sirgjoonelise osa külge surujaga *2* (joon. 81, *a*), seejärel reguleeritakse tugiklotsi *3*, millega toru painutamise ajal surutakse vastu painutussablooni. Pöörleva liikumise saanud painutussabloon tõmbab suruja ja šablooni vahelises soones oleva toru endaga kaasa ja painutab selle vajaliku nurga ja raadiuse järgi.

$3^1/_2''$ läbimõõduga torude rõngaks või spiraali painutamiseks, aga ka võrdlemisi pikkade ja suure painderaadiusega torude painutamiseks, kasutatakse torupainutuspinke, mis töötavad valtsimise skeemi kohaselt (joon. 81, *c*). Nendes pinkides nihutatakse toru hõõrdejõudude toimel rullide pöörlemise suunas. Pingist väljudes on toru painutatud vastavalt rullide omavahelisele asetusele. Pingid võivad olla kolme või nelja rulliga.

Rullidel on sooned, mille raadiused vastavad torude välimisele läbimõõdule. Iga soone sügavus on 1 ... 5 mm väiksem toru raadiusest. Antud painutamismeetodil võib painutada torusid minimaalse raadiusega $R = 6D_v$.



Joon. 81. Torude painutamise skeemid



Joon. 82. Stants torude painutamiseks hüdraulilisel pressil

Üks kõige tootlikumaid meetodeid seeriatootmises mustast või värvilisest metallist torude painutamiseks on painutamine stantside abil. Stantsid seatakse hüdraulilistele, pneumaatilistele või hõõrdpressidele.

Stantsi põhiosaks on keevitatud alus *1* (joon. 82), mille ribidel on mitu soont. Nendesse soontesse asetatakse telg *2* tõörullidega *3*. Rulli soone läbimõõt ja kuju vastavad painutatava toru ristlõikele ja läbimõõdule. Tempel *4* ja ülemine liugur *5* kinnitatakse pressi traaversile. Tempel ja rullid on vahetatavad. Kahe rulli telgede vahekaugus sõltub painutatavate torude läbimõõdust.

24. ERINEVA RISTLÕIKEGA TOORIKUTE KÄSITSI JA MEHHANISEERITUD PAINUTAMISE VÕTTED

Õhukestest toorikutest ei painutata detaile löökidega, vaid silumisega. Leht- ja lattmaterjalist toorikuid paksusega üle 0,5 mm ja ümarmetallist toorikuid läbimõõduga üle 4 mm painutatakse tornil vasara löökidega. Torni kuju peab vastama painutatava profiili kujule, arvestada tuleb seejuures ka metalli deformatsiooni.

Detaili painutamiseks on tarvis määrata selle tooriku pikkus. Tooriku pikkus arvutatakse detaili joonise järgi. Detaili joonis jaotatakse üksikuteks osadeks, arvutatakse nende pikkused, arvestades kõigi painutuste raadiusi, seejärel summeeritakse saadud tulemused ja leitakse tooriku üldpikkus.

Detaili painutamisel täisnurga alla ilma sisemise painderaadiuseta moodustab metalli lisa (töötlemisvaru) 0,6 . . . 0,8 metalli paksusest.

Latt- ja varbmaterjalist detailide painutamine. Oletame, et on

vaja painutada latt-terasest täisnurkne nurgik ilma sisemise painderaadiuseta (joon. 83, *a*).

1. Nurgik tuleb jaotada üksikuteks osadeks ja arvutada nende mõõtmed: $l_1=50$ mm, $l_2=80$ mm, $S=4$ mm.

2. Arvutada tooriku üldpikkus järgmise valemiga:

$$L=l_1+l_2+0{,}6\ S \text{ mm};$$

$$L=50+80+2{,}4=132{,}4 \text{ mm}.$$

3. Lõigata toorik pikkusega 132,4 mm ja õgvendada see plaadil või alasil.

4. Viilida tooriku raidekohad täisnurga all mõõtu.

5. Tooriku paindekohale tõmmata märknõelaga joon (joon. 83, *b*) ja kinnitada latt kruustangi pakkides oleva kahe plaadi vahele (joon. 83, *c*).

6. Painutada nurgik, andes vasara lauba kogu pinnaga ühtlasi lööke (joon. 83, *d*).

Antud ümardusraadiusega täisnurga alla painutatud tooriku (joon. 84, *a*) üldpikkuse määramiseks soovitatakse kasutada järgmist valemit:

$$L=l_1+l_2+\frac{\pi}{2}\cdot r_n.$$

Suurus r_n on painderaadius neutraaljoonel. Selle suurus määratakse valemiga

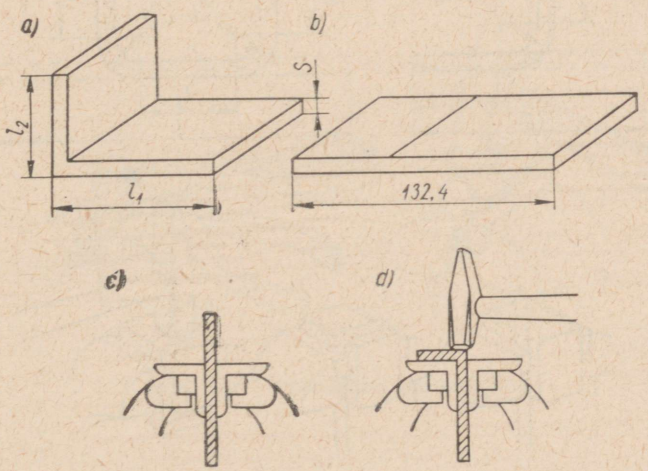
$$r_n=R+kS,$$

kus R on painderaadius sisemisel pinnal mm;

kS — kaugus sisemisest pinnast neutraaljooneni;

k — tegur, mis arvestab materjali omadusi, määratakse tabelist 6;

S — materjali paksus mm.



Joon. 83. Nurgiku painutamine kruustangide vahel

Tabel 6

Painutamisel metalli omadusi arvestava teguri k väärtused

Suhe $\frac{R}{S}$	0,5	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8	10	Üle 12
k	0,25	0,30	0,35	0,37	0,40	0,41	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,50

Aasade painutamisel võetakse k suurus võrdseks 0,55...0,65.

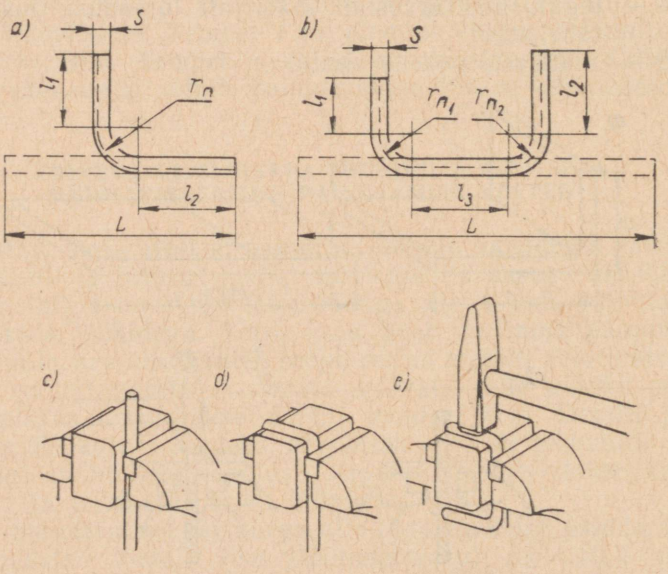
Sisemise painderaadiusega U-kujulise klambri (joon. 84, *b*) valmistamise järjekord on niisugune:

1) arvutatakse tooriku pikkus; antud juhul koosneb see kolmest sirgest osast ja kahest ümardusraadiusest:

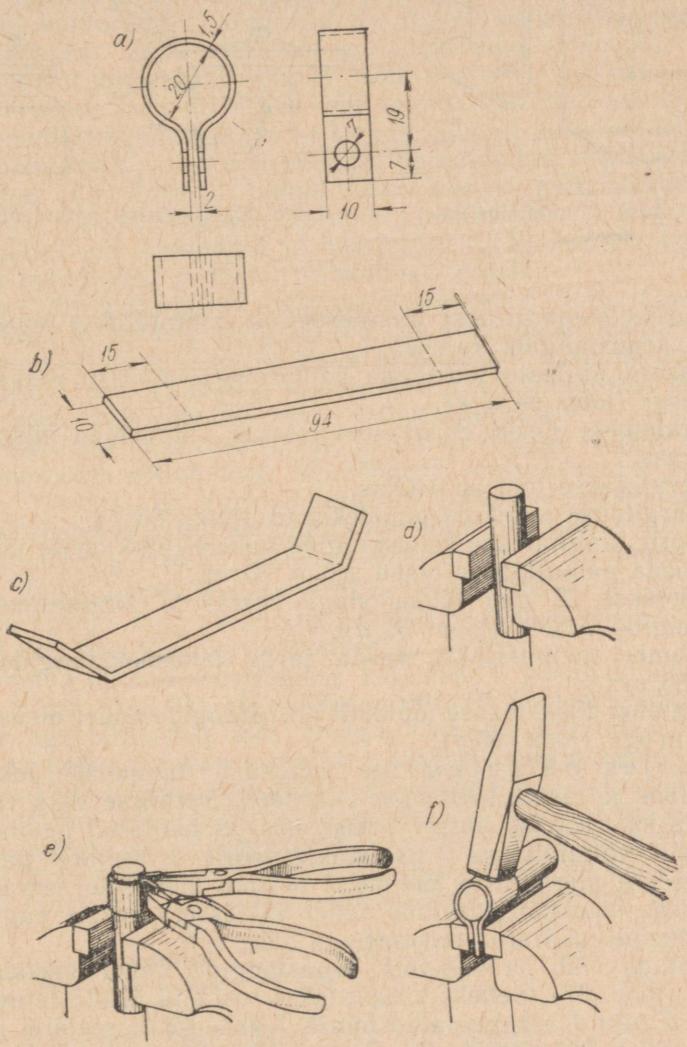
$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \frac{\pi}{2}(r_{n_1} + r_{n_2});$$

2) lõigatakse välja arvutatud pikkusega toorik ja õgvendatakse;

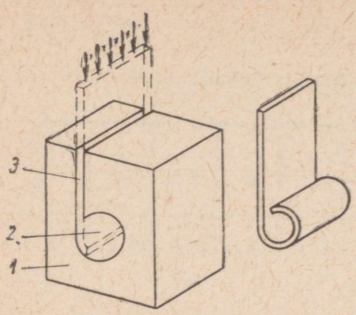
3) viilitakse tooriku otsad (raidekohad);



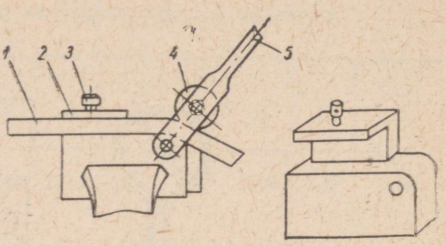
Joon. 84. Sanga painutamine kruustangide vahel



Joon. 85. Ümarklambri painutamine



Joon. 86. Aasa painutamine rakises



Joon. 87. Saeraami painutamine

4) toorikule märgitakse paindekoht ja kinnitatakse koos šablooniga kruustangide vahele;

5) vasara ühtlaste löökidega painutatakse tooriku otsad šablooni järgi (joon. 84, *d*, *e*).

Ümarklamber (joon. 85, *a*) soovitatakse valmistada niisuguses järjekorras:

1) arvutatakse tooriku pikkus;

2) märgitakse toorikule paindekohad (joon. 85, *b*);

3) toorik kinnitatakse kruustangide vahele märkjoonte järgi ja järgemööda painutatakse otsad (joon. 85, *c*);

4) võetakse 25 mm läbimõõduga varras ja kinnitatakse see kruustangide vahele (joon. 85, *d*);

5) klamber painutatakse varda järgi lamemokktangide abil (joon. 85, *e*);

6) klamber töödeldakse lõplikult kruustangide vahel oleval vardal vasaraga (joon. 85, *f*).

Rakistes painutamine vähendab tunduvalt lukksepa käsitsi tööd ja tõstab töötlemise kvaliteeti. Šarniirse aasa valmistamiseks kasutatakse lihtsat rakist, mis on näidatud joonisel 86. Korpuse *1* väljalõikesse *2* asetatakse toorik *3*, seejärel painutatakse vasara ühesuguste löökidega tooriku ülemisele servale või surumisega kruustangipakkide vahel vastasserv rakise augus nii, et moodustub määratud mõõtmetega aas.

Painutada võib ka vahetult kruustangide vahel spetsiaalses rakises (joon. 87). Selleks kinnitatakse toe *2* ja ülestõstetud käepideme *5* rulli *4* alla asetatud toorik *1* kruviga *3*, seejärel painutatakse raam 90° nurga alla. Painutamise kergendamiseks õlitatakse rulli, käepideme kangi aga pikendatakse toru otsaasetamisega.

Saagimispingi raami kõrva võib rakise puudumisel valmistada kahe võttega. Alguses painutatakse klotsil toorik nii, nagu on näidatud joonisel 88, *a*, seejärel aga surutakse kruustangide vahel kokku (joon. 88, *b*).

Nagu juba selgus, on toorikute painutamine kõige täpsem ja tootlikum painutuspressidel ja -pinkidel (vt. joon. 78 ja 79).

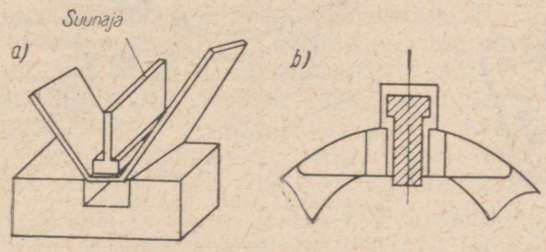
Torude painutamine ja valtsimine. Torudest sõlmede valmistamisel (näiteks torud auru juurde- ja ärajuhtimiseks, veetorud, gaasitorud, õhutorud ja õlitorud) on sageli vaja saada suur arv kõverjoonelisi toruosasid, mis on painutatud erinevate nurkade all ühes või mitmes tasapinnas. Kõik olemasolevad meetodid niisuguste osade valmistamiseks võib jagada põhiliselt kolme gruppi: ilma toorikut kuumutamata — torude külmalt painutamine; toorikut kuumutades — torude kuumalt painutamine; segmentide keevitamise abil. Torusid painutatakse käsitsi mitmesuguste abinõudega või spetsiaalsetel torupainutuspinkidel.

Painutatakse tõmmatud ja keevitatud terastorusid ning värvilistest metallidest ja nende sulamitest torusid.

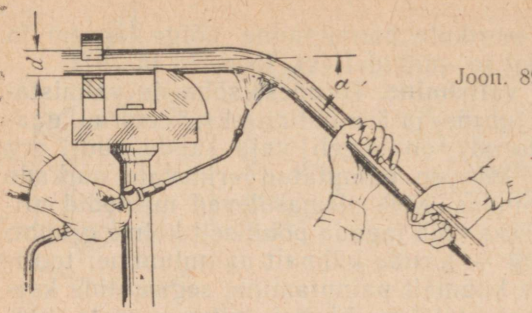
Olenevalt materjalist, painutusraadiusest ja toru läbimõõdust painutatakse torusid täidetult või ilma täitmata. Täidis kaitseb painutamisel toru seinu kurdude ja kortsude moodustumise eest paindekohtades. Täidisena kasutatakse hästi kuivatatud peenikest jõeliiva või sulakampolit, mis valatakse torusse.

Painutamise kvaliteet sõltub painutusraadiuse õigest valikust, mis omakorda sõltub toru läbimõõdust, seinapaksusest ja materjalist. Terasest ja duralumiiniumist torudel läbimõõduga kuni 22 mm võetakse painutusraadius võrdseks toru kahe välimise läbimõõduga ($R_{min}=2D$). Torudel läbimõõduga üle 20 mm on $R_{min}=3D$. Väikese läbimõõduga torusid (kuni 20 mm), millel on suur painderaadius, võib painutada külmalt (paksuseinalised ilma täidiseta, õhukeseseinalised täidisega).

Täidetud torusid soovitatakse *külmalt painutada* järgmisel viisil. Toru üks ots suletakse tihedalt puidust korgiga, teise kaudu aga täidetakse toru liivaga. Täitmise ajal tuleb toru keerata ja koputada vasaraga liiva tihendamiseks torule alt kuni ülesse. Täitnud toru liivaga, tuleb ka teine ots sulgeda puidust korgiga. Pärast seda märgitakse kriidiga paindekoht ja asetatakse toru rakisesse nii, et keevisõmblus (kui toru ei ole tõmmatud) asuks küljel. Toru painutamiseks võetakse mõlema käega tema pikemast otsast kinni ja painutatakse ettevaatlikult ettenähtud nurga alla.



Joon. 88. Saeraami sanga painutamine



Joon. 89. Toru kuumalt painutamine

Kontrollinud painutamise õigsust näidise või šablooni järgi, võetakse kork välja, eemaldatakse torust liiv ja puhutakse suruõhuga läbi.

Kuumalt painutatakse torusid tavaliselt täidetult. Ettevalmistus (korkide valmistamine, nende löömine toru otstele, toru täitmine jt.) toimub samuti nagu eelmises näites. Gaaside väljapääsemiseks tuleb ühte korki teha väikesed augud, vastasel juhul võib toru painutamise ajal lõhkeda või puidust korgid otsast ära lennata.

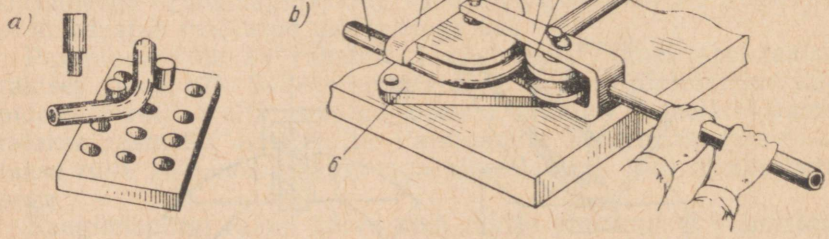
Toru kuumutatava osa pikkus (joon. 89), olenevalt paindenurgast ja toru välisläbimõõdust, määratakse valemiga

$$L = \frac{\alpha d}{15} \text{ mm},$$

kus L on kuumutatava osa pikkus mm;
α — toru paindenurk kraadides;
d — toru välisläbimõõt mm.

Tavaliselt võetakse torude painutamisel kuumutatava osa pikkus järgmiselt: painutamisel 90° nurga alla — $6d$, 60° nurga alla — $4d$, 45° nurga alla — $3d$.

Terasest torusid kuumutatakse leeklambi leegis, koldes või kõrgsagedusvooludega kuni kirsipunase värvuseni, pärast seda aseta-

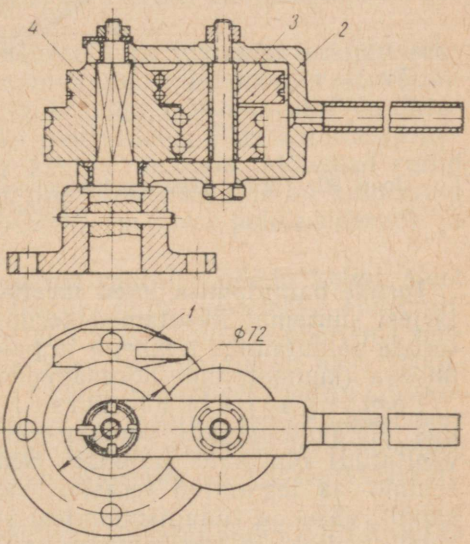


Joon. 90. Toru käsitsi painutamine rakises

takse toru rakisesse ja painutatakse kuni antud nurgani. Võtnud toru rakisest, lastakse tal jahtuda, seejärel lüüakse otstest korgid välja ja eemaldatakse liiv. Painutamise õigsust kontrollitakse šablooni või etaloontoru (näidise) järgi.

Torude käsitsi painutamisel kasutatakse sageli rakiseid, näiteks aukudega plaate, millesse vajalikku kohta asetatakse tihvtid (joon. 90, *a*). Tihvtid on toru painutamisel tugedeks. Seda rakist võib kasutada erinevate läbimõõtudega torude painutamisel.

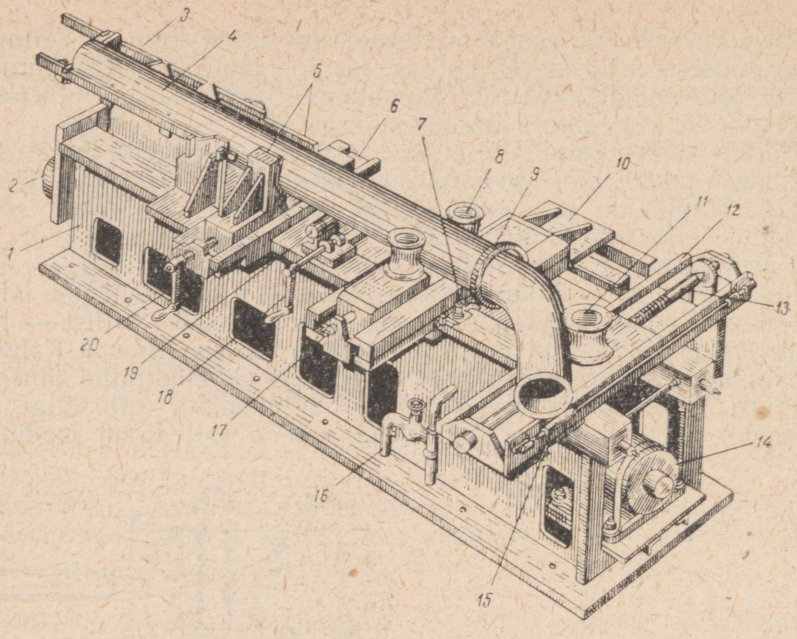
Kasutatakse ka mitmesuguse konstruktsiooniga rullidega rakiseid. Joonisel 90, *b* on kujutatud spetsiaalne rakis ainult ühe läbimõõduga torude painutamiseks. See koosneb kahest rullist — liikumatust *3* ja liikuvast *5*, mis on monteeritud kahvlisse *4*. Kahvel ja liikumatu rull asuvad ühisel teljel. Telg on kinnitatud alusele *6*. Toru *1* ots kinnitatakse klambriga *2* liikumatu rulli külge ja käepidet pöörates painutatakse toru rulli *5* abil antud raadiuse



Joon. 91. Mitmesooneline rakis värvilisest metallist torude painutamiseks

järgi. Rullides olevad sooned vastavad painutatavate torude läbimõõdule. Rakis kinnitatakse töölauale alusega *6*.

Erineva läbimõõduga vasest torude painutamiseks on mugav kasutada mitmesoonelist rullidega rakist (joon. 91). Painutatav toru lükatakse rullide vahele kuni kokkupuutumiseni toega *1*, seejärel pööratakse kahvlit *2* ning liikuv rull *3* rullub ümber liikumatu rulli *4*. Toru painutatakse antud rullile vastava raadiuse järgi. Rullidel on kuni neli soont ja nad on ette nähtud nelja läbimõõduga (6, 8, 10 ja 12 mm) torude painutamiseks. Teistsuguse läbimõõduga torude painutamiseks on neid rulle võimalik uutega asendada.



Joon. 92. Torude kõrgsagedusvooludega painutamise pink (keskmine mudel)

Torude painutamise uued meetodid. Viimastel aastatel leiavad järjest suuremat kasutamist torude painutamise uued meetodid: torude painutamine tõmbega ja painutamine induktsioonkuumutamisega (kuumutamine kõrgsagedusvooludega).

Tõmbega painutamisel allub toorik tõmbepingetele, mis ületavad metalli voolavuspiiri ja juba pingestatud (välja venitatud) olukorras paindub. Seda painutamisviisi kasutatakse süsinik- ja legeeritud terastest, aga ka alumiiniumi-, magneesiumi-, vase- ja titaanisulamitest valmistatud lennukite, autobussside, raudtee- ja trammivagunite, mere- ja jõelaevade, põllutöömasinate jt. seadmete mitmesuguste detailide valmistamiseks. Niisugune painutamine toimub pööratava lauaga painutus-venitusmasinatel. Selle viisi eelis, võrreldes torude tavalise painutamisega, seisneb selles, et toru paindenurk pärast painutamist ei muutu (ei suurene). Lisaks sellele vajatakse detailide valmistamiseks väiksema võimsusega seadmeid.

Torude induktsioonkuumutamisega painutamise katseseade ehitati Leningradis I. V. Bogatševi ja B. M. Koljavkini ettepanekul. Hiljem töötati selle põhjal välja kolme tüüpi torupainutuspingid: väikeste, keskmiste ja suurte mõõtmetega, mis on ette nähtud erinevate läbimõõtudega torude painutamiseks.

Laialdasemalt on levinud pingi keskmine mudel, mis on ette nähtud 95...300 mm välisläbimõõduga torude painutamiseks (joon. 92). Seade koosneb kahest osast: mehaanilisest ja elektrilisest. Mehaaniline osa kujutab endast õieti pinki torude painutamiseks, elektrilisse ossa kuuluvad pingi elektriseadmed ja kõrgsagedusseade.

Pink koosneb karbikujulisest keevitatud sängist *1*, millele on asetatud kelk *6* toru kinnitamiseks, pikiettenihke mehhanism *2*, juhtrullidega kelk *10*, surverulliga kelk *12*, samuti ka induktor *9* toru induktsioonkuumutamiseks.

Survekelk on ette nähtud toru kinnitamiseks pingile. Ta nihkub piki tööpinki pikiettenihke mehhanismi käigukruvi abil. Toru kinnitamiseks on kelgul *6* kaks pakki *5*, millest üks on liikuv. Liikuv pakk on kruvi ja käepidemega *20* käsitsi nihutatav ja surub toru liikumatu paki vastu. Painutatava toru *4* telg on pingi suhtes ekstsentriline. Ekstsentrilisuse suurus on erineva läbimõõduga torude korral erinev.

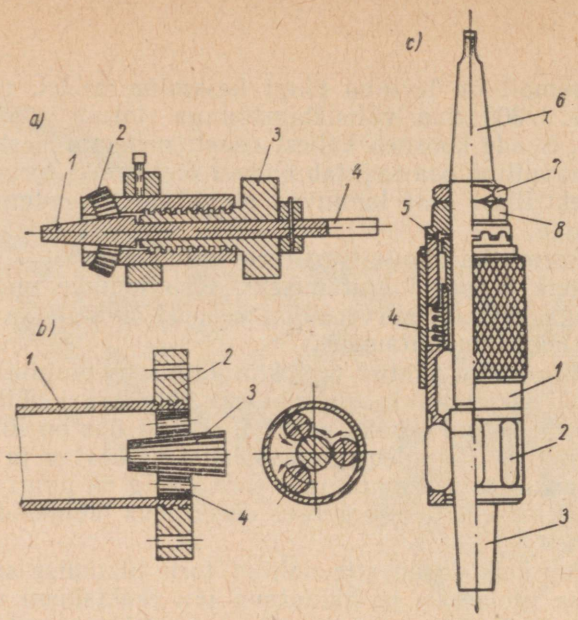
Juhtrullide kelk *10* on ette nähtud toru liikumise suunamiseks painutamise protsessis ja painutava jõu reaktsiooni vastuvõtmiseks. Teda nihutatakse kahe käigukruviga, mis omavahel on ühendatud koonusülekande abil. Üks juhtrullidest *8* on kinnitatud liugurile ja teda võib kruviga *17* käsitsi nihutada. Mõlemad rullid pöörlevad vabalt oma telgedel. Juhtrullide kelgule on kinnitatud induktori hoidja *7*, kõrgsagedustrafo (joonisel pole näidatud) ja jahutussüsteemi elemendid *16*.

Surverulli kelk on kinnitatud liikumatult. Mööda kelgu alust nihkub sissepressitud teljega liugur, millel pöörlebki surverull. Liugurit nihutatakse käigukruvi abil, mis pannakse pöörlema ristettenihke mehhanismi *14* kaudu. Surverulli kelgul on kaks koonilist väljalülitajat *15* surverulli *11* käigu piiramiseks sõltuvalt valitud painderaadiusest. Ristettenihke mehhanism annab pöörlemise käigukruvile kettülekande kaudu. Kuid kogemused on näidanud, et kettülekanne on otstarbekohane asendada hammasratasülekandega.

Torude kuumutamiseks ettenähtud vahetatav induktor *9* kujutab endast veega jahutatavat vasest toru. Vesi juhitakse induktorisse painduva juhtme kaudu.

Painutatava toru täiendavaks kinnihoidmiseks on pingil spetsiaalne rull *19*, mida võib käepidemega *18* nihutada olenevalt toru pikkusest. Eriti pikkade torude painutamisel ühendatakse kinnituskelguga spetsiaalne pikendus *3*, mis hoiab toru vabalt rippuvat osa. Toru kuumutatakse temperatuurini 900...1000° C. Pingi konstruktsioon võimaldab surverulli pikiettenihet sisse lülitada ainult 700...750° C temperatuuri saavutamisel, mis võimaldab vältida toru materjali ülekuumutamist painutamise alguses.

Toru *4* asetatakse pingil kinnituspakkide *5* ja juhtrullide *8* vahele; pöörates käsitsi kruvi *13*, viiakse surverull *11* vahetult



Joon. 93. Torude valtsimine: *a* — käsivalts; *b* — toru valtsimise skeem; *c* — masinvalts

tema vastu. Voolugeneraatori sisselülitamisel kuumutatakse induktori *9* asukohas toruriba, mille laius võrdub 3 . . . 5-kordse toru paksusega. Seejärel hakatakse pikiettenihke mehhanismi *2* abil nihutama toru piki pinki kuni rullini *19*. Koos sellega hakkab nihkuma ka surverull *11*. Niisiis, painutamisprotsess, s. t. tõmbepingete mõjumine välimisel pinnal ja survepingete mõjumine sisemisel pinnal, toimub toru kitsal rõngaspinnal. Painutamine toimub jõu mõjul, mida tekitab toru pikiettenihke mehhanism, ja jõu mõjul, mis tekib surverulli nihkumisel toru kõverjoonelise osa rullumise tõttu mööda surverulli. Toru painutamine toimub vahelduv-järjestikusel meetodil, kusjuures kuumutamine, painutamine ja jahutamine toimub pidevalt kuid vaheldumisi.

Torude painutamisel kõrgsagedusliku vahelduvvooluga on järgmised põhilised eelised. Toru ovaalsus paindekohas saadakse väiksem kui teiste meetodite korral. Soojuse eraldumine toimub vahetult kuumutatavas metallis, kuna kõigi teiste meetodite juures antakse soojus kuumutatavale metallile üle ümbritsevast keskkonnast. Niisugune soojuse ülekandmise meetod vähendab kuumutamiseks kulutatavat aega ja soojuse kadu ümbritsevasse keskkonda; ühe 90° painutuse tegemiseks vajalik aeg, olenevalt painutatava toru läbimõõdust ja seinapaksusest, on kõigest 9,5 . . . 14 min. plaadil painutamise 54 min. asemel. Järelikult, kui tavalisel painutamisel võib ühes vahetuses teha keskmiselt 8 . . . 9 painutust (painderaadius mitte vähem kui 3,5 . . . 4 painutatava toru

läbimõõtu), siis kõrgsagedusvooludega kuumutamisel võib saada kuni 38 painutust (painderaadius 1,5 ... 2 toru läbimõõtu).

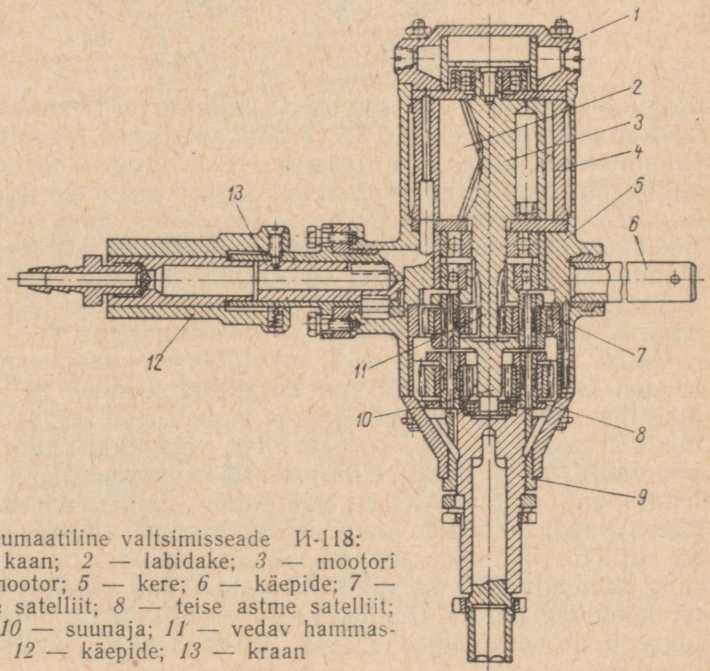
Induktsioonkuumutamine võimaldab painutamisprotsessi tunduvalt mehhaniseerida ja automatiseerida. Samuti jääb ära ka töömahukas ja aeganõudev torude liivaga täitmise operatsioon.

Torude valtsimine kujutab endast toru otste sisemise läbimõõdu suurendamist eesmärgiga kinnitada torudele äärikuid, nipleid ja teisi detaile. Seda tehakse spetsiaalse tööriista — valtsimisseadme abil. Valtsida võib käsitsi või valtsimismasinate ja -pinkide abil.

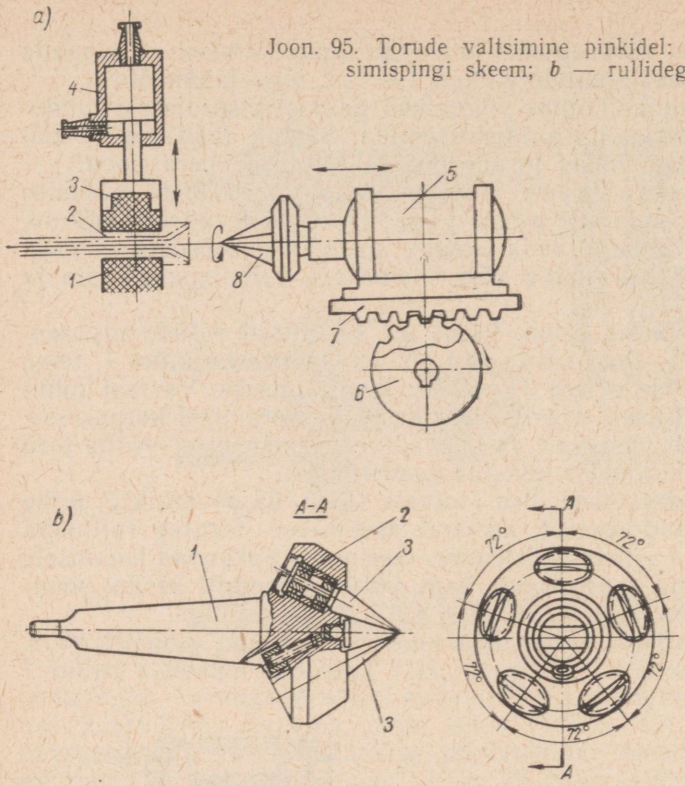
Valtsimisseadmeks (joon. 93, *a*) on koonilised rullid, mis asuvad terasvardal. Terasvarda üks ots on koonusekujuline *1*, teine aga ruudukujulise peaga *4*, pööriku kinnitamiseks. Varrast nihutatakse perioodiliselt edasi õõnsa kruvi *3* keeramisel korpusesse. Ettenihe toimub vastavalt rullide surve nõrgenemisel vastu toru seinu. Kruvi nihutamist takistab seaderõngas.

Valtsimisel asetatakse toru *1* otsale (joon. 93, *a*) äärik *2*, mille avasse on treitud sooned, seejärel asetatakse torusse rullidega valts ja antakse sellele pöörlemine. Seejuures hakkavad koonusele *3* asetatud rullid *4* avardama toru, surudes metalli ääriku soontesse. Valtsimise ajal määritakse rulle mineraalõliga.

Üks masinvaltside konstruktsioone on näidatud joonisel 93, *c*. Kuni töö alguseni on varras *3* välja keeratud, mistõttu rullid *2*



Joon. 94. Pneumaatiline valtsimisseade И-118: *1* — ülemine kaan; *2* — labidake; *3* — mootori rootor; *4* — mootor; *5* — kere; *6* — käepide; *7* — esimese astme satelliit; *8* — teise astme satelliit; *9* — spindel; *10* — suunaja; *11* — vedav hammasratas; *12* — käepide; *13* — kraan



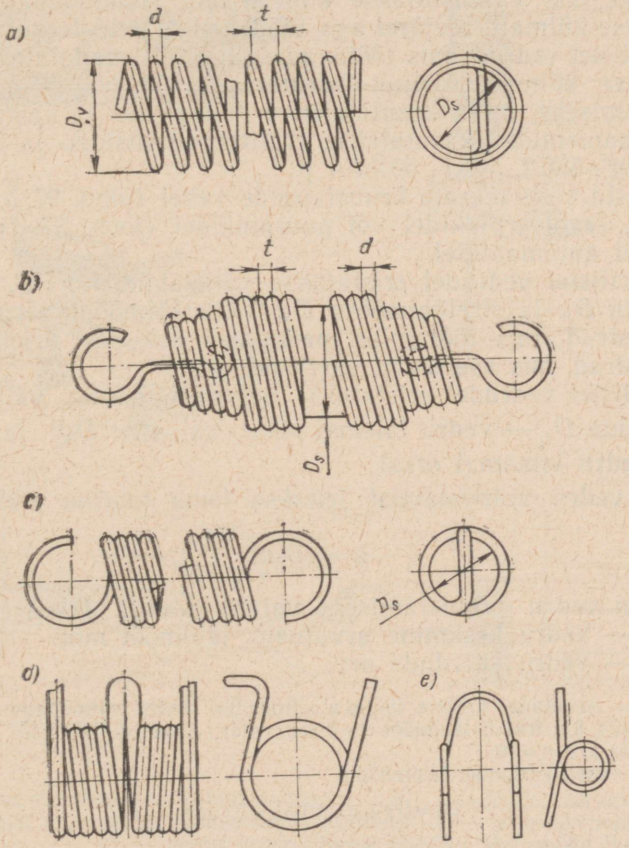
Joon. 95. Torude valtsimine pinkidel: *a* — torude valtsimispingi skeem; *b* — rullidega juhttorn

vajuvad korpuse *1* väljalõigetesse. Kui varras *3* koos koonusega *6* hakkab pöörlema, saavad ka rullid *2* ja korpus *1* aeglase pöörleva liikumise, seejuures keeratakse varrast *3* kogu aeg korpusesse ja rullid nihkuvad laiali. Valtsimine kestab senikaua, kuni mutter *8* ei puutu oma hammastega hammasmuhvi *5*, mida surub vedru *4*. Seejuures täheldatakse iseloomulikku raginat, mis teatab, et valtsimine on lõppenud. Valtsi eemaldamiseks tuleb seda vastassuunas pöörata. Vedru *4* survet võib reguleerida mutri *8* pööramisega. Nõutud asendis stoperdatakse ta kontramutriga *7*.

Valtsi töölerakendamiseks kasutatakse spetsiaalset valtsimisseadet. Üks neist, И-118, on kujutatud joonisel 94. Selle pneumaatilise seadme omapäraks on kahekordne planetaarreduktor, mis võimaldab mootori pöörete arvu vähendada kuni spindli 100 pöördeni minutis ja pöörelda rootoril mõlemates suundades. Pöörlemissuuna muutmiseks on pöördmuhv, mida pööratakse vasaku käepidemega. Käepide muudab jaotussiibri asendit ja järelikult ka suruõhu liikumise suunda. Seadme spindel on sisekoonusega, ning kasutada võib ka vahekoonuseid. Tänu sellele võib kasutada nii koonilise kui ka ruudukujulise otsaga valtse. Masinat toidetakse 5 at suruõhuga. Lisaks spetsiaalsetele valtsimisseadme-

tele võib torude valtsimiseks kasutada ka teisi mehhanisme, millel on pöörlemissuuna muutmise võimalus: keermelõikurid, pneumaatilised kruvikeerajad, puurmasinad jt.

Joonisel 95, *a* on näidatud valtsimispingi TP-1 skeem, mida kasutatakse torude valtsimiseks. Sellisel juhul surutakse toru *2* pneumosilindrist tuleva suruõhu abil liikumatu *1* ja liikuva *3* paki vahele. Seejärel nihutatakse hammasratta *6* ja hammaslatiga *7* pingi spindli pöörlevat valtsimistorni *8* kuni kokkupuutumiseni toru kinnipigistatud otsaga. Valtsimisel nihkub valtsimistorn aeglaselt samas suunas. Enne toru otste valtsimist tuleb nad töödelda ja servad hoolikalt puhastada. Torn saab pöörlemise ajamilt



Joon. 96. Vedrud: *a* — silindrilised, survele töötavad; *b* ja *c* — kooniline ja silindriline, tõmbele töötavad; *d* ja *e* — spetsiaalsed, väändele töötavad

5. Valtsimistorn koosneb korpusest *1* (joon. 95, *b*) ja sellesse monteeritud laagritest *2*. Koonilised valtsimisrullid *3* on paigutatud laagrite avadesse.

Vedrude valmistamine. Spiraalvedrusid kasutatakse tehnikas väga laialdaselt. Kuju järgi jaotatakse vedrud silindrilisteks ja kujuvedrudeks, töötamisviisi järgi — survele, tõmbele ja väändele töötavateks vedrudeks.

Survele töötavates vedrudes (joon. 96, *a*) asuvad keerud teatud kaugusel üksteisest, tõmbele (joon. 96, *b*, *c*) ja väändele (joon. 96, *d*, *e*) töötavates vedrudes aga tihedalt üksteise kõrval. Survele töötavate vedrude otsad surutakse naaberkeerdude vastu, tõmbele töötavate vedrude viimased keerud painutatakse 90° nurga alla ja moodustatakse poolringikujulised otsad või rõngad.

Vedrud, mis valmistatakse kuni 8 mm läbimõõduga traadist, keeratakse külmalt, seejärel aga töödeldakse neid termiliselt. Üldotstarbelised vedrud, mis töötavad suhteliselt madalatel pingetel, keeratakse külmalt süsinik-vedruterasest 50 või 50X. Vedrude valmistamiseks, mida kasutatakse eriti täpsetes ja vastutusrikastes mehhanismides, kasutatakse kvaliteetset süsinik- ja legeeritud terast 60Г, 55С2, 50ХГ, 50ХФА jt.

Vedrusid võib keerata kruustangide vahel (joon. 97, *a*, *b*), treipinkidel, revolverpinkidel või puurpinkidel (joon. 97, *d*) ja spetsiaalsetel automaatidel.

Silindrilistel vedrudel eristatakse välisläbimõõtu D_v, keskmist läbimõõtu D_0 ja siseläbimõõtu D_s. Välisläbimõõdu järgi arvutatakse vedrud, mis töötamisel paiknevad aukudes; siseläbimõõdu järgi vedrud, mis asetsevad varrastel.

Koonilistel vedrudel eristatakse nelja läbimõõtu: välimine D_{v_1} ja sisemine D_{s_1} — vedru laiemal otsal; välimine D_{v_2} ja sisemine D_{s_2} — vedru kitsamal otsal.

Enne vedru valmistamist leitakse tema tooriku pikkus valemiga

$$L = \pi D_0 n,$$

kus L on vedru valmistamiseks vajalik traadi pikkus mm;
D_0 — vedru keskmine arvutuslik läbimõõt mm;
n — vedru keerdude arv.

Näide 1. Arvutada survele töötava silindrilise vedru valmistamiseks vajalik traadi pikkus, kui traadi läbimõõt $d = 3$ mm, vedru sisemine läbimõõt $D_s = 30$ mm ja keerdude arv $n = 10$.

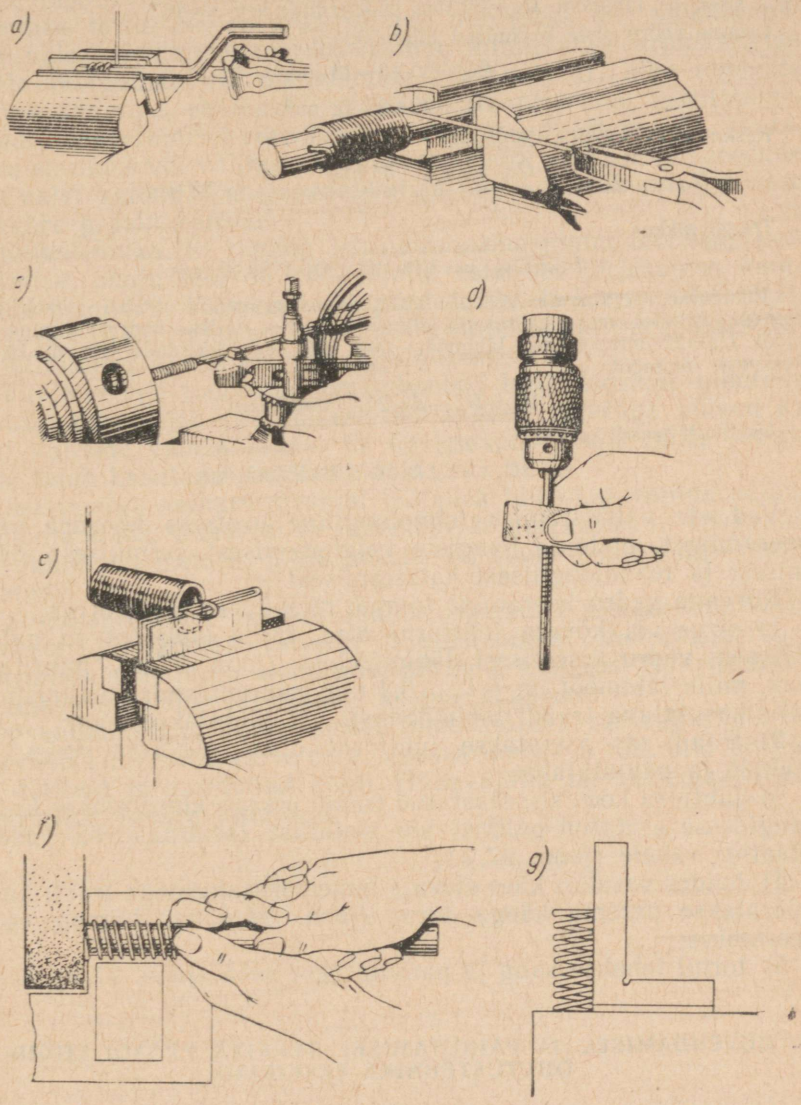
Leiame vedru keskmise läbimõõdu

$$D_0 = D_s + d = 30 + 3 = 33 \text{ mm},$$

seega traadi pikkus

$$L = \pi D_0 n = 3{,}14 \cdot 33 \cdot 10 = 1036{,}20 \text{ mm}.$$

Tõmbele töötavate vedrude arvutamisel tuleb saadud arvutuslikule traadi pikkusele lisada kaks keerdu otsarõngaste jaoks, väändele töötavates vedrudes aga tugiotstele, ja teatud lisa otste kinnitamiseks rakisesse.



Joon. 97. Vedrude valmistamine: *a* ... *d* — vedrude keeramise viisid; *e* — sanga valmistamine juhttornil; *f* — otsa lihvimine; *g* — vedru kontrollimine nurgiku abil

Näide 2. Arvutada koonilise vedru valmistamiseks vajalik traadi pikkus, kui traadi läbimõõt $d=3$ mm, laiema otsa sisemine läbimõõt $Ds_1=30$ mm, kitsama otsa sisemine läbimõõt $Ds_2=20$ mm ja keerdude arv $n=20$.

Leiame vedru otste keskmised läbimõõdud

$$Do_1=30+3=33 \text{ mm};$$

$$Do_2=20+3=23 \text{ mm}.$$

Keskmine arvutuslik läbimõõt

$$Do_k=\frac{Do_1+Do_2}{2}=\frac{33+23}{2}=\frac{56}{2}=28 \text{ mm}.$$

Traadi pikkus

$$L=\pi Do_k \cdot n=3{,}14 \cdot 28 \cdot 20=1758{,}40 \text{ mm}.$$

Aukudesse asetatavate vedrude valmistamiseks vajalik traadi pikkus arvutatakse lähtudes vedru välimisest läbimõõdust. Kui näiteks vedru välimine läbimõõt $Dv=20$ mm, traadi läbimõõt $d=4$ mm, aga keerdude arv $n=10$, siis keskmine läbimõõt

$$D_0=D_s-d=20-4=16 \text{ mm}.$$

Järelikult traadi pikkus

$$L=\pi D_0 n=3{,}14 \cdot 16 \cdot 10=502{,}40 \text{ mm}.$$

Vedrude valmistamise tehnoloogiline protsess koosneb vedru keeramisest, otste ja haagiste valmistamisest, termilisest töötlemisest ja tehnoloogilisest katsetamisest.

Kõrvaga vedru keeramine toimub niisuguses järjekorras:

1) sirge või kõvera juhttorni otsa, mille läbimõõt on natuke väiksem vedru sisemisest läbimõõdust (joon. 97, *a*), puuritakse auk, mille läbimõõt on 0,1 ... 0,2 mm suurem vedru valmistamiseks kasutatava traadi läbimõõdust, või lõigatakse soon;

2) traadi ots asetatakse juhttorni otsas olevasse auku või soonde ja painutatakse;

3) juhttorn koos sisseasetatud traadi otsaga kinnitatakse kruustangidesse asetatud puidust või metallist (seatinast või vasest) plaatide vahele (joon. 97, *a*);

4) hoides vasakus käes olevate lamemokktangidega traati kinni, pööratakse parema käega torni (joon. 97, *a*, *b*); toimub vedru keeramine;

5) tornil tehakse sang ja painutatakse saba (joon. 97, *c*).

25. ÕGVENDAMISEL JA PAINUTAMISEL TEKKIVA PRAAGI LIIGID JA OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD

Praagi liigid. Metalli õgvendamisel on praagi peamisteks liikideks vasara servadest põhjustatud mõlgid töödeldud pindadel ja muljutud kohad — vasara lauba jäljed, kui sellel on vigastatud ja ebatasane pind. Need defektid tekivad tavaliselt oskamatu vasaralöökide andmise tõttu või vasara kasutamisest, mille laubal on täkked ja murded.

Metalli painutamisel saadakse praak painutatava tooriku ebaõigete mõõtmete, viltu painutamise ja töödeldud pindade kahjustamise tõttu. Nende praagiliikide põhjuseks on painutamiskoha vale märkimine, tooriku hooletu kinnitamine kruustangide vahele (kõrgemale või madalamale märkjoonest), liiga tugevate löökide andmine, ebaõigete mõõtmetega juhttornide kasutamine.

Vedrude keeramisel võib saada praagi traadi läbimõõdu, varda, vedru sisemise või välimise läbimõõdu, vedru pikkuse ja keerdude arvu valel valikul. Tähelepanelikul ja hoolikal suhtumisel töösse on kerge praaki vältida.

Ohutustehnika. Et tagada lehepainutusmasinatel tõorikute painutamisel ohutu töö, on hädavajalik esimeses järjekorras kontrollida maanduse seisukorda ja piirdeseadmete korrasolekut. Käivitus- ja väljalülitamisseadmeid kontrollitakse masina mitmekordsel lülitamisel tühikäigule ja väljalülitamisel.

Väljalõigetega toorikute õgvendamisel tuleb toorikut nihutada servast, aga mitte väljalõikest, kuna koos detailiga võivad ka käed valtside vahele jääda. Et õgvendamisel käsi mitte vigastada, tuleb kasutada presentkindaid.

Käsiajamiga painutusmasinal töötades tuleb kontrollida painutusjoonlaudade, traaversi ja survekruvide korrasolekut. On keelatud painutada metalli, mille paksus on suurem kui pingi passis lubatud.

Painutuspressidel ja profiilpainutuspinkidel töötades on vaja esimeses järjekorras tutvuda ohutustehnika instruktsiooniga, kontrollida maanduse olemasolu, piirdeid, käivitus- ja seiskamisseadmeid, stantside ja valtside asetuse õigsust.

Õgvendamisel ja painutamisel tuleb töötada vasaraga, mis on tugevasti kinnitatud varre otsa. Vasara laubal ei tohi olla pragusid, täkkeid ja murdunud kohti. Hädavajalik on süstemaatiliselt kontrollida vasara kinnitust.

V PEATÜKK

METALLI LÕIKAMINE

26. LÕIKAMISE OLEMUS JA SELLE MÕISTE

Lõikamine on lukksepatöö operatsioon, millega metall või toorik tükeldatakse osadeks saelehe, kääride, ketassae või mõne teise lõikeriistaga.

Metalli lõikamine erineb raiumisest selle poolest, et siin on löögijõud asendatud survejõuga.

Lukksepa- või koostamistööde tegemisel tuleb sageli lõigata lehtmaterjali, traati ja torusid, harvem ka sordimetalli.

Lisaks metalli lõikamisele tuleb lukksepal ka eboniidist, kartongist ja teistest materjalidest mitmesuguseid vahetükke välja lõigata.

Lõigata võib kas käsitsi — käsisaega, torulõikuriga, või mehaaniliselt — masinsaega, ketassaega, giljotiinkääridega, spetsiaalsetel pinkidel abrasiivketastega jne.

Peale selle kasutatakse veel gaasiga, anoodmehaanilist ja elektrilist lõikamist.

27. LÕIKERIIST JA LÕIKAMISPROTSESSI ELEMENDID

Olenevalt materjalist, tooriku kujust ja mõõtmetest eristatakse metalli lõikamist laastu eraldamisega (käsisae, ketassae, lõiketera jne. abil) ja lõikamist ilma laastu eraldamiseta (mitmesuguse konstruktsiooniga kääride, lõiketangide jne. abil).

Käsisaagi kasutatakse tavaliselt paksude lehtede, latt-, ümar- ja profiilmaterjali lõikamiseks, samuti ka soonte lõikamiseks (näiteks kruvide peadesse), toorikute väljalõikamiseks mööda kontuuri jne. Käsisaag koosneb raamist *1* (joon. 98), tiibmutriga

pingutuskruvist *2*, käepidemest *6* ja saelehest *4*, mis asetatakse kinnituspeade *3* sisselõigetesse ja kinnitatakse tihvtidega *5*.

Saeraame (joon. 98) on kahte tüüpi: kindla ja reguleeritava pikkusega. Reguleeritava pikkusega raamid võimaldavad kasutada erineva pikkusega saelehti.

Raami vahele kinnitatud saelehe pingus peab olema õigesti reguleeritud. Nõrgalt pingutatud saeleht võib lõikamise ajal painduda ja seetõttu murduda. Saelehe paindumine võib põhjustada ka hammaste purunemist. Liiga tugevasti pingutatud saeleht võib töötamise ajal vähimagi kõrvalekalde puhul murduda.

Olenevalt otstarbest jaotatakse saelehed käsisae- ja masinsaelehtedeks. Käsisaelehed valmistatakse terasest У10, У10А, У12, У12А, masinsae omad aga terasest Р9 ja ШХ15. Saelehe alumisele servale on kogu pikkuses lõigatud hambad. Igal hambal on kiilu kuju. Saelehe hambal nagu meislilgi eristatakse järgmisi nurki (joon. 98, *b*): taganurk α, teritusnurk β, esinurk γ ja lõikenurk δ. Ka siin kehtib nurkade vahel seos:

$$\alpha+\beta+\gamma=90°;$$
$$\alpha+\beta=\delta.$$

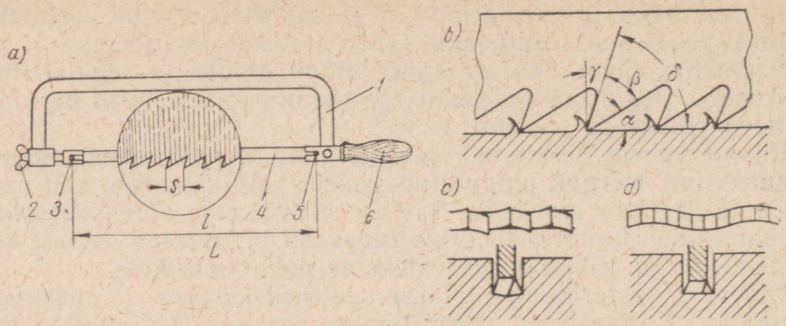
Saelehe töötingimused erinevad meisli ja lõiketera töötingimustest, seepärast peavad saehammaste nurkadel olema teistsugused väärtused. Laiade toorikute lõikamisel saadakse küllalt pikad sisselõiked (pilud), milles saelehe iga hammas eraldab komakujulise laastu. Need laastud peavad mahtuma kahe naaberhamba vahel olevasse laasturuumi niikauaks, kui hamba tipp pole lõikesoonest väljunud.

Laasturuumi suurus sõltub taganurgast α, esinurgast γ ja sammust *s*.

Teritusnurk β peab tagama hamba küllaldase tugevuse, et ületada materjali vastupanu lõikamisele ja seejuures ise mitte puruneda. Tavaliselt võetakse see nurk võrdseks 60°, tugevamate materjalide korral on teritusnurga väärtus natuke suurem. Esinurk γ avaldab otsustavat mõju laastu moodustumise protsessile. Saelehe hammastel võetakse esinurk tavaliselt 0° (kõvadel materjalidel) kuni 12° (sitketel materjalidel). Hammaste samm: pehmete ja sitkete metallide lõikamisel (vask, messing) $s=1$ mm; kõvade metallide lõikamisel (teras, malm) $s=1{,}3$ mm; pehme terase lõikamisel $s=1{,}6$ mm. Metallide käsitsi lõikamisel kasutatakse edukalt 1,3 ... 1,6 mm sammuga saelehti, millel 25 mm kohta tuleb 17 ... 20 hammast. Mida paksem on lõigatav toorik, seda suuremad peavad olema hambad, ja vastupidi, mida õhem on materjal, seda väiksemad peavad olema saelehe hambad.

Käsisaega lõikamisel peab tööst üheaegselt osa võtma mitte vähem kui 2 ... 3 hammast.

Et vähendada saelehe hõõrdumist tükeldatava metalli seinte



Joon. 98. Käsisaag: *a* — üldvaade; *b* — saelehe hammaste geomeetria; *c* ja *d* — saelehe hammaste murdmise skeemid

vastu, painutatakse tema hambad kahele poole. Olenevalt sammu *s* suurusest (joon. 98, *a*) painutatakse hambad erinevalt. Suure sammuga hambad painutatakse ühekaupa vaheldumisi paremale ja vasakule (joon. 98, *c*), keskmise sammuga hambad painutatakse ühekaupa paremale ja vasakule, kuid kolmandat ei painutata. Väikese sammuga hambad painutatakse laineliselt kahekolme kaupa vasakule ja kahe-kolme kaupa paremale (joon. 98, *d*).

Laineliselt painutatud saeleht on vähem tootlik ja kulub kiiremini. Painutamise suurus peab ületama lehe paksuse 0,2 ... 0,5 mm võrra.

Käsisaagide lehed valmistatakse erineva pikkusega[1], nende laius on 12 ... 15 mm ja paksus 0,6 ... 0,8 mm. Laialdasemalt on käibel 250 ... 300 mm pikkused saelehed.

28. METALLI LÕIKAMINE KÄSISAEGA

Enne kui hakata metalli lõikama, on vaja valida välja saeleht, mis vastaks saetava materjali kõvadusele, kujule ja mõõtmetele.

Saeleht tuleb kinnitada raami niimoodi, et hammaste teravikud oleksid suunatud ettepoole, sae liikumise suunas. Lehe pingus raamis on vaja õigeks reguleerida. Saega lõikamiseks tuleb tükeldatav materjal kinnitada tugevasti kruustangide vahele. Kruustangide vahele kinnitatud materjali tasapind peab vastama töölise kasvule. Saagimisel tuleb kruustangide ees seista poolpöördega, s. o. 45° nurga all kruustangide telgjoone suhtes (kaugus kruustangide ja töölise keha vahel peab olema 150 ... 200 mm). Toetudes vabalt natuke ettepoole asetatud vasakule jalale, tuleb parem jalg asetada vasaku suhtes 60 ... 70° nurga all. Saagimisel peab

[1] Saelehe pikkuse all mõeldakse kaugust tihvtiaukude keskpunktide vahel (suurus *l* joonisel 98).

sirgelt seisma. Saag tuleb võtta paremasse kätte nii, nagu on näidatud joonisel 99, *a*, vasak käsi aga asetada saeraami teisele otsale, et tasakaalustada saagi ja saada lõikamise ajal püsiv liikumine (joon. 99, *b*). Saagimisel tuleb saagi hoida horisontaalselt. Saag peab liikuma sujuvalt, ilma jõnksudeta. Sae liikumisel ettepoole surutakse teda mõlema käega kergelt alla. Survejõud peab olema umbes 1 kG saelehe 0,1 mm paksuse kohta. Lõike lõpus tuleb survet vähendada.

Sae liikumine peab olema niisugune, et töötaks umbes $^2/_3$ tema pikkusest, mitte aga ainult saelehe keskmine osa.

Sae liikumise kiirus oleneb lõigatava materjali kõvadusest ja on keskmiselt 30 . . . 60 kaksikkäiku minutis. Et vähendada saelehe hõõrdumist vastu materjali seinu, tuleb saelehte perioodiliselt määrida tiheda rasva, mineraalõli või mõne teise määrdega.

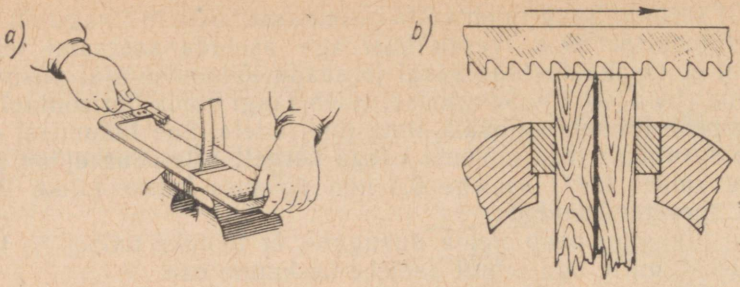
Mõnikord kisub saeleht lõikamise ajal märkjoonest kõrvale; parandada seda ei saa, sest saelehe hambad võivad murduda või painduda. Sellisel juhul on parem hakata lõikama tooriku vastasküljelt.

Saelehe hambad võivad murduda ka ülemäära kõva lõigatava materjali tõttu, tugeva surve tõttu saelehele kitsa tooriku lõikamisel, gaasimullide (tühemike) või mittemetalliliste lisandite jne. olemasolul metallis. Vigastatud saelehte saab parandada vigastatud hammastega koha ülekäiamisega. Sellega tagatakse sujuv üleminek purustatud hammastelt tervetele. Taastatud saelehega võib jätkata töötamist ainult pärast murdunud hammaste eemaldamist tooriku sisselõikest.

Saelehe ökonoomsemaks kasutamiseks tuleb uute saelehtedega lõigata alguses pehmet metalli — vaske, alumiiniumi, seejärel aga kasutada neid terase või malmi lõikamiseks. Messingit ja pronksi soovitatakse lõigata ainult uute saelehtedega, sest isegi vähe kulunud saeleht rohkem libiseb kui lõikab.

L a t t m a t e r j a l i on kergem lõigata kitsamalt küljelt, sest sel juhul jaotub lõikejõud väiksemale pinnale ja lõikamine edeneb kiiremini. Saelehe murdumise vältimiseks on vajalik, et lõikamisel puutuks metalli mitte vähem kui kolm hammast. Kui seda nõuet ei saa täita, siis lõigatakse õhukest latti mööda tema laiemat

Joon. 99. Sae käeshoidmine: *a* — ettevalmistav töövõte; *b* — täitev töövõte



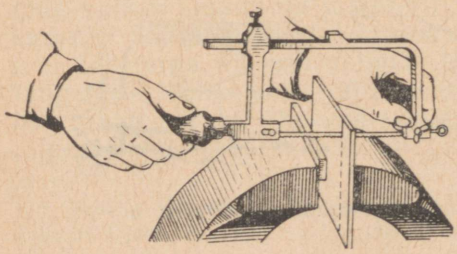
Joon. 100. Lattmaterjali ja õhukese lehe lõikamine käsisaega

külge. Kinnitanud lati laiema küljega kruustangide vahele, tehakse viiliga selle servale täke ja alles pärast seda hakatakse lõikama, hoides sae endapoolset otsa natuke kõrgemal. Lõikamise ajal sae kallet vähendatakse, nii et lõpuks haaratakse kogu lati laius. Seega saavutatakse sae horisontaalne asend ja saetakse niisuguses asendis lõpuni.

Real juhtudel ei õnnestu toorikute pikisuunalist lõikamist lõpuni viia — saeraam hakkab toetuma vastu tooriku otsa. Sel juhul võib tooriku ümber pöörata ja hakata saagima tooriku teisest otsast. Palju otstarbekam on siiski teine meetod: lõigatakse saega, mille saeleht on pööratud 90° (joon. 100, *a*). Nii võib lõigata ükskõik kui pikki latte. Õhukesed lehed ja latid kinnitatakse kruustangidesse puitklotside vahele, seejärel aga lõigatakse koos klotsiga (joon. 100, *b*).

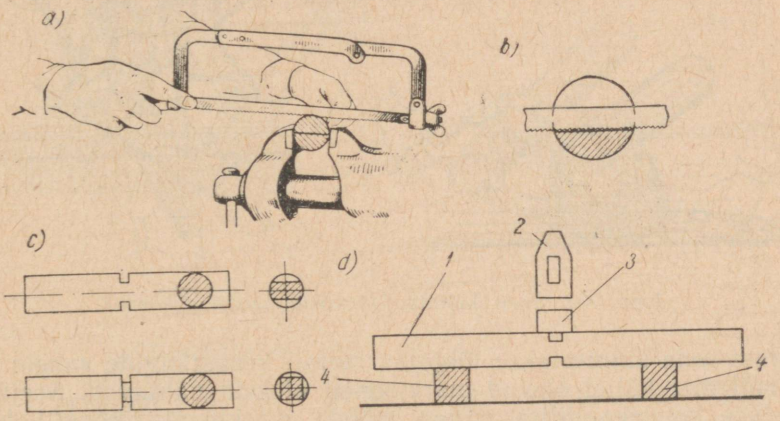
Kõverjooneliste või nurgeliste sisselõigete tegemiseks õhukestesse lehtedesse kasutatakse erilist saagi, nn. jõhvsaagi (joon. 101), kuhu hariliku saelehe asemele on kinnitatud kitsas ja õhuke, peenikeste hammastega saeleht. Jõhvsaega saetakse «enda poole». Et lõigata jõhvsaega välja kõverjoonelisi auke, puuritakse kontuuri üleminekukohtadesse jõhvsae laiusele vastava läbimõõduga augud. Saeleht pistetakse august läbi, kinnitatakse raami külge ning hakatakse vajalikus suunas saagima.

Väikese läbimõõduga ümarmaterjali lõigatakse käsisaega. Toorikuid läbimõõduga üle 50 mm tükeldatakse tavaliselt masinsaagidel, ketassaagidel, mahalõike- ja teistel pinkidel.



Joon. 101. Lõikamine jõhvsaega

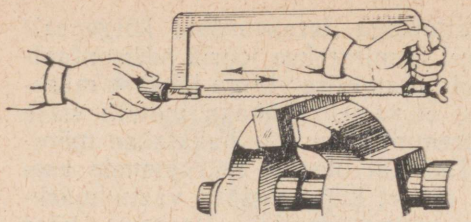
Lõikamiseks tuleb ümara ristlõikega terasvardale kõigepealt märkjooned peale kanda. Seejärel kinnitatakse toorik horisontaalasendis kruustangide vahele. Kolmekandilise viiliga tehakse märkjoonele väike sisselõige selleks, et saeleht lõikaks metalli sisse antud pikkusel. Et saelehte paremini suunata, hakatakse mõnikord lõikama järgmisel viisil. Toorikul olevale märkjoonele asetatakse vasaku käe suur sõrm nii, et küüs toetuks vastu märkjoont, saeleht aga nihutatakse küüne juurde. Paremas käes hoitavat saagi suunatakse väljasirutatud nimetissõrmega kuni sisselõikumiseni metalli (joon. 102, *a*). Veendunud saelehe õiges sisselõikumises, asutakse tööasendisse ja saetakse lõpuni. Toorikul ei tohi lasta seejuures lahti murduda (joon. 102, *b*). Tooriku võib lahti murda ainult sel juhul, kui tema otsi peab veel viilima. Niisugusel juhul tehakse varba sisselõiked (joon. 102, *c*) kas kahest või neljast küljest ja murtakse lahti kruustangide vahel või vasara abil metallprussil, nagu on näidatud joonisel 102, *d*.



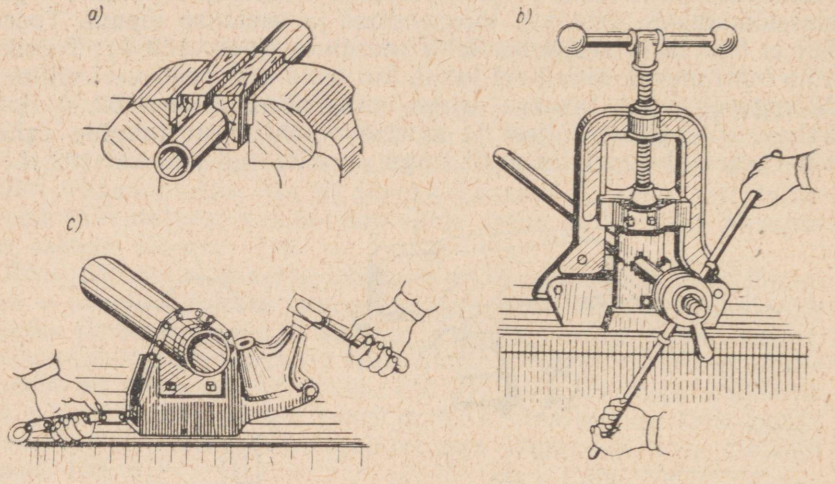
Joon. 102. Ümarmaterjali lõikamine: *a* — toorikusse sisselõikamine; *b* — saelehe asend lõikamise ajal; *c* — sisselõiked, tehtud tooriku kahelt ja neljalt poolelt; *d* — paksu lati katkimurdmine vasara löökidega. *1* — toorik; *2* — vasar; *3* — metallist vahetükk; *4* — alus

Ruudukujulise ristlõikega materjali lõigatakse samuti nagu ümarmaterjali, ainult selle erinevusega, et lõikamise alguses hoitakse saelehe endapoolset otsa natuke kõrgemal (joon. 103). Vastavalt sisselõikamisele vähendatakse järk-järgult kallet, kuni saetee on jõudnud tooriku vastasservale. Siis aga lõigatakse juba horisontaalasendis.

Enne kui hakata lõikama profiilmaterjali, näiteks nurkterast, on vaja nurgiku ja märknõela abil märkida nurkterase mõlemale küljele lõikekoht (karpraua lõikamisel ka seinale).



Joon. 103. Ruudukujulise ristlõikega varda lõikamine



Joon. 104. Toru kinnitamise viisid saega lõikamisel

Pärast seda kinnitatakse lõigatav metall kruustangide vahele nii, et mõlemal küljel olevad märkjooned oleksid nähtavad. Seejärel tehakse kolmekandilise viiliga mööda märkjoont nurga kohale väike sisselõige. Asetanud saelehe tihedalt sisselõikesse, hakatakse lõikama, hoides saagi kaldu. Hiljem aga jätkatakse lõikamist nagu eelmisel juhul (joon. 103). Profiilterase lõikamisel tuleb kogu aeg jälgida sae suunda, mitte lastes tal märkjoonest kõrvale kalduda.

Real juhtudel tuleb lukksepal lõigata kruvide peadesse sooni. Madalate ja kitsaste soonte lõikamiseks soovitatakse kasutada spetsiaalset õhukese lehega saagi. Laiemad sisselõiked kruvide peadesse võib teha tavalise saega, mille raami on kinnitatud üks või korraga mitu saelehte.

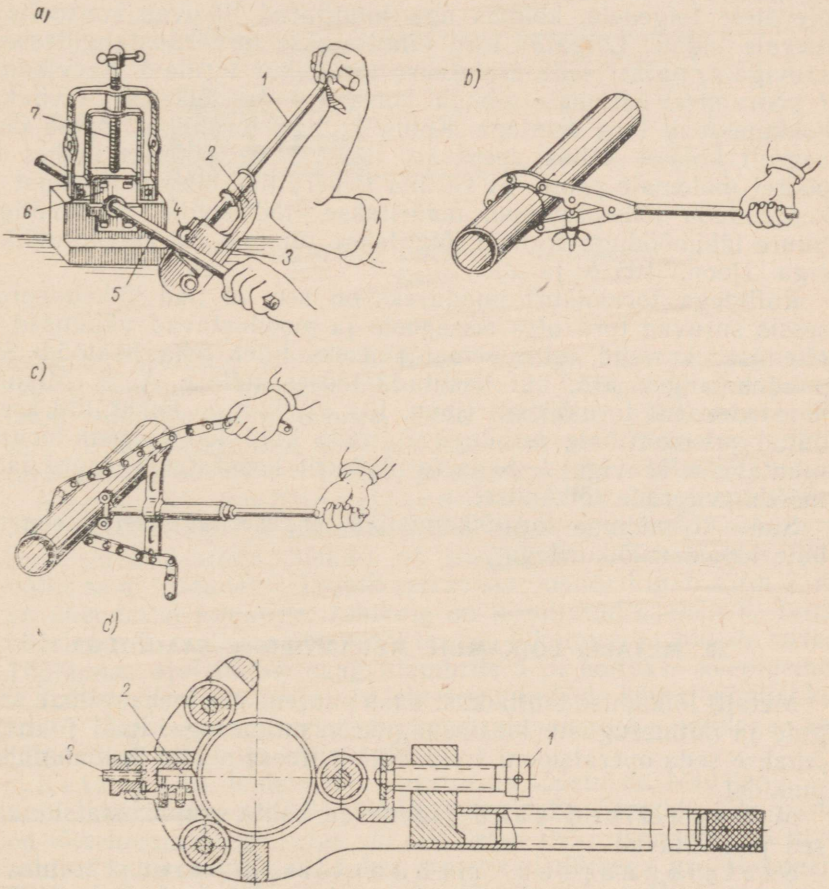
Torude käsitsi lõikamisel on tingimata vaja märkida lõikekoht, valida õigesti saeleht ja järgida põhilisi saagimise eeskirju.

Lõikekoht märgitakse lihtsustatud šablooni ja märknõela abil. Šabloon lõigatakse välja õhukesest plekist täisnurkse plaadi kujul

ning painutatakse ümber toru. Seejärel asetatakse šabloon lõikekohale ja mööda selle servi tõmmatakse märknõelaga joon.

Saelehe hammaste samm tuleb valida seda väiksem, mida kõvemast materjalist on toru ja mida õhemad on selle seinad.

Lõikamiseks kinnitatakse toru kruustangide vahele horisontaalasendis. Õhukeseseinalised puhtalt töödeldud torud tuleb kinnitada kruustangidesse spetsiaalsete puitklotside vahele (joon. 104, *a*). Kasutatakse ka puidust lisapakkidega torukruustange. Lisapakkidesse on lõigatud süvendid vastavalt toru läbimõõdule. Torusid on mugavam kinnitada kett- (joon. 104, *c*) või kruvikruustangidesse (joon. 104, *b*), õhukeste torude lõikamisel aga spetsiaalsetesse kruustangidesse.



Joon. 105. Toru lõikamine torulõikuriga

Torude lõikamisel tuleb saagi hoida horisontaalselt ja vastavalt saelehe lõikumisele torusse kallutada saagi kergelt enda poole. Kui saeleht hakkab sisselõikesse kinni jääma, tuleb saag välja võtta, pöörata toru 45 ... 60° ja jätkata lõikamist, surudes kergelt saelehele. Kui aga saag kaldub märkjoonest kõrvale, tuleb toru pöörata ja hakata uuesti lõikama.

Torude lõikamine käsisaega on töömahukas ja raske operatsioon (eriti just suure läbimõõduga torude lõikamisel). Tootlikum on lõikamine spetsiaalsete torulõikurite, rakiste jt. abil.

Torulõikur kujutab endast spetsiaalset rakist, kus lõikeriistaks on ketasterad (rullid). Rohkem on levinud rull- ja kettkonstruktsiooniga torulõikurid (joon. 105).

Rullidega torulõikur koosneb hargist *2* (joon. 105, *a*), kruvikangist *1* ja kolmest rullist *4*, millest kaks on asetatud hargis *2* olevatele telgedele, kolmas aga kinnitatud liikuvas konsoolis *3* olevale teljele. Lõigatav toru kinnitatakse torukruustangidesse *6* kruviga *7*, pärast seda asetatakse torulõikur torule *5*. Kruvikangi *1* pööramisel paremale nihkub konsool *3* ja lõikerull *4* viiakse kokkupuuteni toru seintega. Kolme rulliga torulõikur lõikab üheaegselt kolmes kohas, seepärast tuleb kangi pöörata umbes $^1/_3$ pööret mõlemale poole. Et vältida lõikerullide ülekuumenemist ja kergendada lõikeprotsessi, määritakse lõikekohta masinaõliga. Suure läbimõõduga torusid lõigatakse rõngas- või kett-torulõikuriga (joon. 105, *b* ja *c*).

Rullidega torulõikuri puuduseks on see, et nad lõikamisprotsessis suruvad toru otsa sissepoole ja moodustavad välimised ja sisemised kraadid, mille eemaldamiseks tuleb teha lisatööd. See puudus langeb ära, kui kasutada tööeesrindlase A. S. Misjutõ konstrueeritud torulõikurit (joon. 105, *d*). Siin on lõikerullid asendatud prismaatiliste teradega *2*, mida kuni lõikumiseni torusse nihutatakse kruviga *1*. Seda torulõikurit kasutatakse suure läbimõõduga torude lõikamisel.

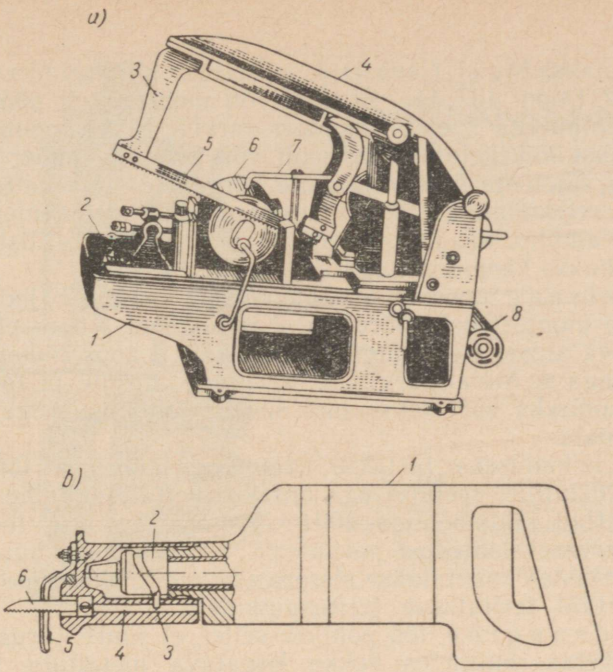
Suure töömahuga torulõikamistöid tehakse tavaliselt mehaaniliste ketastorulõikuritega.

29. METALLI LÕIKAMINE MEHAANILISTE SAAGIDEGA

Metalli lõikamise tootlikkust saab suurendada mehaaniliste saagide ja mitmesuguste masinsaagide kasutamisega. Real juhtudel tehakse seda operatsiooni treipinkidel, freespinkidel ja mahalõikepinkidel.

Mehaanilised saed jagunevad kahte gruppi: statsionaarsed ja kantavad.

Statsionaarsed mehaanilised saed kujutavad endast metallilõikepinke. See koosneb malmist sängist *1*, töölauast *2* ja käisest *4* (joon. 106, *a*). Käis suunab saeraami *3*, mil-



Joon. 106. Mehaanilised saed: *a* — statsionaarne; *b* — kantav

lesse on asetatud saeleht *5*. Koos raamiga saab saeleht edasi-tagasi liikumise, lõigates läbi tooriku *6*. Lõikamise ajal jahutatakse saelehte emulsiooniga, mida juhitakse lõikekohta mööda toru *7*. Saag pannakse tööle elektrimootoriga *8*. Saelehed valmistatakse terasest P9 või ШХ15, paksusega 1,2 . . . 1,5 mm.

Kantavad mehaanilised saed on mugavad metalli lõikamiseks lukksepa-koostamistööde tegemise kohas. Kantava sae korpusesse *1* (joon. 106, *b*) on paigutatud elektrimootor, mille võllil asub trummel *2*. Trumli spiraalses soones liigub sõrm *3*, mis on ühendatud juhikuga. Juhikule on kinnitatud saeleht *6*. Trumli pöörlemisel saab saeleht edasi-tagasi liikumise ja lõikab metalli. Töötamise ajal toetub saag klambrile *5* ja hoitakse käepidemest.

Torusid, profiilmaterjali ja lehtterast (mööda kõverjoonelist kontuuri) lõigatakse mitmesuguse konstruktsiooniga saagidega. Saed jagunevad ketas- ja lintsaagideks.

Ketassaed leidsid laia kasutusala tööstuses. Nad jaotatakse universaalseteks, pendel- ja hõõrdsaagideks. Saagide tööorganiks on lõikehammastega ketas või sile ketas (hõõrdsaagides). Universaalset ketassaagi kasutatakse erineva ristlõikega profiilmaterjali lõikamiseks, pikiläbilõigete, -sisselõigete või -väljalõigete tegemiseks, samuti ka profiili lõikamiseks mistahes nurga all. Ta

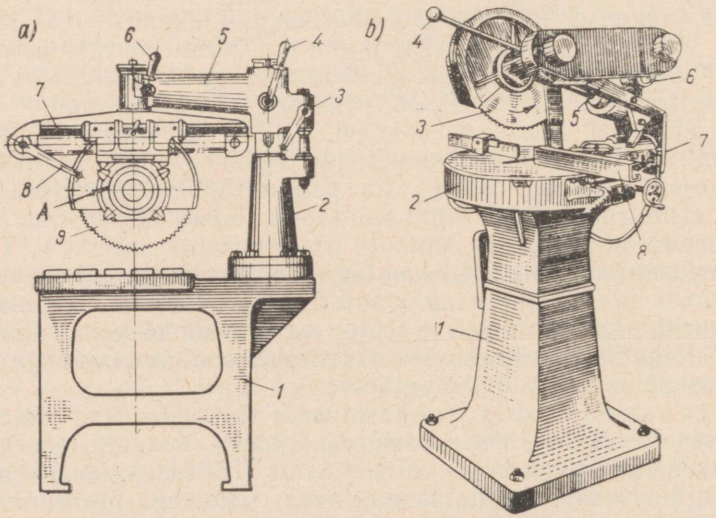
koosneb malmsängist (lauast) *1*, millele on kinnitatud vertikaalne sammas *2* (joon. 107, *a*). Sambale on monteeritud pöördkonsool *5* koos juhikutega *7* elektrimootori tarvis. Elektrimootori võllile paigutatakse lõikeketas *9*. Konsooli võib pöörata ümber samba ja lasta alla või tõsta üles vajalikule kõrgusele. Lõikekettaga elektrimootori etteandmine lõikeprotsessis toimub käepidemega *8*. Lõikeketta seadmine töö jaoks olenevalt materjali profiilist ja mõõtmetest tehakse käepidemetega *3*, *4* ja *6*.

P e n d e l s a a g koosneb ühesambalisest sängist *1* (joon. 107, *b*), millele on monteeritud pöördlaud *2* ja konsool *7* koos elektrimootori kiikuva alusega *6*. Sängilt väljub käis *5* koos lõikeketta *3* ja käepidemega *4*. Metallnurgikute, karpraua, torude ja teiste toorikute lõikamiseks asetatakse nad spetsiaalse plaattoega *8* pööratavale lauale.

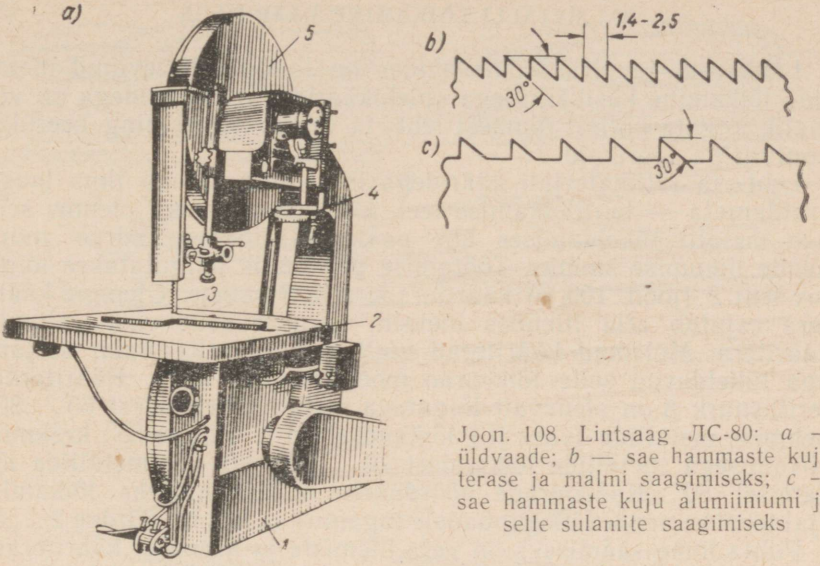
Saega lõikamiseks lastakse käis koos pöörleva lõikekettaga sujuvalt metallile, seejärel aga antakse kettale ettenihe.

Lõikekettad läbimõõduga 400 . . . 500 mm tehakse terviklikena tööriistaterasest lehtedest paksusega 1 . . . 3,5 mm. Suurte mõõtmetega ketastes kasutatakse sissepandavaid kiirlõiketerasest hambaid. Kettaid teritatakse terituspinkidel.

H õ õ r d s a a g i d e töö põhineb sellel, et suure kiirusega pöörlev lõikeketas, puutudes kokku lõigatava metalliga, kuumutab seda lõikekohas kuni sulamistemperatuurini. Kuumutatud osad eraldatakse kergesti pöörleva kettaga ja paisatakse eemale. Lõikepind saadakse tasane, puhas, kuid sulaosadega servadel, mida saab aga viiliga kergesti eemaldada. Töölaual on surverakis too-



Joon. 107. Mehaanilised ketassaed: *a* — universaalne ketassaag; *b* — pendelsaag



Joon. 108. Lintsaag ЛС-80: *a* — üldvaade; *b* — sae hammaste kuju terase ja malmi saagimiseks; *c* — sae hammaste kuju alumiiniumi ja selle sulamite saagimiseks

riku kinnitamiseks. Niisuguse sae lõikeketas valmistatakse spetsiaalse profiiliga madalalt legeeritud terastest.

Lehtmaterjali, profiile ja torusid lõigatakse ka lintsaagidega. Niisugune meetod on eriti efektiivne keeruka või kõverjoonelise kontuuriga paksude lehtede lõikamisel ühes järgneva sisselõigete töötlemisega sisemistele või välimistele pindadele. Lintsae leht kujutab endast 6 . . . 25 mm laiust ja 0,6 . . . 1,4 mm paksust lõputut linti, mille serval on hambad. Kitsaid linte kasutatakse väikese kõverusraadiusega kõverjooneliste kontuuride väljalõikamiseks.

Alumiiniumisulamitest lehtede, torude ja profiilmaterjali lõikamisel on laialdasemalt levinud saag ЛС-80 (joon. 108). Ta koosneb sängist *1* ja lauast *2*. Sängi ülemises osas olevale teljele on monteeritud kattega *5* kaetud veetav ratas. Vedav ratas ja elektrimootor paiknevad sängi alumises osas. Läbi lauas oleva sisselõike liigub saelint *3*. Laua konstruktsioon võimaldab lõigata metalle ka nurga all. Saelindi pingutamine toimub käsirattaga *4*. Saelindi rattalt mahalibisemise vältimiseks on selle põiale kleebitud kummeeritud riidest lindid. Lehtmaterjali lõikamine toimub lauale asetatud lehele ettenihke andmisega ratastel liikuva saelindi suhtes. Lõigatakse märkjoonte järgi. Lintsael peab olema hea kaitse, mis katab kogu lindi, välja arvatud lõikamisest vahetult osa võttev osa.

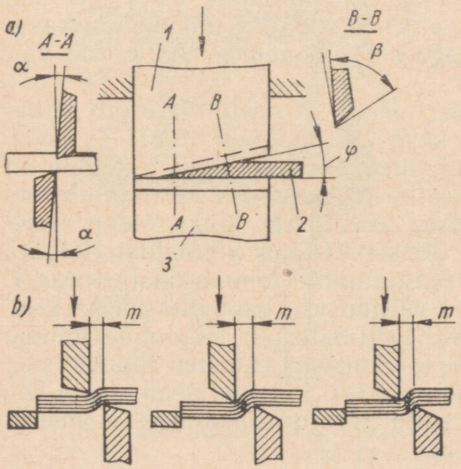
Lukksepa- ja plekksepatsehhides on laialdaselt levinud metallide lõikamine käsikääridega (plekikääridega). Kääridega on võimalik lõigata küllalt õhukest leht- ja lattmaterjali ning keerulise kontuuriga toorikuid.

Leht- ja lattmaterjali kääridega lõikamine toimub ilma laastu eraldamata — lahtilõikamise teel. Lõikamisprotsessi olemus seisneb metalli tükeldamises ühe paari lõikenugade surve mõjul nende liikumise suunas. Töötamise protsessis paigutatakse lõigatav leht *2* (joon. 109, *a*) kääriterade *1* ja *3* vahele. Ülemine kääritera vajutab alla liikudes metalli, surudes selle vastu alumist kääritera. Mõlemad kääriterad muljuvad metalli pinda, seejärel aga tükeldavad selle lõikeprao moodustumise tõttu. Kääriterade teritusnurk β on olenevalt lõigatava metalli kõvadusest 65...80°; pehmete metallide (vask jt.) lõikamisel on ta võrdne 65°, keskmise kõvadusega metallide lõikamisel 70...75°, kõvade metallide lõikamisel 80°. Kääriterade hõõrdumise vähendamiseks lõikamise ajal tehakse nende lõikepindadele taganurk α, mis on võrdne 2...3°.

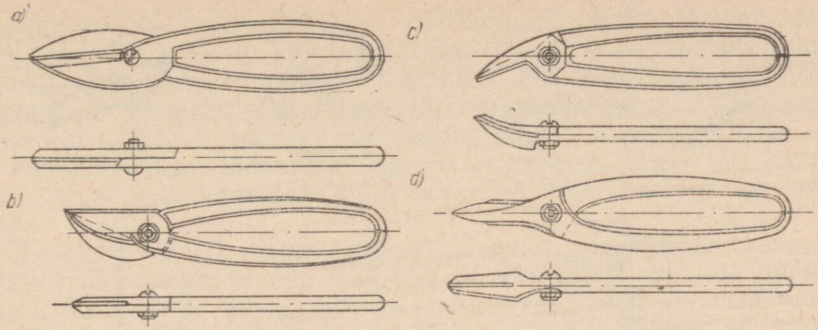
Puhta lõike saamiseks on vaja ülemiste ja alumiste kääriterade vaheline lõtk *m* õigesti valida (joon. 109, *b*). Väikese lõtku korral lõikepragu ei lange ühte lõikega ja lõikepind tuleb kare. Suure lõtku korral saadakse lõikepinnal suured kraadid.

Kääriterade vaheline lõtk sõltub lõigatava metalli paksusest, kuid ei tohi olla üle 0,5 mm. Käsikääridel on see lõtk tavaliselt mitte üle 0,1...0,2 mm.

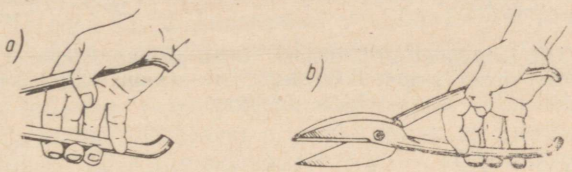
Lõikamiseks kulutatava võimsuse vähendamise eesmärgil paigutatakse kääride lõiketerad teineteise suhtes nurga φ alla (joon. 109, *a*). Mida suurem see nurk on, seda väiksem on lõikejõud.



Joon. 109. Kääridega lõikamise skeem: *a* — kääride lõiketerade geomeetria; *b* — lõikamisprotsessi järjestikkus



Joon. 110. Plekikäärid: *a* — sirged; *b, c* — kõverad; *d* — sõrmkäärid



Joon. 111. Kääride hoidmine lehtmaterjali lõikamisel

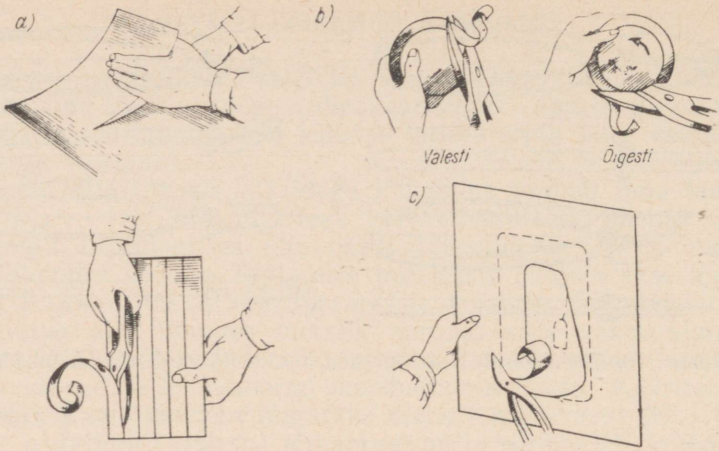
Liiga suur lõiketerade kaldenurk aga suurendab nende käiku ja tekitab jõu, mis tõukab lehe kääride vahelt välja. Lähtudes nendest kaalutlustest võetakse nurk φ võrdseks 7 ... 12°.

Lõiketerade ehituse järgi jagunevad käsikäärid sirgeteks käärideks (joon. 110, *a*) — sirgete lõiketeradega, neid kasutatakse põhiliselt materjali lõikamiseks mööda sirgjoont või suure raadiusega ringi; kõverateks käärideks — kõverjooneliste lõiketeradega (joon. 110, *b* ja *c*) ja sõrmkäärideks — õhukeste ja kitsaste lõiketeradega, kasutatakse lehtmaterjalist aukude ja väikese raadiusega pindade väljalõikamiseks.

Lõiketerade asetuse järgi jagunevad käsikäärid parem- ja vasakpoolseteks. Parempoolsetel kääridel asub alumise haru lõikeosa kalle paremal, vasakpoolsetel aga vasakul.

Käsikäärid valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7. Lõikeosad karastatakse ja noolutatakse kõvaduseni *HRC* 52 ... 60. Kääride lõikeservad peavad olema sirgjoonelised, ilma pragudeta. Lõiketerade pikkus kuni pöörlemisteljeni on tavaliselt 55 ... 110 mm, kääride üldpikkus aga 200 ... 400 mm. Rohkem kasutatavad on 250 ... 320 mm pikkused käärid.

Käsikääridega lõikamise võtted. Käsitsi lõikamisel hoitakse kääre paremas käes. Põial toetub kääride ülemisele käepidemele (joon. 111, *a*), ülejäänud sõrmedega haaratakse kinni alumisest



Joon. 112. Lehtmaterjali lõikamise võtted plekikääridega: *a*, *b* — lõikamise suund sirgete kääridega; *c* — augu väljalõikamine mööda märkjoont

käepidemest nii, et väike sõrm asuks käepidemete vahel; lõikamise ajal lükatakse temaga kääre laiali. Mõned lukksepad soovitavad seda teha nimetissõrmega (joon. 111, *b*), kuid niisugune võte pole täiesti mugav. Lõigatavat lehte hoitakse vasaku käega, tõstes seda ühtlasi natuke üles, et oleks kergem kääre edasi nihutada.

Lõikamisel ei tohi kääride lõiketeri liiga palju avada, sest siis hakkavad lõiketerad lehte välja tõukama, aga mitte lõikama. Kääride lõiketerad võib avada näiteks $^2/_3$ võrra nende pikkusest.

Et vältida kääriterade edasinihutamisel mööda märkjoont sisselõikeid ja kiske, on vaja, et lõiketerade tasapind liibuks vastu lõikepinda ja läheks mööda märkjoont. Kääride lõikeservad peavad olema hästi teritatud, külgpinnad aga õigesti välja reguleeritud ja teljele kinnitatud. Kääre kontrollitakse tavaliselt paberi lõikamisega — hästi teritatud ja reguleeritud käärid peavad paberit lõikama. Märgitud metall-lehte tuleb lõigata nii, et märkjoon oleks nähtav. Seepärast lõigatakse lehtmaterjali mööda sirgjooni ja ilma järskude pööreteta kõverjooni (ringjooned ja ümardused) parempoolsete kääridega (joon. 112).

Lehtmaterjali lõikamine mööda kõverjoonelist kontuuri või ümarate ketaste väljalõikamine on palju mugavam kõverjooneliste lõiketeradega kääride abil. Aukude ja sisemiste kõverjooneliste kontuuride väljalõikamiseks on vaja meisli abil raiuda materjali auk kääride lõiketera läbipanemiseks, seejärel aga lõigata mööda märkjoont (joon. 112, *c*). Aukude väljalõikamiseks on parem kasutada sõrmkääre.

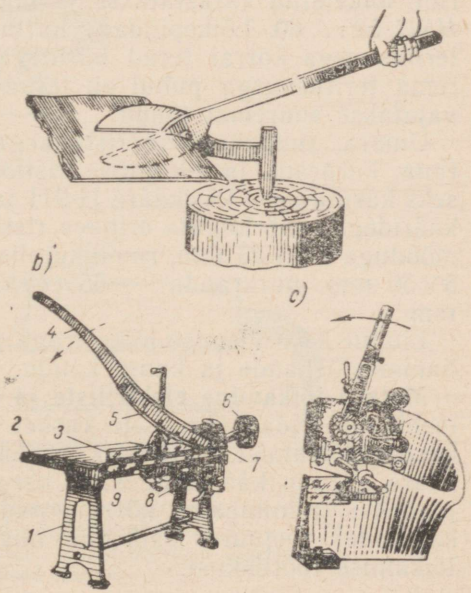
Lõikamise kvaliteet sõltub sellest, kuivõrd õigesti on toorik kääride lõikeservade suhtes asetatud. Toorik peab asuma lõike-

tasapinna suhtes täisnurga all, vastupidisel juhul hakkavad käärid vetruma ja toorik kiilutakse kinni, toorikule tekivad muljutud kohad ja lõikamine muutub raskemaks. Käsikääridega võib lõigata kuni 0,8 mm paksust leht- ja lattmaterjali, kuni 1 mm paksust katuseplekki ja kuni 2 mm paksust vask- ja messinglehte.

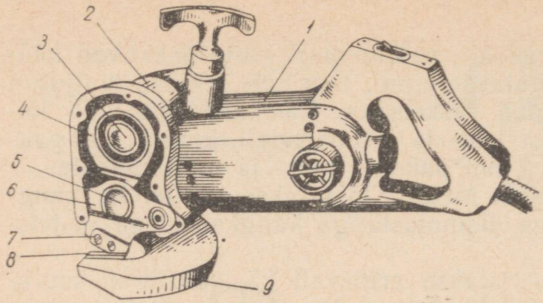
Kangkääridega lõikamine. Metalli lõigatakse käsitsi ka kangkääridega: pukk-kääridega, hammaslatiga kangkääridega ja teistega.

Pukk-käärid valmistatakse erinevalt käsikääridest suuremate mõõtmetega. Nendel kääridel on üks täisnurga alla painutatud haru, mille terava otsaga kinnitatakse käärid paksu puitaluse või töölaua külge (joon. 113, *a*), teist, pikendatud haru, liigutatakse lõikamisel käega. Pukk-käärid seisavad töötamisel kindlalt paigal ja annavad lukksepa kätele suurema tegevusvabaduse. Nendega lõigatakse 2 . . . 3 mm paksusi lehti.

Kang-hookäärid koosnevad vertikaalsetest malmjalgadest *1* (joon. 113, *b*) ja nendele monteeritud metall-lauast *2*. Töölaua paremale külgservale on liikumatult kinnitatud alumine lõiketera *9*; ülemine lõiketera *5* on paigaldatud teljele *7* istatud kangile *4*. Et ära hoida kangi iseenesest allakukkumist, on kangi otsa paigutatud vastukaal *6*. Kang-hookääridel И-37 võib lehtmaterjali lõigata märkimise või toeni asetamise järgi. Märkimise järgi lõikamiseks asetatakse metallileht lauale nii, et märkjoon langeks ühte alumise lõiketera lõikeservaga. Pigistades lehte tugiliistuga *3*, surutakse kang koos ülemise lõiketeraga hoogsa liigutusega alla ja litsutakse seni, kuni lehe nõutav osa pole veel läbi lõigatud.



Joon. 113. Kangkäärid: *a* — puitaluse külge kinnitatavad; *b* — kang — hookäärid; *c* — hammaslatiga



Joon. 114. Käsielektrikäärid И-31

a)

Tugiliistu järgi (ilma märkimiseta) lõikamisel reguleeritakse lõigatava riba laius liikuva tugiliistu *8* abil. Nende kääridega võib lõigata igasuguse pikkusega metall-lehti, sest käärid võimaldavad lehte piki nugasid edasi nihutada. Antud tüüpi kääride lõiketerade pikkus on 1050 mm, terade kaldenurk $\varphi = 7 \ldots 12°$, lõigatava lehe paksus on kuni 2,5 mm.

Hammaslatiga kangkääre kasutatakse kuni 3 mm paksuste teraslehtede lõikamiseks, samuti lõigatakse peenikesi varbu ja väikese ristlõikega profiilmetalli. Nad koosnevad sängist, mille alumisse ossa on liikumatult kinnitatud lõiketera. Kangi allaliikumisel antakse jõud hammasülekande, ripatsi ja liuguri kaudu kangile kinnitatud lõiketerale, mis lõikab läbi lubatava ristlõikega metalli.

Kangkääride lõiketerad valmistatakse tööriistaterasest У8. Kääride lõiketerad karastatakse ja noolutatakse seejärel kõvaduseni *HRC* 52 ... 60. Lõikepindade teritusnurk $\varphi = 75 \ldots 80°$. Väiksema teritusnurga korral terad nürinevad ja murenevad kiiresti; suurema teritusnurga puhul on terad tugevamad, kuid lõikamiseks vajatakse suuremat jõudu.

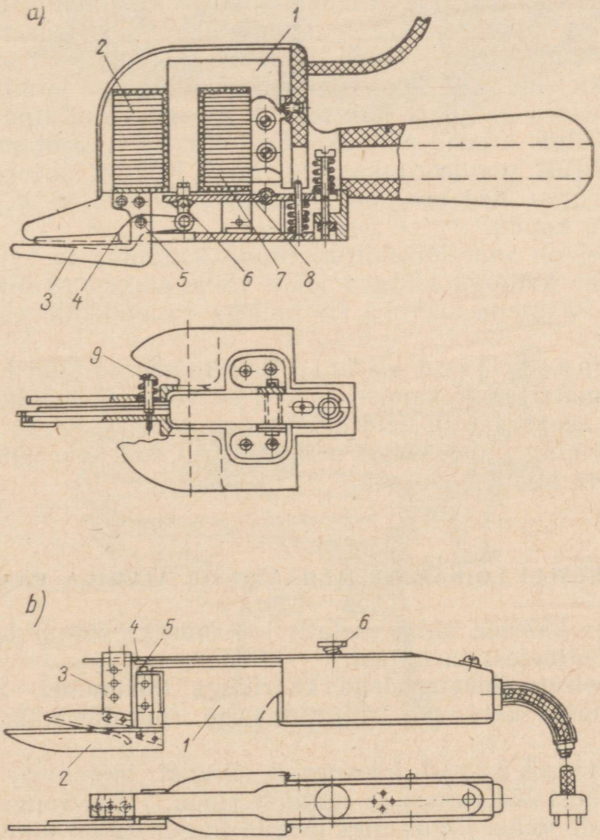
Ümara, ruudukujulise ristlõikega valtsmetalli, lattide, nurkraua, karpraua ja I-kujulise ristlõikega profiilmaterjali lõikamiseks kasutatakse käsikääre H-911 ja НА-913 (joon. 113, *c*). Nende kääridega saab lõigata erineva ristlõikega terast: ümarat — läbimõõduga kuni 25 mm, ruudukujulist — kuni 22×22 mm, latte — 5×50 mm, nurkrauda — 65×65×8 mm ja I-kujulist — 35×5 mm.

Liugur koos ülemise lõiketeraga pannakse käepidemega liikuma hammasülekande ja kangi kaudu.

Metalli lõikamine elektriliste ja pneumaatiliste kääridega. Et mehhaniseerida suhteliselt rasket ja töömahukat lehtmaterjali käsitsi lõikamist, kasutatakse elektrilisi ja pneumaatilisi käsikääre. Nende kääridega saab kergesti lõigata sirgeid ja kõverjoonelisi (minimaalne kõverusraadius umbes 20 mm) toorikuid, kasutades seejuures šablooni, mis samuti tunduvalt suurendab lõikamise tootlikkust.

Kodumaine tööstus laseb välja mitmesuguste tüüpmõõtmetega elektrikääre. Nii on elektrikäärid И-31 nähtud ette kuni 2,7 mm paksuse lehtmaterjali lõikamiseks (joon. 114). Nad koosnevad korpusest *1*, millesse on monteeritud 370 W elektrimootor ja lõiketerade pea *2*. Mootori ankur pöörab tiguülekande kaudu ekstsentrilist võlli *3*. Keps *4* on oma ülemise peaga asetatud sellele võllile, alumisega aga on sõrme *5* abil ühendatud ülemise lõiketeraga *7*. Alumine lõiketera *8* on kinnitatud klambrile *9*.

Töötamisel saab keps *4* edasi-tagasi liikumise ja paneb kiikuma kangi *6* koos ülemise lõiketeraga *7*, lõigates sellega metalli. Lõiketerade vahelist lõtku reguleeritakse sae karteris oleva klambri *9* nihutamisega. Lõtku suurus seatakse sõltuvalt lõigatava metalli



Joon. 115. Elektromagnetilised käsikäärid: *a* — G. M. Morgunovi konstrueeritud vibratsioonkäärid; *b* — L. M. Sõtõhi ja V. A. Ovtšinnikovi konstrueeritud elektromagnetilised käärid

paksusest. Et oleks mugavam töötada, võib hoida kääre ülemisest käepidemest. Elektrikääride И-31 tootlikkus on kuni 3 m/min.

Kolomenski tekstiilimasinate tehases valmistati ja juurutati tootmisse G. E. Morgunovi ettepanekul elektromagnetilised vibratsioon-käsikäärid õhukeste, kuni 0,5...1,5 mm paksuste metall-lehtede lõikamiseks. Käärid kujutavad endast elektromagnetit *1* koos pooli *2* ja ankruga *7* (joon. 115, *a*), mis on monteeritud korpuses olevale alusele *8*. Sama aluse külge kinnitatakse ka liikumatu lõiketera *3*, teljele *5* aga liikuv lõiketera. Lõiketera parem õlg kinnitatakse ripatsiga *6* elektromagneti ankru *7* külge. Vedru *9* surub lõiketerasid teineteise vastu.

Käärid valmistatakse terasest У8А. Elektromagnetilised käärid töötavad nagu tavalised käärid. Nad on kerged, kompaktsed ja mugavad töös. Kartongist vahetükkide väljalõikamiseks kasutatakse L. M. Sõtõhi ja V. A. Ovtšinnikovi konstrueeritud kääre ВЭН-0 (joon. 115, *b*). Nende töötamise põhimõte on analoogiline ülalpool kirjeldatuga. Pooli südamiku *1* külge on kinnitatud liikumatu lõiketera *2*, liikuv lõiketera *3* on aga kinnitatud vibreeriva ankru *4* külge. Käärid pannakse tööle lülitile *6* vajutamisega. Lõikamise kiirust reguleeritakse kruviga *5*. Käärid lülitatakse 220 V pingega võrku. Kui pool on arvestatud pingele 36 V, tuleb lülitada trafo kaudu.

Kääridel on suur lõikekiirus (kuni 3 m/min) ja väike kaal — 350 g. Ühe käiguga tehtava lõike väike pikkus (3 mm) võimaldab neid kasutada keeruka kontuuriga vahetükkide väljalõikamiseks.

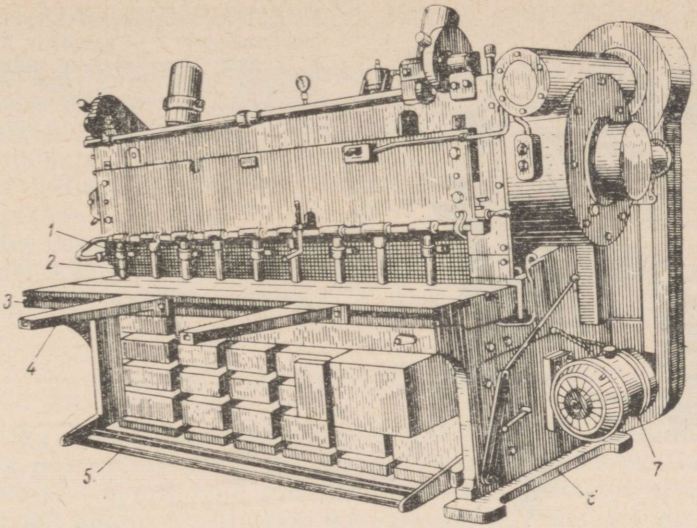
Pneumaatilised käärid on ette nähtud kuni 1,5 mm paksuse lehtmaterjali lõikamiseks. Neil on väikesed mõõtmed ja kaal (1,5 kg), seepärast on neid mugav kasutada lukksepa- ja koostamistöödel ning üldse kõigil neil juhtudel, kui pole võimalik statsionaarseid kääre kasutada.

31. METALLI LÕIKAMINE MEHAANILISE AJAMIGA KÄÄRIDEGA

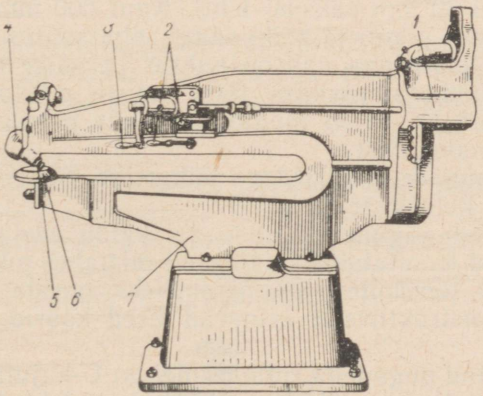
Ajamiga kääride valik metalli lõikamiseks sõltub tooriku profiilist, mõõtmetest ja kujust.

Paralleelsete lõiketeradega kääridega lõikamine. Seda tüüpi kääride hulka kuuluvad giljotiinkäärid (paralleelkäärid), presskäärid jt.

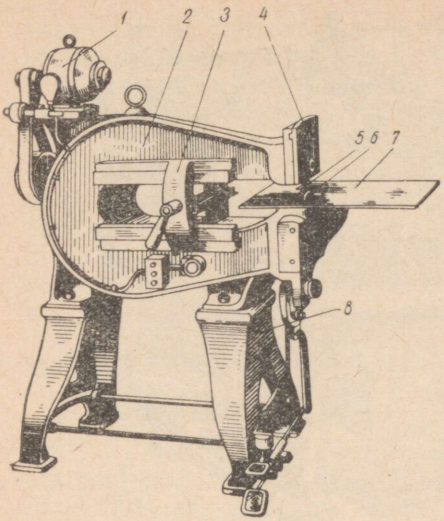
Giljotiinkäärid koosnevad sängist, töölauast, kinnisurujatest, kahest lõiketerast ja ajamist (joon. 116). Sängi külgmiste juhtpindade vahel liigub üles ja alla liugur kaldu kinnitatud ülemise noaga, alumine nuga on liikumatult kinnitatud sängi külge. Ülemise noa tõstmine ja allalaskmine toimub väntmehhanismi abil, mis saab liikumise töövõllilt. Töövõll saab pöörlemise elektrimootorilt rihmülekandega. Tükeldatav leht asetatakse kääride



Joon. 116. Giljotiinkäärid: 1 — ülemine liikuv nuga; 2 — surujad; 3 — laud; 4 — laua alus; 5 — jalgpedaal; 6 — säng; 7 — elektrimootor



Joon. 117. Ketaskäärid: *1* — elektrimootor; *2* — käepidemed nugade juhtimiseks; *3* — ülemise noa käsiajami käepide; *4* — supporti pea; *5* — ülemine ketasnuga; *6* — alumine ketasnuga; *7* — korpus



Joon. 118. Vibratsioonkäärid: *1* — elektrimootor; *2* — saeraam; *3* — tugi; *4* — pea; *5* — ülemine nuga; *6* — alumine nuga; *7* — laud; *8* — sae alus

töölauale ja surutakse selle vastu kas pneumaatiliste või hüdrauliliste surujatega.

Giljotiinkääridega on võimalik lõigata kuni 40 mm paksusi lehti lõikepikkusega kuni 3000 mm. Lisaks sellele võib neil lõigata piiramatu pikkusega lehti ribadeks.

Press-käärid on ette nähtud põhiliselt väiksemate mõõtmetega toorikute lõikamiseks. Nendel saab lõigata ka mistahes pikkusega kuni 30 mm paksusi lehti. Kuni 600 mm pikkused lõikenoad asetsevad pikuti ja põiki sängi telje suhtes. Press-kääride puuduseks on lõikepinna vähene puhtus ja väike tootlikkus lehe mitmekordse ümbernihutamise tõttu suurte mõõtmetega lehtede lõikamisel. Neid kääre on mugav kasutada peente toorikute lõikamiseks lattmaterjalist.

Pöörlevate nugadega kääridega lõikamine. Sellesse gruppi kuuluvad rull- ja ketaskäärid.

Rullkäärid jagunevad otse ja kaldu asetatud nugadega kääriteks. Neid kasutatakse laialdaselt mistahes pikkusega lattide lõikamiseks ja toorikute väljalõikamiseks mööda kõverjoonelist märkjoont. Konstruktiivselt erinevad need käärid vähe teineteisest.

Kaldu asetatud nugadega rullkääridel on U-kujuline säng (joon. 117). See loob võimaluse suurte mõõtmetega lehtede lõikamiseks. Rullnoad pöörlevad vastupidistes suundades; seetõttu haaratakse lõigatav toorik kaasa ja lõigatakse läbi.

Otse asetatud nugadega rullkääride puuduseks on see, et neil pole võimalik lõigata välja toorikuid mööda kõverjoonelist kontuuri, kui kõverusraadius on väike.

Ketaskääre kasutatakse mistahes pikkusega lehtmaterjalist lattide (ribade) lõikamiseks, samuti ka lõikamiseks mööda kõver-

joonelist kontuuri. Kääridega võib lõigata kuni 25 mm paksusi lehti.

Lõikamine õõtsuvate (kiikuvate) nugadega kääridega. Sellesse liiki kuuluvad vibratsioonkäärid (tüüp 34). Nad kujutavad endast lühikeste nugadega pinki (joon. 118). Ülemine nuga saab võnkuva liikumise ekstsentrikmehhanismi kaudu. Noa käikude arv minutis ulatub kuni 2500-ni. Lõikamiskiirus on 5 ... 7 m/min. Noa käigu pikkus on võrdne 2 ... 3 mm. Lõigatava teraslehe paksus võib olla 0,5 kuni 2 mm.

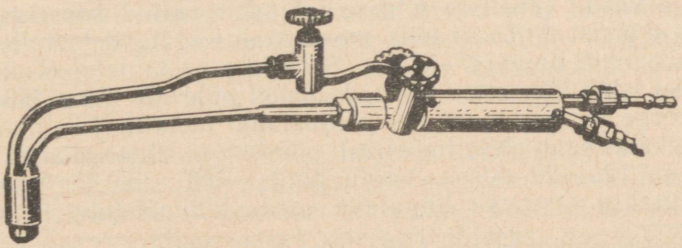
Nendel kääridel saab lõigata välja väga väikese kõverusraadiusega kõverjoonelisi detaile.

32. METALLI GAASIGA LÕIKAMINE

Gaasiga lõikamiseks nimetatakse metalli lõikamist lõikekohta juhitava põleva hapnikujoaga, mis paneb metalli põlema. Gaasiga saab lõigata ainult neid metalle, mille sulamistemperatuur on kõrgem kui hapnikus süttimise temperatuur ja mille oksiidid sulavad madalamal temperatuuril kui metall. Lõikekohas moodustuvad oksiidid puhutakse ära hapniku poolt. Niisugusel meetodil lõigatakse süsinik- ja keskmise süsinikusisaldusega, samuti ka madala süsinikusisaldusega teraseid. Malmi, värvilisi metalle ja nende sulameid ei saa gaasiga lõigata, sest nende sulamistemperatuur on madalam kui süttimistemperatuur, moodustuvad oksiidid on aga väga peeneteralised (tihedad) ega eemaldu ärapuhumisel.

Suure kroomisisaldusega ja roostevabasid teraseid lõigatakse erimeetoditel. Lõikekohas kuumutatakse metall kuni sulamiseni ja siis juhitakse sellesse kohta surve all olev hapnikujuga. Kuumutamiseks võib kasutada atsetüleeni ja teisi gaase, samuti ka bensiini ja petrooleumi segu.

Gaasiga lõigatakse tavaliste gaasikeevitusseadmetega; seejuures keevituspõleti asendatakse lõikamispõletiga (joon. 119), mis annab ette atsetüleeni ja hapniku segu. Lõikamispõletid on universaalsed ja spetsiaalsed. Spetsiaalsete hulka kuuluvad põletid vee all lõikamiseks, aukude väljalõikamiseks jt. Kõrvuti käsitsi lõika-



Joon. 119. Atsetüleeni-hapnikupõleti gaasiga lõikamiseks

misega kasutatakse laialdaselt ka poolautomaatset ja automaatset gaasiga lõikamist, mis tagab lõike hea kvaliteedi, suure tootlikkuse ja küllaldase täpsuse. Universaalsed seadmed lõikavad mööda sirgjoont, piki- ja põikisuunas, mööda ringjoont ja mööda mistahes kõverat, märkjoonte või šablooni järgi.

Veealusel lõikamisel kasutatakse spetsiaalseid kupliga põleteid. Leek põleb kupli all, vesi juhitakse kupli alt ära suruõhu abil. Suurema lõikesügavuse saamiseks suurendatakse suruõhu ja gaasi rõhku.

Gaasiga on võimalik lõigata suure paksusega toorikuid — kuni 400 mm ja rohkem. NSVL rahvamajanduses leiab gaasiga lõikamine üha suuremat kasutamist.

33. METALLI ELEKTRIGA LÕIKAMISE MEETODID

Kõrgeltlegeeritud ja roostevabade teraste ning kõvasulamite, mida tavaliste meetoditega on raske või pole üldse võimalik lõigata, kasutuselevõtmine tingis vajaduse otsida uusi lõikamisviise. Nõukogude Liidus võeti esmakordselt maailmas kasutusele metallide anoodmehaaniline ja elektrisädemega lõikamine.[1] Käesoleval ajal kasutatakse peale nende meetodite veel teisigi metallide elektriga töötlemise viise.

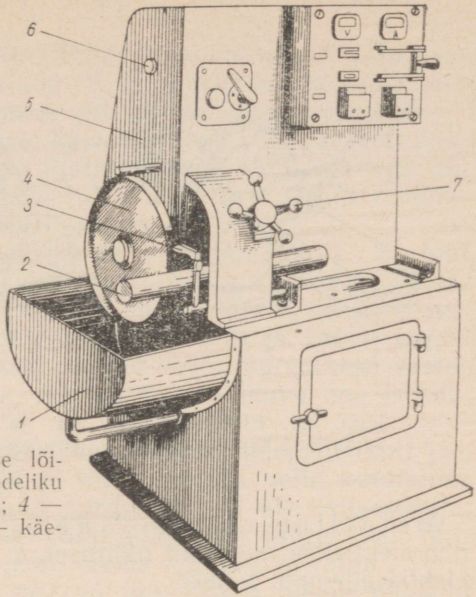
E l e k t r i k a a r e g a l õ i k a m i s t kasutatakse neil juhtudel, kui gaasiga lõikamist pole võimalik kasutada või kui puuduvad vastavad seadmed. Seda kasutatakse teraste, malmi ja värviliste metallide lõikamiseks.

Elektrikaarega lõikamise protsessi olemus seisneb selles, et tänu kõrgele temperatuurile metall sulab tekkinud elektrikaares ja ära voolates (tilkudes) lõikab tooriku läbi. Lõigatakse metallist, söest või grafiidist elektroodidega. Suuremat efekti annab metalli lõikamine metallist elektroodidega; sellisel juhul tagatakse lõigatava metalli tasane pind, väike lõikelaius ja vahelduvvoolu kasutamise võimalus.

Anoodmehaaniline meetod seisneb selles, et lõigatav varras (anood) *2* (joon. 120) kinnitatakse käepidemega *7* kruustangide vahele, mis on ühendatud alalisvooluallika plusspoolusega. Sile lõikav ketas *4* (katood) ühendatakse negatiivse poolusega. Tööriista ja varda vahelisse pilusse juhitakse teatud koostisega töövedelik düüsist *3*. Töövedelik moodustab lõigatava metalli pinnal kile, mis juhib halvasti elektrit. Selle kile eemaldamisel mehaanilisel teel tekib lõikeketta ja varda vahel pidevalt lühis, lõikekohas tekib kõrge temperatuur, mis põhjustabki metalli lõikamist.

Lõikeketas saab elektrimootorilt pöörlemise rihmülekande kaudu; kiirus on 12...20 m/sek. Voolu pinge — 10...30 V. Voolutugevus valitakse vastavalt lõigatava varda läbimõõdule: läbimõõdul

[1] Anoodmehaanilise meetodi töötas välja V. N. Gussev, elektrisädemega lõikamise meetodi aga B. R. Lazarenko ja N. I. Lazarenko.



Joon. 120. Metalli anoodmehaanilise lõikamise pink: *1* — äratöötanud vedeliku paak; *2* — lõigatav latt; *3* — düüs; *4* — ketas; *5* — pendel; *6* — telg; *7* — käepide

10 . . . 20 mm on voolu tugevus 20 . . . 40 A, läbimõõdul 200 . . .250 mm aga 350 . . . 400 A.

Kettad valmistatakse terasest 10 või 15 paksusega 0,5 . . . 0,8 mm, samuti ka katuseplekist ja vasest. Töövedelikuks — elektrolüüdiks anoodmehaanilisel lõikamisel on kaltsium- või naatriumsilikaadi vesilahus (vedelklaas).

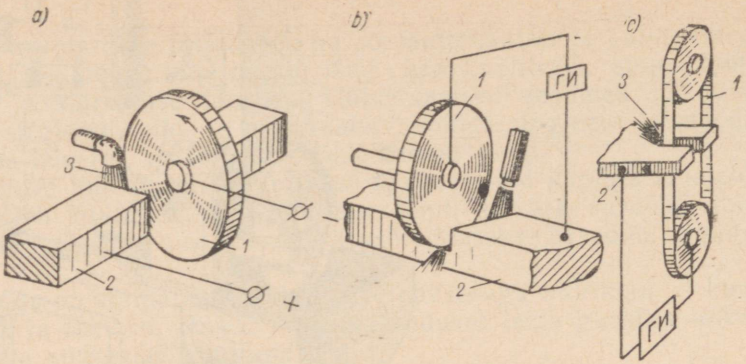
Metallide anoodmehaanilise lõikamise eelised võrreldes mehaanilise meetodiga seisnevad selles, et luuakse võimalus lõigata kõiki metalle, vaatamata nende keemilisele koostisele ja kõvadusele, samuti kõiki kõvasulameid.

Kallis lõikeriist asendatakse odavamaga — terasest kettaga; tunduvalt tõuseb ka lõikamise tootlikkus.

Metallide elektrokontaktlõikamine põhineb selle soojuse kasutamisel, mis eraldub voolu läbiminemisel suurendatud takistusega ahela osast, sageli läbi kontaktide.

Suure surve all kokkupuutuva kahe metallelektroodi — lõikeketta *1* ja lõigatava metalli *2* (joon. 121, *a*) kontaktikohas (lõikekohas) tekib suurenenud üleminekutakistus. Voolu läbiminemisel kontaktikohast metall soojeneb, pehmeneb ja sulab, kergendades tema eemaldamist lõikekohast. Lõiketketta kaitsmiseks sulamise eest pannakse ta pöörlema kiirusega 40 . . . 50 m/sek või jahutatakse.

Kirjeldatud soojuse eraldumise nähtust kasutatakse nii tehnoloogiliste protsesside läbiviimiseks, mis on seotud metalli eemaldamisega (lõikamine, freesimine, lihvimine, teritamine, kuivatamine jne.) kui ka niisugusteks operatsioonideks, nagu kontaktkeevitus jt.



Joon. 121. Elektrikontakt- (*a*) ja elektrisädemeetod (*b*, *c*) metalli lõikamiseks: *1* — lõikav ketas; *2* — toorik; *3* — vedelik

Metallide elektrisädemega töötlemise meetod põhineb elektrilise erosiooni nähtusel, s. t. metalli pinna purustamisel elektrisädemete toimel.

Tööriista ja toorikusse, mida on vaja läbi lõigata, juhitakse kindlaksmääratud tugevuse ja pingega alalisvool. Kui seejärel lõikeketast või -linti — katoodi *1* (joon. 121, *b*, *c*) lähendada toorikule *2* — anoodile, siis teatud kaugusel δ (delta) sellest hakkavad nendevahelisest ruumist elektrivälja mõjul läbi tungima elektronid. Kitsas pilus (umbes 0,05 mm, kui pinge on 220 V ja mahtuvus 300 . . . 400 μF) moodustub intensiivne elektronide voog, mis kannab suurt hulka energiat. Selles kohas tekib kõrge temperatuur, mis sulatab ja isegi aurustab mistahes metalli, mis paisatakse seejuures eemale vedelate osakeste kujul.

Et toorikust (anoodist) väljarebitud metalliosad ei hüppaks tööriistale — katoodile ega moonutaks selle kuju, täidetakse sädemepilu vedelikuga (petrooleum, õli). Vedel keskkond *3* peatab metalliosade liikumise ja eemaldab need töötlemistsoonist.

Elektrisädemega töötlemise meetod kergendab tunduvalt keerukate sisemiste ja välimiste piirjoontega detailide saamist. See meetod võimaldab kergelt töödelda niisuguseid metalle, mida tavaliste lõikeriistadega on raske töödelda.

34. PRAAK METALLI LÕIKAMISEL JA OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD

Metalli lõikamisel on praagi peamisteks põhjusteks metalli viltu lõikamine; märkimisel mittekinnipidamine joonisel antud mõõtmetest või lõikamine mitte mööda märkjoont; lõigatava tooriku kahjustamine vale kinnitamise tõttu kruustangide vahele jt. Käsisaega töötamisel tuleb lõigatav materjal väga kindlalt kruustangidesse kinnitada. Saelehte ei tohi raamis üleliia pingutada,

kuid ka mitte liiga nõrgalt kinnitada. Mõlemal juhul võib saeleht murduda ja töölist vigastada. Eriti tähelepanelik tuleb olla torude lõikamisel, sest murdumise oht sellisel juhul suureneb.

Õhukese metall-lehe lõikamisel käsikääridega võib kergesti haavata vasakut kätt kas lõigatava materjali teravate servadega või vahetult lõiketeradega. Seepärast tuleb lõigatava detaili hoidmisel panna tingimata kätte presentkindad.

Käsikääridega töötamisel tuleb olla eriti ettevaatlik. Ei tohi kasutada nürisid kääre, mis rohkem muljuvad kui lõikavad. Mitte mingil juhul ei tohi töötada kääridega, millel šarniir on lahti tulnud: niisugusel juhul muljutakse samuti metalli ja sageli vigastatakse vasakut kätt. Kangkäärid peavad olema varustatud vastukaaluga või teiste seadmetega, mis väldivad liikuva noa iseeneses allalaskumist.

Metalli lõikamisel giljotiinkääridega tuleb tähelepanelikult jälgida metalli õiget etteandmist ja mitte lubada selle kinnikiilumist. Hädavajalik on paigaldada piirdejoonlaud või kaitsesuruja, eriti kitsaste ribade lõikamisel. Giljotiinkääride jalgpedaal, millega käärid lülitatakse tööle, peab olema kindlalt piiratud.

Ketaskääridega töötamisel peavad lõikekettad olema piiratud spetsiaalsete kilpidega, mis kaitsevad sõrme sattumist töötava noa alla. Kääride hammasratasülekanne kaetakse kattega.

Lintsaagide lindil peab olema kaitse, välja arvatud see osa, mis võtab vahetult osa lõikeprotsessist. Rattad, mida mööda liigub saelint, tuleb piirata külgedelt ja ümberringi. Kiirekäigulistel lintsaagidel peavad olema püüdjad, mis peatavad lindi selle katkemisel.

Metallide lõikamisel anoodmehaanilisel meetodil ja elektrisädemega ei tohi üheaegselt puudutada mõlemaid elektroode, mis asuvad pingi all. Seadme kõigil väljaulatavatel osadel peavad olema kaitsevõrgud. Et vältida käte ja näo põletamist sädeme poolt kuumutatud vedelikuga (petrooleumi, õli), soovitatakse asetada töödeldav toorik vähemalt 5 . . . 6 cm sügavusele. Hädavajalik on ka jälgida, et vedelik ei kuumeneks üle 60° C, ülekuumenemisel aga lülitada vool välja. Töötamisel tuleb ette panna kaitseprillid ja kätte kummikindad.

VI PEATÜKK

METALLI VIILIMINE

35. ÜLDMÕISTEID

Viilimine on lukksepatöö operatsioon, millega eemaldatakse viiliks nimetatava lõikeriista abil tooriku pinnalt metallikiht (töötlemisvaru). Viilimise eesmärgiks on detailidele nõutava kuju, vajalike mõõtmete ja ettenähtud pinnasileduse andmine.

Lukksepatööde praktikas kasutatakse teistest sagedamini järgmisi viilimistöid:

välimiste tasapindade ja kõverjooneliste pindade viilimine;

välis- ja sisenurkade, samuti ka keeruliste või kujupindade viilimine;

süvendite, aukude, soonte ja väljaulatuvate osade viilimine.

Viilimine jaguneb esialgseks ehk jämeviilimiseks ja lõplikuks ehk peenviilimiseks.

Töötlemise täpsus viilimisel on kuni 0,05 mm, üksikutel juhtudel isegi 0,01 mm. Töötlemisvaru ei ole viilimisel suur — 0,5... 0,025 mm.

36. VIILID, NENDE EHITUS JA LIIGITUS

Viiliks nimetatakse karastatud terasest teatud profiiliga paljude väikeste ja teravate hammastega varustatud luisukujulist lõikeriista. Nende hammastega lõikab viil metalli, võttes maha õhukese metallikihi peente viilmete näol.

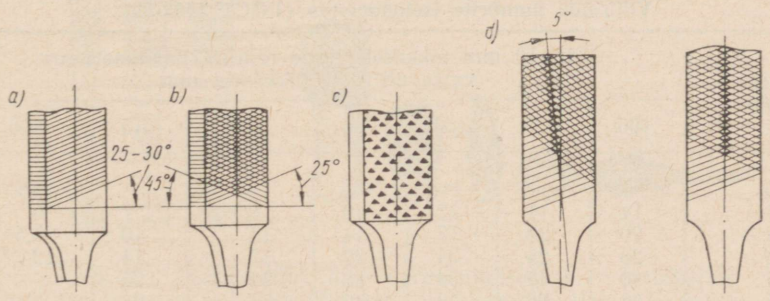
Viilide ehitus. Viili konstruktsioon oleneb raide liigist, hammaste geomeetriast, profiilist ja teistest teguritest. Viili hambad saadakse raiumise, freesimise, kammlõikamise ja treimise teel rullumismeetodiga. Enam levinud mooduseks on hammaste raiumine spetsiaalsetel pinkidel.

Raided viili pinnal moodustavad hambad. Mida vähem on raideid viili pikkuse 10 mm kohta, seda jämedam (suurem) on hammas. Raide kuju järgi eristatakse ühekordse (lihtraide) ja kahekordse (ristraide) raidega, samuti ka raspliraidega viile.

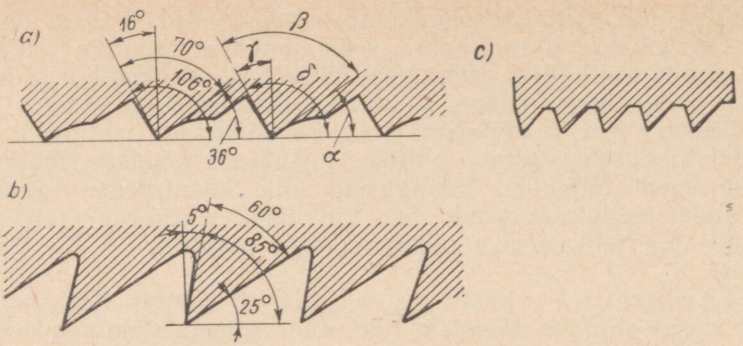
Ühekordse raidega viilid lõikavad metallilt laia, hamba pikkusele vastava viilme, mispärast nendega töötamine nõuab suurt jõukulu. Niisuguseid viile kasutatakse värviliste metallide, tselluloidi, puidu jne. viilimisel. Ühekordne raie moodustab viili teljega risti oleva joonega nurga 25...30° (joonis 122, *a*).

Kahekordse raidega viilidel (joonis 122, *b*) raiutakse algul alumine sügavam raie, mida nimetatakse põhiraideks; selle peale aga ülemine madalam raie, mida nimetatakse abiraideks. Abiraie lõikab põhiraide suureks arvuks üksikuteks hammasteks. Abiraide suund on paremalt alt vasakule üles, põhiraidel aga, mis kujundab hamba profiili, vasakult alt paremale üles, kui vaadata viiliraidele saba poolt. Ristraie peenendab laastu, mis kergendab töötamist. Kahekordse (rist-)raidega viilidel on põhiraie tavaliselt 25° nurga all, abiraie aga 45° nurga all. Samm, s. t. naaberhammaste vahe on põhiraidel suurem kui abiraidel. Selle tulemusena asetsevad hambad sirgjoonel, mis moodustab viili teljega nurga 5° (joonis 122, *d*). Viili liikumisel nende jäljed katavad osaliselt üksteist. Seetõttu ei teki töödeldaval pinnal sügavaid viilijälgi, vaid pind tuleb puhas ja sile.

Raspliraide (joonis 122, *c*) hambad kujundatakse spetsiaalse kujuga raiumismeislite abil. Raspliraide iga järgmine hammas on nihutatud eelmise suhtes poole sammu võrra. See vähendab viilitaval pinnal tekkivate soonte sügavust ja kergendab viilimistööd. Sellise raidega viile kasutatakse pehmete materjalide (puit, kautšuk, kummi, luu jne.) viilimisel. Hariliku raidega viilidega on neid materjale võimatu töödelda, sest nendest materjalidest eralduvad suured viilmed ummistavad viilihambad ning need ei lõika enam. Olenemata raide liigist on viilihambad kiilukuju-



Joon. 122. Viilide raided



Joon. 123. Viili hammaste kuju ja geomeetrilised parameetrid: *a* — viili raiutud hamba kuju ja selle nurgad; *b* — freesitud või lihvitud hammas; *c* — kammlõikamise teel saadud hammas

lised teritusnurgaga β, taganurgaga α, esinurgaga γ ja lõikenurgaga δ (joonis 123, *a*).

Esinurgaks γ nimetatakse nurka hamba esitahu ja tasapinna vahel, mis läbib hamba tipu ja on risti viili teljega. Esinurk on piirides +10 ... —16°.

Teritusnurgaks β nimetatakse viilihamba esi- ja tagatahu vahel olevat nurka.

Taganurgaks α nimetatakse nurka, mis tekib hamba tagatahu ja viilitava pinna vahel. Viilihamba taganurga suurus ei ole standardiga kindlaks määratud. *Lõikenurk* δ tekib hamba esitahu ja viilitava pinna vahel.

Lukksepatööde praktikas on välja kujunenud järgmised viilihammaste nurgad:

1) raiutud hammastega viilidele γ on negatiivne — kuni —16°, β=70°, α=36°, δ=106°;

Tabel 7

Viiliraide numbrite iseloomustus (ГОСТ 1465-59)

Raide number	Viili 10 mm pikkusele osale raiutud hammaste arv vastavalt viili pikkusele mm						
	100	125	160	200	250	315	400
0	—	—	—	—	—	—	4,5
1	14	14	12	10	8,5	7	6
2	20	20	17	14	12	10	8,5
3	28	28	24	20	17	14	12
4	40	40	34	28	24	20	—
5	56	56	48	40	34	28	—

2) freesitud ja lihvitud hammastega viilidele (joonis 123, *b*) $\gamma = 2 \ldots 10°$, $\beta = 60 \ldots 65°$, $\alpha = 20 \ldots 25°$, $\delta = 80 \ldots 90°$;

3) kammlõikamise teel saadud hammastega viilidele (joonis 123, *c*) $\gamma = -5°$, $\beta = 55°$, $\alpha = 40°$, $\delta = 95°$.

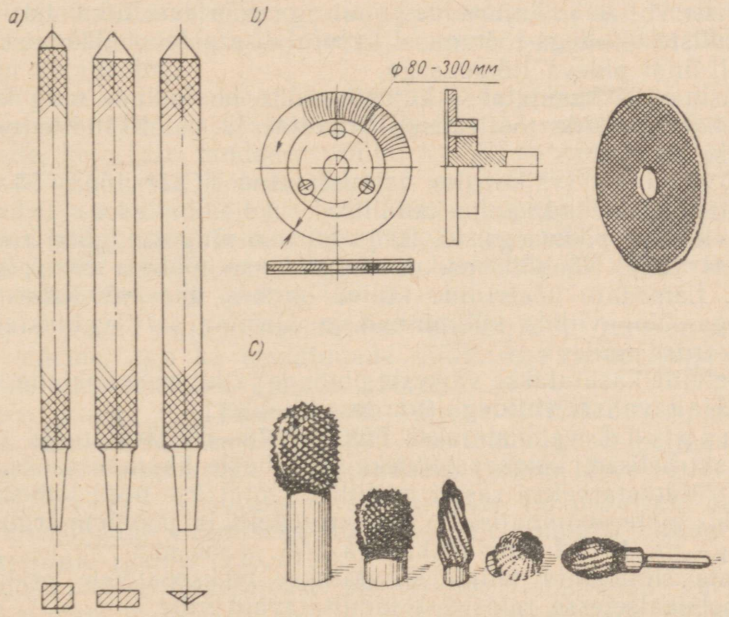
Kammlõikamise teel saadud hammastel on lame tasane süvend. Kammlõikamisega saadud hammastega viilid lõikavad metalli kergemalt kui raiutud hammastega viilid, mis soodustab töötootlikkuse suurenemist. Peale selle peavad niisugused viilid kauem vastu ega ummistu viilmetega.

Viilide liigitus. Viile eristatakse raiete arvu (hammaste suuruse), ristlõike kuju ja pikkuse järgi.

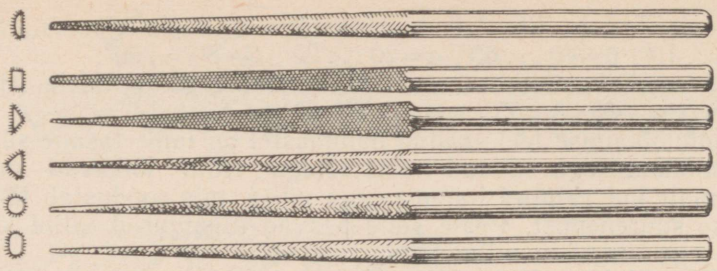
Viilid jaotatakse 10 mm pikkusele osale raiutud hammaste arvu järgi kuude klassi (tabel 7).

Sõltuvalt tehtavast tööst jaotatakse viilid järgmiselt: lukksepaviilid (tavalised ja spetsiaalsed), masinaviilid, nõelviilid ja rasplid.

Tavalisi lukksepaviile valmistatakse ГОСТ 1465—59 järgi kaheksat tüüpi: lamedad (tömbi- ja teravaninalised), neljakandilised, kolmekandilised, poolümmargused, ümmargused, rombikujulised ja noakujulised, pikkusega 100 ... 400 mm ja raidega nr. 0 ... 5. Viilid on kahekordse (rist-)raidega.



Joon. 124. Masinaviilid: *a* — vardakujulised; *b* — kettakujulised ja rakis, kuhu kinnitatakse viil töötamise ajal; *c* — kujupead



Joon. 125. Nõelviilid

Spetsiaalsed lukksepaviilid on ette nähtud suhteliselt suurte töötlemisvarude eemaldamiseks soonte, kuju- ja kõverjooneliste pindade viilimisel; värviliste metallide ja mittemetalliliste materjalide töötlemiseks. Sõltuvalt tehtavatest töödest jaotatakse seda tüüpi viilid sooneviilideks, ovaalsete servadega lameviilideks, koorimisviilideks, kahe otsaga viilideks jne.

Masinaviilid (joonis 124) jagunevad ehituse poolest varda-, plaadi- ja kettakujulisteks ning kujupeadeks. Töötamisel vardakujuliste viilidega kasutatakse edasi-tagasi liikumist, kettakujuliste viilide ja kujupeade puhul aga pöörlevat liikumist; plaadikujuliste viilidega töötamisel kasutatakse pidevat liikumist koos metall-lindi pideva liikumisega.

Masinaviile kasutatakse kujusüvendite ja -aukude ning kõverjooneliste pindade töötlemisel, kraadide ja valulisandite eemaldamisel.

Nõelviile (väikeviile) valmistatakse ГОСТ 1513—53 järgi 10 tüüpi: lamedad, kolmekandilised, neljakandilised, ovaalsed, nugaviilid jt. pikkusega 40, 60 ja 80 mm ning kuut liiki raidega (joonis 125). Nõelviili pikkus määratakse töötava osa pikkuse järgi. Lamedate nõelviilide küljed on kas ühe- või kahekordse raidega. Nugaviilide külgpinnad ja ülemine serv valmistatakse kahekordse raidega.

Nõelviile kasutatakse väikeste pindade ja kitsaste kohtade, kuhu ei pääse tavaliste viilidega juurde, viilimisel.

Raspleid valmistatakse ГОСТ 6876—54 järgi nelja tüüpi: üldotstarbelised, kingsepatöödeks ja hobuste kapjade jaoks. Sõltuvalt üldotstarbelise raspli profiilist jaotatakse need lamedateks (tömbi- ja teravaninalised), ümmargusteks ja poolümmargusteks raidega nr. 1 . . . 2 ning pikkusega 250 . . . 350 mm.

Peale siintoodud viilide kasutatakse lukksepatööde praktikas ka spetsiaalsetesse rakistesse kinnitatavaid viile.

37. VIILIDE VALIK, HOOLDAMINE JA NÜRINENUD VIILIDE TAASTAMINE

Viilide valik. Ühte või teist klassi viili kasutamine sõltub tehtava töö iseloomust, töötlemisvarust, nõutavast täpsusest ja pinnakaredusest. Jämeviilimiseks (töötlemisvaru kuni 1,0 mm) kasutatakse koorimisviile — ruudukujulise ristlõikega viilid, millel on väga jäme raie (4,5 ... 7 raiet 10 mm pikkuse kohta).

Toorikute jämeviilimiseks (töötlemisvaru kuni 0,5 mm) kasutatakse jämeviile, mis võimaldavad ühe lükkega võtta maha metallikihi paksusega 0,08 ... 0,15 mm.

Peenviile kasutatakse pindade silumiseks (pärast eelnevat töötlemist koorimisviilidega), kui on vaja eemaldada kuni 0,15 mm töötlemisvaru. Peenviilidega saab ühe lükkega eemaldada 0,05 ... 0,08 mm töötlemisvaru; seejuures saadakse pinnakaredus, mis vastab 7 ... 8 pinnasiledusklassi nõuetele.

Sametviile kasutatakse täpsematel viimistlustöödel, detailide omavahelisel sobitamisel, pindade soveldamiseks ja lihvimiseks täpsusega 0,01 ... 0,0005 mm. Ühe lükkega mahavõetava metallikihi paksus on 0,01 ... 0,03 mm. Pinnakaredus vastab seejuures 9 ... 12-ndale pinnasiledusklassile.

Nõelviilid on ette nähtud väga täpseks ja peeneks tööks, põhiliselt kasutatakse neid instrumentaaltsehhides. Nende abil viilitakse šabloonidesse kujuauke ja -sooni, soveldatakse ühendatavaid detaile jne.

Viili kuju valik oleneb töödeldavate pindade kujust.

Lameviile kasutatakse välimiste ja sisemiste lamedate pindade, kumerate pindade, samuti ka 90°-se nurga all olevate pindade viilimiseks (joonis 126, *a*, *b* ja *g*).

Nelikantviilidega viilitakse ruudukujulisi täisnurkseid aukusid ning sooni lameviiliga ligipääsmatutes kohtades. Nelikantpeenviile kasutatakse sagedasti sisemiste ja välimiste nurkade puhastamiseks (joonis 126, *c*).

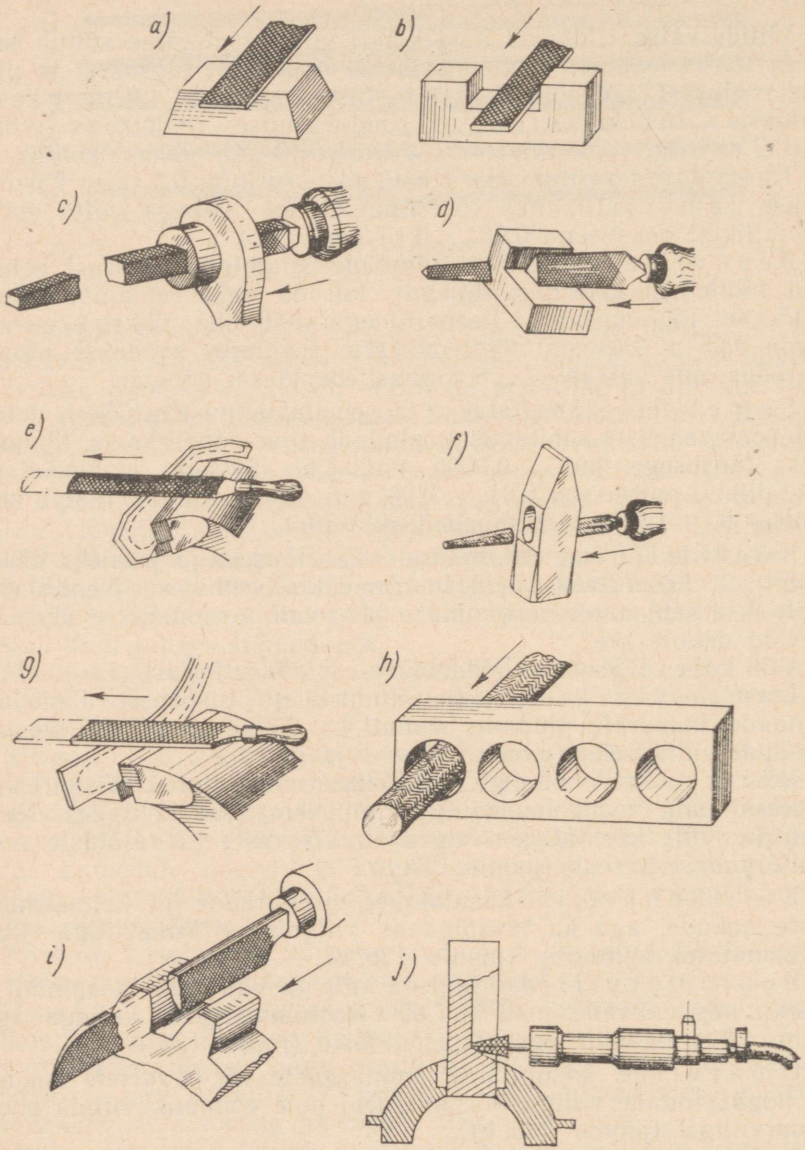
Kolmkantviile kasutatakse sisenurkade ja kolmekandiliste aukude, aga ka tasapindade viilimiseks lameviiliga ligipääsmatutes kohtades (joonis 126, *d*).

Poolümarviilide lameda küljega viilitakse tasapindu ja nurki, mis on väiksemad kui 60°. Poolümmarguse küljega aga suure kõverusraadiusega nõguspindasid (joonis 126, *e* ja *f*).

Ümarviile kasutatakse ümmarguste või ovaalsete aukude ja nõguspindade viilimiseks, kui neid pole võimalik viilida poolümarviiliga (joonis 126, *h*).

Nugaviile kasutatakse sisenurkade (suuremad kui 10°), kiilukujuliste ja kitsaste soonte, aga ka tasapindade viilimiseks kolmekandilistes, ruudukujulistes ja täisnurksetes aukudes (joonis 126, *i*).

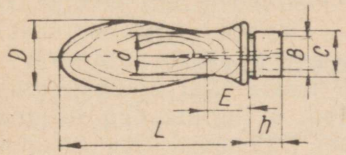
Masinaviile, näiteks kujupeasid, kasutatakse stantside ja



Joon. 126. Erineva kujuga viilide kasutamise näiteid

Tabel 8

Viilide puidust käepidemete mõõtmed



Viili pikkus mm	Käepideme mõõtmed mm						
	h	*B*	*C*	*d*	*E*	*D*	*L*
100... ...125	20	20	25	22	19	33	96
160... ...200	20	30	35	25	21	37	105
250... ...315	20	35	40	25	22	40	113
315... ...400	20	35	40	27	25	43	124

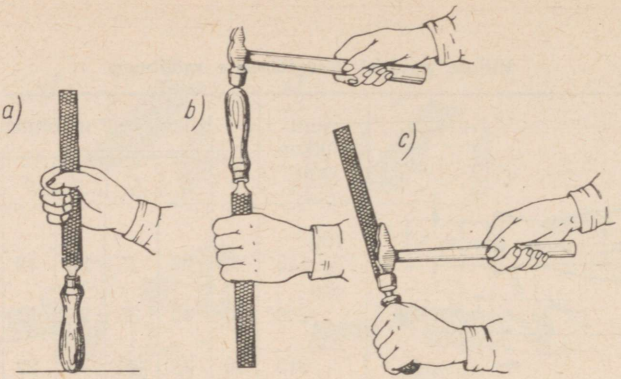
mudelite valmistamisel põhiliselt kujuaukude ning -soonte jne. viilimiseks (joonis 126, *j*).

Viilide käepidemed. Et töötamisel oleks viili mugavam ja ohutum käes hoida, kinnitatakse viili sabale tihedast puidust (kask, pärn, vaher, saar) või pressitud paberist käepide. Käepideme pikkus valitakse vastavalt viili suurusele. Tavaliselt on käepide poolteist korda viilisabast pikem. Käepideme väline pind peab olema sile ja puhas. Käepideme soovitatavad mõõtmed on toodud tabelis 8.

Selleks et käepide ei läheks otsapanekul lõhki, asetatakse käepideme kaelale metallrõngas. Viilisaba jaoks puuritakse käepidemesse auk, seejärel põletatakse see üle vana viili sabaga. Käepideme otsapanekuks pistetakse viilisaba käepideme auku ja käepideme pead lüüakse vertikaalsete löökidega vastu töölauda või kruustange (joonis 127, *a*). Real juhtudel pannakse käepide otsa nii, nagu on näidatud joonisel 127, *b*. Et käepidet viili otsast ära võtta, lüüakse vasaraga kaks-kolm korda nõrgalt vastu käepideme viilipoolset otsa (joonis 127, *c*).

Nõuded viilide kvaliteedile. Viili madal kvaliteet muudab detailide töötlemisprotsessi keerulisemaks. Põhilised nõuded viilidele oleksid järgmised.

1. Neil ei tohi olla silmaga nähtavaid kõverdumisi.
2. Raie peab olema terav, ühesuguse sammu ja sügavusega, õige ja puhas.
3. Viilide pind peab olema ilma pragudeta, roosteplekkideta, oksüüdikileta, kriimustusteta.
4. Viilid ei tohi ühe meetri kõrguselt puitpõrandale kukkudes puruneda.
5. Vastu alasit lüües peab viil andma puhta heli.



Joon. 127. Viilisaba otsapaneku ja äravõtmise võtted

6. Viilisaba peab olema sirge.
7. Viilisaba telg peab langema kokku viili enda teljega.

Viilide hooldamine. Viili kasutamisiga oleneb esmajärjekorras viili valmistamise kvaliteedist. Mida teravamad on hambad ja mida kõvemaks viil on karastatud, seda kauem ta õige käsitsemise korral töötab.

Viili kasutamiseale avaldab muidugi mõju ka töödeldava materjali kõvadus. Viilid kuluvad kiiresti kõvadest terastest ja sulamitest valmistatud detailide, valukooriku ja tagiga kaetud pindade viilimisel.

Uue viili hammastel on teravad kisud. Kõva metalli viilimisel murduvad need kisud kiiresti ning viil nürineb enneaegselt. Sellepärast ei ole soovitatav kasutada uut viili kõvadest terastest või sulamitest valmistatud detailide viilimiseks; algul on tarvis viilida sellega pehmet terast või värvilisi metalle.

Ja ainult siis, kui kisud on hammastelt täielikult ära kulunud, võib üle minna kõvemate metallide viilimisele.

Peenviili ei tohi kasutada pehmete metallide (vask, tina jms.) viilimiseks, sest nende metallide viilmed ummistavad kiiresti hammaste vahed ja viil hakkab siis ainult libisema mööda töödeldavat pinda ega võta viilmeid. Viili ummistumise vältimiseks pehmete ja sitkete metallide viilmetega on soovitatav viili määrida kriidiga, alumiiniumi viilimisel aga steariiniga. Selleks et pikendada viilide kasutamisiga, tuleb neid hoida löökide eest, mis võivad vigastada viilihambaid. Viile tuleb hoida puitalustel ning jälgida seejuures, et nad omavahel kokku ei puutuks. Viile tuleb hoida vee ja niiskuse eest, mis võib tekitada korrosiooni. Samuti tuleb neid hoida ka selle eest, et tööpindadele ei satuks õli, sest määrdeained vähendavad viili lõikevõimet; selsamal põhjusel ei tohi viili pühkida käega. Ei tohi lubada mustuse ja tolmu, eriti abra-

siivtolmu sattumist viilidele. Aeg-ajalt tuleb viile puhastada viilmetest.

Viilide taastamine. Nürinenud viile ei visata ära, vaid need kogutakse kokku ning saadetakse ümberraiumisele või taastatakse mõnel teisel viisil. Tugevasti kulunud või murdunud hammastega viilid kuuluvad ümberraiumisele. Nürinenud viilihambaid teritatakse kas keemilisel või elektrokeemilisel teel või kasutatakse selleks liivapritsi.

Keemilist teritusmeetodit saab kasutada igasuguse suurusega ja igat klassi viilide puhul. Eelnevalt tehnilises soolhappes puhastatud ja leelises rasvatustatud viile söövitatakse lahuses, mis koosneb 1 osast lämmastikhappest, 1 osast väävelhappest ja 8 osast veest. Enne tarvitamist söövitatakse lämmastikhapet väikese süsinikusisaldusega terasega vahekorras 45 ... ... 50 g 1 l kohta. Viile teritatakse ühe söövitusega, mis kestab 8 ... 10 minutit. Pärast taastamist (söövitamist) tuleb viilid puhastada, neutraliseerida ja korrosioonivastaselt töödelda.

Elektrokeemilise teritusmeetodi puhul asetatakse eelnevalt puhastatud viil happelisse vanni (väävelhapet 11%, lämmastikhapet 9% ja vett 80% vanni mahust) ning ühendatakse plusspoolusega (katoodiks on alumiiniumist või roostevabast terasest plaadid). Madala pingega alalisvoolu ja happe mõjul viilihambad terituvadki.

Liivajoaga teritamisel alluvad viilihambad 5 ... ... 7 mm läbimõõduga düüsist 3 ... 5 kG/cm² rõhu all tuleva peene liiva joa toimele. Algul juhitakse juga viilihammastega risti, et puhastada hambavahed mustusest ja viilmetest, seejärel suunatakse liivajuga hamba tugitahuga risti, millega toimubki viilihammaste teritamine.

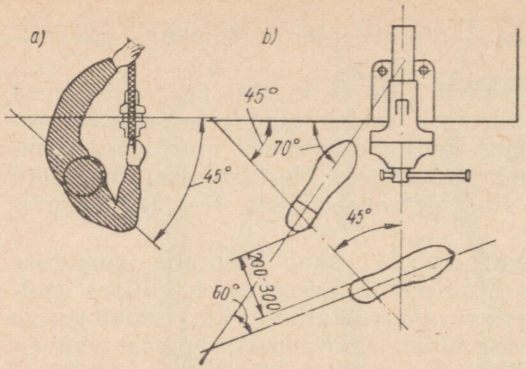
Liivajoa liikumise kiirus piki viili telge oleneb hammaste nürinemisastmest. 300 ... 400 mm pikkuse ja raidega nr. 1 viili puhul kestab läbimine 15 ... 20 sekundit.

Järk-järgult muutuvad viilihambad, vaatamata nende taastamisele, väiksemateks ning seetõttu tuleb aegajalt viilid ümber raiuda, mille tarvis eelnevalt kõik vanad hambad eemaldatakse. Viile raiutakse ümber tavaliselt pärast kahekordset eespool kirjeldatud viisidel teritamist. Viile võib ümber raiuda kuni kaks-kolm korda. Pärast ümberraiumist on viilidel peaaegu sama tootlikkus ja püsivus mis uutel viilidel.

38. VIILIGA TÖÖTAMISE ÜLDREEGLID

Viilimise edukus oleneb tooriku õigest kinnitamisest kruustangide vahele, töötaja keha, jalgade ja käte õigesti valitud asendist ning otstarbekatest tööliigutustest.

Detail kinnitatakse kruustangide vahele selliselt, et töödeldav pind ulatuks kruustangide pakkidest 5 ... 8 mm kõrgemale.



Joon. 128. Töötaja asend viilimisel: *a* — vaade ülevalt; *b* — jalgade asend

Töötaja asend kruustangide suhtes sõltub viilimise iseloomust. Mugavamaks asendiks tuleb lugeda niisugust, kus töötaja keha moodustab kruustangide pakke läbiva sirgega 45°-se nurga (joonis 128, *a*). Lukksepa vasak jalg peab olema asetatud viili liikumise suunas ettepoole umbes 150 ... 200 mm kaugusele töölauast, parem jalg aga jäetud umbes 200 ... 300 mm tahapoole selliselt, et jalalabade keskjoonte vaheline nurk oleks tavaliselt 60 ... 70° (joonis 128, *b*).

Kui viilile tuleb suruda suure jõuga, näiteks paksude metallikihtide mahavõtmisel, siis asetatakse parem jalg vasakust 500 ... ... 700 mm kaugusele, mis sel juhul on põhiliseks toeks. Kui viilile surutakse nõrgalt, näiteks plankimisel või detaili pindade viimistlemisel, siis asetatakse jalad peaaegu kõrvuti.

Viili «haaramise» võtetel on oluline tähtsus. Viil tuleb võtta parema käega nii, et käepideme ots toetuks vastu peopesa; pöial asetseb käepideme peal, ülejäänud sõrmed haaravad aga käepidet altpoolt (joonis 129, *a*). Vasak käsi asetatakse peopesaga viilile risti, 20 ... 30 mm kaugusele viili otsast. Sõrmed peavad seejuures olema poolkõverdunud; nad ei hoia viili, vaid ainult suruvad sellele (joonis 129, *b* ja *c*). Vasaku käe küünarnukk peab olema pisut üles tõstetud. Parem käsi küünarnukist kuni randmeni peab olema viiliga ühel sirgel.

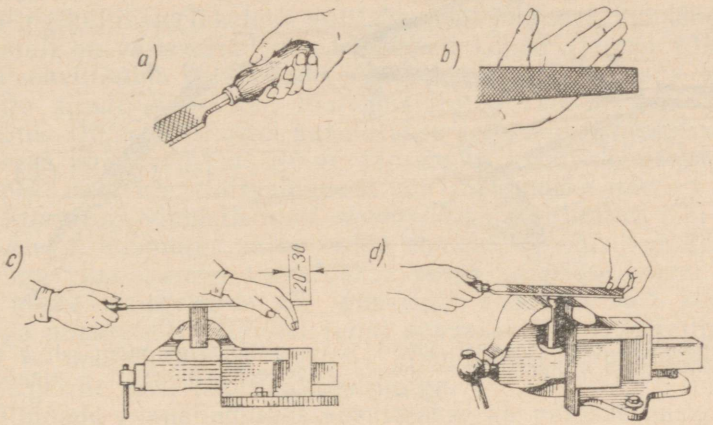
Plankimisel, kui viilimine toimub ilma märkimisväärse jõuta, võib suruda viili otsale mitte peopesa, vaid ainult vasaku käe pöidlaga (joonis 129, *d*).

Viilimisel tuleb viilile suruda ainult selle edasiliikumisel. Viili liikumise algul peab vasaku käe surve olema maksimaalne, paremal käel aga minimaalne. Viili edasiliikumisel on vaja suurendada parema käe survet, vasaku käe survet aga vähendada (vt. jõudude diagrammi joonisel 130, *a*).

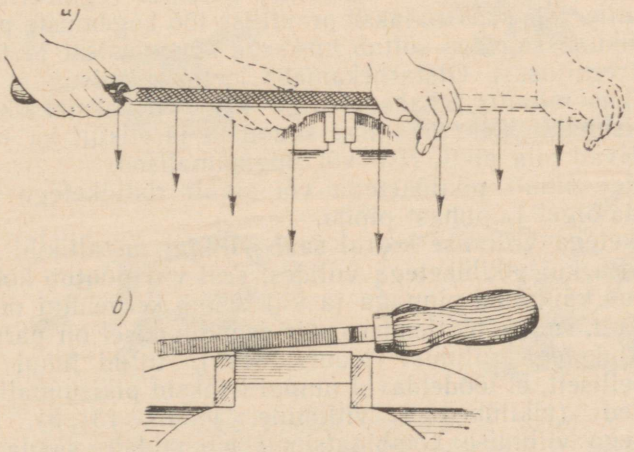
Kui suruda viilile ühtlase jõuga, siis töökäigu algul kaldub alla käepidemega ots, töökäigu lõpul aga — esimene ots. Seejuures

viil ümardab viilitava pinna servasid. Real juhtudel võivad ümardused tekkida teistest põhjustest, nagu näiteks tooriku üleliia sügav kinnitamine lameda tõusuga pakkidega kruustangide vahele (joonis 130, *b*). Sel juhul eemaldub viil tooriku pinnast, mis tingibki ümarduste tekkimise.

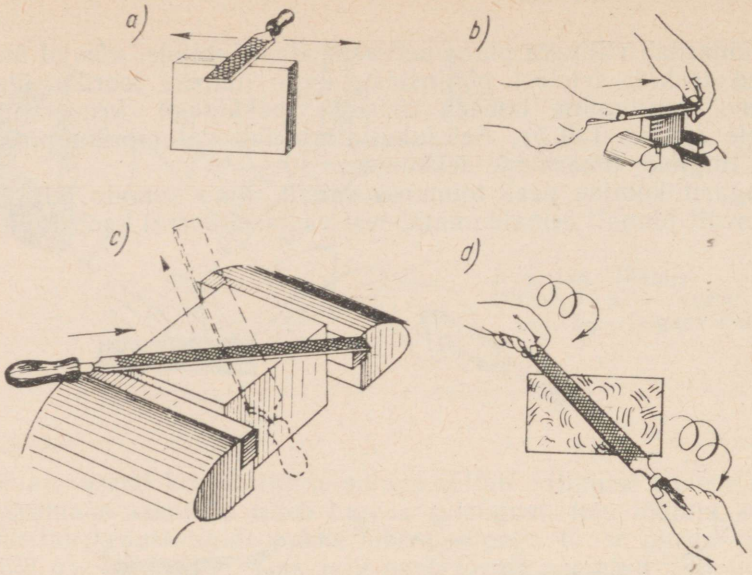
Tagasiliikumine peab toimuma vabalt, ilma surveta, viili töödeldavalt pinnalt eemaldamata, sest vastasel korral kaob tugi, toe



Joon. 129. Viili hoidmine («haaramine»): *a* — parema käe asend; *b*, *c* — vasaku käe asend viilil; *d* — vasaku käe asend viilil plankimisel



Joon. 130. Viili liikumine viilimisel: *a* — viilile surumise õiged võtted; *b* — ümarduste kujunemine viilimisel



Joon. 131. Viili liikumise suund: *a* — ristlüketega viilimisel; *b* — pikilüketega viilimisel; *c* — mööda diagonaale viilides; *d* — ringikujuliselt viilides

kaotamisega aga kaob ka kindlus viili õigeks asendiks järgneva tööliikumise tarvis. Tasapindade viilimisel tuleb viili mitte ainult ettepoole lükata, vaid samaaegselt ka külgsuunas nihutada (paremale või vasakule), et kogu tasapinnalt maha viilida ühtlane metallikiht. Viilimise kvaliteet sõltub oskusest reguleerida survejõudu viilile, mis saavutatakse praktilise töö kogemuste põhjal.

Viili liikumissagedus sõltub lukksepa kogemustest ja tema füüsilisest treenitusest. Otstarbekamaks loetakse niisugust viilimise tempot, kus minutis tehakse viiliga 40 . . . 60 kaksikkäiku.

Viilimisviisid. Viili liikumise suund ja järelikult ka töötlemisjäljed võivad olla piki-, rist- või ringsuunalised.

Töötades ainult pikilüketega või ainult ristlüketega on raske saavutada õiget ja puhast pinda.

Ristlüketega viilimise korral saab viiliga metallikihi kiiremini maha võtta kui pikilüketega viilides, sest viil puutub kokku viilitava pinna väiksema pinnaga ja viil lõikub kergemini metalli.

Järelikult, suurte töötlemisvarude eemaldamisel on parem kasutada ristlüketega viilimist (joonis 131, *a*). Antud juhul võib viilida ka selliselt, et töödeldaval pinnal tekiksid pikisuunalised töötlemisjäljed (pikilüketega viilimine, joonis 131, *b*). Rist- ja pikilüketega viilimise kombinatsioon võimaldab saada servade vajaliku sirgjoonelisuse pikisuunas.

Tasapindade töötlemisel on suur tootlikkus ja hea pinna kvali-

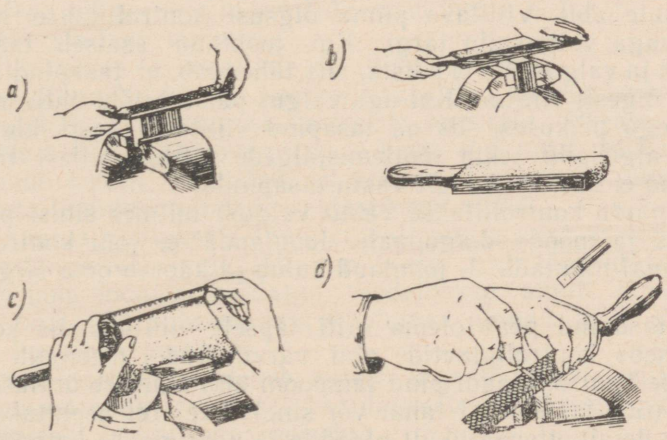
teet saavutatud kaldlüketega viilimisel (ristuvad töötlemisjäljed); viili liikumise suund on nurgast nurka vaheldumisi üht ja teist diagonaali mööda (joonis 131, *c*). Tavaliselt viilitakse algul paremalt vasakule kruustangide pakkidega 35...40°-se nurga all, seejärel vasakult paremale. Ristuvate töötlemisjälgedega viilimisel peab tooriku pinnal olema kogu aeg võrk, mis tekitatakse viilihammaste poolt. Selle võrgu järgi kontrollitakse töö kvaliteeti; võrgu puudumine mõnes kohas näitab viili valet asendit selles kohas.

Ringikujuliste lüketega viilitakse neil juhtudel, kui töödeldavalt pinnalt on vaja eemaldada kõrgemad kohad (joonis 131, *d*).

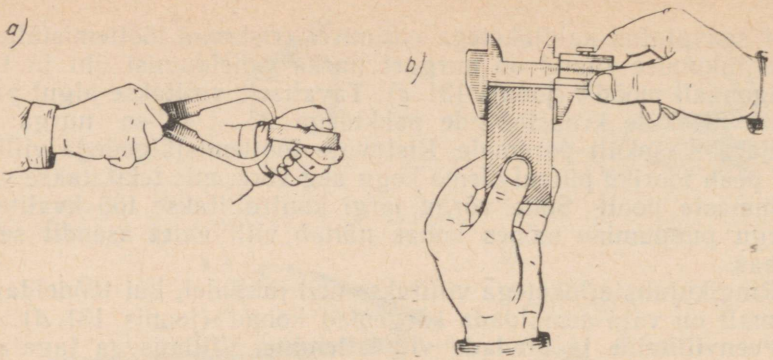
Peenviilimine ja pindade viimistlemine. Viilimisega tagatakse mitte ainult ettenähtud töötlemistäpsus, vaid ka vajalik pinna puhtus. Jämetöötlemisel kasutatakse jämeviili, täpsemaks töötlemiseks aga peenviili. Kõige täpsemaks viimistlemiseks kasutatakse sametviile, smirgelpaberit või -riiet, luiske jms.

Tasapinna viimistlemisel sametviilidega viilitakse piki- ja ristlüketega, kusjuures surve viilile on nõrk (joonis 132, *a*). Pärast viiliga viimistlemist töödeldakse pinda vajaduse korral luiskude ja peene smirgelriide või -paberiga. Töödelda võib kuivalt või õliga niisutatult. Esimesel juhul saadakse läikiv metallipind, teisel — poolmatt pind. Vase ja alumiiniumi viimistlemisel tuleb smirgelriie sisse hõõruda stearііniga.

Pindade viimistlemiseks kasutatakse ka puidust luiske nendele liimitud smirgelriidega (joonis 132, *b* ja *c*). Real juhtudel keeratakse smirgelriie lameviili ümber.



Joon. 132. Viilitud pindade viimistlemise võtted: *a* — viimistlemine viiliga; *b* — puidust luisuga; *c* — nõgusa pinna viimistlemine smirgelriidega; *d* — viili puhastamine kammiga



Joon. 133. Tasapindade paralleelsuse kontrollimise võtted: *a* — välismõõdikuga; *b* — ninkmõõdikuga

Viilide puhastamiseks viilmetest kasutatakse nii terasharju kui ka teras- või messingtraadist laiaks taotud otsaga kamme (joonis 132, *d*). Kautšuki, fiibri ja puidu viilimisel ummistunud viilid asetatakse eelnevalt 15 ... 20 minutiks kuuma vette ning puhastatakse seejärel terasharjaga. Õliseid (rasvaseid) viile puhastatakse alguses kõva kasesõetükiga piki raiet hõõrudes, seejärel aga terasharjaga. Kui selline puhastamine on väheefektiivne, siis tuleb viili pesta kuumas seebikivi lahuses, puhastada terasharjaga, pesta vees ja kuivatada.

Tasapinna mõõtmine viilimisel. Viilimise kvaliteeti kontrollitakse kontrolljoonlaudade, kontrollplaatide, nurgikute ja välismõõdikute abil. Viilitava pinna õigsust kontrollitakse kontrolljoonlauaga valguspilu järgi. Kui joonlaud asetseb tasapinnal tihedalt ja valgus läbi ei paista, siis tähendab, et tasapind on siledalt ja õigesti viilitud. Kui aga valgus paistab läbi ühtlaselt joonlaua kogu pikkuses, siis on tasapind viilitud õigesti, kuid jämedalt. Valguspilu tekib töötlemisjälgede tõttu, millest tingituna joonlaud ei asetse tihedalt vastu tasapinda.

Tasapindu kontrollitakse vastu valgust mitmes sihis: pikisihis, ristsihis ja mööda diagonaale. Joonlauda ei tohi kontrollitaval tasapinnal nihutada — joonlaud kulub ja kaotab oma sirgjoonelisuse.

Kui tasapind peab olema eriti täpselt viilitud, siis kontrollitakse seda kontrollplaatide abil värvilaikude meetodil. Selleks kaetakse kontrollplaadi pind tampooni abil õhukese ühtlase värvikihiga (õlis lahustatud tahm või sine). Seejärel asetatakse kontrollitav detail ettevaatlikult plaadile ja nihutatakse kergelt mööda kogu plaadi pinda. Pärast detaili äravõtmist plaadilt jääb detaili väljaulatuvate osade külge värvi. Ja nimelt just neid värviga kaetud väljaulatuvaid kohti tuleb täiendavalt viilida. Kontrollitakse seni, kuni saadakse ühtlaste värvilaikudega kaetud pind.

Neil juhtudel, kui detaili kaks kõrvuti asetsevat tasapinda peavad olema viilitud teineteise suhtes teatud kindla nurga all, kasutatakse kontrollimiseks nurgikuid.

Kahe tasapinna paralleelsuse kontrollimiseks kasutatakse välis- ja sisemõõdikuid ning nihkmõõdikut. Paralleelsete tasapindade vaheline kaugus peab olema igas kohas ühesugune. Välismõõdikut hoitakse parema käega šarniirühenduse seibist (joonis 133, *a*). Kontrollimisel seatakse välismõõdiku harude vahe täpselt vastavaks kaugusele ühes mingis kohas ja nihutatakse välismõõdikut mööda kogu pinda. Kui välismõõdiku harud libisevad mööda tasapindu kerge hõõrdumisega, siis on need tasapinnad omavahel paralleelsed.

Kontrollitava detaili külgede paralleelsuse kontrollimisel või külgedevahelise kauguse mõõtmisel nihikmõõdikuga võetakse detail vasakusse kätte, nihkmõõdik aga paremasse; parema käe pöidlaga nihutatakse mõõteriista liikuv raam tihedalt vastu detaili ja kinnitatakse vastava kruvi abil (joonis 133, *b*). Seejärel asetatakse detail teise otsaga nihiku haarade vahele. Lõtku olemasolu näitab seda, et üks külg on teisest väiksem.

39. VIILIMISE LIIGID

Sagedamini esinevateks viilimise liikideks lukksepa praktikas on:

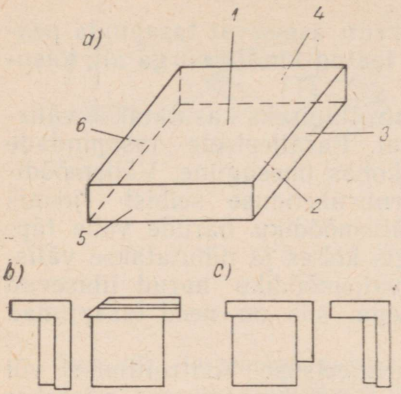
a) tasapindade viilimine;
b) nurga all asetsevate pindade viilimine;
c) kõverpindade viilimine;
d) silindriliste ja kooniliste detailide viilimine.

Enne viilima hakkamist kontrollitakse, kas töötlemisvaru kindlustab detaili valmistamist vastavalt joonisele. Pärast tooriku mõõtmete kontrollimist määratakse baas, s. t. pind, millest lähtudes toimub detaili valmistamisel selle mõõtmine, ja selgitatakse välja detaili kõikide pindade vastastikune asend.

Viili suurus valitakse selline, et viili pikkus ületaks töödeldava pinna pikkuse vähemalt 150 mm võrra. Kui töödeldava pinna karedus pole joonisel näidatud, töödeldakse ainult jämeviiliga. Kui on nõutavad puhtamad ja siledamad pinnad, tuleb lõppviilimiseks kasutada peenviile.

Viilimise tootlikkus oleneb siirete järjestikkusest, viili õigest kasutamisest ning viilimisel kasutatavatest rakistest (detailide kinnitamiseks ja viili suunamiseks).

Tasapindade viilimine. See viilimise liik on üks keerukamaid lukksepatöö operatsioone. Kui lukksepp on õppinud õigesti viilima sirgjoonelisi tasapindu, oskab ta viilida ka kõiki teisi pindu. Õigesti viilitud sirgjoonelise tasapinna saamiseks tuleb kogu tähelepanu pöörata viili sirgjoonelise liikumise tagamisele. Viilida



Joon. 134. Plaadi viilimine

tuleb ristlüketega (nurgast nurka) 35 ... 40° nurga all kruustangide külgpindade suhtes. Piki diagonaali viilimisel ei tohi viiliga minna tooriku nurkadeni välja, sest siis viili tugipind väheneb ja küljed ümarduvad. Viilimise suunda on vaja tihti muuta.

Vaatleme siirete järjestikkust laiade tasapindade — paralleelsete külgedega täisnurkse plaadi (joonis 134) — viilimisel.

Enne viilimist kinnitatakse detail kruustangide vahele nii, et töödeldav pind asetseks horisontaalselt ja ulatuks 5 ... 8 mm võrra kruustangide pakkidest kõrgemale. Töötlemist alustatakse laiast tasapinnast *1* (joonis 134, *a*), mis võetakse mõõtebaasiks. Jämeviilimiseks kasutatakse lamedaid jämeviile, peenviilimiseks aga lamedaid peenviile. Kui tasapinna viilimine on lõpetatud, võetakse detail kruustangide vahelt ära. Tasapinna õigsust kontrollitakse kontrolljoonlauaga mitmes sihis — pikisihis, ristsihis ja mööda diagonaali. Seejärel viilitakse samamoodi ka teine lai tasapind *2*. Seejuures kontrollitakse tasapindade *1* ja *2* paralleelsust välismõõdiku abil. Asetanud kruustangide vahele kaitsepakid, viilitakse üks kitsastest tasapindadest (külg *3*) ja kontrollitakse seda kontrolljoonlaua ja nurgiku abil tasapinna *1* suhtes (joonis 134, *b*). Seejärel viilitakse küljed *4*, *5* ja *6* (joonis 134, *a*); neid kontrollitakse baaspinna *1* ja esimese külje *4* suhtes (joonis 134, *c*).

Õhukeste detailide kitsaste tasapindade viilimine toob endaga kaasa märkimisväärseid raskusi. Väikesi ja õhukesi detaile (paksusega kuni 4 mm) on raske kruustangide vahele ühtlaselt kinnitada, et saada viilimisel tasast pinda. Töö tootlikkuse tõstmise eesmärgil kasutatakse sel juhul 3 ... 10 detaili kokkuneetimist ühte pakki. Sellise paki viilimine ei erine laiade tasapindadega plaatide viilimisest.

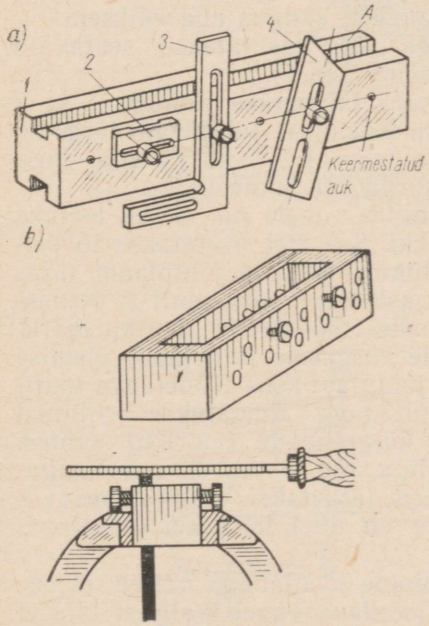
Võib toime tulla ka ilma detailide kokkuneetimiseta, kasutades seejuures viilimisrakiseid. Selliste rakiste hulka kuuluvad viili-

misprismad, seatavad raamid, juhtplaadid, konduktorid jt. Rakiste kasutamine kergendab detailide täpset ülesseadmist ja kinnitamist, mis omakorda lubab lukksepal töötada suurema kindlusega, ilma kartuseta rikkuda töödeldavat pinda või mitte saada vajalikku mõõdet. Rakiste tööpinnad on täpselt töödeldud, karastatud ja lihvitud.

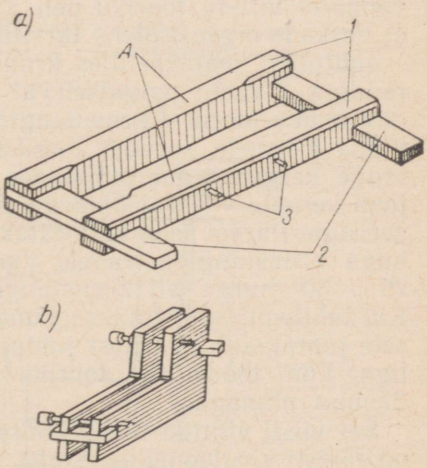
Viilimisprisma koosneb kerest *1* (joonis 135, *a*), mille külgpinna külge on jäigalt kinnitatud kinnitusklots *2*, nurgik *3* ja joonlaud *4*. Nurgikut ja joonlauda kasutatakse töödeldava detaili õigeks ülesseadmiseks, kinnitusklotsi aga detaili kinnitamiseks. Prisma kere tasapind *A* on viili juhtpinnaks.

Töödeldav detail asetatakse juhtpindade vahele nii, et mahaviilitav metallikiht ulatuks üle juhtpindade. Viilimisprisma kinnitatakse kere abil kruustangide vahele horisontaalselt.

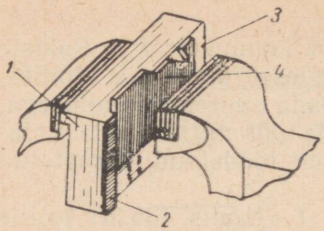
Õhukeste detailide viilimisel kasutatakse ka viilimisraame (joonis 135, *b*). Sellises rakises viilimine väldib ümardusi, sest detail kinnitatakse mitte rakise küljelt, vaid keskkohast. Märgitud toorik paigutatakse raami sisse, surudes seda kergelt vastu sisemist seina raamis olevate kruvidega. Nüüd täpsustatakse ülesseadmist, taotledes toorikul leiduva märkjoone ühtimist raami siseservaga, misjärel pingutatakse kinnituskruvid lõplikult.



Joon. 135. Kitsaste servade viilimine rakiste abil: *a* — viilimisprisma; *b* — viilimisraam



Joon. 136. Seatav raam: *a* — raam; *b* — paralleelsed nurgikud



Joon. 137. Täisnurkse randiga terasplaadi kasutamine viilimisel

Edasi kinnitatakse raam kruustangide vahele ja viilitakse tooriku kitsast pinda kuni raami tööservani.

Seataval raamil on sama ülesanne. Ta koosneb kahest täisnurksest metallklotsist *1* (joonis 136, *a*), mille otstes on sooned, kuhu asetatakse kaks metallklotse ühendavat juhtplaati *2*. Üks täisnurksetest klotsidest on jäigalt ühendatud juhtplaatidega, teine võib liikuda piki juhtplaate esimese metallklotsiga paralleelselt ning seejuures selliselt, et mõlema klotsi ülemised servad (tasapinnad *A*) jäävad ühte horisontaaltasapinda.

Seatav raam tuleb kruustangide vahele asetada nii, et ta toetuks kruustangide pakkide vastu kahe paari metallklotside *1* välimistesse külgmistesse servadesse pressitud tihvtidega *3*. Juhtplaatide vaheline kaugus peab olema kruustangide pakkide vahelisest kaugusest suurem, tihvtide vaheline kaugus aga väiksem.

Toorikute töötlemiseks täisnurga all kasutatakse seatavaid nurgikukujulisi paralleelplaate (joonis 136, *b*).

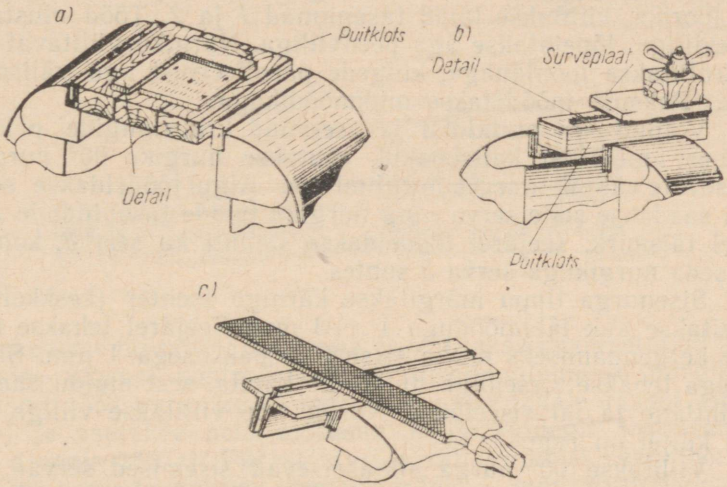
Juhtplaat kujutab endast kahe täisnurkse randiga *1* ja *2* (joonis 137) karastatud terasplaati. Niisuguse juhtplaadi järgi on võimalik viilida tooriku neli külge (serva) 90° nurga alla, ilma et nurkade õigsust oleks tarvilik nurgikuga kontrollida.

Juhtplaat seatakse üles kruustangide vahele nii, et see toetuks randiga *1* vastu paigalseisvat pakki. Seejärel asetatakse töödeldav õhuke toorik *4* kruustangide liikuva paki ja juhtplaadi tasapinna *3* vahele, surudes tooriku baasiserva vastu ranti *2*. Kruustange kergelt kinni pigistades viiakse töödeldava tooriku märkjoon kergete vasaralöökidega ühele kõrgusele juhtplaadi ülemise servaga. Pärast seda kinnitatakse juhtplaat koos töödeldava toorikuga kruustangide vahele lõplikult ning alustatakse viilimist 25...30° nurga all kruustangide külgpindade (tooriku) suhtes. Kui töötlemist alustatakse jämeviiliga, siis jõudes 0,3 mm kaugusele juhtplaadi ülemisest juhtpinnast, jätkatakse viilimist peenviiliga, kuni töödeldava tooriku serv on ühel kõrgusel juhtplaadi ülemise pinnaga.

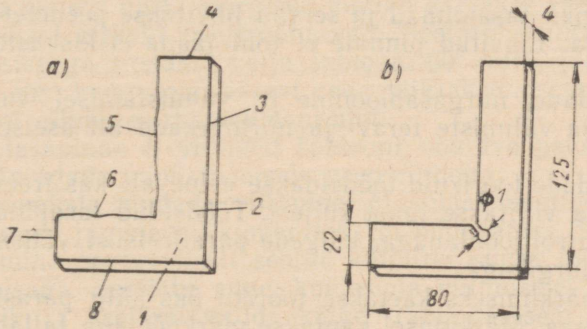
Sel viisil viilitud serva kontrollimine joonlauaga näitab, et see on täiesti sirgjooneline; serva ja joonlaua vahelt valgust läbi ei paista. Teise serva viilimiseks märkjoone järgi seatakse toorik ümber uude asendisse nii, et töödeldud serv toetuks vastu juhtplaadi ranti *2*, märkjoon ühtiks aga juhtplaadi ülemise juhtpin-

naga. Juhtplaadi kasutamisel on võimalik viilida tooriku sirgeid servi ükskõik milliste nurkade all.

Õhukeste toorikute külgpindade viilimiseks kasutatakse kruustangide vahele kinnitatud kõvast puidust klotse, millele asetatakse töödeldav toorik (joonis 138, *a*). Väikesi detaile võib viilida, kasutades vastavaid kinnitusklotse (joonis 138, *b*). Toorikud, mille pikkus ületab kruustangide pakkide pikkuse, kinnitatakse töötlemisel kahe metallnurgiku või puitklotsiga (joonis 138, *c*).



Joon. 138. Õhukeste toorikute ja detailide viilimine: *a* — puidust klotsil; *b* — kinnitusklotside abil; *c* — metallnurgiku abil



Joon. 139. Tasapinnaline lukksepanurgik 90°-se nurgaga: *a* — toorik; *b* — töödeldud nurgik

Nurga all asetsevate pindade viilimine. Välisnurki töödeldakse lameviilidega, sisenurki aga sõltuvalt nende suurusest võib töödelda lamedate, kolmekandiliste, neljakandiliste, rombikujuliste ja nugaviilidega. Seejuures kasutatakse tavaliselt ühe sileda küljega viile, selleks et teise lõikuva pinna viilimisel mitte rikkuda viili raietatud osaga varem viilitud pinda.

90° nurga all asetsevate pindade viilimise näitena vaatleme siirete järjestikkust tasapinnalise lukksepa nurgiku viilimisel (joonis 139).

1. Asetanud puitklotsi kruustangide vahele ja kinnitanud sellele tooriku, viilitakse laiad tasapinnad *1* ja *2*. Tööd alustatakse jämeviiliga, lõpetatakse aga peenviiliga. Nurgiku viilitavat pinda kontrollitakse joonlauaga, külgede paralleelsust aga välismõõdikuga. Paksust mõõdetakse nihkmõõdikuga.

2. Võtnud ära puitklotsi ja asetanud kruustangide pakkidele pehmest metallist kaitsepakid, asutakse nurgiku 90° nurga all asetsevate välimiste servade viilimisele. Algul töödeldakse serv *3*, kuni saadakse selle serva ning nurgiku laiade tasapindade *1* ja *2* vahel täisnurk; seejärel töödeldakse samuti ka serv *8*, kontrollides seda nurgikuga serva *3* suhtes.

3. Sisenurga tippu märgitakse kärniga tsenter (keskkoht) ja puuritakse auk läbimõõduga 1 ... 3 mm. Seejärel tehakse töötlemise kergendamiseks nurka sisselõige paksusega 1 mm. Saeleht, millega tehakse sisselõige, tuleb üle käiata, sest muidu saadakse ebaühtlane ja lai sisselõige. Nurga tipp viilitakse viiliga, mille ühel küljel on raie.

4. Viilitakse 90° nurga all asetsevad sisemised servad, säilitades seejuures külgede (servade *5* ja *3* ning servade *6* ja *8*) paralleelsuse ja täisnurgad servade *5* ja *6* ning tasapindade *1* ja *2* vahel.

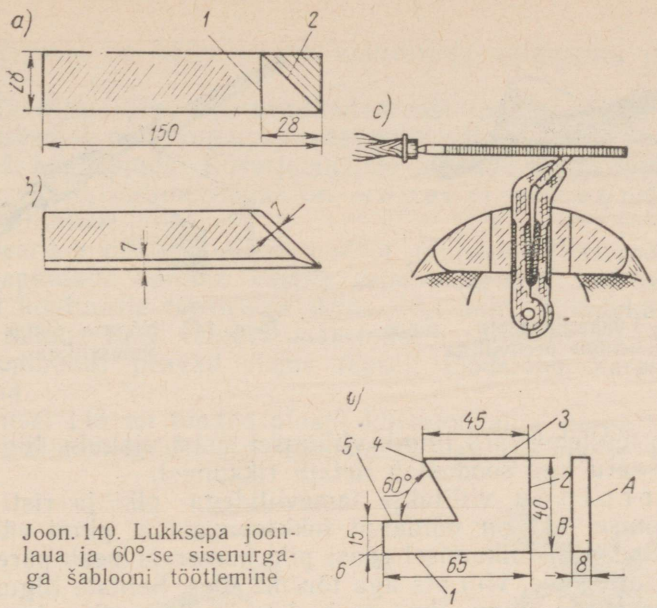
5. Viilitakse otsad *4* ja *7*, pidades kinni mõõtmetest 125 ja 80 mm ning sellest, et nurgiku laiade tasapindade ja servadega peavad otsad risti olema.

6. Nurgiku tasapinnad ja servad lihvitakse peeneteralise smirgelpaberiga. Lihvitud pinnale ei tohi jääda ei kiskusid ega kriimustusi.

Joonlaudade, nurgašabloonide jt. valmistamisel tuleb viilida sisemiste ja välimiste terav- ja nürinurkade all asetsevaid tasapindu.

Joonlaudade toorikuid töödeldakse eelnevalt kas frees- või höövelpingil ja viilitakse igast küljest. Töödeldud tasapindu kontrollitakse kontrolljoonlauaga, külgede paralleelsust välismõõdikuga, otsi aga nurgikuga.

Kalde märkimiseks kaetakse tooriku üks külg pärast viilimist vaskvitrioliga. Märkimisel kantakse märknõelaga tallaga nurgiku abil joonlaua otsast 28 mm kaugusele joon *1* (joonis 140, *a*). Saadud ruudus tõmmatakse mööda diagonaali märkjoon *2*; pärast



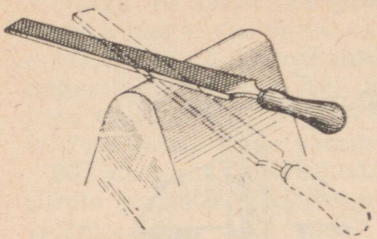
Joon. 140. Lukksepa joonlaua ja 60°-se sisenurgaga šablooni töötlemine

seda saetakse märgitud osa maha ja viilitakse moodustunud kalle. Viilimise õigsust kontrollitakse kontrolljoonlaua ja nurgikuga, millel on 135° nurk. Edasi märgitakse joonlauale faasid (joonis 140, *b*) ja asutakse neid töötlema kaldpakkidega kruustangide vahel (joonis 140, *c*). Pärast faaside väljaviilimist peab joonlaua õhukeste servade paksus olema võrdne 1 mm. Viilimisprotsess lõpetatakse pikisuunalise joone pealekandmisega peenviiliga. Faaside kaldenurka kontrollitakse šablooniga.

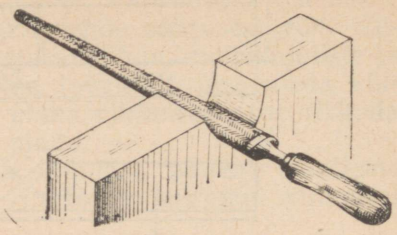
60° sisenurgaga šablooni viilimine toimub järgmiselt: latist lõigatakse maha šablooni toorik; viilitakse puhtaks tasapind *A*, seejärel küljed *1* ja *2*; märgitakse vastavalt nõutud mõõtmetele küljed *3* ja *6* ning nurk. Märgitud pinnad kaetakse vaskvitrioliga, et märkjooned oleksid hästi nähtavad. Seejärel viilitakse küljed *3* ja *6*, käsisaega saetakse välja šablooni 60° nurk, jäädes märkjoontest 1 mm kaugusele; pärast seda viilitakse sisenurga küljed *4* ja *5*, kontrollides nurka šablooni abil.

Pärast tasapinna *B* viilimist šablooni nõutava paksuseni asutakse tasapindade viimistlemisele peenviilidega.

Kõverjooneliste pindade viilimine. Masinaelementide kõverjoonelised pinnad jagunevad kumerateks ja nõgusateks. Selliste pindade viilimine on tavaliselt seotud küllaltki suure töötlemisvaru eemaldamisega. Seetõttu enne, kui asuda viilimisele, tuleb märkida toorik ja seejärel valida kõige ratsionaalsem viis liigse metalli eemaldamiseks: ühel juhul on nõutav eelnev väljasaagimine käsisaega, teisel — väljapuurimine, kolmandal — väljaraiumine jne.



Joon. 141. Lukksepavasara pinni viimistlemine peenviiliga



Joon. 142. Nõgusa pinna viilimine ümarviiliga

Liigne töötlemisvaru tingib viilimisel suurt ajakulu, liiga väike töötlemisvaru aga soodustab detaili rikkumist.

K u m e r p i n d u viilitakse lameviilidega piki ja risti kumerust. Joonisel 141 on näidatud lukksepavasara pinni väljaviilimise võtted. Viili liikumisel edasi piki kumerust peab parem käsi langema allapoole, viili ots aga tõusma üles. Selliste liigutustega tagatakse pinna sujuv, ilma nurkadeta ja ilma piki pinna kõverust kulgevate töötlemisjälgedeta ümardumine.

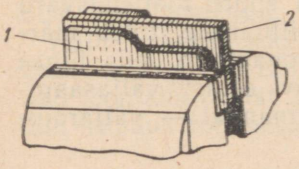
Kumerpinna ristsuunalisel viilimisel antakse viilile veel peale sirgjoonelise liikumise ka pöörlev liikumine.

N õ g u s p i n d u viilitakse ümar-, poolümar- ja ovaalsete viilidega (joonis 142). Seejuures kasutatakse samuti viili kahe liikumise — sirgjoonelise ja pöörleva liikumise kombinatsiooni. Viili igat edasiliikumist saadab tema pööramine parema käega $^1/_4$ pöörde võrra kas paremale või vasakule.

Selle töö tegemisel võib suurema osa metallist eemaldada käsisaega väljasaagimise teel. Seejärel viilitakse lame- või nelikantviilidega välja tahud, poolümar- või ümarviiliga viilitakse maha kõrgemad kohad, lähenedes märkimisel ettetõmmatud joonele (joonis 142).

Poolümara viili ristlõike profiil tuleb valida sellise arvestusega, et viili raadius oleks väiksem kui väljaviilitava pinna raadius.

Kumer- või nõguspindade jämeviilimisel tuleb kasutada jämeviile; viilinud jämeviiliga märkjoonest 0,3 ... 0,5 mm kaugusele, tuleb jämeviil vahetada peenviili vastu ning jätkata pinna viilimist ettenähtud mõõtme saavutamiseni. Väljaviilitud nõguspinna



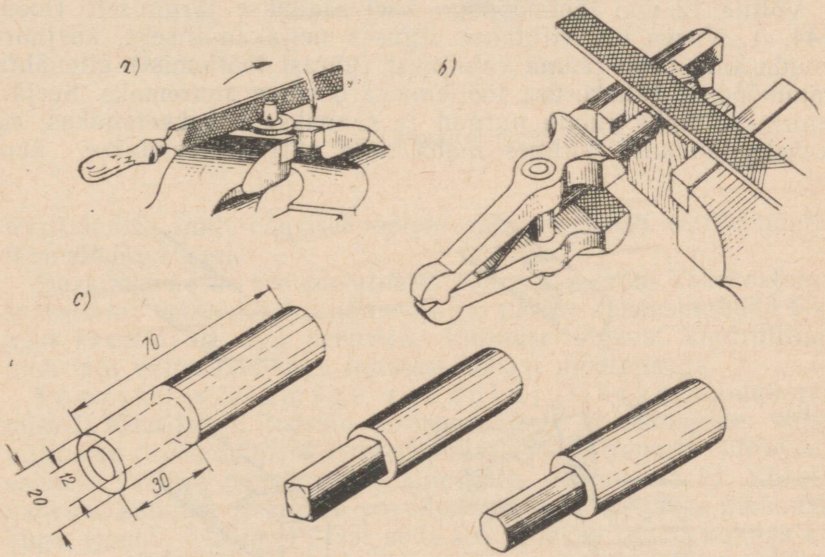
Joon. 143. Detaili töötlemine viilimiskonduktoris: *1* — kopeer; *2* — toorik

kuju õigsust on kõige parem kontrollida valguspilu järgi šabblooniga.

Väljaviilitud pinna perpendikulaarsust tooriku otspinna suhtes kontrollitakse nurgikuga, asetades selle mitmes kohas vastu väljaviilitud nõguspinda. Kõverjooneliste pindade kõige tootlikumaks ja täpsemaks viilimisviisiks on kopeeri või konduktori järgi viilimine.

Kopeer-konduktor kujutab endast üldjuhul tööabinõud, mille töötasapindade kontuur vastab selle tööabinõu abil töödeldava detaili kontuurile täpsusega 0,05 ... 0,1 mm. Konduktoris viilimine toimub ilma eelneva märkimiseta. Konduktori tööpinnad (piirdepinnad) peavad olema täpselt töödeldud, karastatud ja lihvitud.

Joonisel 143 on toodud plaadi kõverjoonelise pinna töötlemise näide viilimiskonduktoris. Töödeldav plaat pannakse konduktorisse ja kinnitatakse koos sellega kruustangide vahele. Seejärel viilitakse konduktorist väljaulatuv tooriku osa maha kuni konduktori töötasapindadeni. Suure arvu lehtmaterjalist ühesuguste detailide valmistamisel asetatakse konduktorisse mitu toorikut korraga.



Joon. 144. Silindriliste pindade viilimine

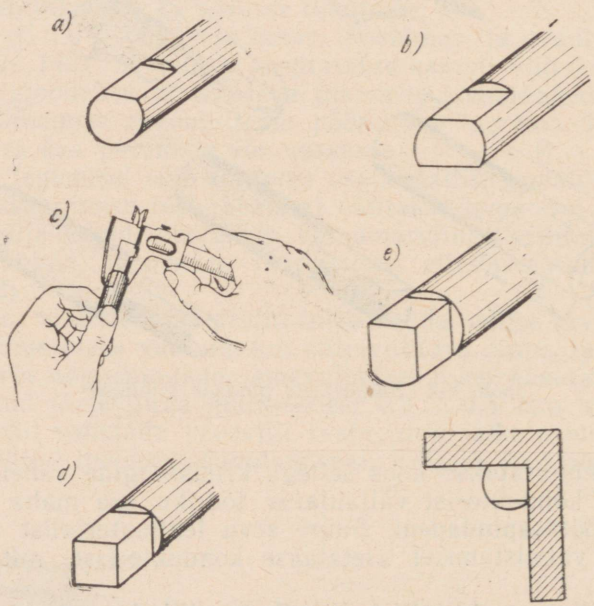
Silindriliste ja kooniliste toorikute viilimine. Silindrilisi varbu tuleb vahel viilida nende läbimõõdu vähendamise eesmärgil. Real juhtudel saadakse mittesilindrilise materjali tükist

(ruudukujulise või kuusnurkse ristlõikega) viilimise teel silindriline detail.

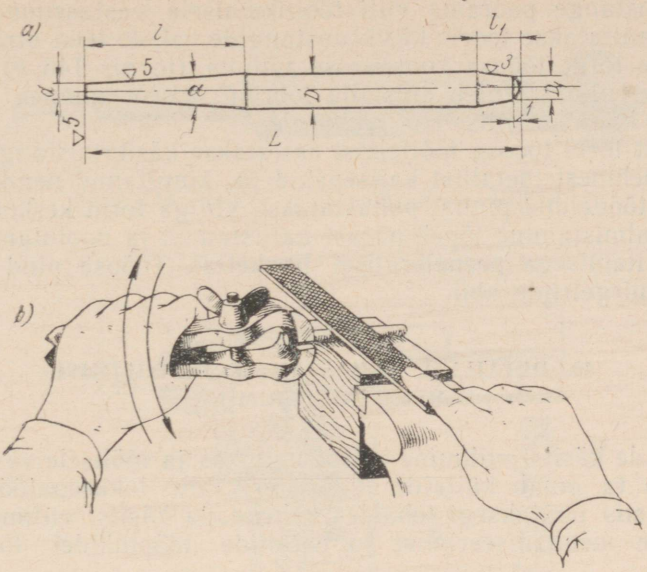
Pikad varbtoorikud, millelt on vaja eemaldada paks metallikiht, kinnitatakse kruustangide vahele horisontaalselt ja viilitakse, viili vertikaaltasapinnas kiigutades ja toorikut tihti pöörates. Kui toorik on lühike ja sellelt on vaja eemaldada õhuke metallikiht, siis kinnitatakse see kruustangide vahele vertikaalselt ja viilitakse, viili samuti tugevasti kiigutades, kuid nüüd horisontaaltasapinnas. Et viiliga mitte rikkuda kruustangide pakke, tuleb varvale asetada metallseib või viilida nii, et viil oleks kruustangide pakkide poole mitteraietatud servadega (joonis 144, *a*).

Varbu läbimõõduga alla 12 mm on mugavam viilida käsikruustangidesse kinnitatult. Varb asetatakse seejuures lukksepakruustangide vahele kinnitatud puitklotsi õnarusse (soonde). Tooriku silindrilise pinna viilimisel pööratakse käsikruustange viili liikumissuunale vastassuunas (joonis 144, *b*).

Võllile 12 mm läbimõõduga kael saadakse järgmiselt (joonis 144, *c*). Varva ots viilitakse alguses neljakandiliseks, kusjuures ruudu külg peab jääma vajalikust (pärast töötlemist) ettenähtud läbimõõdust kahekordse töötlemisvaru võrra suuremaks. Seejärel viilitakse maha ruudu nurgad ja saadakse kaheksatahukas, aga kaheksatahukast, viilides maha selle nurgad, saadakse kuus-



Joon. 145. Silindrilise varva otsa viilimine ruudukujuliseks



Joon. 146. Torni koonilise pinna viilimine

teisttahukas, mille edasisel töötlemisel saadaksegi võllile nõutava läbimõõduga kael.

Märkimisväärne osa metallikihi paksusest (kuni kaheksatahuka saamiseni) eemaldatakse jämeviiliga; pärast kaheksatahuka tekkimist kasutatakse aga peenviili. Viilimise õigsust kontrollitakse nihk- või välismõõdikuga mitmest kohast mõõtmisega.

Tooriku viilimine ruudukujuliseks toimub järgmiselt. Kinnitanud tooriku horisontaalselt kruustangide vahele, viilitakse ruudu esimene külg (joonis 145, *a*). Samuti viilitakse ka esimese küljega paralleelselt teine külg (joonis 145, *b*). Külgedevahelist kaugust ja nende paralleelsust kontrollitakse nihkmõõdikuga (joonis 145, *c*). Pärast seda töödeldakse ruudu kolmas külg ja kontrollitakse selle asetust nurgikuga (joonis 145, *e*). Lõpuks viilitakse samuti ka ruudu neljas külg, kontrollides selle asetust nurgikuga ja paralleelsust nihkmõõdikuga (joonis 145, *d*).

Kooniliste pindade viilimist vaatleme lukksepatorni valmistamise näite abil (joonis 146, *a*). Saaginud või raiunud terasvarvast tooriku, viilime selle mõlemad otsad. Seejärel, mõõtnud torni töö- ja löögiosade pikkused, kantakse peale märkjooned. Pärast seda kinnitatakse lukksepakruustangide vahele õnarusega puitklots, käsikruustangide vahele aga toorik. Toorik asetatakse õnarusse klotsi pinna suhtes 6 ... 10° nurga alla ning viilitakse torni löögiosa koonuseks. Viilimisprotsessi ajal peab

käsikruustange pöörama viili tööliikumisele vastassuunas. Seejärel kinnitatakse toorik käsikruustangide vahele teist otsa pidi ja asutakse torni tööosa koonusesse viilima (joonis 146, *b*). Koonilise osa viilimist tuleb alustada tooriku otsast, minnes järk-järgult üle kogu koonilise osa pikkusele.

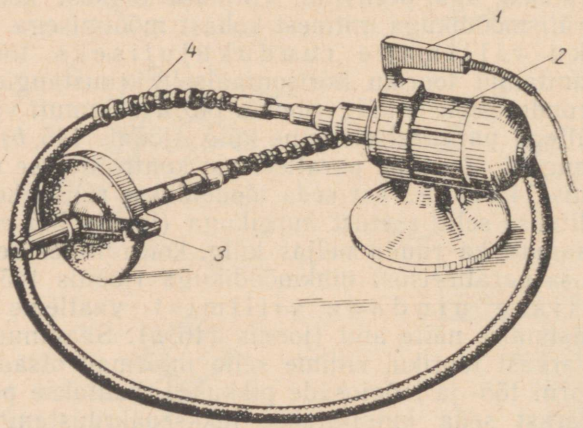
Pärast torni tööosa töötlemist asetatakse käsikruustangide pakkidele pehmest metallist kaitsepakid ja, kinnitanud nende vahele tooriku töödeldud pinna, puhastatakse viiliga torni keskmine osa. Torni valmistamine lõpeb pärast karastamist ja noolutamist tema otsa teritamisega peeneteralisel lihvkettal. Tööosa pind poleeritakse smirgelriide abil.

40. DETAILIDE PUHASTAMISE JA VIILIMISE MEHHANISEERIMINE

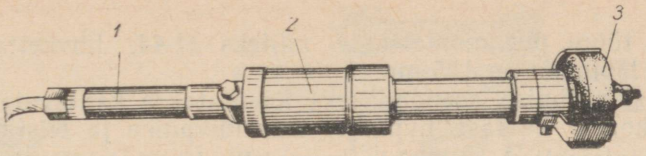
Pindade käsitsi viilimine on töömahukas ja töölisele väsitav töö ja kuna ta omab küllaltki suurt erikaalu lukksepatööde üldmahus, siis püütaksegi tehastes vähendada käsitsi viilimist viilimistööde mehhaniseerimise ja detailide tööpinkidel töötlemise arvel.

Viilimise mehhaniseerimiseks kasutatakse viilimispinke, elektri- ja pneumolihvmasinaid, samuti spetsiaalseid abinõusid ja agregaate.

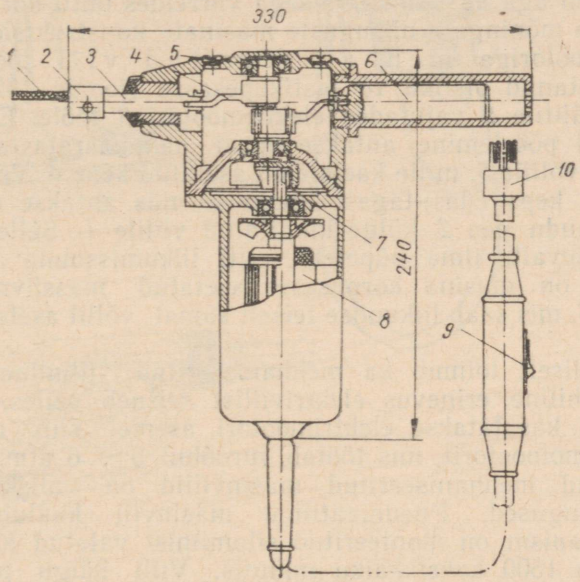
Pindade viilimise asendamine teisaldatavate elektri- ja pneumolihvmasinatega lihvimisega. Need masinad suurendavad töö tootlikkust käsitsi viilimisega võrreldes 5 . . . 20 korda. Vaatleme levinumaid konstruktsioone.



Joon. 147. Painduva võlliga elektrilihvmasin H-54A: *1* — käepide; *2* — elektrimootor; *3* — vahetatav lihvpea; *4* — painduv võll



Joon. 148. Kantav pneumolihvmasin ШР-06



Joon. 149. Elektrimootoriga mehhaniseeritud viil

Painduva võlliga universaalne elektrilihvmasin И-54А (joonis 147) võimaldab mehhaniseerida väga erinevaid lukksepatöid. Painduva võlli otsa võib asetada mitmesuguseid otsikuid, nende hulgas ka nurgakujulise hoidjaga lihvpeasid. Masina elektrimootori võimsuseks on 1 kW, pöörlemiskiiruseks 2850 pööret minutis. Masin kaalub koos aluse ja kaabliga 15 kg. Painduva võlli pikkuseks on 3,2 m.

Asünkroonmootoriga kõrgsageduslihvmasinad on töötamisel ökonoomsemad ja kaalult kergemad.

Pneumolihvmasin ШР-06 koosneb käepidemesse *1* (joonis 148) monteeritud käivitusmehhanismist, pneumaatilisest rootormootorist *2* ja abrasiivkettaga *3* spindlist. Masin kaalub 2 kg. Lihvketta maksimaalne läbimõõt on 60 mm.

Teist tüüpi pneumomasinate, näiteks И-44, lihvketta maksimaalne läbimõõt on 125 mm.

Käsitsi viilimise asendamiseks kasutatakse kantavate lihvmasinate kõrval ka tasalihvpinke, ümarlihvpinke ja teisi tööpinke.

Mehhaniseeritud viilimisinstrumendi kasutamine. Lukksepa-, koostamis- ja instrumentaaltsehhides kasutatakse laialdaselt elektri- ja pneumomootoriga mehhaniseeritud viile ja mehaanilisi viilimispinke. Lukksepa töö kergeneb seejuures tunduvalt, tööviljakus tõuseb aga käsitsi viilimisega võrreldes mitu korda.

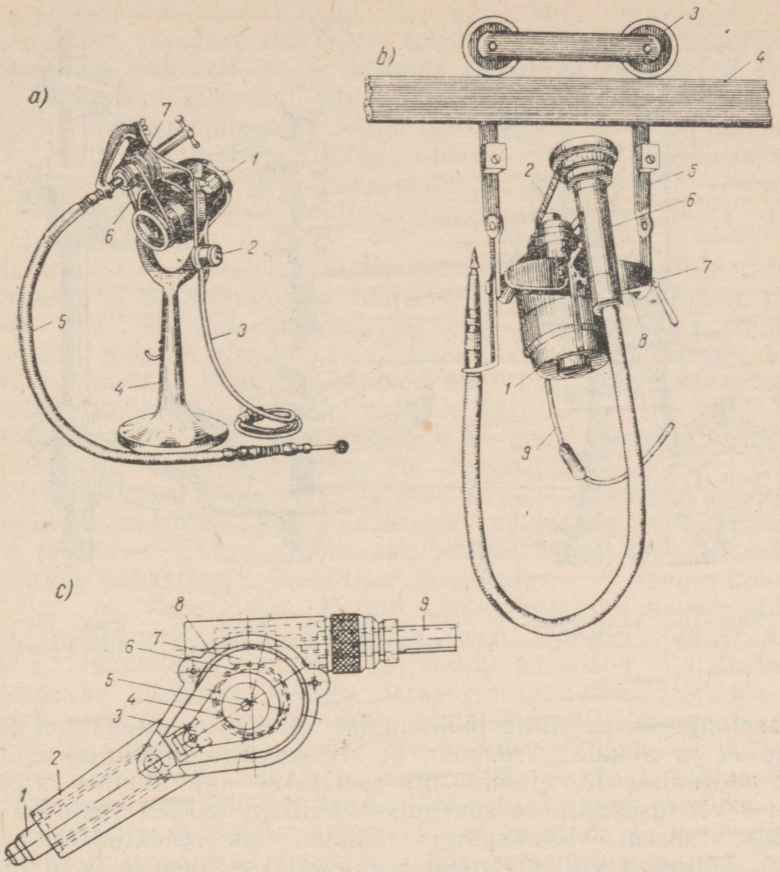
Vaatleme mõningate niisuguste masinate konstruktsioone.

Elektrimootoriga mehhaniseeritud viil töötab järgmiselt. Asetanud pistiku *10* pistikupesasse (joonis 149), lülitab lukksepp lülitile *9* vajutades elektrimootori *8* tööle. Elektrimootori rootori pöörlemine antakse edasi hammasrataste paari *7* kaudu väntvõllile *5*, mille kaelale on asetatud keps *4*. Võlli pöörlemisel saab keps edasi-tagasi liikumise, mis antakse edasi töövarda *3* kaudu pea *2* külge kinnitatud viilile *1*. Selleks et viil liiguks sujuvalt, ilma hüpeteta, eriti liikumissuuna muutmise momendil, on masina korpusesse asetatud massiivne liugurbalanssiir *6*, mis saab liikumise teiselt samal võllil asetsevalt kepsult.

Analoogiliselt toimub ka mehhaniseeritud viilimine pneumoviiliga. Põhiline erinevus elektriviilist seisneb selles, et liikumisallikana kasutatakse elektrimootori asemel siin rotatsioontüüpi pneumomootorit, mis töötab suruõhul 5...6 atm.

Vaadeldud mehhaniseeritud masinviilid on väliskujult peaaegu ühesugused. Pneumaatiline masinviil kaalub 2,9 kg. Selle mehhanism on monteeritud silumiinist valatud korpusesse. Masin teeb 1500 kaksikkäiku minutis. Viili käigu pikkus on 12 mm. Kasutatava viili maksimaalne pikkus on 340 mm. Pneumomootori võimsus on 0,2 hj.

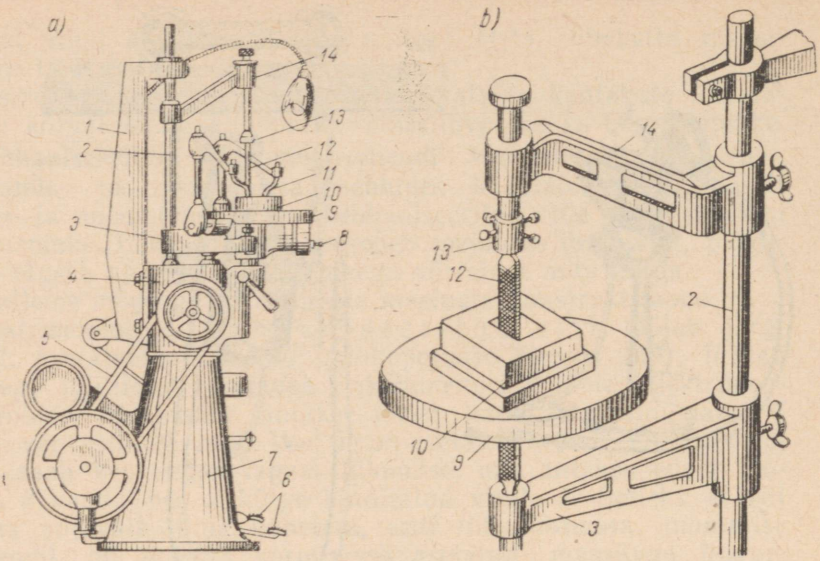
Suure universaalsuse poolest paistavad silma painduva võlliga elektriajamid (joonis 150, *a*, *b*). Võlli otsa kinnitatakse teisaldatav masin, nn. «mehaaniline viil» (joonis 150, *c*). Painduva võlliga elektriajamid monteeritakse vankrikestesse ja nad liiguvad kas mööda põrandat (joonis 150, *a*) või mööda ülesriputatud monorelssi (joonis 150, *b*). «Mehaaniline viil» (joonis 150, *c*) on ehitatud järgmiselt. Võlli otsa *9* kaudu antakse pöörlemine painduvait võllilt võllile *8*, mille otsas on spetsiaalse tigurattaga *6* hambumises olev tigu *7*. Tiguratta ekstsentriline sõrm *5* annab rulli *4* kaudu edasi-tagasi liikumise ekstsentrikule *3* ja sellega ühenduses olevale liugurile *1*. Liugur ja ekstsentrik on monteeritud korpusesse *2*. Koos liuguriga saab edasi-tagasi liikumise ka liuguri külge kinnitatud sirge viil. Viili käik on piiratud ja see võrdub 25 mm. Sellise viiliga töötamisel hoitakse masinat kahe käega nii, et viil surutakse vastu töödeldavat pinda.



Joon. 150. Painduva võlliga universaalsed elektriajamid ja «mehaaniline viil»: *a* — teisaldatav ajam (*1* — elektrimootor; *2* — lüliti; *3* — juhe; *4* — sammas; *5* — painduv võll; *6* — rihmülekanne; *7* — vaheajam); *b* — monorelsile riputatud ajam (*1* — elektrimootor; *2* — rihmülekanne; *3* — rullid; *4* — monorelss; *5* — П-kujuline klamber; *6* — vaheajam; *7* — kruvikinniti; *8* — kronstein; *9* — juhe); *c* — viilimismasin «mehaaniline viil»

Painduva võlli otsa võib sirge viili asemel asetada spetsiaalse padruni koos sinna kinnitatud kujuviiliga. Selliseid viile on otstarbekas kasutada siseavade ja teiste raskesti ligipääsetavate kohtade viilimisel. Teisaldatavate viilimismasinate kõrval on otstarbekas kasutada ka statsionaarseid mehaanilisi viilimispinke.

Viilimispingis (joonis 151, *a*) antakse liikumine elektrimootorilt rihmülekande *5* kaudu edasi pingi kiirustekasti *4*. Siin muudetakse pöörlev liikumine edasi-tagasi liikumiseks ja antakse edasi püstvõllile *2*. Püstvõlli külge on kruvidega kinnitatud viili



Joon. 151. Viilimispink ja viili asetamine sellesse: *a* — pingi üldvaade; *b* — viili ja tooriku vastastikuse asetuse skeem viilimispingis

12 asetamiseks ja viilile tööliikumise andmiseks ettenähtud ülemine *14* ja alumine kronstein *3*. Masinaviilid kinnitatakse ülevalt padrunisse *13*, alumine ots asetatakse aga alumise kronsteini *3* koonusekujulisse süvendisse. Viili ja tooriku vastastikuse asetuse skeem viilimispingi töölaual on näidatud joonisel 151,*b*. Sõltuvalt viili pikkusest reguleeritakse ülemise ja alumise kronsteini vahelist kaugust nende ümberpaigutamisega püstvõllil *2*. Püstvõlli *2* edasi-tagasi liikumine antakse kronsteinide kaudu viilimispingi töölaual *9* asetseva ja klambritega *11* kinnitatud tooriku *10* kontuuri või pilu viilivale viilile *12*. Töölauda saab nihutada kruviga *8*. Viilimispingi korpuse allosas *7* on kaks pedaali *6*, millele vajutades toimub pingi käivitamine ja seiskamine.

Erinevate nurkade all asetsevate pindade viilimiseks on pingi töölaud varustatud pöördseadmega. Töödeldav toorik asetatakse kohale käsitsi.

Viilimispingil kõigub viili kaksikkäikude arv minutis piirides 75 ... 340. See on küll väiksem kui elektri- ja pneumokäsiviilidel, aga täiesti küllaldane metallikihi intensiivseks eemaldamiseks. Sõltuvalt viilitava tooriku materjalist soovitatakse järgmisi kaksikkäikude arvusid minutis: süsinikterastele ja malmidele — 75 ... 120, konstruktsiooniterastele 100 ... 150.

Pingil saab edukalt viilida erineva kujuga masinaelementide

ja stantside kontuure, pilusid ning auke. Viili asendamisel saelehega saab vajaduse korral kas tükeldada või saagida toorikuid.

Detailide puhastamine ja kiskude eemaldamine. Pärast detailide pinkidel töötlemist jäävad detailide pindadele lõikeriistast tingitud töötlemisjäljed ja kisud, mis kuuluvad eemaldamisele. Seda tööd teeb lukksepp. Kõige lihtsam puhastamisviis on harjadega puhastamine ja mitmesuguste viilidega käsitsi viilimine, sellele järgneva käsitsi puhastamisega smirgelpaberi ja -riide või luiskude abil.

Kiskudest puhastamise mehhaniseerimisel kasutatakse lihvmasinaid ja mitmesuguseid rakiseid, liivapritse, keemilisi protsesse jms. Nii võib näiteks pindade puhastamiseks edukalt kasutada joonisel 150 kujutatud käsi-lihvmasinaid. Täiesti efektiivseks pindade puhastamise mooduseks on puhastamine spetsiaalsetel pinkidel lõputu smirgellindi abil.

Pinnad, mille puhtusele ei esitata kõrgeid nõudeid, kuuluvad puhastamisele metallharjadega või liivapritsiga.

Kiskude eemaldamisel kasutatakse sageli teisaldatavaid puur- ja viilimismasinaid, kus tööriistana kasutatakse viile, lihvkettaid ja freese. Viimasel ajal kasutatakse sageli kiskude eemaldamiseks puhastamist keemilisel teel leelise- ja happevannides. Protsess on väga lühike. Detaili asetamisel kuni kaheks minutiks naatriumfosfaadi lahusesse (temperatuuri juures kuni 140° C) lahustuvad metallist väljaulatuvad kisud. Laialt kasutatakse ka keerulise kujuga terasdetailide pinnadefektide — rooste ja tagi — eemaldamiseks elektrokeemilist moodust.

Käsitsi lukksepatööga võrreldes kulub sel meetodil puhastamiseks kaks korda vähem aega. Protsess on välja töötatud ja seda kasutatakse edukalt Moskva tööriistatehases «Kalibr».

Kodumaistes tehastes, samuti ka välismaal on leidnud märkimisväärset kasutamist detailide puhastamine lahusega, mis asub ultrahelivannis. Meetodi olemus seisneb selles, et ultrahelivannis hakkab lahus vibreerima võnkeallika sagedusega. Tekib intensiivne keeris, mille mõjul kõik detaili pinda «risustavad» osakesed peaaegu momentaanselt pestakse detaili pinnalt maha ja seda isegi siis, kui pinnad on keerulise kujuga. Puhastamise kiirus ja kvaliteet oleneb suurel määral töövedeliku koostisest. Detaili pinna osakestele keemiliselt mõjuvad lahused kiirendavad ja parandavad puhastamise protsessi.

41. VIILIMISPRAAK JA OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD

Praagi liigid. Sagedamini esinevateks praagiliikideks viilimisel on pinna ebatasasused ja madalamaks viilitud servad. Neid defekte põhjustab viilide ebaõige valik või nende oskamatu käsitsemine. Viilimisel võib tekkida praak töödeldava tooriku nõrga või üle-

määra tugeva kruustangide vahele kinnitamise tagajärjel. Seejuures toodet muljutakse või isegi purustatakse.

Levinud praagiliigiks on mõõtmete mittevastavus, mis võib tekkida puudulikust märkimisest, metalli ülemäärasest või mittepiisavast mahaviilimisest, aga ka mõõteriistade korratusest või oskamatusest neid kasutada.

Sageli leidub viilitud pinnal kriimustusi. See praagiliik on tingitud viilmetega risustatud viilist.

Ohutustehnika eeskirjad viilimisel. Iga lukksepp peab hästi tundma ohutustehnika eeskirju, et ära hoida õnnetusjuhtumeid endaga ja lähedal viibijatega. Metalli viilimisel võib viilisabaga vigastada paremat kätt, kui viilil puudub käepide või kui see on katkine. Trauma vältimiseks peab lukksepp jälgima, et teravate servadega toorikute viilimisel vasaku käe sõrmed ei satuks viili tagasiliikumisel selle alla.

Viilimisel tekib palju viilmeid, milliseid võib töödeldavalt toorikult, kruustangidelt ja töölaualt ära pühkida ainult jõhvharjaga või äärmisel juhul ka lapiga. Viilmeid ei tohi paljaste kätega ära pühkida, maha puhuda või nende eemaldamisel kasutada suruõhku: seejuures võib vigastada käsi või silmi.

Viilimisel on soovitatav kanda peakatet, sest juustesse sattunud viilmeid on sealt raske eemaldada. Juuste kammimisel võib sinna jäänud laast vigastada pead.

Tuletame meelde mõningaid ohutustehnika reegleid, milliseid peab viilimisel arvestama.

1. Käepidemed peavad olema tugevasti viilidele otsa pandud; on keelatud kasutada käepidemeteta või lõhkiste ja pragunenud käepidemetega viile.
2. Töölauad peavad olema põranda külge kinnitatud kindlalt.
3. Kruustangid peavad olema töölauale üles seatud nii, et nendel töötaja saaks alati võtta õige tööasendi.

VII PEATÜKK

PUURIMINE, AVARDAMINE JA HÕÕRITSEMINE

42. PUURIMISPROTSESS

Puurimine on kõige levinum aukude lõiketöötlemisviis. Lõikeriistaks on puur, mis võimaldab töödelda auke täismaterjalisse ja avardada juba puuritud auke.

Puurimisel kinnitatakse töödeldav detail puurpingi töölaua külge kas klambrite, kruustangide, prismade jne. abil ning suunatakse sellele pöörlev puur, mis üheaegselt omab kahte liikumist (joon. 152) — pöörlevat noole *v* suunas ja sirgjoonelist *s* piki puuri telge. Puuri pöörlemist nimetatakse p e a- e h k t ö ö l i i k u m i s e k s, sirgjoonelist liikumist piki puuri telge aga e t t e n i h k e l i i k u m i s e k s.

Puurimist kasutatakse mitmesuguste lukksepatööde juures. Puurida võib kas puurpinkidel või käsitsi, kasutades käsitrille või siis mehhaniseeritud tööriistu — elektri- või suruõhutrille, samuti ka elektrisäde- ja ultraheliseadmetel.

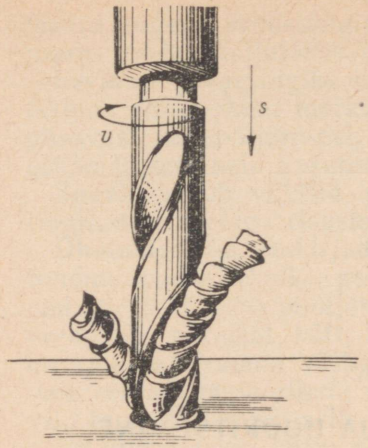
Puuride konstruktsioon ja kasutusala. Konstruktsiooni ja eesmärgi järgi jagunevad puurid reaks liikideks.

S u l g p u u r i d on lihtsad lõikeriistad (joon. 153, *a*). Neid kasutatakse peamiselt käristites ja käsitrillides kuni 25 mm vähemvastutusrikaste aukude puurimiseks.

S p i r a a l p u u r i d. Silindriliste ja kooniliste sabadega (joon. 53 *b*, *c*) spiraalpuure kasutatakse nii käsitsi puurimisel kui ka mitmesugustes pinkides (puurpingid, revolverpingid jt.).

S ü v i s p u u r e kasutatakse spetsiaalsetes pinkides väikese läbimõõduga täpsete aukude puurimiseks. Puurimist nimetatakse sügavpuurimiseks, kui augu sügavus ületab läbimõõdu vähemalt viis korda.

T s e n t r i p u u r i d (joon. 153, *d*) on ette nähtud detailide tsentriaukude puurimiseks.



Joon. 152. Puurimine

Kombineeritud puurid võimaldavad töödelda augu erinevaid pindu (joon. 153, *c*), aga samuti üheaegselt puurida, avardada ja hõõritseda (joon. 153, *f*).

Puuride valmistamiseks kasutatakse reeglina järgmisi tööriistateraseid: süsiniktööriistateraseid У10А ja У12А, legeeritud teraseid — kroomterast Х ja kroomräniterast 9ХС, kiirlõiketeraseid Р9 ja Р18. Viimastel aastatel on hakatud selleks kasutama ka metallkeraamilisi kõvasulameid ВК6, ВК8 ja Т15К6.

Kiirlõiketerasest puurid valmistatakse keevitatuina: tööosa kiirlõiketerasest, ülejäänud aga odavast konstruktsiooniterasest. Kõige rohkem on levinud kiirlõiketerasest valmistatud spiraalpuurid.

Spiraalpuuri elemendid ja geomeetrilised parameetrid. Spiraalpuur koosneb tööosast, kaelast, sabast puuri kinnitamiseks tööpingi spindlisse ja labast, mida kasutatakse puuri väljalöömiseks spindli pesast (joon. 154, *a*). Tööosa jaguneb lõike- ja juhtosaks.

Lõikeosal asuvad kõik puuri lõikeelemendid ning see koosneb kahest lõikehambast, mille moodustavad kaks spiraalsoont laastude ärajuhtimiseks (joon. 154, *b*); südamikust, mis seob puuri kahte lõikehammast; kahest esitahust, mida mööda liigub laast; kahest tagatahust; kahest juhtpinnast, mille ülesandeks on puuri juhtida, kalibreerida auku ning vähendada hõõrdumist puuri ja augu vahel; kahest pealõikeservast, mis moodustavad esi- ja tagatahu lõikumisel ning mis teevad ära kogu lõiketöö; sideservast, mis moodustub tagatahkude lõikumisel. Puuri välispinnal juhtpinna ja soone vahel olevat spiraalset osa nimetatakse hamba seljaks.

Hõõrdumist puuri ja augu seina vahel vähendatakse veel sellega, et puuri tööosa omab pööratud koonuse kuju — s. t. puuri

lõikeosa läbimõõt on suurem kui sabal. Läbimõõtude vahe on pikkuse iga 100 mm kohta 0,03 ... 0,12 mm.

Puuridel, mille lõikeosa on varustatud kõvasulamist plaatidega, on koonilisus 0,1 ... 0,3 mm iga 100 mm kohta.

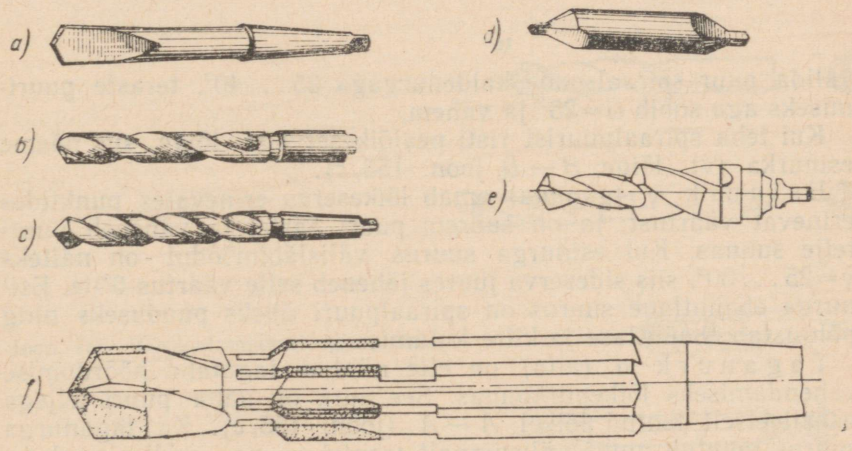
Puuri lõikeosal on järgmised geomeetrilised parameetrid (joon. 155): tipunurk, spiraalsoone kaldenurk, esi- ja taganurk, sideserva kaldenurk.

Tipunurk 2φ asub pealõikeservade vahel. Ta avaldab suurt mõju puuri lõikevõimele. Selle nurga suurus valitakse sõltuvalt töödeldava materjali kõvadusest ja kõigub piirides 80° ... 140°. Teraste, malmide ja kõvade pronkside puurimisel valitakse 2φ 116° ... 118°, messingite ja pehmete pronkside puhul 130°. Kergete sulamite, nagu duralumiiniumi, silumiini, elektrooni ja babiidi puurimisel on 2φ kõige sobivamaks suuruseks 140°, punase vase puhul 125°, eboniidi ja tselluloidi puhul aga 80° ... 90°.

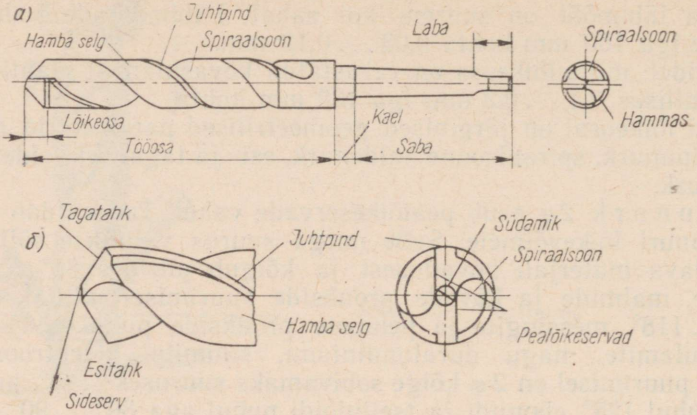
Puuridel, mille läbimõõt on üle 12 mm, suurendatakse püsivusaega sel teel, et tipunurk teritatakse kaheks koonuseks. Sel juhul ei ole pealõikeserv nagu tavalise terituse puhul (joon. 155, *a*) mitte sirgjooneline, vaid murtud kujuga (joon. 155, *b*). Põhinurk $2\varphi = 116 \ldots 118°$ (teraste ja malmide puhul), abinurk $2\varphi = 70 \ldots 75°$.

Spiraalsoone kaldenurk tähistatakse kreeka tähega ω (oomega) (joon. 115, *a*). Selle nurga suurendamisel hõlbustub lõikeprotsess ja paraneb laastude eemaldamine, kuid puur nõrgeneb (eriti väikesed puurid). Sellepärast tehakse väikese läbimõõduga puuride spiraalsooned väiksema kaldenurgaga kui suurema läbimõõduga puuridel.

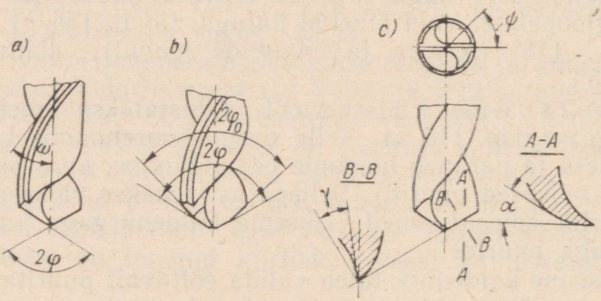
Spiraalsoone kaldenurk tuleb valida sõltuvalt puuritava metalli omadustest. Näiteks punase vase ja alumiiniumi puhul tuleb



Joon. 153. Puuride konstruktsioonid



Joon. 154. Spiraalpuuri elemendid



Joon. 155. Spiraalpuuri geomeetrilised parameetrid

valida puur spiraalsoone kaldenurgaga 35 . . . 40°, teraste puurimiseks aga sobib $\omega = 25°$ ja vähem.

Kui teha spiraalpuurist risti pealõikeservaga lõige, siis näeme esinurka (vt. lõige $B — B$ joon. 155, *c*).

E s i n u r k γ (gamma) omab lõikeserva erinevates punktides erinevat väärtust: ta on suurem puuri äärtel ja väheneb puuri telje suunas. Kui esinurga suurus välisläbimõõdul on näiteks $\gamma = 25 . . . 30°$, siis sideserva juures läheneb selle väärtus 0°-le. Esinurga ebaühtlane suurus on spiraalpuuri üheks puuduseks ning põhjustab ebaühtlase ja kiire kulumise.

T a g a n u r k α (alfa) on ette nähtud tagatahu hõõrdumise vähendamiseks lõikepiirkonnas. See nurk on näha puuri teljega paralleelselt tehtud lõikel $A — A$ (joon. 155, *c*). Ka taganurga suurus muutub puuri välispinnalt tsentri suunas; välispinnal on $\alpha = 8 . . . 12°$, telje lähedal aga 20 . . . 26°.

Sideserva kaldenurk Ψ (psii) valitakse puuridel läbimõõduga 1 kuni 12 mm piires $\Psi = 47 \ldots 50°$ (joon. 155, *c*) ning puuridel läbimõõduga üle 12 mm $\Psi = 55°$.

Võrreldes terasest valmistatud puuridega on kõvasulamist plaatidega varustatud puurid lühema töötava osaga, jämedama südamiku ja väiksema spiraalsoonte kaldenurgaga. Need puurid on suure püsivusajaga ja tunduvalt tootlikumad. Eriti soovitatav on kõvasulamist plaatidega puure kasutada malmide, kõvade teraste, plastmasside, klaasi, marmori ja teise kõvade materjalide puurimisel.

Valmistatakse nelja tüüpi kõvasulamist plaatidega puure:

1) spiraalsed, silindrilise sabaga (joon. 156, *a*);
2) spiraalsed, koonilise sabaga (joon. 156, *b*);
3) sirgete soonte ja koonilise sabaga (joon. 156, *c*);
4) kaldsoonte ja silindrilise sabaga (joon. 156, *d*).

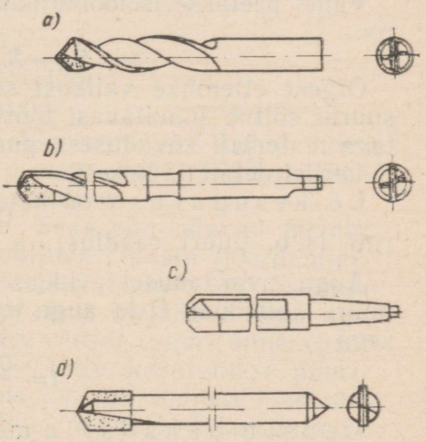
Lõikeprotsess puurimisel. Puurimisprotsessis surub lõikejõud puuri lõikepinnad vastu metalli osakesi ja kui puuri poolt tekitatud surve ületab metalliosakeste omavahelise tõmbejõu, toimub laastu elementide moodustumine ja selle eraldumine.

Sitkete metallide (teras, vask, alumiinium jt.) puurimisel moodustavad laastu üksikud elemendid katkematu laastu ehk nn. voolava laastu, mis väljub spiraalsoonte kaudu (vt. joon. 152). Kui puuritav metall on rabe, näiteks malm või pronks, siis laast murdub. Sellist laastu, mis koosneb murdunud ja üksteisest eemaldunud laastuosakestest, nimetatakse murdelaastuks.

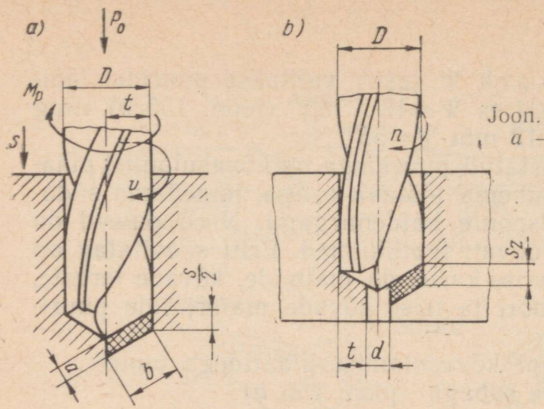
Puurimisprotsessil eristatakse järgmisi parameetreid: lõikekiirus, lõikesügavus, ettenihe, laastu paksus ja laius (joon. 157).

Puuri pealiikumist (pöörlemist) iseloomustab lõikekiirus.

Lõikekiiruseks nimetatakse puuri lõikeserva välispunkti pealiikumise suunalist nihet ühes ajaühikus. Lõikekiirust



Joon. 156. Kõvasulamplaatidega puurid



Joon. 157. Lõikeprotsessi elemendid: *a* — puurimisel; *b* — avardamisel

tähistatakse tähega v ja mõõdetakse meetrites minutis. Kui on teada puuri pöörlemiskiirus ja läbimõõt, võime lõikekiiruse arvutada järgmise üldtuntud valemi abil:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ m/min},$$

kus v — lõikeriista (puuri) läbimõõt;
n — puuri pöörete arv minutis;
π — konstant (ligikaudne väärtus 3,14).

Kui on teada puuri läbimõõt ja lõikekiirus, võime pöörete arvu n arvutada valemiga

$$n = \frac{1000\,V}{\pi D} \text{ p/min}.$$

E t t e n i h k e k s nimetatakse puuri teljesuunalist nihet ühe pöörde jooksul. Ettenihet tähistatakse tähega S ja mõõdetakse millimeetrites pöörde kohta (mm/p). Puuril on kaks pealõikeserva. Seega ettenihe ühe lõikeserva kohta

$$S_z = \frac{S_0}{2}.$$

Vahel peetakse iseloomulikuks arvuks ka puuri ettenihet minutis:

$$S_m = S_0 n \text{ mm/min}.$$

Õigest ettenihke valikust sõltub puuri püsivusaeg. Ettenihke suurus sõltub soovitavast töötlemistäpsusest ja -puhtusest, puuritava materjali kõvadusest, puuri kõvadusest ja süsteemi tööpink-lõikeriist-detail jäikusest.

L õ i k e s ü g a v u s t on kaugus augu välispinnast puuri tsentrini (s. o. puuri raadius), s. t. $t = \frac{D}{2}$ mm.

Augu avardamisel (joon. 157, *b*) määratakse lõikesügavus puuri läbimõõdu D ja augu endise läbimõõdu d vahe poolväärtusega

$$t = \frac{D - d}{2} \text{ mm}.$$

L a a s t u p a k s u s t a mõõdetakse suunas, mis on risti puuri

lõikeservaga. Lõike laiust b mõõdetakse piki lõikeserva ja võrdub selle pikkusega (joon. 157, *a*).

Laastu ristlõikepind f, lõigatuna mõlema lõikeserva poolt, määratakse valemiga

$$f = S_0 t \text{ mm}^2,$$

kus S_0 — ettenihe mm/p;

t — lõikesügavus mm.

Seega laastu ristlõikepind suureneb koos puuri läbimõõduga, aga konkreetse puuri puhul — ettenihke suurenemisega.

Töödeldav materjal osutab vastupanu laastu lõikamisele ja eraldamisele. Et lõikeprotsess saaks toimuda, tuleb lõikeriistale rakendada ettenihkejõud P_0, mis ületab puuri teljesuunalisel liikumisel reaktsioonijõu, ja pöördemoment M_p, mis ületab takistusmomendi M ja tagab puuri ning spindli pöörleva pealiikumise.

Ettenihkejõud puurimisel P_0 ja pöördemoment sõltuvad puuri läbimõõdust D, ettenihke suurusest ja töödeldava materjali omadustest: näiteks koos ettenihke ja puuri läbimõõdu suurenemisega suurenevad ka P_0 ja M_0.

Võimsus, mis on vajalik lõikamiseks puurimisel, koosneb võimsusest tööriista pöörlema panemiseks ja võimsusest ettenihke andmiseks. Kuna võimsus ettenihke andmiseks on tühine võrreldes võimsusega, mis kulub puuri pöörlemiseks lõikeprotsessis, siis praktiliselt võib võimsuse arvutamiseks kasutada valemit:

$$N_{lõike} = \frac{M_p n}{716200 \cdot 1{,}36} \text{ kW},$$

kus M_p — pöördemoment kGmm;

n — puuri pöörete arv minutis.

Teades lõikamiseks kuluvat võimsust, on kerge arvutada puurpingi elektrimootori vajalik võimsus N_m, mis kindlustab läbilõikeprotsessi toimumise etteantud tingimustes:

$$N_m = \frac{N_{lõike}}{\eta} = \frac{M_p n}{\eta \cdot 716200 \cdot 1{,}36} \text{ kW},$$

kus η — puurpingi kasutegur.

Puuri püsivusajaks nimetatakse aega, mis kulub puuri pidevaks tööks kuni nürinemiseni, s. o. aega kahe erituse vahel. Püsivusaega mõõdetakse tavaliselt minutites.

Puurimisel eraldub suur soojushulk. Seda põhjustavad metalli deformatsioon, spiraalsooni mööda väljuva laastu hõõrdumine, puuri tagatahu hõõrdumine vastu töödeldavat pinda jne. Suurem osa soojusest kantakse laastude poolt ära, ülejäänud osa aga jaguneb detaili ja lõikeriista vahel. Et vältida puuri enneaegset kulumist ja nürinemist ülekuumenemise tõttu, kasutatakse puurimisel määrde- ja jahutusvedelikke, mis juhivad soojuse laastude, puuri ja detaili juurest ära. Metallide puurimisel kasutatakse jahutusvedelikena seebi- ja soodavett, õliemulsioone jt.

Lõikerežiimide valimine puurimisel koosneb sellise ettenihke ja lõikekiiruse määramisest, mille puhul detaili puurimise protsess osutub kõige tootlikumaks ja ökonoomsemaks.

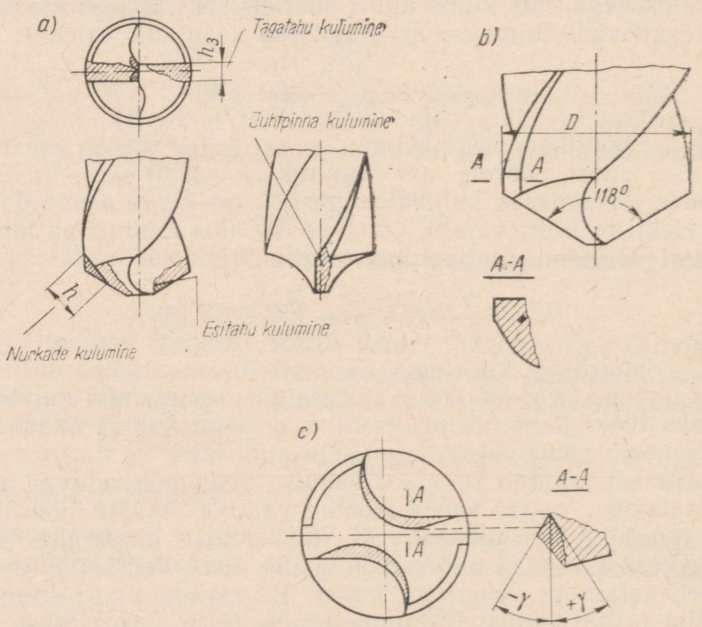
Lõikerežiimi elementide teoreetiline arvutamine toimub tehase normatiivide ja käsiraamatute järgi järgmiselt: valitakse ettenihe, seejärel arvutatakse lõikekiirus ja leitud lõikekiiruse järgi määratakse puuri pöörete arv minutis. Seejärel kontrollitakse valitud lõikerežiimi elemente pealiikumise ahela nõrgema lüli ja pingi elektrimootori võimsuse järgi.

Tavaliselt valitakse tootmises puurimise, avardamise, hõõritsemise jne. režiimid tehnoloogide poolt valmistatud tehnoloogiliste kaartide järgi.

Puuride kulumine ja teritamine. Kiirlõiketerasest valmistatud puurid kuluvad tagatahkudelt, juhtpindadelt, nurkadelt, aga mõnikord ka esitahkudelt (joon. 158, *a*).

Puuri tagatahk kulub lõikeprotsessis hõõrdumise tagajärjel, esitahk — tekkinud laastu hõõrdumisest. Nürinenud puuri tunneb lõikeprotsessis ära selle järgi, et ta hakkab eriliselt vilistama. Selline puur tuleb kohe saata teritamisele.

Puuri teritamise kujust sõltub puuri püsivusaeg ja maksimaalne lõikekiirus. Eristatakse järgmisi teritusviise:



Joon. 158. Spiraalpuuri kulumine ja järelteritamine: *a* — puuri pindade kulumine; *b* — juhtpinna järelteritamine; *c* — sideserva järelteritamine

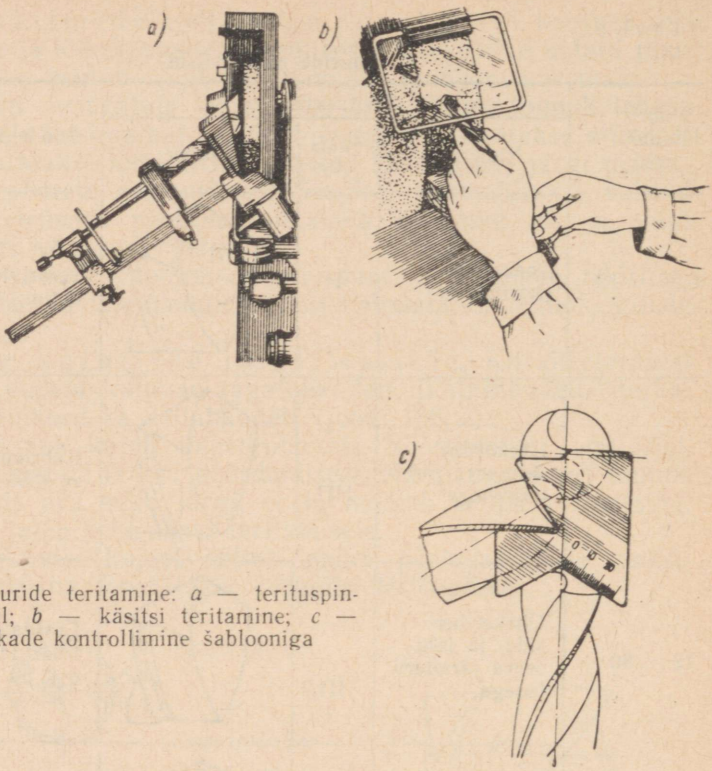
Tabel 9

Puuride teritusviisid

Puuri läbimõõt mm	Teritusviis			Töödeldav materjal
	Nimetus	Tähistus	Eskiis	
0,25 ... 12	Ühekordne (normaalne)	H		Teras, terasvalu, malm
12 ... 80	Ühekordne sideserva järelteritusega	НП		Koorikuga terasvalu σ <50 kG/mm²
	Ühekordne side- ja juhtserva järelteritusega	НПЛ		Eraldatud koorikuga teras ja terasvalu σ < 50 kG/mm²
	Kahekordne sideserva järelteritusega	DП		Koorikuga terasvalu σ >50 kG/mm²
	Kahekordne side- ja juhtserva järelteritusega	DПЛ		Eraldatud koorikuga teras ja terasvalu σ >50 kG/mm²

1) normaalne ühe- või kahekordne teritus;
2) teritamine sideserva järelteritamisega;
3) teritamine juhtserva järelteritamisega jt. (tabel 9).

Kahekordsel teritamisel moodustub puuri tipukoonusele teine kukaldatud osa, tipunurgaga $2\varphi_0 = 70 \ldots 75°$. Kahekordselt teritatud puuri püsivusaeg teraste puurimisel suureneb 2,5 ... 3 korda, võrreldes tavaliselt teritatud puuriga.



Joon. 159. Puuride teritamine: *a* — terituspingil rakise abil; *b* — käsitsi teritamine; *c* — teritusnurkade kontrollimine šablooniga

Juhtpinna järelteritamine seisneb 1,5...4 mm pikkuse ja 0,2...0,3 mm laiuse faasi töötlemises 6...8° nurga all. See väldib puuri kinnijäämist ja purunemist (joon. 158, *b*) ning puuri püsivusaeg sitkete teraste töötlemisel suureneb 2...3 korda.

Sideserva järelteritamine seisneb puuri tipus mõlemalt poolt piki puuri telge täiendava sisselõike töötlemises 3... ...15 mm pikkuselt (joon. 158, *c*); seejärel väheneb sideserva pikkus kuni 0,1 *D* (tabel 9). Selle tagajärjel väheneb tunduvalt ettenihkejõud P_0, puuri püsivusaeg aga suureneb 1,5 korda.

Paljud tootmisnovaatorid töötavad puuride konstruktsiooni täiustamise alal, et tõsta nende püsivusaega.

Teritajad teritavad puure teritusjaoskondades spetsiaalsetes terituspinkides.

Mõningatel juhtudel toimub puuride teritamine tavalistes terituspinkides (käiadel), mis on varustatud spetsiaalse rakisega (joon. 159, *a*). Käsitsi teritamisel tuleb puuri hoida vasaku käega võimalikult lõikeosa (koonuse) lähedalt, parema käega aga puuri sabast (joon. 159, *b*). Surudes puuri lõikeserva vastu käia külg-

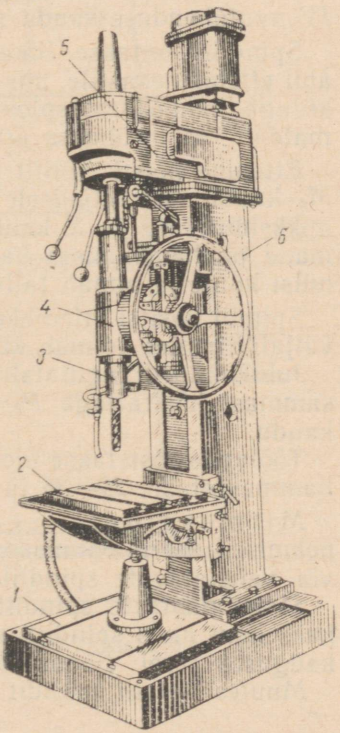
pinda, liigutatakse puuri parema käega sujuvalt nii, et tagatahk omaks kogu aeg õige kalde ja võtaks soovitava kuju. Puuri tuleb suruda vastu käia õrnalt, et eemalduks õhuke metallikiht.

Tähtis on jälgida, et lõikeservad tuleksid ühepikkused ja oleksid teritatud ühesuguse nurga all. Puur, mille lõikeservad ei ole ühepikkused või millel on erinevad kaldenurgad, võib puruneda või puurida jämedama augu. Pärast puuri tagatahkude teritamist peavad pealõikeservad olema sirgjoonelised. Teritamise õigsust kontrollitakse spetsiaalsete šabloonidega (joon. 159, *c*).

43. PUURPINGID

Vastavalt NSV Liidus kehtivale ühtsele klassifikatsioonile jaotatakse puurpingid tehnoloogiliste tunnuste järgi kuueks põhitüübiks:

1) vertikaalpuurpingid;
2) ühespindlilised poolautomaadid;
3) mitmespindlilised poolautomaadid;
4) radiaalpuurpingid;
5) horisontaalpuurpingid (sisetreipingid);
6) mitmesugused muud pingid.



Joon. 160. Vertikaalpuurpink 2135

Kõige rohkem on lukksepa- ja koostamistsehhides levinud ühespindlilised vertikaalpuurpingid. Vertikaalpuurpinke on kolme tüüpi: lauapuurpingid, seinapuurpingid ja sammaspuurpingid. Lauapuurpingid on küllalt suure pöörlemiskiirusega ja neid kasutatakse kuni 12 mm läbimõõduga aukude puurimiseks. Näiteks lauapuurpingi 2A106 spindel teeb 1545 ... 15000 p/min.

Vertikaalpuurpink koosneb alusest *1* (joon. 160), sambast *6*, kiirustekastist *5*, juhtkandurist *4*, millesse on monteeritud ettenihkemehhanism ja spindel *3*, ning töölauast *2*.

Kiiruste kast koos elektriajamiga on monteeritud samba ülaosale. Pingi alus on seest tühi ning teda kasutatakse jahutusvedeliku kogumiseks. Juhtkandur koos spindliga ja töölaud võivad liikuda mööda samba juhtpindu ning neid on võimalik kinnitada asendis, mis vastab töödeldava detaili mõõtmetele.

Joonisel 161 on toodud puurpingi 2A125 kinemaatiline skeem. Elektrimootorilt võimsusega 2,8 kW ja pöörlemiskiirusega 1440 p/min antakse pöörlemine kiilrihmülekande kaudu kiirustekasti võllile *I*. Sõltuvalt hammasrataploki B_1 asendist võib võll *II* saada kolm erinevat pöörlemiskiirust, mis hammasrataste 42—63 abil antakse edasi võllile *III*. Hammasrataplokk B_2, andes pöörlemise edasi võllilt *III* toruvõllile *IV*, kolmekordistab kiiruste arvu, tõstes selle üheksani. Kõik üheksa kiirust antakse võllilt *IV* nuutühenduse kaudu spindlile *V*.

Spindlilt antakse liikumine hammasrataste 27—50 ja 27—50 abil ettenihetekastile, mis koosneb kahest kolmeastmelisest liikuva kiiluga hammasratasplokist. On selge, et ka ettenihetekast võimaldab valida üheksa erinevat kiirust.

Ettenihetekasti võllilt *VIII* antakse pöörlemine kaitsesiduri M_k kaudu samateljelisele võllile *IX* ja edasi tiguülekande 1—47, nukksiduri M_1 ja *X* kaudu hammaslati hammasrattale *14*. Viimane on hambumises hammaslatiga, mis on kinnitatud spindli hülsi külge ja annab talle teljesuunalise liikumise.

Spindli käsitsi ettenihke, samuti mehaanilise ettenihke sisse- ja väljalülitamine toimub käsirattaga P_1.

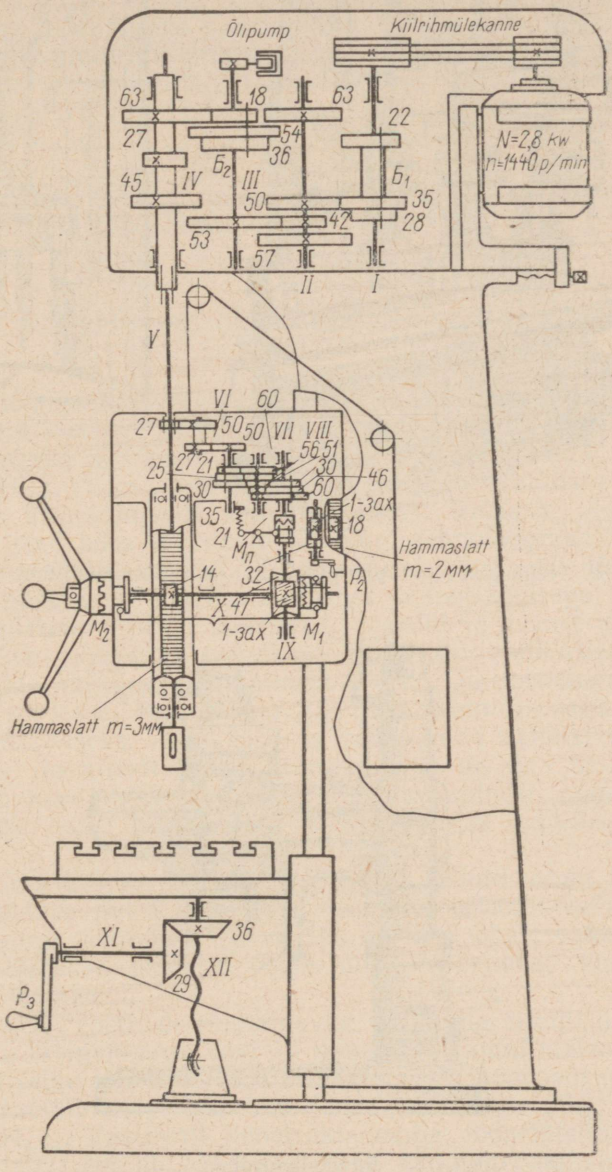
Juhtkandurit liigutatakse ettenihkemehhanismiga mööda pingisammast käsirattaga P_2 tiguülekande *1—32* ja hammasratta *18* kaudu.

Töölauda tõstetakse üles ja lastakse alla vända P_3 abil, koonushammasrataste *29—36* ja käigukruvi *XII* kaudu.

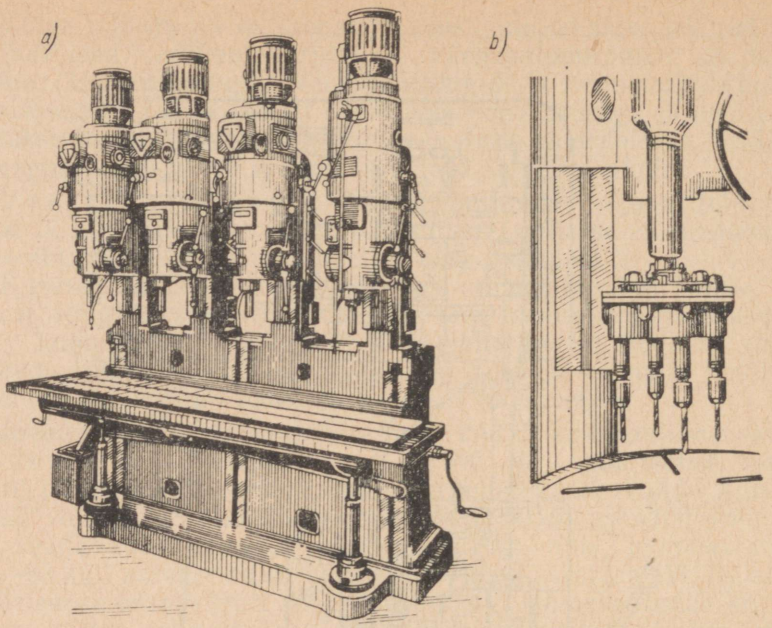
Mitmespindlilised puurpingid leiavad kasutamist peamiselt seeriatootmises. Sellised pingid on kas statsionaarsete või vahetatavate spindlitega.

Statsionaarsete spindlitega mitmespindlilistel puurpinkidel on kaks kuni kuus spindlit, mis paiknevad ühes reas, kindlate vahekauguste järel (joon. 162, *a*).

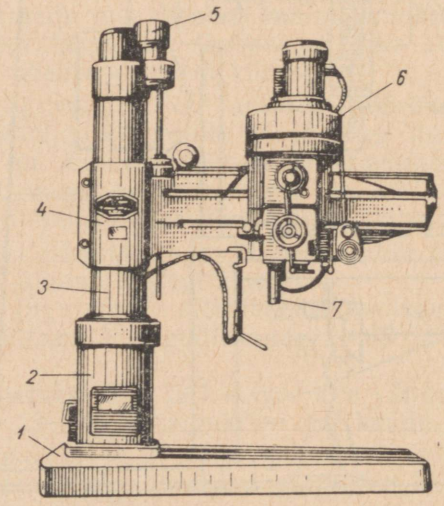
Muutes detaili asendit võib sellel pingil sooritada terve rida



Joon 161. Vertikaalpuurpingi 2A125 kinemaatiline skeem



Joon. 162. Neljaspindliline puurpink (*a*) ja mitmespindliline puurpea (*b*)



Joon. 163. Radiaalpuurpink: *1* — alus; *2* — liikumatu sammas; *3* — pöörlev sammas; *4* — traavers; *5* — traaversi tõstmise ja allalaskmise mehhanism; *6* — puurpea; *7* — spindel

erinevaid operatsioone (puurimine, avardamine, hõõritsemine jne.) või töödelda detaili üheaegselt mitu auku.

Tuleb märkida, et iga ühespindlilise pingi võib kohandada mitme augu üheaegseks puurimiseks. Selleks kinnitatakse spindli külge mitmespindliline puurpea, mis võimaldab anda pöörlemise kõigile puurpea spindlitele (joon. 162, *b*).

Radiaalpuurpinke kasutatakse mitme üksteisest küllalt suures kauguses asuva augu puurimiseks suurtele ja raskete detailidele (joon. 163). Erinevalt teistest puurpinkidest võimaldavad need pingid detaili asendit muutmata tuua puurpea sobivasse kohta töödeldava detaili suhtes.

44. PUURPINKIDE UNIVERSAALSED TÖÖABINÕUD JA RAKISED

Metallilõikepinkide rakisteks nimetatakse lisaseadeldisi ja mitmesuguseid konstruktsioone, mis on vajalikud töödeldava detaili seadistamiseks ja kinnitamiseks.

Erinevalt rakistest nimetatakse vahendeid lõikeriista seadistamiseks ja kinnitamiseks abitööriistadeks. Rakised, abitööriistad ja lõikeriistad koos moodustavad pingi tehnoloogilise varustuse. Rakistel on tähtis osa detaili töötlemisel normaalse tööprotsessi kindlustamisel koos soovitava täpsuse ja tootlikkusega.

Abitööriistad. Puurid, hõõritsad, avardid ja teised lõikeriistad kinnitatakse puurpingi spindlisse vastavate abitööriistadega — vahepukside, mõõtmesuguste puurpadrunite, juhttornidega jne.

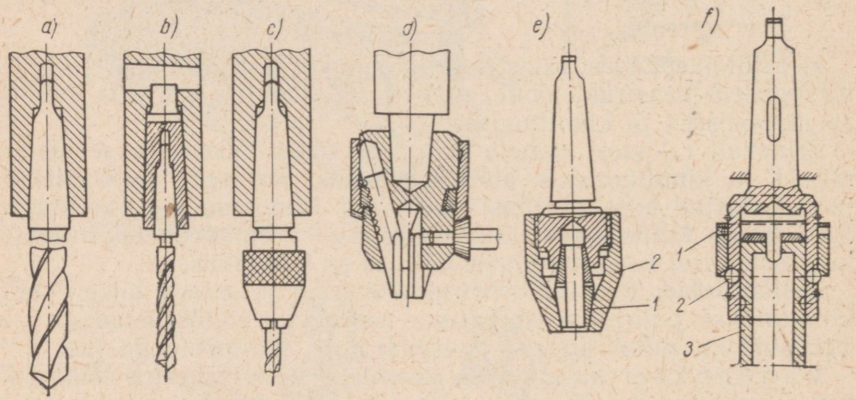
Vahepukse kasutatakse koonilise kinnitusosaga lõikeriistade kinnitamiseks. Puuri sise- ja välispinnad valmistatakse koonustena — tavaliselt Morse koonuse järgi nr. 0...6. Kui kinnitusosa koonuse mõõtmed vastavad pingi spindli augu koonuse mõõtmetele, siis kinnitatakse lõikeriist otse spindlisse (joon. 164, *a*).

Kui puuri koonus on väiksem pingi spindli augu koonusest, siis asetatakse puuri koonusele vahepuks ja koos sellega kinnitatakse pingi spindlisse (joon. 164, *b*). Kui ühest vahepuksist ei piisa, asetatakse üksteise peale mitu vahepuksi kuni sobiva mõõtme saamiseni.

Puurpadrunid võimaldavad kinnitada silindrilise sabaga lõikeriistu läbimõõduga kuni 15 mm. Algul kinnitatakse kas puur või mõni teine lõikeriist oma kinnitusosaga puurpadrunisse ning seejärel asetatakse padrun oma koonilise sabaga pingi spindlisse (joon. 164, *c*). Vastavalt konstruktsioonile, tööprintsiibile ja eesmärgile jagatakse puurpadrunid kahe- ja kolmepakilisteks, tsangpadruniteks, kiireltvahetatavateks jt. Kõige levinuma konstruktsiooniga kolmepakiline padrun on toodud joonisel 164, *d*.

Silindrilise sabaga väikese läbimõõduga puuride kinnitamiseks kasutatakse sageli tsangpadruneid. Puur surutakse tsangpadrunis (joon. 164, *e*) kinni vahetatava koonustsangiga *1* keeratest mutrit *2*.

Kiireltvahetatavaid padruneid (joon. 164, *f*) kasutatakse siis, kui üksteise järel on vaja puurida, avardada ja hõõritseda ilma pinki peatamata. Lõikeriista vahetamisel tõstetakse võru *1* üles, mistõttu kuulid *2* eemalduvad tsentrifugaaljõu mõjul ja vabastavad puksi *3* koos lõikeriistaga padrunist. Pärast uue lõikeriista kohaleasetamist lastakse võru *1* alla ning võru kaldpind surub kuulid *2* puksi süvendisse. Kuulid *2* takistavad lõikeriista väljakukkumist, ning samaaegselt annavad edasi pingi spindli pöördejõu.

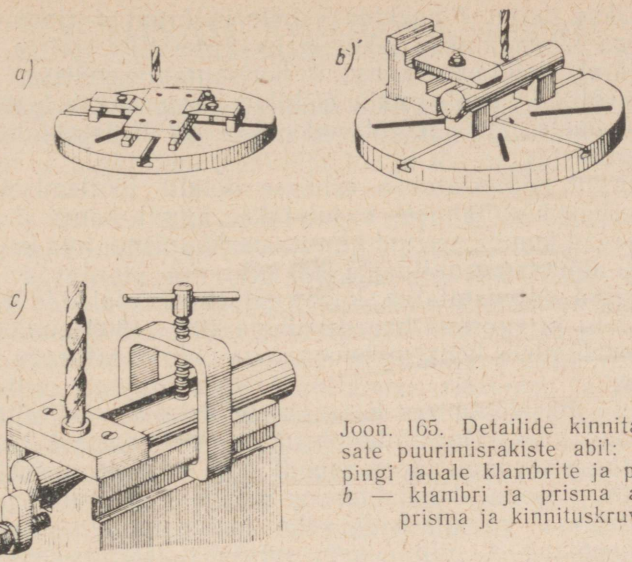


Joon. 164. Lõikeriistade ja padrunite kinnitamine pingi spindlisse

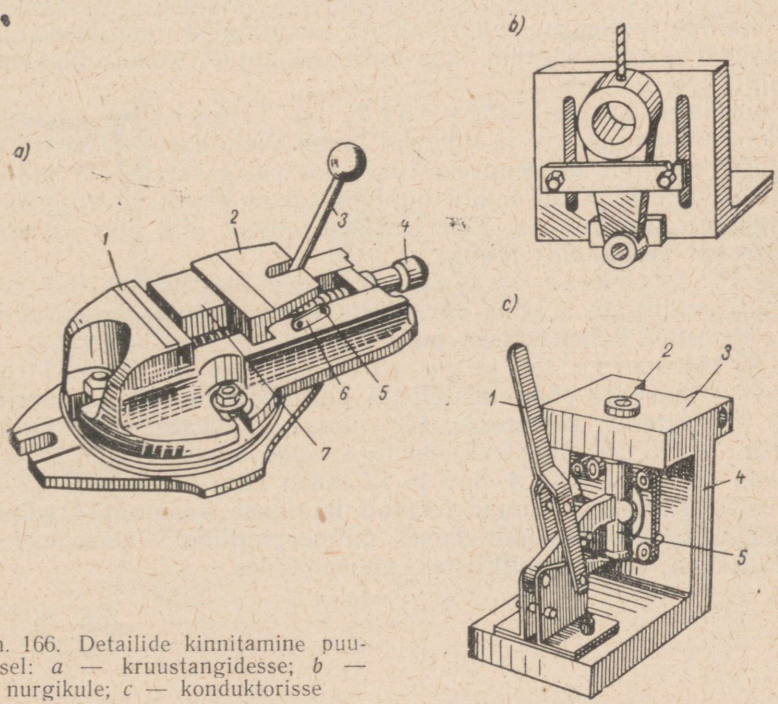
Rakised detailide kinnitamiseks. Levinud on kruvikinnitusega kinnitusrakised: klambrid, prismad (joon. 165), samuti masin-kruustangid ja nurgikud (joon. 166). Detailide käsitsi kinnitamine kruvidega on aeganõudev. Seepärast on viimasel ajal üha enam levinud rakised käsikiirkinnitusmehhanismidega, milleks on ekstsentrikud, kiilud, kang-nukkmehhanismid, aga samuti mehaaniliselt toimivad mehaanilised, pneumaatilised ja hüdraulilised kinnitusmehhanismid.

Kruviga masinkruustange kasutatakse laialdaselt individuaaltootmises. Nad koosnevad alusest, liikuvast ja liikumatust pakist, kruvist ning käepidemest. Detaili kinnitamiseks pakkide vahele tuleb pöörata käepidet, mis annab kruvile liikumise.

Kang-nukkmehhanismiga kiireltvahetatavad masinkruustangid tagavad suure kinnitusjõu ja hoiavad detaili tugevasti kinni ka suurte lõikejõudude puhul. Kinnitami-



Joon. 165. Detailide kinnitamine lihtsate puurimisrakiste abil: *a* — töölaua lauale klambrite ja poltide abil; *b* — klambri ja prisma abil; *c* — prisma ja kinnituskruvi abil



Joon. 166. Detailide kinnitamine puurimisel: *a* — kruustangidesse; *b* — nurgikule; *c* — konduktorisse

sel asetatakse detail *7* pakkide vahele ja kruvi *4* (joon. 166, *a*) pööramisega lähendatakse liikuv pakk *2* detailile, jättes väikese pilu. Seejärel, vajutades kangi *3* horisontaalasendisse, surume ekstsentrikvõllil *5* olevale nukile *6*; liikuv pakk *2* hakkab tööle kangina, mille ühele otsale mõjub nukk *6* ja surub detaili liikumatu paki *1* vastu.

Kruustangid häälestatakse esimese detaili töötlemisel. Järgmiste detailide kinnitamisel kasutatakse ainult kangi *3*. Kruustangid omavad kombineeritud kinnitusmehhanismi, mis kangi survega 16 kG annavad kinnitusjõu 900 kG.

Kruustangid valmistatakse kuues suuruses: pakkide laiusega 80 ... 250 mm ja suurima haardevahega 100 ... 300 mm. On olemas ka teistsuguste konstruktsioonidega kiirkinnitusega masinkruustange.

Seeria- ja masstootmises kasutatakse detailide kinnitamiseks sissepressitud karastatud juhtpuksidega spetsiaalseid konduktoreid, mis tagavad augu täpse asendi ilma eelneva märkimiseta. Joonisel 166, *c* toodud konduktor on mõeldud ühe augu puurimiseks detailisse *5*, paralleelselt selle toetuspinnaga. Konduktor koosneb nurgikust *4*, mille vastu surutakse šarniir-kangmehhanismiga *1* detail *5*, ja konduktorplaadist *3* puksiga *2*. Puks asub baaspinnast kindlal kaugusel ja on mõeldud lõikeriista suunamiseks.

Detailide töötlemisel puurpinkides kasutatakse laialdaselt mitmesuguseid konduktoreid, mis erinevad kujult, konstruktsioonilt, kaalult jne.

Puurpingil kasutatavate p ö ö r d- j a l i i k u v a t e r a k i s t e hulka kuuluvad pöörd- ja liikuvad lauad. Neid kasutatakse mitmesuguste detailide töötlemiseks tihti koos pealeasetatavate konduktoritega, mis tagavad detaili õige asendi ja kinnituse ning lõikeriista õige suundumise. Pöördrakised võivad olla kas horisontaalse või vertikaalse teljega.

H o r i s o n t a a l s e t e l j e g a rakiseid kasutatakse kas ringjoonel paiknevate aukude või puksi-, ketta-, rõnga- ja võrukujuliste detailide kahepoolseks puurimiseks.

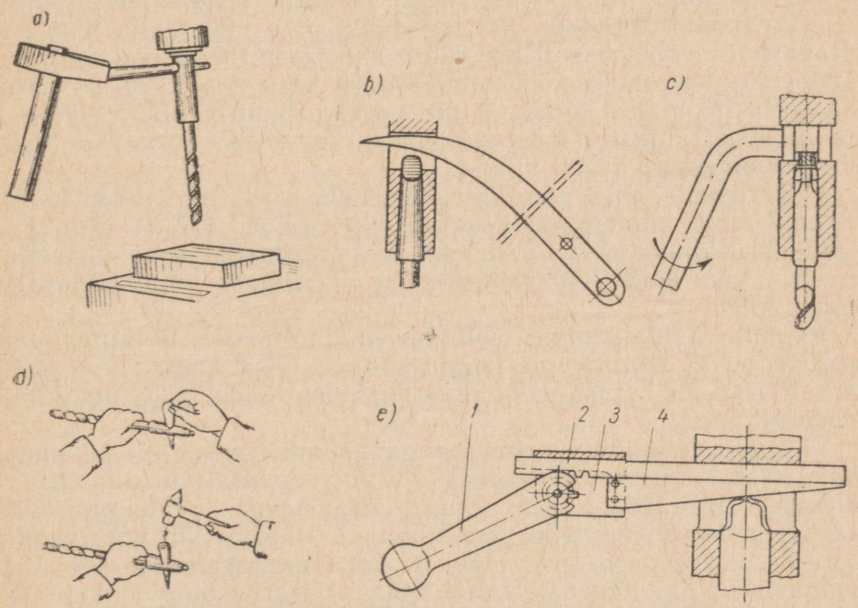
V e r t i k a a l s e t e l j e g a p ö ö r d l a u a d on sobivad ringjoonel paiknevate pöörlemisteljega paralleelsete aukude puurimiseks rõngastesse, ketastesse, äärikutesse ja teistesse pööddetailidesse. Normaalkonstruktsiooniga pöördlauad võimaldavad jagada ringjoone 2, 3, 4, 6, 8 ja 12 osaks ning samuti 15° ja 30° vahemikeks. Sellised lauad leiavad laialdast kasutamist aukude mitmepositsioonilisel töötlemisel mitmespindliliste puurpeadega pinkides ja mitmespindlilistes puurpinkides.

45. PUURPINGI HÄÄLESTAMINE JA TÖÖKS ETTEVALMISTAMINE

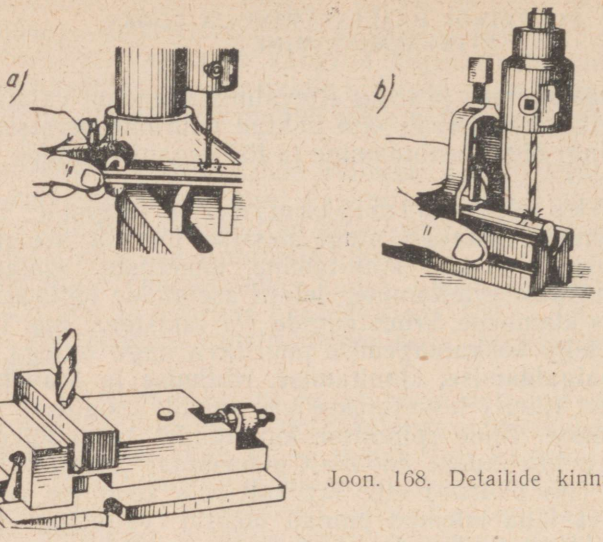
Puurpingi häälestamine ja tööks ettevalmistamine on vajalik, et täita tehnoloogilises protsessis ette nähtud puurimisoperatsioone. Tähtis on ka pingi õige teenindamine ja töö organiseerimine puurimisel.

Pingi tööks ettevalmistamine on järgmine: õlitamine ja määrimine vastavalt pingi passile, töölaua asetamine sobivale kõrgusele ja selle kinnitamine, lõikeriista asetamine spindlisse ja korralik kinnitamine, detaili asetamine töölauale ja kinnitamine kas klambrite, kruustangide või rakistega, mis tagavad lõikeriista telje kokkulangemise puuritava augu teljega.

Lõikeriista paigaldamise, kinnitamise, rihtimise ja äravõtmise võtted. Lõikeriist (puur) kinnitatakse kas spindli koonilisse auku või puurpadrunisse. Enne spindlisse kinnitamist tuleb lõikeriist ja spindli auk puhta lapiga hoolikalt puhastada. Seejärel lükatakse lõikeriist (või padrun) ettevaatlikult oma koonilise sabaga spindlisse, nii et laba laiemad pinnad oleksid väljalöögi augu kohal. Seejärel lüüakse lõikeriista koonus tugeva löögiga spindli auku. Kui lõikeriista kinnitamiseks kasutatakse vahepukse, tuleb pukside, spindli ja lõikeriista koonilised pinnad enne kontrollida ja puhastada. Seejärel ühendatakse vahepuksid ja asetatakse



Joon. 167. Tööriistade väljavõtmine spindlist



Joon. 168. Detailide kinnitamine puurimisel

lõikeriist koonusesse, mille järel tugeva käelöögiga lüüakse vahepuks spindli auku. Lõikeriista või padruni äravõtmiseks spindlist kasutatakse kiilu. Kiilu üks ots pannakse spindli väljalöögi auku ning lüüakse vasaraga kergelt teise otsa pihta, mille tagajärjel kiil surub lõikeriista koonuse labale ja surub selle spindli koonilisest pesast välja (joon. 167, *a*). Lõikeriista võib välja lüüa ka raadiuskiilu või ekstsentrilise võtme abil (joon. 167, *b*, *c*). Samaks otstarbeks kasutatakse ka universaalset võtit (joon. 167, *e*). See koosneb liikumatust kiilust *4*, mis on kinnitatud klambri *3* külge, ja liikuvast kiilust *2* koos hammaslatiga, mida nihutatakse sektori käepidemega *1* piki kiilu *4*.

Lõikeriistade või padrunite koonustele asetatud vahepukside eemaldamine toimub eelnimetatud viisil (joon. 167, *d*). Et puur spindlist väljalöömisel ei kukuks vastu töölauda ja ei nürineks, tuleb vasaku käega teda kinni hoida või asetada pingi töölauale puust alus.

Detailide paigaldamine, rihtimine ja kinnitamine. Detailide paigaldamine ja kinnitamine toimub mitmel viisil ning sõltub peamiselt detailide kujust, mõõtmetest, kaalust, töödeldava augu läbimõõdust jne.

Väikesed detailid (puuritava augu läbimõõt ei ole üle 10 mm) kinnitatakse käsikruustangidega või universaalsete prismaatiliste alustega (joon. 168, *a* ja *b*). Suure läbimõõduga aukude puurimisel tuleb detail kinnitada kindlamalt kas masin- või pneumaatiliste kruustangidega (joon. 168, *c*). Enne masinkruustangide paigaldamist pingi töölauale tuleb töölaua ja kruustangide tugipinnad hoolikalt puhastada ja kergelt õlitada. Seejärel kinnitatakse kruustangid töölaua T-kujulistesse soontesse asetatud poltidega.

Väikese läbimõõduga aukude puurimisel ei ole vaja kruustange töölaua külge kinnitada. Detailid, mis ei mahu kruustangi pakkide vahele, kinnitatakse klambrite abil vahetult töölaua külge.

Tuleb meeles pidada, et detail kinnitatakse lõplikult alles siis, kui spindli ja töödeldava augu telg kokku langevad.

Pingi häälestamine. Pärast detaili ja lõikeriista paigaldamist, rihtimist ja kinnitamist toimub pingi häälestamine. Selleks tuleb kiiruste- ja ettenihetekasti juhtkangid lülitada asenditesse, mis tagaksid tehnoloogilisel või instruktsioonikaardil ettenähtud spindli pöörete arvu ja ettenihkekiiruse. Kui tehnoloogiline kaart puudub, valitakse ettenihe, pöörete arv ja lõikekiirus käsiraamatute järgi. Puurpinkidel, millel on kiiruse reguleerimiseks astmelised kiilrihmarattad, tuleb soovitava pöörlemiskiiruse saamiseks asetada kiilrihm sellele astmepaarile, mis tagab soovitava kiiruse.

Pärast häälestamist toimub pingi kontrollkäivitamine. Olles veendunud, et pink on õigesti häälestatud, asutakse puurima.

46. PUURPINKIDEL TEHTAVAD TÖÖD

Puurpingi tehnoloogilised võimalused ei piirdu ainult aukude puurimisega. Nii võib puurpinkidel avardada, hõõritseda ja sooritada teisi tehnoloogilisi operatsioone, mis ei ole otseselt seotud aukude töötlemisega (tabel 10).

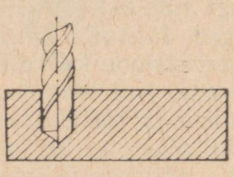
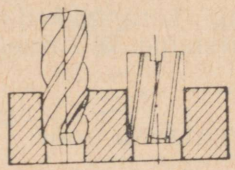
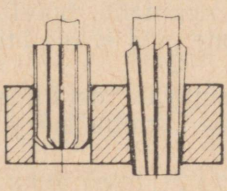
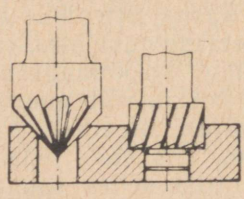
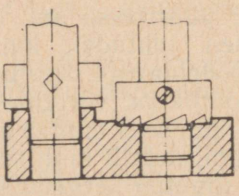
Puurimise võtted. Sõltuvalt töödeldavate detailide partii suurusest ja täpsusest võib puurida kas kärniga märgitud tsentrite järgi või konduktorite abil.

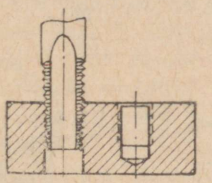
Märkimise järgi puurimisel tuleb aukude suhteliselt täpse asetuse puhul puurida kaks korda: algul eelnevalt, seejärel lõplikult. Eelnev puurimine toimub käsitsi ettenihke abil veerand läbimõõdu sügavusele, seejärel tõstetakse puur üles, eemaldatakse laastud ja kontrollitakse puuritud augu kokkulangevust märgitud ringjoone järgi. Kui need langevad kokku, võib puurimist jätkata kuni lõpuni, lülitades sisse mehaanilise ettenihke. Kui eelnevalt puuritud augu tsenter on nihkunud, siis võib seda parandada kahe-kolme kanali puurimisega tsentrist selles suunas, kuhu on vaja puuri nihutada. Selliselt puuritud kanalid suunavad puuri kärniga märgitud kohale. Tehes veel ühe kontrollpuurimise ja veendudes augu õiges paiknemises, puuritakse auk lõpuni.

Konduktorit kasutatakse neil juhtudel, kui soovitakse saada kõrgemat täpsust ning kui töödeldavate detailide partii on küllalt suur. See meetod on palju tootlikum, võrreldes märkimise järgi puurimisega, kuna vajadus märkimiseks langeb ära ja detaili ei hoita töötlemisprotsessis kaua kinni, detaili kinnitamine on kiirem ja usaldusväärsem, töölise töö muutub kergemaks jne. Püsivate seadebaaside ja juhtpindade tõttu saab alati suurema töötlemistäpsuse, mis võimaldab kasutada detailide vahetatavust.

Tabel 10

Puurpinkidel tehtavad tööd

Operatsioon	Töötlemise skeem	Tehnoloogilised võimalused
Puurimine		Täismaterjalisse 0,15...80 mm läbimõõduga läbi- ja umbaukude puurimine. Töötlemistäpsus 5., pinnasiledus 3.—4. klass
Avardamine		Silindriliste ja kooniliste aukude avardamine, mis on saadud kas eelneva valamise, tõmbamise, stantsimise või puurimise teel. Töötlemistäpsus 3.—4., pinnasiledus 4.—5. klass
Hõõritsemine		Puhaste silindriliste ja kooniliste aukude viimistlev töötlemine (tavaliselt pärast avardamist või ülepuurimist). Töötlemistäpsus 2.—3., pinnasiledus 5.—7. klass
Süvitamine		Pesade töötlemine peitpea-, pool peitpea ja silindrilise peaga kruvide ja neetide alla. Pinnasiledus 4.—6. klass
Otssüvitamine		Otspindade töötlemine (aukude otstel) kruvide, poltide, seibide ja mutrite alla. Pinnasiledus 4.—5. klass

Operatsioon	Töötlemise skeem	Tehnoloogilised võimalused
Keermetamine		3. täpsusklassi kinnituskeermete lõikamine keermepuuridega umb- ja läbiaukudesse läbimõõduga 3...40 mm ja enam

Joonisel 169, *a* on toodud kinnine karpkonduktor. Töödeldav detail asetatakse konduktori *1* sisse, lükatakse toeni *2* ja kinnitatakse kruvidega *4* ja *6*. Puur suunatakse algul juhtpuksi *2*; lõpetanud augu puurimise, nihutatakse konduktorit ja puuritakse teine auk läbi konduktori puksi *5*.

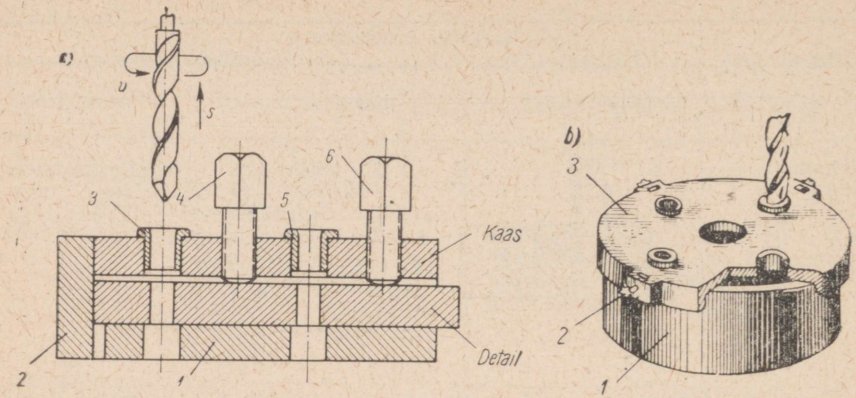
Pealeasetatavate konduktorite kasutamisel kinnitatakse detail masinkruustangidesse või pingi töölauale. Konduktor *3* asetatakse detaili *1* sellele osale, kuhu puuritakse auk (joon. 169, *b*). Konduktor kinnitatakse detaili külge kruvidega *2* või mitmesugust tüüpi klambritega.

Läbiaukude puurimine erineb umbaukude puurimisest. Kui puur jõuab augu lõpuni, väheneb tunduvalt metalli takistus ning vastavalt sellele tuleb vähendada ettenihet. Kui ettenihet ei vähendata, tungib puur järsult läbi metalli, haarab kaasa suuri pinnaosakesi, kiilub kinni ja võib puruneda. Et seda vältida, lülitatakse puurimise lõpul mehaaniline ettenihe välja ja auk puuritakse lõpuni käsitsi aeglustatud ettenihkega.

Umbaukude puurimisel etteantud sügavuseni tuleb eelnevalt häälestada spetsiaalne rakis, mis on kinnitatud puurpingi külge. Kui sellist rakist ei ole, kasutatakse piirdepuksi, mis kinnitatakse puuri külge vajalikule kaugusele puuri otsast (joon. 170).

Piirdepuks või piirav rakis, mis on monteeritud spindli külge, häälestatakse järgmiselt. Puur lastakse vastu detaili ning piirdevarras (puks) asetatakse ja kinnitatakse kõrgusele, mis vastab puurimise sügavusele. Kui puur jõuab häälestatud sügavusele, toetub piirdevarras või -puks vastu piirajat või detaili otsa ja jääb seisma. Seejärel ei saa puur metallis enam sügavamale liikuda.

Augu kahekordset puurimist (varem puuritud augu ülepuurimist) kasutatakse siis, kui on vaja puurida umbauke läbimõõduga üle 25 mm. Kuna puuri lõikeosa sideserv ei lõika, vaid «koorib» metalli, siis puuri läbimõõdu suurenemisel seoses sideserva pikenemisega suureneb ka teljesuunaline lõikejõud, see aga raskendab lõikeprotsessi. Et seda kahjulikku nähtust kõrvaldada,



Joon. 169. Konduktoritega puurimine: *a* — karpkonduktoriga; *b* — pealesetatava konduktoriga

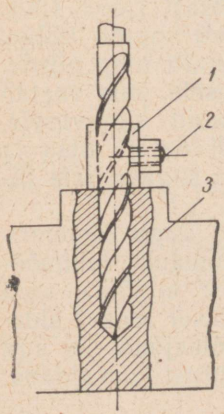
puuritakse algul umbes poole väiksema läbimõõduga auk, alles seejärel kasutatakse soovitava läbimõõduga puuri. Siis ei võta puuri sideserv lõikeprotsessist osa ning teljesuunaline jõud väheneb.

Sellisel ülepuurimisel võib kasutada 1,5 . . . 2 korda suuremat ettenihet kui sama läbimõõduga augu puurimisel täismaterjalisse.

Üle puurida võib ainult eelnevalt puuritud, sepistatud või valatud aukusid.

Lukksepatööde praktikas esineb puurimise erijuhtumeid, kui on vaja puurida mittetäielikke ja poolauke jt. auke. Iga sellise augu puurimine on seotud tehnoloogilise omapära ja erivõtetega.

Mittetäielike aukude puurimine toimub kahel viisil. Esimesel juhul ühendatakse kaks detaili kruustangide abil nii, et pinnad, millesse on vaja puurida poolaugud, langeksid kokku. Seejärel märgitakse kinnitatud detailide ühendusjoonele aukude

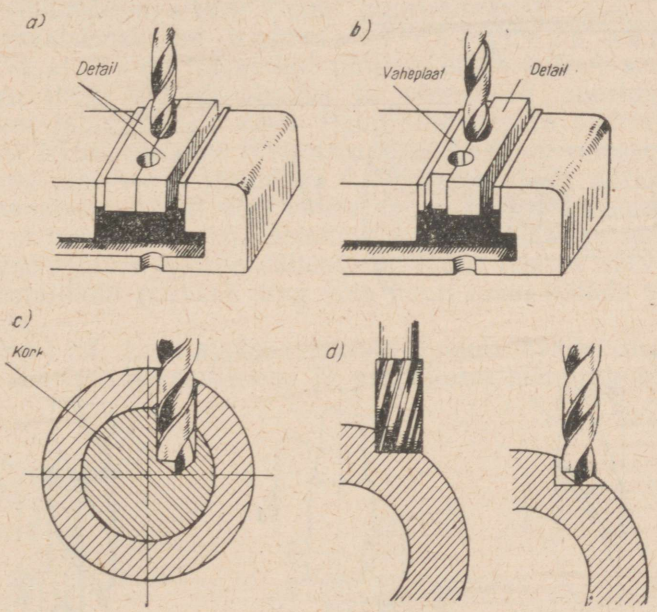


Joon. 170. Umbaukude puurimine piiraja abil: *1* — piirdepuks; *2* — kinnituskruvi; *3* — detail

tsentrid ja puuritakse tavalisel viisil (joon. 171, *a*). Ühe detaili puurimisel tuleb kasutada samast materjalist vahetükki, millest on valmistatud töödeldav detail (joon. 171, *b*).

Kui torudesse või puksidesse on vaja puurida auke, mille tsenter ei lange kokku detaili teljega, lüüakse toru või puksi tühenikku kas metallist või puust kork, läbi mille puuritakse auk (joon. 171, *c*). Kui seda ei tehta, põrkub puur alumise seina vastu, libiseb, kaotab suuna ja võib puruneda.

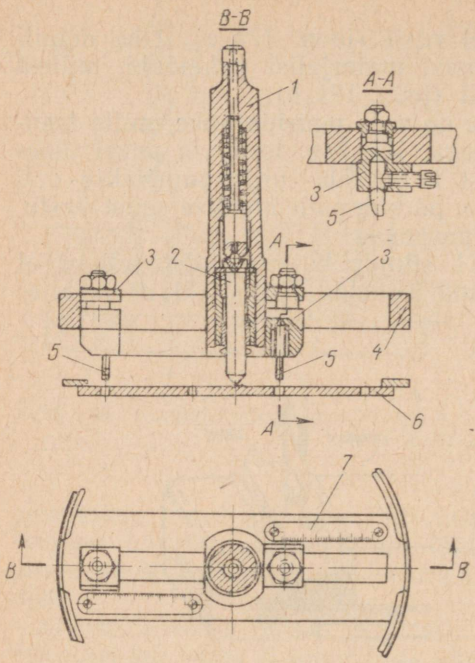
Umbaugu puurimisel silindri küljesse tuleb selleks, et puur ei puruneks, eelnevalt pind töödelda (joon. 171, *d*) ja alles siis puurida tavalisel viisil.



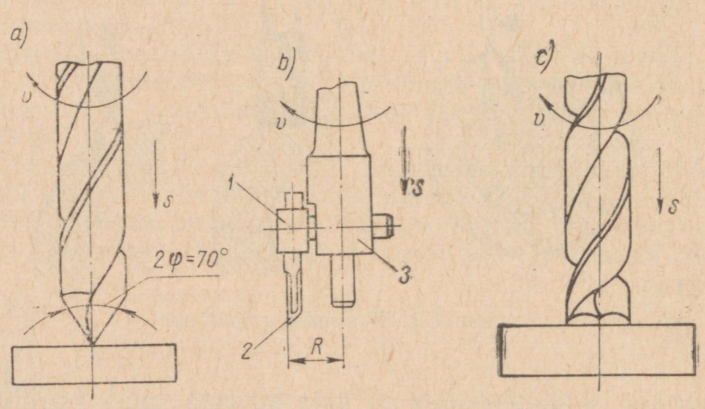
Joon. 171. Puurimise erijuhtumid

Juhul kui lehtmaterjalisse on vaja puurida suure läbimõõduga auke, kasutatakse spetsiaalset reguleeritavate teradega puurpead. Üks selline puurpea on toodud joonisel 172. Korpuse *1* külge kinnitatakse traavers *4*, mida mööda võivad liikuda terahoidjad *3* teradega *5*. Tera asetatakse tsentrist vajalikule kaugusele skaala *7* järgi. Detaili *6* tsentreerimine toimub tsentriga *2*.

Plastmasside puurimisel on vaja teada järgmist. Orgaanilist klaasi puuritakse spiraalpuuriga, mille tipunurk $2\Psi = 70°$ (joon. 173, *a*). Suure läbimõõduga aukude töötlemisel



Joon. 172. Reguleeritavate teradega puurimispea lehtmaterjali puurimiseks



Joon. 173. Plastmasside puurimise riistad

(kuni 100 ... 150 mm) kasutatakse torni *3* (joon. 173, *b*), millesse terahoidjaga *1* kinnitatakse lõiketera *2*. Tera väljaulatust *R* juhttorni tsentrist reguleeritakse lõigatava augu läbimõõdu järgi.

Sellist juhttorni koos lõiketeraga (joon. 173, *b*) nimetatakse «sirkelteraks».

Kihiliste plastmasside puurimisel kasutatakse spetsiaalselt teritatud spiraalpuuri (joon. 173, *c*). Suure läbimõõduga auke lõigatakse sirkelteraga. Pressitud paljukihiliste plastikute puurimisel tuleb kinnijäämise vältimiseks puuri lõikeservad eriti teravaks teha.

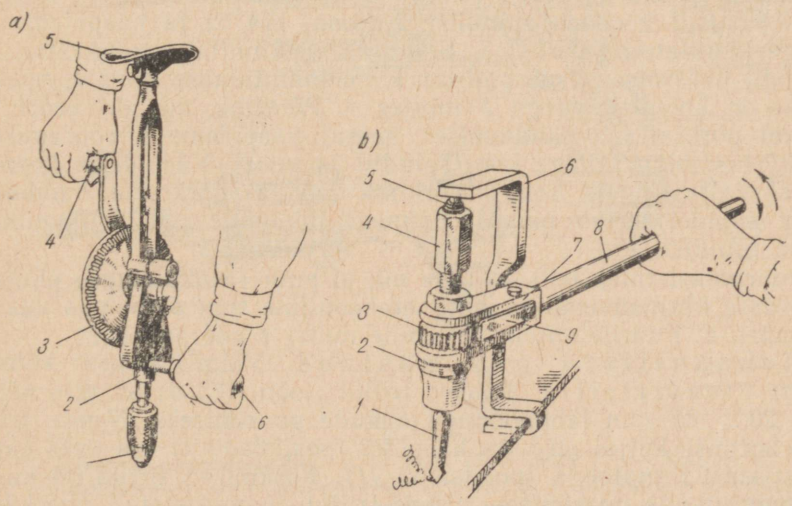
47. KÄSI- JA MEHAANILISED PUURMASINAD

Lukksepatööde praktikas tuleb aukude puurimisel sageli kasutada käsitrille, -puurpäid, käristeid, aga samuti mehaanilisi tööriistu, elektri- ja pneumaatilisi puurmasinaid.

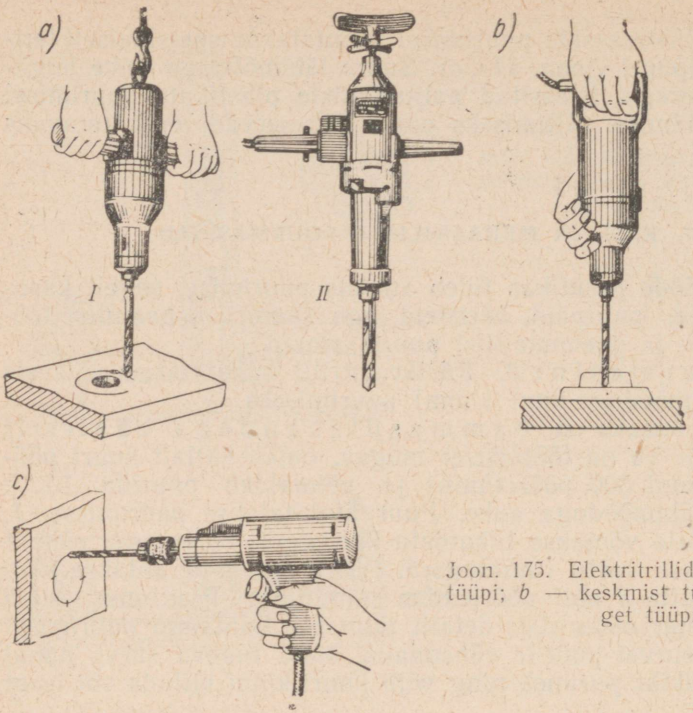
K ä s i p u u r m a s i n a d. Käsikruvitrilli kasutatakse väikeste aukude (läbimõõduga kuni 3 mm) puurimiseks.

Universaalsemaks on h a m m a s ü l e k a n d e g a k ä s i t r i l l (joon. 174, *a*). Ta on töötamisel mugav, omab küllalt suurt pöörete arvu (kuni 300 pööret/min) ja võimaldab puurida 10... ...12 mm läbimõõduga auke. Puur kinnitatakse padrunisse *1*, vasakusse kätte võetakse liikumatu käepide *6*, paremasse vänt *4* ning toetatakse vastu rinnatuge *5*. Pöörates vänta antakse koonushammasratta *3* abil pöörlemine spindlile *2*. Puurimisel tuleb jälgida, et puur oleks risti detaili pinnaga. Läbiaugu puurimisel tuleb lõpuks survet puurile vähendada, kuna tugeva surve puhul õhuke metallikiht puruneb ning võib puuri kinni kiiluda või isegi purustada.

P u u r p ä i d kasutatakse väikeste aukude käsitsi puurimisel puusse, fiibrisse, tekstoliidisse ja pehmetesse metallidesse.



Joon. 174. Käsitrillid: *a* — hammasülekandega; *b* — käristiga



Joon. 175. Elektritrillid: *a* — rasket tüüpi; *b* — keskmist tüüpi; *c* — kerget tüüpi

Käristiga käsitrilli kasutatakse 20...35 mm läbimõõduga aukude puurimiseks raskelt ligipääsetavatesse kohtadesse, juhul kui ei saa kasutada puurpinki või käsipuurmasinat. Käristiga käsitrill koosneb spindlist *2* (joon. 174, *b*) ja käepideme *8* külge kinnitatud kahvlist *7*. Spindlile on kinnitatud põrkratas *3*. Spindli ühes otsas asub padrun, kuhu kinnitatakse puur *1*, teises otsas on koonilise toega *5* mutter *4*. Põrklink, mis on vedru *9* survel põrkrattaga hambumises, keerab käepideme *8* pööramisel põrkratast ning sellega koos spindlit ja puuri. Käepideme keeramisel vastassuunas libiseb põrklink mööda põrkratta hambaid ning spindel seisab paigal. Esimene liikumine on tööliikumine, teine tühiliikumine.

Puurimisel tuleb trill asetada nii, et puur satuks detaili pinnal asuvasse kärnisüvendisse ning et kooniline tugi *5* toetuks vastu klambrit *6*. Puurile antakse ettenihe mutri *4* pööramisega.

Mehaanilised puurmasinad. Valmistatakse kolme tüüpi elektritrille. Rasked trillid (joon. 175, *a*) on ette nähtud 20...32 mm läbimõõduga aukude puurimiseks. Nende trillide korpuse küljes on kaks käepidet (positsioon *I*) või kaks käepidet koos rinnatoega (positsioon *II*). Keskmised trillid on kuni 20 mm aukude puurimiseks. Need trillid on varustatud ühe käepidemega (joon. 175, *b*). Kergeid trille saab kasutada kuni 9 mm

läbimõõduga aukude puurimisel. Selliste trillide korpused on kas silindri- või püstolikujulised (joon. 175, *c*).

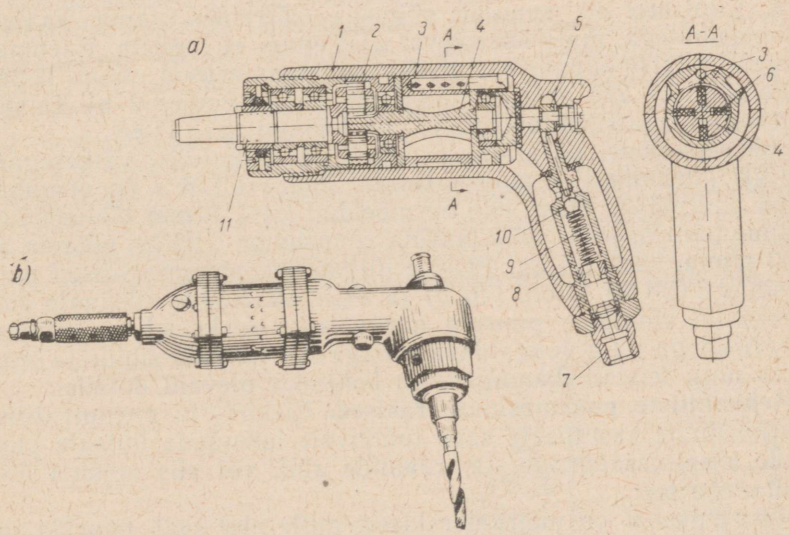
Sõltumata trilli tüübist ja võimsusest koosneb igaüks neist elektrimootorist, reduktorist ja spindlist.

Kergetest trillidest on enamlevinud tüüp И-90 (joon. 175, *c*). Sellega saab puurida kuni 8 mm läbimõõduga auke. Trillil on universaalne ühefaasiline 220 V vahelduv- või alalisvooluga töötav kollektormootor. Mootori võimsus on 0,2 kW, pöörete arv 8300 p/min, kuid kahest hammasrattapaarist koosneva reduktori abil vähendatakse spindli pöörete arv 680 pöördele minutis. Trilli mootori ja reduktori võllid on asetatud kuullaagritele. Mootor käivitatakse käepideme ülemises osas asuva päästiku kerge tõmbega. Kahepooluseline kolblüliti on monteeritud käepideme sisse. Trilli võrku ühendamiseks kasutatakse kaablit. Trilli И-90 mootorit jahutab ventilaator, mis on pressitud rootori võllile.

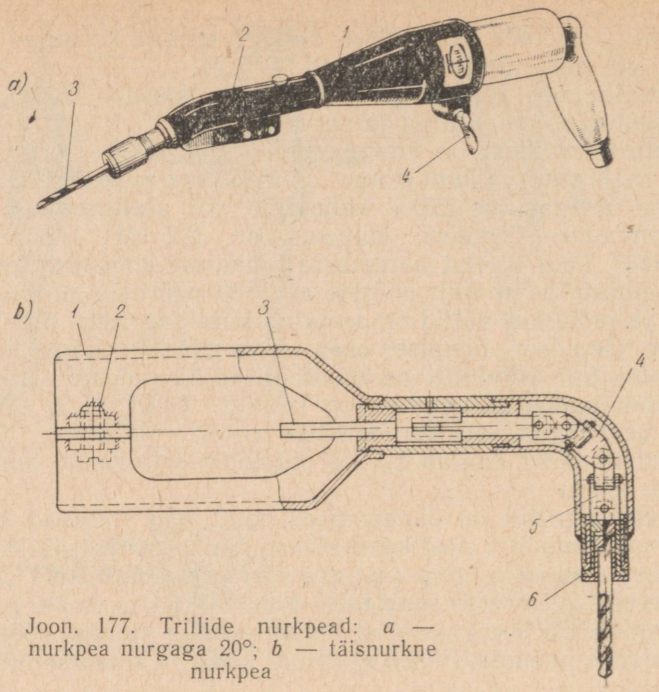
Elektritrill И-90 kaalub 2,1 kg, mistõttu sellega on kerge töötada ühe käega.

Kõik elektritrillid on ökonoomsed, kuid nad taluvad halvasti ülekoormust, mistõttu neid kasutatakse lühikeste töötsüklite puhul.

Pneumaatiliste puurmasinate jõuallikaks on suruõhk (survega 5...6 atü), mis tuleb masinasse kas tsehhi suruõhumagistraalist või kompressorist kummivooliku kaudu. Tööprintsiibilt jagatakse pneumaatilised masinad kolb- ja rotatsioonimasina-



Joon. 176. Suruõhutrillid: *a* — trilli PC-8 lõige (*1* — korpus; *2* — hammasratas; *3* — staator; *4* — rootor; *5* — lüliti; *6* — labidad; *7* — nippel; *8* — puks; *9* — vedru; *10* — kuulklapp; *11* — spindel); *b* — nurkpeaga trill УСМ-23



Joon. 177. Trillide nurkpead: *a* — nurkpea nurgaga 20°; *b* — täisnurkne nurkpea

teks. Viimastel on suurem võimsus võrreldes sama kaaluga kolbmasinatega, mida käesoleval ajal enam ei toodeta. Pneumaatilistest rotatsioonpuurmasinatest on enamlevinud tüüp И-34А. Selle võimsus 270 pöörde puhul minutis on umbes 2 hj. Teistest samatüüpi rotatsioonimasinatest on levinud tüüp И-68.

Lukksepatöödel kasutatakse sageli püstolikujulisi väikesegabariidilisi pneumaatilisi puurmasinaid. Joonisel 176, *a* on pneumaatiline puurmasin PC-8, mis on mõeldud kuni 8 mm läbimõõduga aukude puurimiseks. Selle masina võimsus on 0,25 hj, pöörete arv 1000 p/min, kaal 1,6 kg. PC-8 eriliigiks on pneumaatilised puurmasinad УСМ-23 (joon. 176, *b*) ja УСМ-50. Nende masinate omapäraks on võimalus puurida nurga all. Nurkpead on väikeste gabariitidega ning võimaldavad mugavalt puurida ribide ja seinte ääres ning teistes ebamugavates kohtades olevaid detaile.

Mehaaniliste puurmasinate rakised. Elektri- ja pneumaatiliste puurmasinate kasutusala saab tunduvalt laiendada lihtsate puurpeade kinnitussammaste ja -raamide abil, või siis masina ülesriputamise teel.

Nurkpead on puurimisrakised, mille abil saab puurida raskeltligipääsetavatesse kohtadesse. Nii näiteks on tihvtide, splintide ja tõkestite aukude puurimisel tihti vaja, et puuri telg oleks masina telje suhtes nurga all.

Joonisel 177, *a* on kujutatud nurkpea pneumaatilise puurmasina

PC-8 jaoks, mille puuri telg on masina telje suhtes 20° nurga all. Nurkpea korpus *1* kinnitatakse puurmasina külge päästiku *4* abil. Torus *2* asub šarniirvõll, mis paneb pöörlema tsangi koos puuriga *3*.

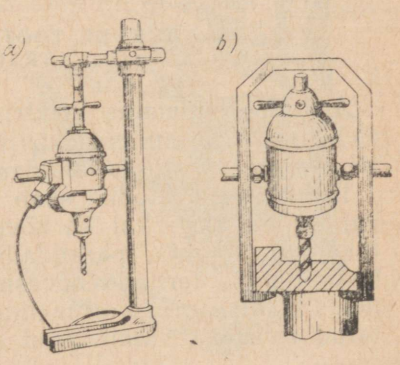
Joonisel 177, *b* on toodud nurkpea konstruktsioon, mille telje nurk on 90°. Siin kinnitatakse korpus *1* puurmasina külge kruviga *2*. Vedav võll *3* kinnitatakse puurmasina padruni külge ning šarniiri lülide *4* ja *5* kaudu antakse pöörlemine edasi tsangile ja puurile.

Kinnitussammaste kasutamine kantavate mehaaniliste puurmasinate ülesseadmiseks võimaldab neid kasutada statsionaarsete puurmasinatena. Joonisel 178 on toodud kaks näidet puurmasinate kinnitusviiside kohta.

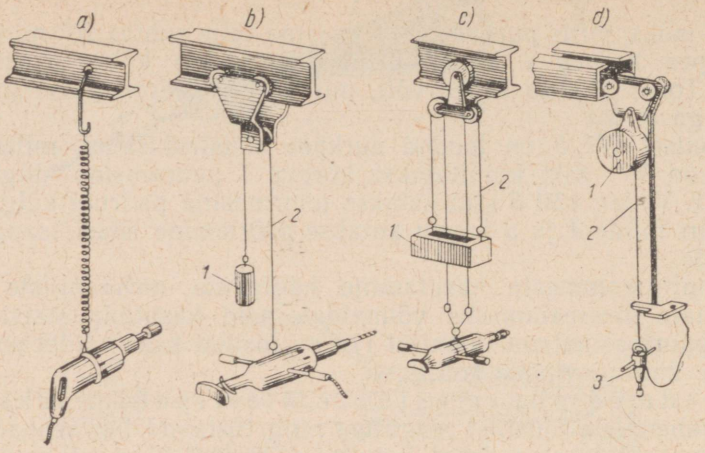
Seadmed puurmasinate ülesriputamiseks aitavad vähendada füüsilist pingutust ning tõstavad lukkseppade tööviljakust. Riputusseadmed kujutavad endast kahe või nelja rattaga vankreid, mis sõidavad lukksepa töökoha kohale asetatud monorelssi mööda. Et puurmasin ei segaks lukksepa tööd sel ajal, kui ta masinat ei tarvita, kasutatakse puurmasina ülesriputamiseks spiraalvedru (joon. 179, *a*), trossi *2* koos vastukaaluga *1* (joon. 179, *b* ja *c*), mis võrdub masina kaaluga. Joonisel 179, *d* toodud näites on tross *2* ühendatud vastukaalu *1* sees oleva lehtvedruga. Masina *3* alla laskumisel tõmbub vedru pingule, masina vabastamisel aga tõstab vedru selle üles.

Käsipuurmasinate hooldamine. Elektripuurmasinad nõuavad nii töö kui ka hoidmise ajal erihooldamist. Enne tööalgust tuleb hoolikalt kontrollida, kas kõik poldid ja mutrid on tugevalt kinnitatud. Soovitav on käega kontrollida, kas kõik liikuvad osad töötavad sujuvalt ja on hästi määritud. Seejärel, enne lülitamist võrku, tuleb puhastada spindel ja padrun koos puuriga.

Eriti hoolega tuleb kontrollida puurmasina toitekaablit. Mingil juhul ei tohi töötada purunenud või kulunud isolatsiooniga kaabliga. Enne lülimist on tingimata vajalik kontrollida, kas võrgu pinge ja sagedus vastavad puurmasina passis ettenähtuile. Töö



Joon. 178. Puurmasinate statsionaarne kinnitamine: *a* — sammaskinnitus; *b* — kinnitusraam pneumaatilise trilli jaoks



Joon. 179. Puurmasinate riputamise viise: *a* — spiraalvedrule; *b*, *c* — trossi ja vastukaalu abil; *d* — vedrumehhanismiga

ajal tuleb jälgida, et masin üle ei kuumeneks. Masina rivist väljalangemise vältimiseks ei tohi elektrimootori mähised kuumeneda üle 75° C. Ülekuumenemist loetakse lubatuks, kui masina korpusel võib hoida kätt. Pärast tööd tuleb masin hoolikalt puhastada laastudest ja mustusest ning kaabel välja lülitada. Metallosad tuleb puhastada kergelt õlitatud lapiga, kaablid aga pühkida kuiva lapiga ning kokku kerida — alles siis võib anda masina hoiule. Elektripuurmasinaid tuleb hoida kuivas köetud ruumis.

Pneumaatilisi puurmasinaid tuleb hoida sama hoolikalt. Enne puurima asumist tuleb masina toitevoolik läbi puhuda, et kõrvaldada sinna kogunenud vesi, mis on voolikusse sattunud suruõhumagistraalis kondenseerunud niiskuse tõttu. Pärast töö lõpetamist või pikema vaheaja puhul tuleb sulgeda suruõhumagistraali kraan, masin korralikult puhastada ja anda lattu hoiule.

48. AUKUDE TÖÖTLEMINE ELEKTRISÄDE- JA ULTRAHELIMEETODIL

Aukude töötlemine elektrisädeme abil. Materjalide töötlemise elektrisäde-, keemilis-elektrilised ja ultrahelimeetodid on viimastel aastatel tööstuses laialdast kasutamist leidnud.

Elektrisädemeetodil saab töödelda metallisse mitmesuguse kujuga nii sirg- kui ka kõverjooneliste telgedega auke, metalli tükkideks lõigata, parandada purunenud keermepuure, puure, tikkpolte jt., teritada kõvasulamist lõikeriistu, aga samuti töödelda stantse, pressvorme ning teisi kõvadest metallidest ja karastatud terastest valmistatud detaile.

Elektrisädemeetodi kirjeldus on toodud § 33.

Aukude töötlemiseks elektrisädemeetodil on olemas spetsiaalsed pingid.

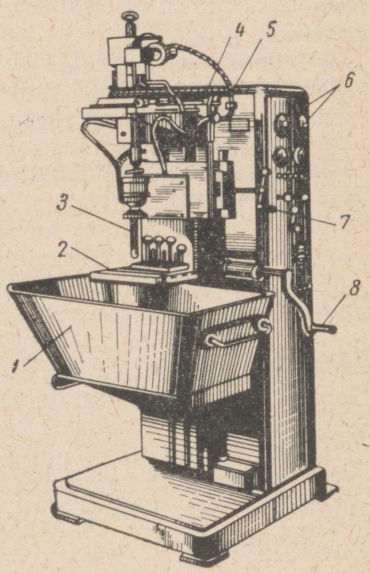
Sellise pingi üldvaade on toodud joonisel 180. Töödeldav detail asetatakse töölauale *2*; käepidemete *5* ja *7* abil viiakse elektrood-tööriist *3* töödeldava augu kohale. Seejärel, pöörates käepidet *8*, tõstetakse vann *1* sellisele kõrgusele, et detail kattuks üleni vedelikuga (petrooleumiga). Seejärel pink käivitatakse ja käepideme *4* abil lastakse elektrood *3* alla kuni esimeste sädelahenduste tekkimiseni. Edasi toimub töötlemine automaatselt. Augu tekkimist võib jälgida mõõteriista *6* abil.

Eriti efektiivne on elektrisädemeetod väikese läbimõõduga aukude töötlemisel. Leningradi Kuibõševi-nimelises Karburaatoritehases kasutatakse seda meetodit täpsete 0,15 mm läbimõõduga aukude töötlemiseks. Aega kulub selleks vaid 25 sekundit endise 2 minuti asemel. Peale selle valmistab nii väikese läbimõõduga aukude puurimine suuri raskusi, sest puuri pöörlemiskiirus peab olema 60 000 p/min.

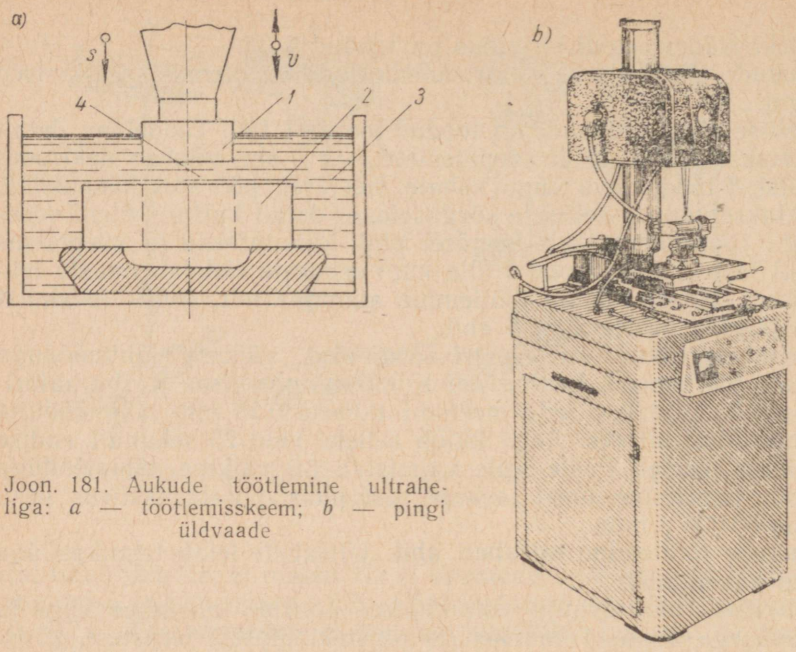
Aukude töötlemine ultraheli abil. Ultraheli leiab tehnikas üha enam kasutamist.

Ultraheli abil osutub võimalikuks puurida mistahes kuju ja sügavusega aukusid kuumus- ja roostekindlatest terastest, kõvasulamitest, klaasist ja teistest kõvadest materjalidest valmistatud detailidesse.

Ultrahelimeetodi «tööriistaks» on keskkonna elastne võnkumine sagedusega, mis ületab kuuldava heli sageduse. On teada, et inimese kõrva poolt tajutavad helid kujutavad endast ümbritseva



Joon. 180. Aukude elektrisädetöötlemise pink



Joon. 181. Aukude töötlemine ultraheliga: *a* — töötlemisskeem; *b* — pingi üldvaade

keskkonna (õhu) elastset võnkumist sagedusega 16-st kuni 20 tuhande võnkeni sekundis (Hz). Võnkumisi sagedusega üle 20 tuhande Hz nimetatakse ultraheli võnkumisteks ehk ultraheliks.

Ultrahelipingi seadme printsipiaalne skeem on toodud joonisel 181, *a*. Tööriistaks on siin tempel *1*, mille ristlõige vastab töödeldava augu kujule ja millele antakse ultrahelisagedusega võnkuv liikumine (vibratsioon). Tempel viiakse detaili *2* juurde nii, et nende vahele jääks pilu *4*. Tempel ja detail asuvad vannis, milles on abrasiivosakestega vedelik *3*. Löökide ja suure kiiruse mõjul, mida abrasiivosakesed saavad templi ultrahelisagedusega võnkuvalt otsalt, löövad nad metalli pinnalt lahti üliväikesi laaste. Vastavalt sellele, kui palju on detailist materjali välja löödud, liigub tempel automaatselt alla, tungides detaili sisse ja moodustades ava. Abrasiivvedelik juhitakse töötlemistsooni surve all, mis tagab eraldatud massi eemaldamise ja võimaldab juhtida templi otsa ja detaili vahele värskeid abrasiivosakesi.

Joonisel 181, *b* on toodud kodumaise ultrahelipingi üldvaade. Pink on ette nähtud kõvade ja rabedate materjalide, nagu klaasi, keraamika, pooljuhtmaterjalide, ferriitide jt. töötlemiseks. Tempel valmistatakse tavaliselt külmvaltsitud tööriistaterasest ja selle ots omab töödeldava augu ristlõike kuju. Templeid ei karastata. Abrasiivmassina kasutatakse boor- ja ränikarbiidi kristalle ja teisi materjale teralisusega nr. 120 ... nr. M5 (tera suurus 125 ... ... 3,5 μm).

49. PUURIDE KIIRE KULUMISE JA PURUNEMISE PÕHJUSED

Puuride kiire kulumine ja purunemine on põhiliselt tingitud ebaõigest tarvitamisest ja valmistamise madalast kvaliteedist.

Praktikas esinevad järgmised puuride kulumise ja purunemise juhtumid.

Lõikeservade murenemine on tingitud suuremast lõikekiirusest, kui normis ette nähtud, puudulikust või valest jahutamisest, valest teritamisest (taganurgad ja sideserv liiga suured), puuri halvakvaliteedilisest karastamisest (ülekuumenemine, süsiniku väljapõlemine jne.).

Lõikeservade nürinemine on tingitud puuri pikaajalisest töötamisest ilma teritamata, ülenormilisest lõike- ja ettenihkekiirusest, puuri pöörlemisest padrunis, vahepuksis ja spindlis.

Lõikeservade kiire ja ebaühtlase kulumise põhjuseiks on suur lõikekiirus, lõikeservade ebasümmeetriline paigutus, mis viib ühe spiraali ülekoormusele, ebapiisavast jahutusest tingitud ülekuumenemine.

Juhtservad purunevad suurema laiuse tõttu. Juhtserva laiuse suurenemine tõstab hõõrdumist ja soodustab laastu kleepumist.

Puuride purunemine on tavaliselt tingitud liiga suurest ettenihkest (eriti väikeste puuride puhul), suurest ettenihkest puuri väljumisel augu läbipuurimisel, puuri juhtpindade kulumisest, puuri kõrvalekaldest, laastusoonte ebapiisavast pikkusest (laast pressitakse soontesse kinni), kõvasulamplaadisse tekkinud pragudest või plaadi ebaõigest kinnitamisest puuri korpuse külge, detaili materjali struktuuri ebaühtlusest (praod, kõvad lisandid jne.).

Põhilisteks abinõudeks, mis väldivad puuride purunemist, on õige teritamine, lõikerežiimi põhjendatud valik, puuride õige ekspluateerimine, tugev kinnitamine, õigeaegne teritamine, spindli õigeaegne reguleerimine puuri viskumise vältimiseks. Need abinõud vähendavad purunemisjuhte, tõstavad tööviljakust ja töödeldava augu kvaliteeti.

50. PUURIMISPRAAK JA SELLE VÄLTIMINE

Aukude puurimisel esinevad järgmised praagi juhtumid.

Puuritud augu pind on jämedalt töödeldud. Põhjusteks võivad olla liiga suur ettenihe, puurimine nüri või valesti teritatud puuriga ja ebapiisav jahutus. Sellise praagi vältimiseks tuleb enne puurimist kontrollida šablooniga puuri teritusnurki, kasutada puurimisel tehnoloogilisel kaardil näidatud režiime ning reguleerida õigeaegselt jahutusvedeliku juhtimist puurile.

Puuritud augu läbimõõt on ettenähtust suurem. Põhjuseid selliseks praagiks on mitu: valitud on vale mõõtmega puur, puur on valesti teritatud (nurgad lõikeservade juures on erinevad, lõikeservad on erineva pikkusega, puuri sideserva nihkumine), puurpingi spindel loksub jt. Praagi vältimiseks tuleb valida õige läbimõõduga puur, kontrollida selle teritust, kontrollida pingi spindli olukorda ja vajaduse korral seda hoolikalt reguleerida.

Augu telg on nihkunud. Põhjusteks võivad olla detaili ebaõige märkimine (puurimisel märkimise järgi), detaili põhimõtteliselt vale ja nõrk kinnitus töölaua külge (detail võib puurimisel nihkuda), puuri viskumine spindlis ja puuri kõrvalekaldumine augu suunast. Telje nihkumise vältimiseks tuleb detail õigesti märkida ja eelnevalt puurida tsentriaugud, kontrollida detaili kinnitust töölaua külge, aga samuti puuri viskumist ja teritusnurki.

Augu telg on kaldu. Põhjusteks võivad olla jällegi detaili põhimõtteliselt vale kinnitus töölaua või rakise külge, laastu sattumine detaili alla, pingi töölaud ei ole risti spindli teljega ning liiga suur surve puurile ettenihke ajal. Niisuguse praagi ärahoidmiseks tuleb hoolikalt kontrollida detaili paigaldamist ja kinnitamist, puhastada eelnevalt töölaud mustusest ja laastudest, rihtida töölauda, kontrollida survet puurile käsitsi ettenihkega.

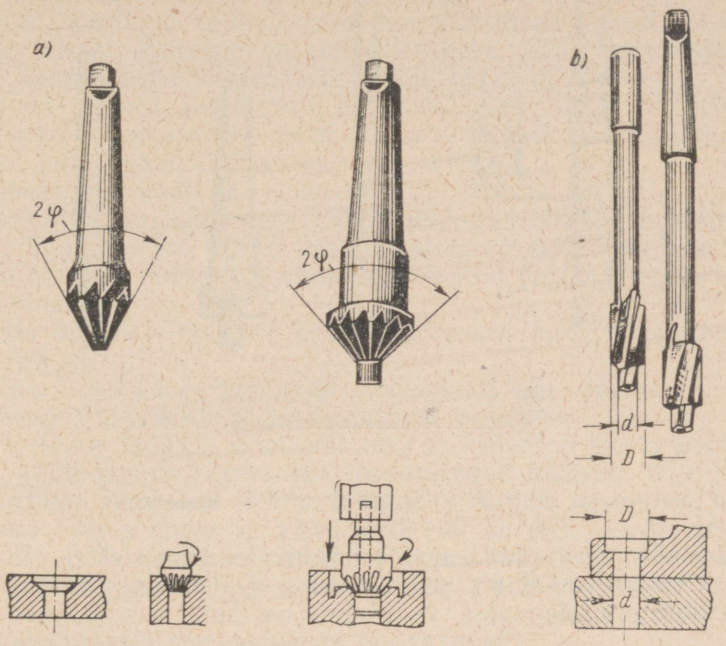
51. AUKUDE SÜVITAMINE JA AVARDAMINE

Süvitamiseks nimetatakse aukude ülemiste ja alumiste poolte töötlemist, et kõrvaldada töötlemisfaasid ja -kidad, aga samuti süvendite tegemist poltide, kruvide ja mutrite peade alla. Süvitamisel kasutatavaid tööriistu nimetatakse süvituspuurideks. Lõikeosa kuju järgi jaotatakse süvituspuurid koonilisteks ja silindrilisteks.

Koonilised süvituspuurid (joon. 182, *a*) on ette nähtud aukude servade puhastamiseks töötlemiskraadidest, koonussüvendite tegemiseks peitpeaga kruvide ja neetide alla ning tsentreerimissüvendite puurimiseks. Enamlevinud on koonilised süvituspuurid koonuse tipunurgaga $2\varphi = 30$, 60, 90 ja 120°.

Otshammastega silindrilisi süvituspuure kasutatakse süvendite töötlemiseks poltide, neetide, kruvide ja seibide alla (joon. 182, *b*), aga samuti otste ja pindade töötlemiseks, ning astmete ja nurkade eemaldamiseks. Sellistel puuridel on 4 kuni 8 hammast. Silindrilised süvituspuurid varustatakse juhtpinnaga, mis toetub puuritud augu pinnale ning tagab augu ja silindrilise süvendi teigede kokkulangemise.

Avardamiseks nimetatakse eelnevalt puuritud, stantsitud



Joon. 182. Süvituspuurid ja süvitamine

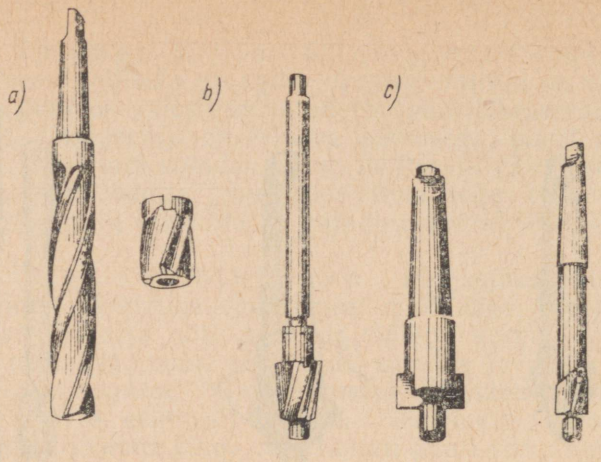
või valatud aukude töötlemist (laiendamist), et anda sellele range silindriline kuju, kõrge täpsus ja pinna puhtus. Avardamine võimaldab saada 4. ja 5. täpsusklassiga aukusid. 2. ja 3. täpsusklassiga aukusid saab hõõritsemise teel. Seega on avardamine sageli vaheoperatsiooniks puurimise ja hõõritsemise vahel.

Sageli avardatakse valatud, stantsitud ja sepistatud aukusid.

Avardid erinevad puuridest lõikeosa ehituse ja suure arvu lõikeservade poolest. Suurem juhtpindade arv tagab avardi õige ja püsiva asendi töödeldava augu telje suhtes; koormuse jagunemine kolmele-neljale lõikeservale aga sujuvama tööprotsessi kui puurimisel ning sellega koos ka augu pinna suurema puhtuse ja täpsuse.

Konstruktsioonilt jagunevad avardid: täisavardid (joon. 183, *a*), tornile asetatavad (joon. 183, *b*) ja vahetatavate nugadega (joon. 183, *c*), hammaste arvult aga kolme- ja neljahambalised.

Täisavarditel on kolm või neli lõikeserva, tornile asetatavatel aga neli lõikeserva. Täisavardeid kasutatakse 12...20 mm aukude töötlemiseks, tornile asetatavaid avardeid aga üle 20 mm aukude puhul. Viimased kinnitatakse tornile sellel



Joon. 183. Avardid: *a* — täisavardi; *b* — tornile asetatav; *c* — vahetatavate lõiketeradega

oleva astme ja avardi otspinnal oleva sisselõike abil (joon. 183, *b*).

Süvitada ja avardada saab puurpinkidel ning elektri- või pneumaatiliste puurmasinate abil. Avardite kinnitamine sarnaneb puuride kinnitamisele.

52. HÕÕRITSEMINE

Hõõritsemine on aukude puhastöötlemise operatsioon, mis tagab mõõtmete kõrge täpsuse ja suure pinnasileduse. Seda operatsiooni tehakse tööriista abil, mida nimetatakse hõõritsaks.

Hõõritsemisel võib kasutada puur- või treipinke, hõõritseda võib ka käsitsi. Hõõritsaid, mida kasutatakse tööpinkidel hõõritsemiseks, nimetatakse masinhõõritsateks (joon. 184, *b*). Masinhõõritsad erinevad käsihõõritsatest lühema tööosa poolest. Nad kinnitatakse ujuvatesse peadesse, mis on kinnitatud padrunisse või vahetult pingi spindli külge. Käsihõõritsat pööratakse pöörraua abil, mis pannakse hõõritsa ülemisele nelikantotsale (joon. 184, *a*).

Hõõritsa tööosa hambad võivad olla sirgjoonelised (sirgete hammastega hõõrits, joon. 184, *a*) või kruvijoonelised (spiraalhammastega hõõrits, joon. 184, *c*). Katkeva profiiliga aukude (näiteks soonauk) töötlemiseks kasutatakse spiraalhammastega hõõritsaid. Hõõritsate hambad võivad olla parem- või vasakpoolse kruvisoonega.

Töödeldava augu kuju järgi jagatakse hõõritsad s i l i n d r i l i s t e k s (joon. 184, *a* ... *c*) ja k o o n i l i s t e k s (joon. 184, *f*, *g*, *h*). Koonilisi hõõritsaid kasutatakse aukude töötlemiseks kooni-

lise keerme $^1/_{16}$ ... 2″ alla; Morse koonuste 0 ... 6 alla; meeterkoonuste nr. 4 ... nr. 140 alla; kooniliste tihvtide 1 : 50 ja 1 : 30 alla. Need hõõritsad valmistatakse komplektidena kahest või kolmest hõõritsast. Esimene on eeltöötlemiseks, teine vahetöötlemiseks ja kolmas puhastöötlemiseks (joon. 184, *f*, *g*, *h*).

Konstruktsioonilt jagunevad hõõritsad järgmiselt: täishõõritsad ja tornile asetatavad (joon. 184, *d*), sirgete ja spiraalhammastega, kindla läbimõõduga ja reguleeritavad.

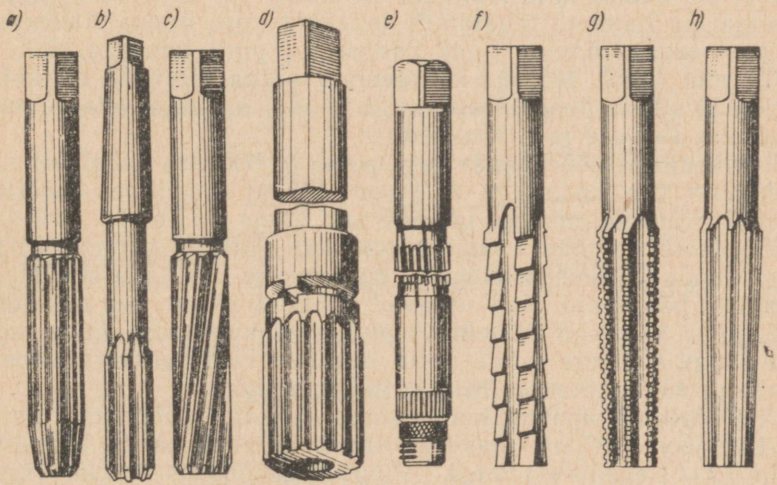
Reguleeritava hõõritsa (joon. 184, *e*) korpus on valmistatud seest koonilise auguga, mida tööosa pikkuses läbivad hammaste vahele lõigatud pilud. Kruvi keeramisel surub selle kooniline ots hõõritsa hambad laiali, mis võimaldab teatud piirides muuta hõõritsa läbimõõtu.

Hõõrits koosneb kolmest osast: tööosast, kaelast ja sabast (joon. 185, *a*).

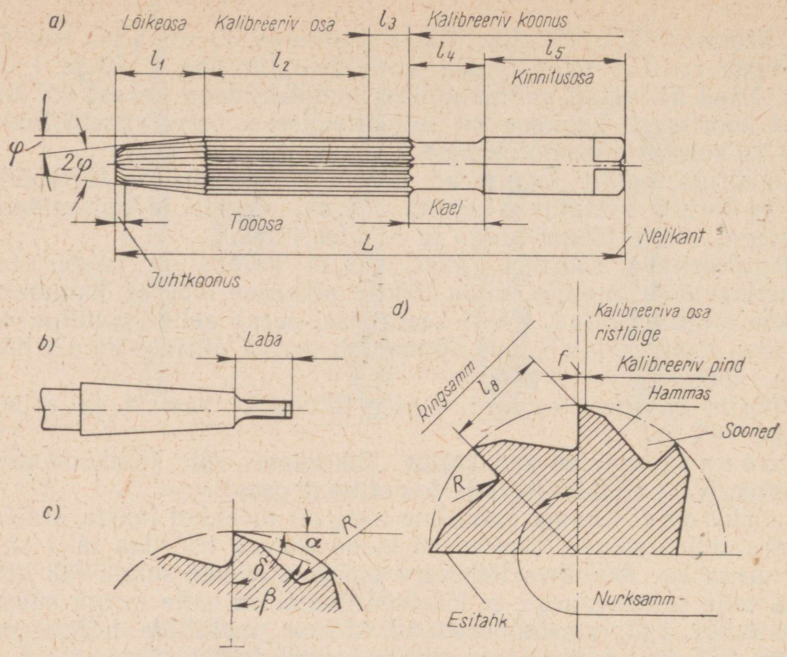
T ö ö o s a koosneb omakorda lõikeosast või juhtkoonusest, kalibreerivast silindrilisest ja kooniliseest osast.

L õ i k e o s a tehakse kooniline ning on mõeldud laastu eraldamiseks. Juhtkoonuse lõikeservad moodustavad hõõritsa telje suhtes nurga 2φ. Mistahes lõikeserv omab ettenihke suuna või hõõritsa telje suhtes nurga φ. Käsihõõritsatel on selle nurga suuruseks 0,5 ... 1,5°, masinhõõritsatel kõvade metallide hõõritsemisel 3 ... 5° ning pehmete ja sitkete metallide hõõritsemisel 12 ... ... 15°. Juhtkoonuse otsal on hammaste faasinurk 45°. See väldib lõikehammaste purunemist ja murenemist.

Hõõritsa hamba taganurk α võetakse suurusega 6 ... 15° (joon. 185, *c*). Suurem nurk võetakse suuremate läbimõõtude puhul. Esi-



Joon. 184. Hõõritsate tüübid



Joon. 185. Hõõritsa elemendid ja geomeetrilised parameetrid

nurk γ võetakse eeltöötlemishõõritsatel 0 ... 10°, puhastöötlemishõõritsatel 0°.

Hõõritsa hamba kuju lõikeosal on erinev kui kalibreerival osal; lõikeosal on hambad tagatahult teritatud kuni tipuni, kalibreerival osal on iga hamba tipus kalibreeriv pind laiusega 0,05 ... ... 0,4 mm (joon. 185, *d*); kalibreeriva pinna ülesanne on kalibreerida ja siluda hõõritsetava augu pinda, andes sellele nõutava mõõdulise täpsuse ja pinnasileduse.

Et vähendada hõõrdumist augu seina ja hõõritsa vahel, tehakse kalibreeriv osa pikkusega b_3 (joon. 185, *a*) kooniline (hõõritsa läbimõõt väheneb pikkuse iga 100 mm kohta 0,4 mm).

Hõõritsate hambad valmistatakse kas ühtlase või ebaühtlase ringsammuga. Käsihõõritsemisel on soovitav kasutada ebaühtlase sammuga hõõritsaid. Nad annavad puhtama pinna, aga mis kõige tähtsam — väldivad töödeldava pinna nn. kuhjumist, mille tagajärjel augu ristlõige ei ole mitte ringjoon vaid hulknurk. Masinhõõritsad valmistatakse ühtlase ringsammuga.

Käsihõõritsad omavad kinnitusosas nelikanti pöörraua kinnitamiseks (joon. 185, *a*); masinhõõritsate kinnitusosa on kooniline.

H õ õ r i t s e m i s v õ t t e d. Puurimisel hõõritsemiseks jäetav töötlemisvaru on väike, mitte üle 0,2 ... 0,3 mm (läbimõõdu kohta)

eelhõõritsemisele ja mitte üle 0,05...0,1 mm puhashõõritsemisele (vt. tabel 11). Suur töötlemisvaru kulutab intensiivselt hõõritsa lõikeosa ning vähendab augu täpsust ja pinnasiledust.

Käsitsi hõõritsemisel kinnitatakse hõõrits pöörraua külge, määritakse ja pannakse auku, suunates seda juhtkoonusega nii, et hõõritsa ja augu teljed kokku langeksid. Eriti vastutusrikastel juhtudel kontrollitakse hõõritsa asendit nurgiku abil kahes risttasapinnas. Kui ollakse veendunud, et hõõritsa asend on õige, hakatakse seda aeglaselt pöörama kellaosuti pöörlemise suunas, surudes samal ajal kergelt hõõritsale (joon. 186, *a* ja *b*). Pöörrauda tuleb keerata aeglaselt ja sujuvalt. Hõõritsa pööramine vastassuunas on täiesti lubamatu, kuna see võib kriimustada augu pinda ning viia hõõritsa lõikeservade purunemiseni. Aukusid tuleb hõõritseda sobiva läbimõõduga hõõritsatega, ühe läbimiga ja, mis eriti tähtis, ühelt poolt. Hõõritsemist võib lugeda lõppenuks, kui hõõritsa tööosa on augu läbinud.

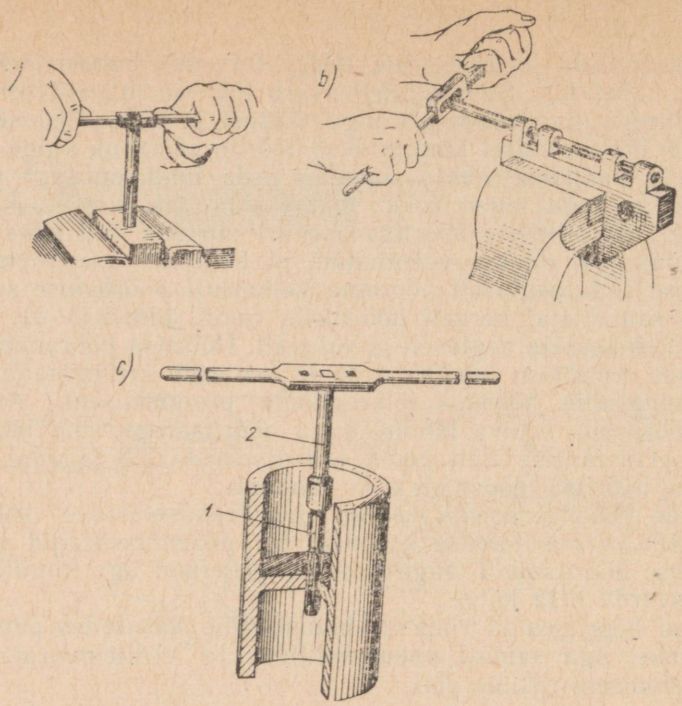
Aukude hõõritsemiseks raskesti juurdepääsetavates kohtades (joon. 186, *c*) kasutatakse spetsiaalseid pikendusvardaid *2*, mis asetatakse hõõritsale *1* nagu otsvõti; pöörraud aga kinnitatakse kinnitusvarda otsa külge.

Käsitsi hõõritsemist võib mehhaniseerida, kasutades puur- või teisi pinke, aga samuti pneumaatiliste ja elektripuurmasinate ja spetsiaalsete rakiste abil.

Tabel 11

Töötlemisvarud aukude töötlemisel

OPERATSIOON	Töötlemisvaru suurus sõltuvalt augu läbimõõdust, mm								
	1 1,5	1,5 3	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 100
	2-se täpsusklassiga aukudele								
Avardamine ja sisetreimine	—	—	—	—	0,8 1	1 ... 2	1,2 2,5	1,5 4	2 ... 4
Eelhõõritsemine	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
Puhashõõritsemine	0,05	0,05	0,08	0,08	0,1	0,12	0,15	0,2	0,25
	3-nda täpsusklassiga aukudele								
Avardamine	—	—	—	—	0,8 1	1 ... 2	1,2 2,5	1,5 3	2 ... 4
Hõõritsemine	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3



Joon. 186. Aukude käsitsi hõõritsemine

Masinhõõritsemisel puurpingil kinnitatakse hõõrits samuti nagu puur ja töötlemine toimub analoogiliselt puurimisele. Seda operatsiooni on soovitav teha kohe pärast puurimist detaili ühe ülesseadega. Tänu sellele suundub hõõrits täpselt mööda augu telge ning koormus hõõritsa hammastele on ühtlane. Real juhtudel kinnitatakse masinhõõritsad šarniirsetesse ujuvatesse peadesse. See võimaldab hõõritsa iseseadumist puuritud augu telje suhtes neil juhtudel, kui hõõritsa ja augu teljed ei lange kokku.

Puurpingil hõõritsemisel tuleb kasutada automaatset ettenihet ja tavalisest suuremat määrimist. Pinkides hõõritsemisel tuleb lõikekiirus valida kaks-kolm korda väiksem, kui sama läbimõõduga augu puurimisel. Väiksema lõikekiiruse juures ei suurene mitte ainult töödeldava augu puhtus ja täpsus, vaid ka hõõritsa püsivusaeg.

Ettenihe valitakse kuni 10 mm aukude puhul 0,5 ... 1,2 mm/p ning 10 ... 30 mm läbimõõdu puhul 0,5 ... 2 mm/p. Malmist detailide hõõritsemisel valitakse ettenihked järgmiselt: aukudele läbimõõduga kuni 10 mm 1 ... 2,4 mm/p, 10 kuni 30 mm aga 1 ... ... 4 mm/p.

Ettenihke suurusest hõõritsemisel sõltub töödeldava pinna puhtus. Mida puhtamat pinda soovime saada, seda väiksema peame

valima ettenihke. Määrde- ja jahutusvedelikena kasutatakse teraste hõõritsemisel mineraalõli; vase, messingi ja duralumiiniumi puhul seebiemulsiooni; malmist ja pronksist detaile hõõritsetakse kuivalt. Jahutamist kasutatakse nii masin- kui ka käsihõõritsemisel.

Peab meeles pidama, et hõõritsad on täpsed ja kallid tööriistad, mistõttu tuleb osutada suurt tähelepanu nende õigele tarvitamisele ja hoidmisele.

Hõõritsaid tuleb kasutada ainult ettenähtud korra kohaselt, neid ei tohi lasta liigselt nürineda. Hoida tuleb hõõritsaid puupesades või kottides.

Aukude töötlemise tüüpprotsessid. Kuni 10 mm läbimõõduga augud hõõritsetakse pärast puurimist; suurte läbimõõtude puhul augud avardatakse ja seejärel hõõritsetakse ühe või kahe hõõritsaga. Hõõritsemisel saadava augu täpsus vastab 2. ... 3. täpsusklassile, pinnasiledus aga kõigub 6. ... 9. klassi piires, mõnikord aga ulatub 10-nda sileduskassi nõueteni (messingite ЛС 59-1 ja tsingisulamite töötlemisel).

Tabel 12

2. kuni 4. täpsusklassiga aukude töötlemine puurpinkidel

Augu läbimõõt mm	Toorik	Läbimise järjekord sõltuvalt täpsusklassist		
		2.	3.	4.
kuni 12	Täismaterjal	Puurimine, eelhõõritsemine, puhashõõritsemine	Puurimine, hõõritsemine	Puurimine
12 kuni 30	Täismaterjal	Puurimine, avardamine, eelhõõritsemine, puhashõõritsemine	Puurimine, avardamine, hõõritsemine	Puurimine, avardamine või hõõritsemine
	Valatud või sepistatud auk varuga 4 mm läbimõõdu kohta	Avardamine, eelhõõritsemine, puhashõõritsemine	Avardamine, hõõritsemine	Avardamine
12 kuni 30	Valatud või sepistatud auk varuga 4 mm läbimõõdu kohta	Eelavardamine, poolpuhasavardamine, eelhõõritsemine, puhashõõritsemine	Eelavardamine, poolpuhasavardamine, hõõritsemine	Eel- ja puhasavardamine

Tabelis 11 on toodud töötlemisvarude väärtused augu läbimõõdu kohta.

Läbimite arv ja järgnevus aukude töötlemisel määratakse sõltuvalt etteantud täpsusest ja augu mõõtmetest, aga samuti detaili materjalist jne. Tabelis 12 on näitena toodud 2. ... 4. täpsusklassiga aukude töötlemise tüüptehnoloogia.

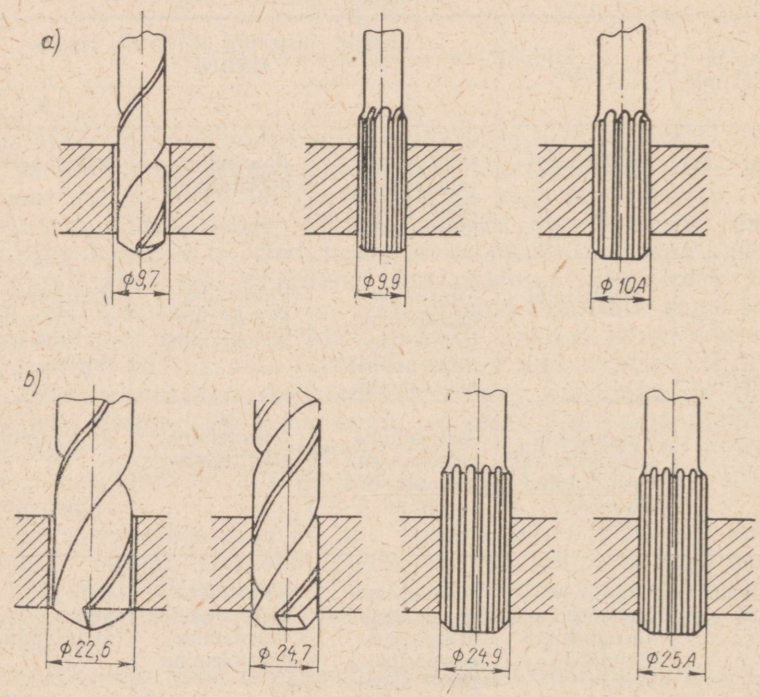
Näiteks augu 10A töötlemine terasesse toimub järgmiselt (joon. 187, *a*):

1) puuritakse auk läbimõõduga 9,7 mm;
2) hõõritsetakse jämehõõritsaga läbimõõduga 9,9 mm;
3) hõõritsetakse viimistlushõõritsaga läbimõõduga 10A.

Joonisel 187, *b* on toodud augu 25A töötlemine terasesse:

1) puurimine puuriga läbimõõduga 22,6 mm;
2) avardamine avardiga läbimõõduga 24,7 mm;
3) hõõritsemine jämehõõritsaga läbimõõduga 24,9 mm;
4) hõõritsemine viimistlushõõritsaga läbimõõduga 25A.

Hõõritsemisel tekkiv praak ja selle vältimine. Hõõritsemisel tekkiva praagi põhjusteks võivad olla järgmised tegurid: valesti valitud hõõrits ja lõikereežiimid, liiga suur töötlemisvaru, hõõrits ei ole töökorras (praod, kõverdunud hambad, murded jt.), rikutud



Joon. 187. Täpsete aukude töötlemise järjekord

on tehnoloogiliste läbimite järjekorda ja töövõtteid, puudub määrimis-jahutusvedelik.

Tuleb meeles pidada, et hõõritsemine on augu puhastöötlemise lõppoperatsioon. Sellepärast peab lukksepp hõõritsemisele erilist tähelepanu osutama. Samuti tuleb alati arvestada seda, et eelhõõritsemisel võib eraldatav töötlemisvaru olla 0,2 . . . 0,3 mm, viimistleval hõõritsemisel aga 0,05 . . . 0,2 mm. Suurema materjalikihi eraldamisel hõõrits nürineb kiiresti.

Hõõritsat ei tohi pöörata vastassuunas, kuna tagajärjeks on hammaste purunemine ja töödeldud pinnale veetud vaod.

Augu viimistlemisel valib lukksepp hõõritsa läbimõõdu lähtudes töödeldava augu lõplikest mõõtmetest, arvestades tolerantse. Teades augu tolerantsi ülemist hälvet, võib määrata hõõritsa läbimõõdu, arvestades materjali deformatsiooni.

Kui lukksepp ei suuda kõrvaldada hõõritsemisel esinevaid vigu, peab ta pöörduma meistri poole.

53. OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD PUURIMISEL

Õnnetusjuhtumid puurimisel on tingitud tavaliselt puurpingi tehnilisest korratusest, kaitsevõrede puudumisest, õigete töövõtete mittetäitmisest tööliste poolt, töökoha ülekoormamisest toorikute, detailide ja mittevajalike esemetega. Sageli on õnnetusjuhumite põhjuseks määrdunud, märg ja libe põrand töökohal. Et vältida õnnetusjuhtumeid, peab puurpingil töötav tööline hoidma korras oma töökoha, täitma ohutustehnika eeskirju, oskuslikult kasutama tööriistu.

Enne kui lukksepp asub esimest korda tööle puurpingil või mehaanilise puurmasinaga, peab ta saama meistrilt vastava instruktaaži.

Enne töö alustamist tuleb korrastada tööriietus ja peakate, kontrollida töökohta, veenduda selles, et kõik pingi kaitseseadmed on kohal ning pingi pöörlevad osad — spindel ja puur — on kõvasti kinnitatud.

Vajalik on meeles pidada, et riiete või peakatete rippuvad osad ja pikad juuksed võivad jääda pingi pöörlevate osade — spindli ja puuri külge või haakuda väljaulatuvate osade taha. Seetõttu tuleb enne töö alustamist siduda varrukate ja pearäti paelad ning pikad juuksed panna hoolikalt peakatte alla. Aukudest ei tohi laaste eemaldada sõrmedega või puhumise teel. Seda tuleb teha konksu või harjaga alles pärast pingi seiskamist. Puurimise ajal ei tohi jahutamiseks kasutada jahutusvedelikuga lappi; lapp võib keerduda ümber puuri ja haarata kaasa töölise sõrmed. Puurpingil puurimisel ei tohi detaili käega kinni hoida; detail tuleb kinnitada pingi kruustangidesse või poltidega töölaua külge.

Lubamatu on kontrollida puuri teravust käega kui pink töötab,

sellised katsed lõpevad alati traumaga. Puuri ei tohi paigaldada spindli pöörlemisel: see võib viia raske käehaavani.

Töötades elektri-käsipuurmasinaga tuleb masina korpus maandada spetsiaalse juhtmega. Kohustuslik on kontrollida masina isolatsiooni korrasolekut. Tööline peab seisma isoleeritud põrandal või kummivaibal.

Pneumaatilise puurmasina kasutamisel võib seda käivitada alles siis, kui masin on viidud tööasendisse. Masina juhuslikul käivitamisel võib raskelt vigastada oma käsi ja teisi inimesi. Töötada tuleb korras tööriistadega, puurmasinale tuleb vajutada mõõduka jõuga.

Ainult siis, kui täidetakse täpselt ohutustehnika eeskirju, võib tagada tööolukorra, mis väldib õnnetusjuhtumeid.

VIII PEATÜKK

KEERMETAMINE

Keermetamine on operatsioon, kus laastu eraldamise või rullimise teel moodustuvad silindrilisele või koonilisele pinnale kruvijoonelised sooned. Keerme lõikamine kruvidele, poltidele, mutritesse ja teistele detailidele toimub valdavas osas tööpinkidel, kuid lukksepatööde praktikas — koostamisel, seadmete remontimisel ja montaažitöödel — lõigatakse sageli keermed käsitsi või elektriliste ja pneumaatiliste keermetamismasinatega.

54. KEERE JA SELLE ELEMENDID

K r u v i j o o n e t e k k i m i n e. Kui me lõikame paberist täisnurkse kolmnurga *2*, mille kaatet AB võrdub silindri *1* ümbermõõduga, s. o. $AB = \pi d$ (joon. 188, *a*) ja keerame ta silindri pinnale, siis kaatet AB ulatub täpselt ümber silindri, hüpotenuus AC aga moodustab silindri pinnal kõverjoone, mida nimetatakse kruvijooneks.

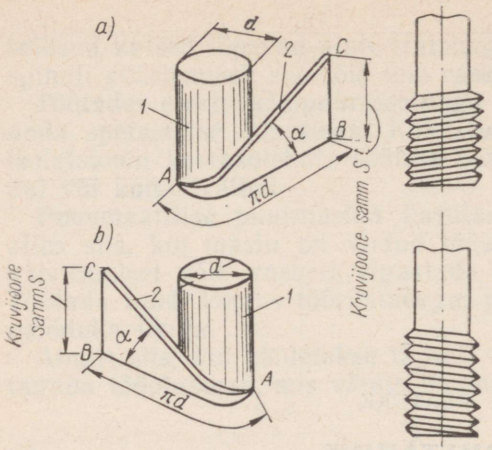
Nurka α, mille all kruvijoon tõuseb, nimetatakse k r u v i j o o n e t õ u s u n u r g a k s.

Kruvijoon (keere) võib olla parem- või vasakpoolne sõltuvalt keermeniitide tõusu suunast silindri pinnal.

Kui kruvijoon tõuseb vasakult paremale (vastu kellaosuti liikumissuunda), siis nimetatakse keeret p a r e m p o o l s e k s (joon. 188, *a*), kui aga vastassuunas (joon. 188, *b*), siis v a s a k p o o l s e k s k e e r m e k s.

Soovitava tõusunurgaga keerme saamiseks lõigatakse silindrilisele pinnale vastava profiiliga kruvijoon.

K e e r m e p õ h i e l e m e n d i d. Sõltuvalt sellest, kas keere lõigatakse silindri (varva) välispinnale või augu sisepinnale, nimetatakse keeret v ä l i s k e e r m e k s ja s i s e k e e r m e k s.



Joon. 188. Kruvijoone moodustamine

Väljast keermetatud varba nimetatakse k r u v i k s (poldiks), seest keermetatud detaili aga m u t r i k s. Samas tuleb märkida, et masinaehituses nimetatakse kruviks nii liikumist edasi andvat kruvi (käigukruvi), tavalist kinnituskruvi, kui ka kruvijoonelist liikumist tekitavat detaili. Puitdetailide ühendamiseks kasutatakse puidukruvisid.

Iga keerme juures eristatakse järgmisi elemente: profiil, samm, sügavus, välis-, kesk- ja siseläbimõõt.

Keerme profiiliks nimetatakse poldi või mutri telglõike tasapinnale tekkivat keermevagude geomeetrilist pilti (joon. 189). Profiili järgi jagunevad keermed järgmiselt:

1) lõigatud või ümardatud tipuga kolmnurkne keere (joon. 189, *a*);
2) ruutkeere (joon. 189, *b*);
3) trapetskeere (joon. 189, *c*);
4) tugikeere (saagkeere, joon. 189, *d*);
5) ümarkeere (joon. 189, *e*).

K e e r m e n i i d i k s (keeruks) nimetatakse ühte keermeprofiili täisringi detailil.

K e e r m e s a m m u k s *S* nimetatakse kahe kõrvutiasetseva keermeniidi paralleelsete külgede vahelist kaugust, mõõdetuna piki keerme telge. Kolmnurkse keerme sammuks on kahe kõrvutiasetseva keermeniidi tippude vaheline kaugus (joon. 189, *a*).

K e e r m e p r o f i i l i n u r g a k s φ nimetatakse nurka kahe profiilijoone vahel, mõõdetuna poldi telgtasapinnas.

K e e r m e t i p u k s (harjaks) nimetatakse keerme seda osa, mis asub kõige kaugemal poldi teljest.

K e e r m e a l u s (põhi) on profiili osa, mis on poldi teljele kõige lähemal.

K e e r m e s ü g a v u s e k s *h* nimetatakse profiili tipu kaugust alusest, mõõdetuna poldi telje risttasapinnas.

Keerme välisläbimõõduks d on keermetippude vaheline suurim läbimõõt, mõõdetuna poldi telje risttasapinnas.

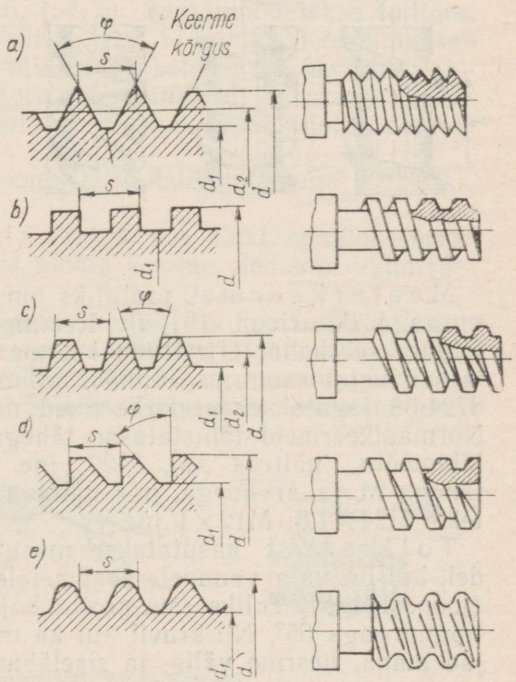
Keskläbimõõt d_2 on kujutletava silindri läbimõõt, mis jagab keerme profiili nii, et keerme niidi laius võrdub niitidevahelise kaugusega. Keskläbimõõtu mõõdetakse tasapinnas, mis on risti poldi või mutri teljega.

Keerme siseläbimõõt d_1 on keerme väikseim läbimõõt, mõõdetuna poldi telje risttasapinnas.

Keerme niitide arvu järgi jagatakse keermed *ühekäigulisteks*, kui kruvi või mutri otsal on näha ainult üks keermeniidi ots (joon. 190, *a*), ja *mitmekäigulisteks*, kui kruvi või mutri otsal on kaks (kahekäigulised) või mitu keermeniidi otsa (joon. 190, *b*, *c*). Mitmekäiguliste keermete sammuks nimetatakse ühe ja sama keermeniidi ühenimeliste punktide vahelist kaugust, mõõdetuna piki kruvi telge.

Mitmekäigulistel keermetel tuleb vahet teha «sammu» ja «käigu» vahel; viimane tähendab pikkust, mille võrra liigub kruvi edasi ühe täispöörde jooksul, s. o. kruvijoone sammu. Keerme käik võrdub keerme sammu ja käikude arvu korrutisega. Ühekäigulisel keermel võrdub samm käiguga.

Keermete tüübid ja süsteemid. Keerme profiili kujundab keermetamisel lõiketera lõikeosa. Keerme tüüp ja pro-

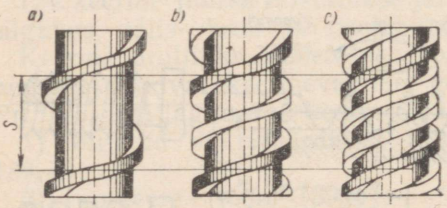


Joon. 189. Keermete profiilid ja elemendid

fiil valitakse ГОСТ-i järgi vastavalt keerme kasutusalale. Viimase järgi jagatakse keermed kinnitus- ja spetsiaalkeermeteks. Kinnituskeermete hulka kuuluvad kolmnurksed, spetsiaalsete hulka aga ruut-, trapets-, tugi- ja ümarkeermed (joon. 189).

Kõige rohkem leiab kasutamist silindriline kolmnurkkeere, mille profiili kõik harjad asuvad ühel silinderpinnal. Tavakohaselt nimetatakse seda keeret kinnituskeermeks, kuna kruvidele, poltidele, mutritele jne. lõigatakse kolmnurkkeere. Eriti tihedate ühenduste saamiseks (mis tagavad hermeetilisuse) lõigatakse kolmnurkkeere korkide, õlituskorkide, armatuuri jt. detailide koonilistele pindadele. Selle keerme profiili harjad asuvad koonuspinnal. Ruut- ja trapetskeere lõigatakse detailidele, mis peavad pöörleva liikumise muutma kulgevaks, näiteks treipinkide käigukruvid, lukksepakruustangide kruvid jt. Tugikeere lõigatakse detailidele, mis võtavad vastu suurt ühesuunalist jõudu, näiteks võimsate presside, tungraudade jt. kruvid. Ümarkeere on suure töökindlusega saastunud keskkonnas, sellepärast kasutatakse seda armatuuri detailide, vagunite haakeseadmete, elektrilampide pesade ja soklite jne. juures.

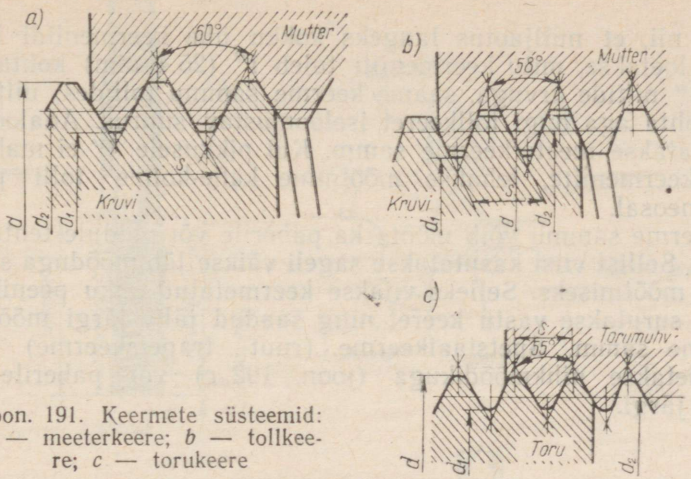
Masinaehituses kasutatakse kolme keermete süsteemi: meeter-, toll- ja torukeeret.



Joon. 190. Ühe-, kahe- ja kolmekäigulised keermed

Meeterkeerme profiiliks on võrdkülgne kolmnurk tipunurgaga 60° (joon. 191, *a*). Keerme tipud kruvidel ja mutritel lõigatakse maha, et vältida keerme kinnikiilumist. Meeterkeeret iseloomustab samm ja läbimõõt millimeetrites. Vastavalt ГОСТ-ile 8724-58 jagatakse meeterkeermed normaal- ja peenkeermeteks. Normaalkeermeid tähistatakse tähega M ja arvuga, mis näitab läbimõõtu, näiteks M5, M20 jne. Peenkeermeid tähistatakse tähega M ja arvudega, mis näitavad läbimõõtu ja sammu, näiteks: M24×1,5; M12×1 jne.

Tollkeeret kasutatakse masinaehituses ainult remonttöödel, kui on vaja vanadele seadmetele valmistada tagavaraosasid (joon. 191, *b*). Tollkeerme profiil kujutab võrdhaarset kolmnurka tipunurgaga 55°. Nii kruvil kui ka mutril lõigatakse keerme harjad maha, keerme välis- ja siseläbimõõdule jäävad lõtkud. Toll-



Joon. 191. Keermete süsteemid: *a* — meeterkeere; *b* — tollkeere; *c* — torukeere

keeret iseloomustab keermeniitide arv ühe tolli kohta. Keerme välisläbimõõtu (poltidel) mõõdetakse tollides.

Kinnitustollkeermeid valmistatakse läbimõõduga $^3/_{16}$...4″, 24...3 niidiga 1″ kohta.

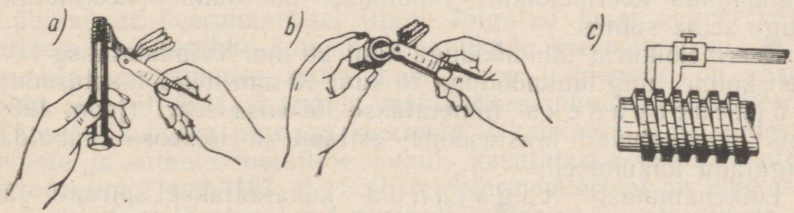
Torukeerme profiil sarnaneb tollkeerme profiiliga, kuid sellel on väiksem samm (joon. 191, *c*). Seda mõõdetakse tollides, iseloomustavaks arvuks on niitide arv 1″ kohta. Keere haarab läbimõõte $^1/_8$...6″, 28...11 niidiga 1″ kohta. Torukeerme läbimõõduks loetakse tinglikult toru siseläbimõõtu. Torukeeret kasutatakse torude, torustiku armatuuri ja õhukeseseinaliste detailide ühendamiseks.

Torukeeret tähistatakse joonisel välisläbimõõduga, näiteks, Труб $^3/_8$″.

Keerme mõõtmete määramine. Lukksepatööde praktikas tuleb sageli ette vajadus mõõta keerme elemente valmisdetailidel.

Keerme välisläbimõõtu mõõdetakse nihk- või kruvimõõdiku abil, sammu aga meeter- või tollkeermekammidega (joon. 192, *a* ja *b*).

Keermekammi puudumisel mõõdetakse keerme sammu mastaapjoonlaua või nihkmõõdikuga. Selleks asetatakse keermele joon-



Joon. 192. Keerme sammu mõõtmine

laud nii, et nulljaotus langeks kokku ühe keermeniidi harjaga ning loetakse, mitu keermeniiti tuleb 1″ (25,4 mm) kohta. Jagades 1″ niitide arvuga, saame keerme sammu tollides; niitide arv 1″ kohta aga ongi tollkeeret iseloomustav suurus. Analoogiliselt määratakse meeterkeerme samm. Kui pikkusele 1″ ei mahu täisarv keermeniite, tehakse mõõtmine kahe-kolme tolli pikkusel keermeosal.

Keerme sammu võib mõõta ka paberile või puidule tehtud jälje järgi. Sellist viisi kasutatakse sageli väikse läbimõõduga sisekeermete mõõtmiseks. Selleks viiakse keermetatud auku peenike puupulk, surutakse vastu keeret ning saadud jälje järgi mõõdetakse keerme samm. Spetsiaalkeerme (ruut-, trapetskeerme) sammu mõõdetakse nihkmõõdikuga (joon. 192, *c*) või paberile tehtud jälje järgi.

55. LÕIKERIISTAD SISEKEERME LÕIKAMISEKS

Kaasaegses masinaehituses kasutatakse laialdaselt keermetamist lõikepindadel mitmesuguste keermelõikeriistade abil; edukalt valmistatakse keeret rullimise teel. Kuid lukksepatööde praktikas tuleb kõige sagedamini lõigata keeret käsitsi.

Aukude keermetamiseks kasutatakse keermepuure, väliskeerme lõikamiseks aga mitmesuguse konstruktsiooniga keermelõikureid.

K e e r m e p u u r on lõikeriist, mille karastatud kruvipinnale on lõigatud mitu piki- või kruvisoont, mille ühed küljed on lõikeservadeks (joon. 193). Keermepuur omab töö- ja nelikantotsaga kinnitusosa.

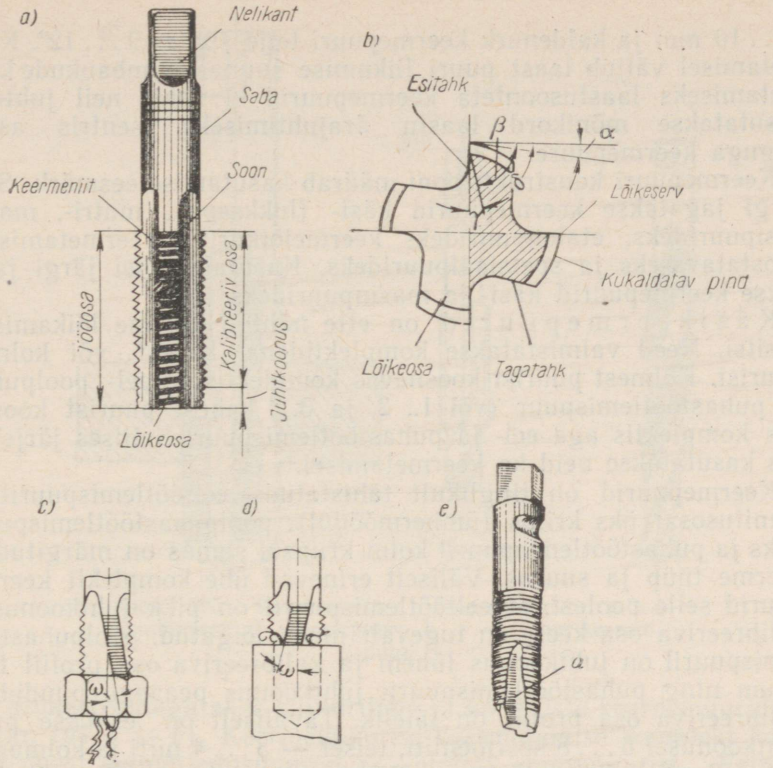
T ö ö o s a koosneb juhtkoonusest ja kalibreerivast osast. J u h t k o o n u s on keermepuuri eesmine kooniline osa, mis esimesena läheb auku ja teostab suurema osa lõikamisest. K a l i b r e e r i v osa suunab keermepuuri ja kalibreerib lõplikult keerme.

L õ i k e o s a k s nimetatakse keermepuuri hammastega osa kahe laastusoone vahel (joon. 193, *a*).

Laastusooned kujutavad süvendeid lõikeosade vahel, need on mõeldud lõikeserva kujundamiseks ning lõikeprotsessis tekkiva laastu eraldamiseks. Laastusoone profiil koosneb e s i t a h u s t, mida mööda liigub lõigatud laast, ja t a g a t a h u s t, mis aitab vähendada keermelõikuri hammaste hõõrdumist keermetatava augu seina suhtes.

Keermelõikurid läbimõõduga kuni 20 mm valmistatakse tavaliselt kolme, ning läbimõõduga 20 kuni 40 mm nelja laastusoonega. L õ i k e s e r v a d e k s nimetatakse lõikeosa servi (joon. 193, *b*), mis moodustuvad laastusoone esitahu ja lõikeosa kukaldatud tagatahu lõikumisel.

Lõikehammaste t a g a t a h u d kukaldatakse spiraali järgi, mis tagab hammaste püsiva profiili pärast teritamist.



Joon. 193. Keermepuurid ja nende elemendid: *a* — üldvaade; *b* — radiaallõige; *c* ja *d* — kruvisoonega keermepuurid; *e* — ilma laastusoonteta keermepuur

Joonisel 193, *b* on toodud keermepuuri lõikehammaste nurgad: esinurk γ, taganurk α, teritusnurk β ja lõikenurk δ; nende nurkade suurused valitakse sõltuvalt töödeldavast metallist.

Keermepuuride laastusooned on reeglina sirged, kuid lõiketingimuste parandamiseks, täpsete ja puhta pinnaga keermete saamiseks, on soovitav kasutada kruvijooneliste laastusoontega keermepuure (joon. 193, *c*). Kruvisoonte kaldenurk ω on sellistel keermepuuridel 8 . . . 15°.

Läbiaukude keermetamisel liigub lõigatud laast august välja keermepuuri ettenihke suunas. Umbaukude keermetamisel tuleb kasutada keermepuure, mille laastusoone kaldenurk on vastupidine, siis väljub laast august vastupidises suunas (joon. 193, *d*).

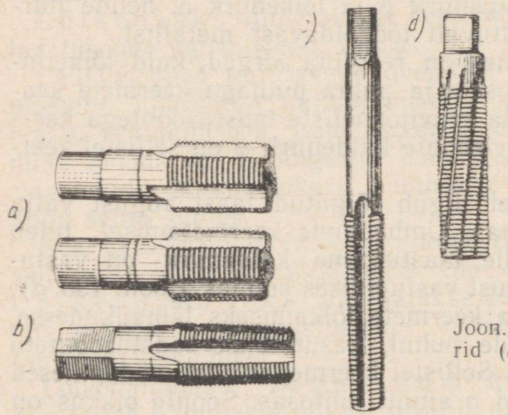
Täpsete ja puhta pinnaga keermete lõikamiseks läbiaukudesse, pehmete ja sitkete metallide puhul, kasutatakse laastusoonteta keermepuure (joon. 193, *e*). Sellistel keermepuuridel on lühikesed kruvijoonelised laastusooned *a* ainult juhtosas. Soonte pikkus on

6 . . . 10 mm ja kaldenurk keermepuuri telje suhtes 9 . . . 12°. Keermetamisel väljub laast puuri liikumise suunas. Umbaukude keermetamiseks laastusoonteta keermepuurid ei sobi; neil juhtudel kasutatakse mõnikord laastu ärajuhtimiseks tsentris asuva auguga keermepuure.

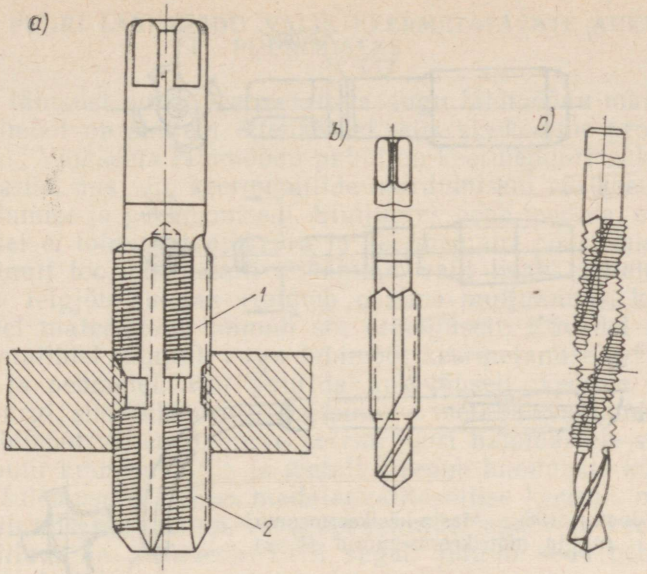
Keermepuuri konstruktsiooni määrab kasutamise eesmärk. Selle järgi jagatakse keermepuurid käsi- (lukksepa), mutri-, masinkäsipuurideks, etalonpuurideks keermelõikurite keermetamiseks, koostatavateks ja spetsiaalpuurideks. Kasutamisviisi järgi jagatakse keermepuurid käsi- ja masinpuurideks.

K ä s i k e e r m e p u u r i d on ette nähtud keerme lõikamiseks käsitsi. Need valmistatakse komplektidena kahest või kolmest puurist. Kolmest puurist koosnevas komplektis on eel-, poolpuhas- ja puhastöötlemispuur (või 1., 2. ja 3.), kahest puurist koosnevas komplektis aga eel- ja puhastöötlemispuur. Sellises järjekorras kasutatakse neid ka keermetamisel.

Keermepuurid on tinglikult tähistatud: eeltöötlemispuuril on kinnitusosal üks kriips (ümbermõõdul), poolpuhastöötlemispuuril kaks ja puhastöötlemispuuril kolm kriipsu; samas on märgitud ka keerme tüüp ja suurus. Väliselt erinevad ühe komplekti keermepuurid selle poolest, et eeltöötlemispuuril on pikk juhtkoonus ja kalibreeriva osa keere on tugevalt maha lõigatud, poolpuhastöötlemispuuril on juhtkoonus lühem ja kalibreeriva osa profiil täielikum ning puhastöötlemispuuril juhtkoonus peaaegu puudub ja kalibreeriva osa profiil on täielik. Tavaliselt on esimese puuri juhtkoonusel 6 . . . 8 keermeniiti, teisel — 3 . . . 4 niiti ja kolmandal 1,5 . . . 2 niiti. Esimene puur lõikab pool keerme kõrgust, teine veel 0,3 kõrgust, kolmas aga kalibreerib täisprofiili. Normaalse meeter- ja tollkeerme lõikamisel koosneb keermepuuride komplekt kolmest, peenkeerme, samuti ka torukeerme, lõikamisel kahest puurist.



Joon. 194. Torukeerme lõikamise puurid (*a* ja *b*); keermelõikuri puur (*c*); etalonpuur (*d*)

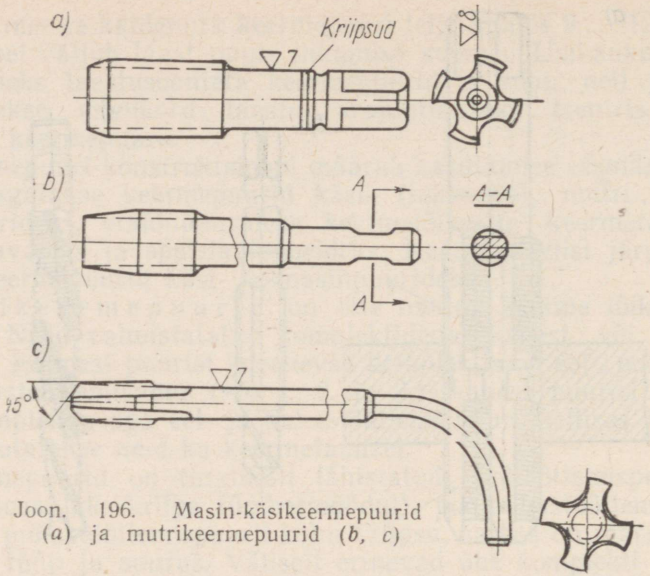


Joon. 195. Kombineeritud keermepuurid: *a* — kombineeritud keermepuur; *b*, *c* — puur-keermepuur

Torukeeret lõigatakse silindriliste ja kooniliste keermepuuridega (joon. 194, *a* ja *b*). Keermelõikurite keermetamise komplekt koosneb ühest eeltöötlemispuurist ja kolmest etalonpuurist. Eeltöötlemispuuriga toimub keermelõikuri eelnev keermetamine (joon. 194, *c*), etalonpuuridega (joon. 194, *d*) aga keerme lõplik viimistlemine (töötlemisvaru eemaldamine, puhastamine ja kalibreerimine). Eeltöötlemispuur erineb tavalisest lukksepapuurist pika juhtosa tõttu, etalonpuurid aga on kuue laastusoonega. Etalonpuure kasutatakse ka töös olevate keermelõikurite keermete puhastamiseks.

Kahest või kolmest puurist koosnevate standardsete keermepuuride komplektide kasutamine on seotud lisakulutuste ja -ajaga. Ratsionaliseerijad ja tootmise novaatorid on püüdnud mitut keermepuuri asendada ühe kombineeritud puuriga. Joonisel 195, *a* on näitena toodud kombineeritud keermepuur, mis vastab kahest puurist koosnevale komplektile. See koosneb kahest keermetatud osast: keerme eeltöötlemiseks (*2*) ja puhastöötlemiseks (*1*).

Tööpingitehases «Krasnõi proletarii» kasutatakse kombineeritud lõikeriista — puur-keermepuuri (joon. 195, *b*), mis võimaldab ühendada puurimise ja keermetamise üheks operatsiooniks. Sama eesmärk on ka puur-keermepuuril (joon. 195, *c*), mille konstrueerisid insenerid B. Birin ja E. Rosenthal. See on mõeldud väikese sammuga keerme lõikamiseks kergelttöödeldavatesse materjalidesse.



Joon. 196. Masin-käsikeermepuurid (*a*) ja mutrikeermepuurid (*b*, *c*)

Mitmesuguse konstruktsiooniga masin-käsikeermepuure kasutatakse silindriliste ja kooniliste keermete lõikamiseks läbivatesse ja umbaukudesse. Nende puuridega võib lõigata masina abil kõikide mõõtmetega keermeid ja käsitsi kuni 3 mm sammuga keermeid. Need erinevad käsipuuridest ainult kinnitusosa mõõtmete ja juhtkoonuse suurema pikkuse poolest. Umbaukude keermetamise puuridel on juhtosa pikkuseks 1,5 ... 2 keerme sammu.

Masin-käsikeermepuurid valmistatakse ГОСТ 3266-60 järgi ja on ette nähtud kinnitus- ja peenmeeterkeermete lõikamiseks (joon. 196, *a*). Malmi ja pehmete teraste keermetamiseks kasutatakse ainult ühte puuri, kõvade teraste keermetamiseks aga komplekti kahest puurist.

Mutrikeermepuurid silindrilise keerme jaoks valmistatakse ГОСТ 1604-60 järgi pika juhtkoonusega (kuni 16 keermeniiti) ja lühikese kinnitusosaga — kasutamiseks trei- ja revolverpinkides; pika kinnitusosaga — keermete lõikamiseks mutrikeermetuspinkides ja automaatides (joon. 196, *b*) ning painutatud kinnitusosaga (joon. 196, *c*) — kasutamiseks mutrikeermetusautomaatides mutrite pidevaks keermetamiseks. Mutri- ja masinkeermepuurid kinnitatakse pinkides spetsiaalsesse kaitsepadrunisse, mis lülitavad ülekoormusel pingi välja.

Koostatavad keermepuurid võivad olla kolme liiki: mittereguleeritavad, reguleeritavad ja ise väljalülituvad.

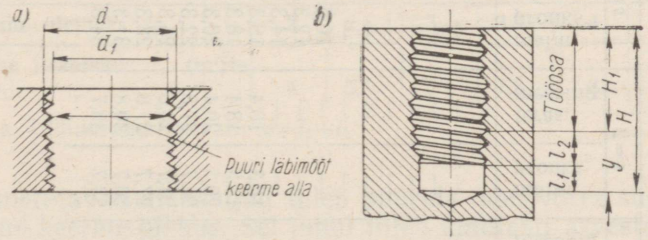
Spetsiaalsed keermepuurid moodustavad suure grupi, kuhu kuuluvad mittenormaliseeritud konstruktsioonid.

56. PUURI LÄBIMÕÕDU VALIK KEERMETATAVATE AUKUDE PUURIMISEKS

Suurt tähtsust omab keermetatava augu läbimõõdu määramine. Kui läbimõõt on suurem ettenähtust, siis sisekeerme profiil jääb poolikuks. Väiksema läbimõõdu puhul on keermepuuri auku minek raskendatud, mis viib keermeniitide murdumiseni või keermepuuri kinnikiilumise ja purunemiseni. Siinjuures peab teadma, et keerme lõikamisel ei toimu ettenihkejõu ja keermepuuri pöörlemise mõjul mitte ainult tooriku metalli lõikamine, vaid lisaks sellele metall «voolab» telgjõu suunas (toimub osaline muljumine), kusjuures erinevatel materjalidel toimub see erisuguselt. Kõvadel ja rabedatel metallidel muutub augu läbimõõt keermetamisel vähem kui sitketel ja pehmetel. Kui puurida auk täpselt keerme siseläbimõõdu järgi, siis lõikeprotsessis toimuva metalli «voolamise» tõttu augu läbimõõt väheneb, surve keermepuuri hammastele suureneb, keermepuur kuumeneb üle ja metall kleepub hammaste külge.

Selle tulemusena saame madalakvaliteedilise keerme, mille osa niite võib olla purunenud, mõnedel juhtudel aga võib keermepuur kinni kiiluda ja puruneda. Eriti sageli juhtub seda pehmete ja sitkete materjalide keermetamisel.

Et garanteerida keerme kõrget kvaliteeti ja vältida keermepuuri võimalikku purunemist, tuleb augu läbimõõt keerme alla teha veidi suurem kui keerme siseläbimõõt (joon. 197, *a*).



Joon. 197. Aukude keermetamine: *a* — augu läbimõõt keermetamiseks; *b* — umbaukude puurimise sügavus

Lukksepatööde praktikas on soovitav keermetatava augu puurimisel valida puuride läbimõõdud tabelitest 13 ja 14. Tabelite puudumisel võib keermetatava augu läbimõõdu arvutada valemiga.

$$D = d - 1{,}5\,h,$$

kus D — puuri läbimõõt mm;
d — keerme siseläbimõõt mm;
h — keerme sügavus mm (profiili kõrgus).

Tabel 13

Aukude läbimõõdud mm-s meeterkeermete lõikamisel keermepuuridega

Keerme läbimõõt	Normaal-keermed		Peenkeermed													
			$s=3$		$s=2$		$s=1,5$		$s=1,25$		$s=1$		$s=0,75$		$s=0,5$	
	malm, pronks	teras messing	malm, pronks	teras, messing	malm, pronks	teras, messing	malm, pronks	teras, messing	malm, pronks	teras, messing	malm, pronks	teras, messing	malm, pronks	teras, messing	malm, pronks	teras, messing
6	4,9	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,2	5,2	5,5	5,5
7	5,9	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,2	6,2	6,1	6,2
8	6,6	6,7	—	—	—	—	—	—	—	—	6,8	6,9	7,1	7,2	7,4	7,5
9	7,6	7,7	—	—	—	—	—	—	—	—	7,8	7,9	8,1	8,2	8,4	8,5
10	8,3	8,4	—	—	—	—	—	—	8,8	8,9	9,1	9,2	9,4	9,5	9,6	9,6
11	9,3	9,4	—	—	—	—	—	—	9,8	9,9	10,1	10,2	10,4	10,5	10,6	10,6
12	10,0	10,1	—	—	—	—	10,5	10,6	10,8	10,9	11,2	11,2	11,5	11,5	11,5	11,5
14	11,7	11,8	—	—	—	—	12,3	12,4	12,8	12,9	13,2	13,2	13,5	13,5	13,5	13,5
16	13,7	13,8	—	—	—	—	14,3	14,4	—	—	14,8	14,9	15,2	15,2	15,5	15,5
18	15,1	15,3	—	—	16,3	16,4	16,3	16,4	—	—	17,2	17,2	17,5	17,5	—	—
20	17,1	17,3	—	—	18,3	18,4	18,3	18,4	—	—	19,2	19,2	19,5	19,5	—	—
22	19,1	19,3	—	—	20,3	20,4	20,3	20,4	—	—	21,2	21,2	21,5	21,5	—	—
24	20,6	20,7	—	—	21,7	21,8	22,3	22,3	—	—	22,9	22,9	23,2	23,2	—	—
27	23,6	23,7	—	—	24,7	24,8	25,3	25,3	—	—	26,0	26,0	26,2	26,2	—	—
30	26,0	26,1	—	—	27,7	27,8	28,3	28,3	—	—	29,0	29,0	29,2	29,2	—	—
33	29,0	29,2	—	—	30,7	30,8	31,3	31,3	—	—	32,0	32,0	32,2	32,2	—	—
36	31,4	31,6	32,6	32,7	33,7	33,7	34,3	34,3	—	—	35,0	35,0	—	—	—	—

Tabel 14

Puuride läbimõõdud aukude puurimiseks toru- ja tollkeermete alla

Kinnitustollkeere			Torukeere	
Keerme läbimõõt tollides	Puuri läbimõõt mm		Keerme läbimõõt tollides	Puuri läbimõõt mm
	malm ja pronks	teras ja messing		
1/4	5,0	5,1	1/8	8,9
5/16	6,4	6,5	1/4	11,9
3/8	7,8	8,0	3/8	15,3
1/2	10,3	10,5	1/2	19,0
5/8	13,3	13,5	3/4	24,3
3/4	16,2	16,5	1	30,5
7/9	19,0	19,5	1 1/4	39,2
1	21,8	22,3	1 3/8	41,6
1 1/8	24,6	25,0	1 1/2	45,0
1 1/4	27,6	28,0		
1 1/2	33,4	33,7		

Tabel 15

Umbaukude puurimise lisapikkus nende keermetamisel keermepuuridega $(H=H_1+y)$ mm-s

Keerme samm	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
Sisekeerme ülejooks l_2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
Puurimise lisapikkus l_1 (mitte vähem)	4	5,5	6	7,5	8	10	12

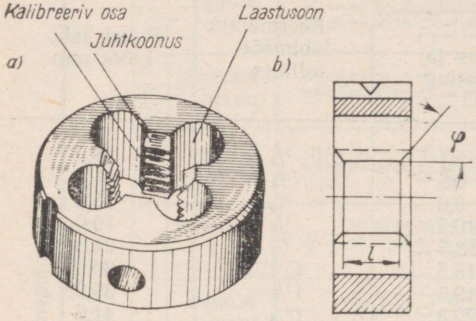
Märkus. Üldine puurimisvaru $y=l_2+l_1$

Keermetatavad umbaugud tuleb puurida mõnevõrra sügavamad kui antud keerme pikkus. Sel juhul tuleb kindlasti arvestada keermepuuri keerme ülejooksu (joon. 197, *b*). Keerme ülejooks võrdub suurusega y (tabel 15). Kui keerme sügavus vastavalt joonisele on H_1, siis puurimise sügavus H määratakse valemiga.

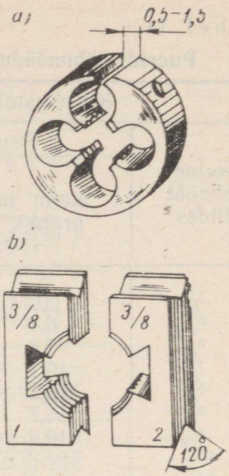
$$H=H_1+y \text{ mm.}$$

57. LÕIKERIISTAD VÄLISKEERME LÕIKAMISEKS

Väliskeerme lõikamiseks kasutatava keermelõikuri konstruktsioon sarnaneb printsiibilt keermepuuri konstruktsiooniga. Kui keermepuur kujutab endast karastatud terasest kruvi, millesse piki telge on lõigatud laastusooned, siis keermelõikur kujutab



Joon. 198. Keermelõikuri elemendid; *a* — üldvaade; *b* — keermelõikuri geomeetrilised parameetrid



Joon. 199. Reguleeritavad (*b*) ja läbilõigatud (*a*) keermelõikurid

endast karastatud mutrit, millesse on samuti lõigatud laastusooned lõikeservade moodustamiseks (joon. 198).

Keermelõikuri t ö ö o s a koosneb juhtkoonusest ja kalibreerivast osast (joon. 198, *a*). J u h t k o o n u s e nurk $\varphi = 40 \ldots 60°$. Keermetamisel kuni astmeni $\varphi = 90°$. Juhtkoonus asub keermelõikuri mõlemal poolel pikkusega 1,5 ... 2 niiti. K a l i b r e e r i v osa pikkusega *l* koosneb tavaliselt 3 ... 5 keermeniidist.

Ümarate keermelõikurite t a g a n u r k α võrdub 7 ... 9°. E s i n u r k γ on teraste keermetamisel 10 ... 25°, malmi puhul $\gamma = 10 \ldots 12°$, messingi puhul $\gamma = 20°$.

Kasutatakse järgmise konstruktsiooniga keermelõikureid: ü m a r a d, r e g u l e e r i t a v a d ja s p e t s i a a l s e d — torude keermetamiseks. Ümarad keermelõikurid jagunevad omakorda terviklikeks ja läbilõigatuiks (elastseteks).

T e r v i k l i k k e k e e r m e l õ i k u r e i d kasutatakse kuni 52 mm läbimõõduga keerme lõikamiseks ühe läbimiga (joon. 198, *a*). Tänu suurele jäikusele lõikavad need puhta keerme, kuid kuluvad suhteliselt kiiresti.

L ä b i l õ i g a t u d (e l a s t s e d k e e r m e l õ i k u r i d omavad 0,5 ... 1,5 mm laiust pilu (joon. 199, *a*), mis võimaldab reguleerida keerme läbimõõtu piires 0,1 ... 0,25 mm. Keermelõikurite väikese jäikuse tõttu on nende poolt lõigatud keerme profiil ebatäpne.

R e g u l e e r i t a v a d (p r i s m a a t i l i s e d) k e e r m e l õ i k u r i d koosnevad erinevalt ümaratest kahest poolest (joon. 199, *b*). Mõlemale poolele on märgitud keerme läbimõõt ja number *1* või *2*, mis näitab poolte asendit kinnitamisel. Lõikuri poolte väli-

külgedel on sooned (baasid) nurgaga 120°, millega nad asetatakse pöörraua (klupi) juhtprismadele. Lõikuri poolte ja kinnituskruvi vahele asetatakse plaat, mis jaotab kruvi surve ühtlaselt lõikuri pinnale.

Reguleeritavad keermelõikurid valmistatakse komplektidena, igas 4 või 5 paari, mida kasutatakse vastavalt vajadusele.

58. PÖÖRRAUAD JA KLUPID

Käsikeermepuuride ja lõikuritega keermetamisel kasutatakse pöörraudu, mis asetatakse puuri kinnitusosa nelikantotsale, või milles on spetsiaalne pesa ümara või reguleeritava keermelõikuri kinnitamiseks.

Tutvume lähemalt p ö ö r r a u d a d e konstruktsioonidega. Universaalne pöörraud kujutab raami *1* (joon. 200, *a*) kahe pakiga — liikuva *4* ja liikumatuga *5*, mis moodustavad ruudukujulise pesa *a*. Käepideme *3* küljes on kruvi keermepuuri nelikantotsa kinnitamiseks. Keermelõikuri tugevaks kinnitamiseks on muhvi *2* küljes pidurduskruvi. Universaalse pöörraua esimene mõõde asendab 11, teine 6 ja kolmas 3 tavalist pöörrauda.

Keermepuuri purunemise vältimiseks sügavate ja umbaukude keermetamisel kasutatakse r e g u l e e r i t a v a v ä ä n d e m o m e n d i g a p ö ö r r a u d a (joon. 200, *b*). Pöörraua korpus *1* ja puks *2* omavad kaldpinnaga hambumisnukke. Kui lukksepa poolt antav pöördemoment ületab vedru *3* survejõu, lähevad korpuse ja puksi nukid ühendusest välja, korpus pöörleb edasi, keermepuur aga jääb paigale.

O t s p ö ö r r a u d meenutab oma ehituselt otsvõtit (joon. 200, *c*). Sellise kujuga pöörraudu kasutatakse raskelt juurdepääsetavate aukude keermetamiseks.

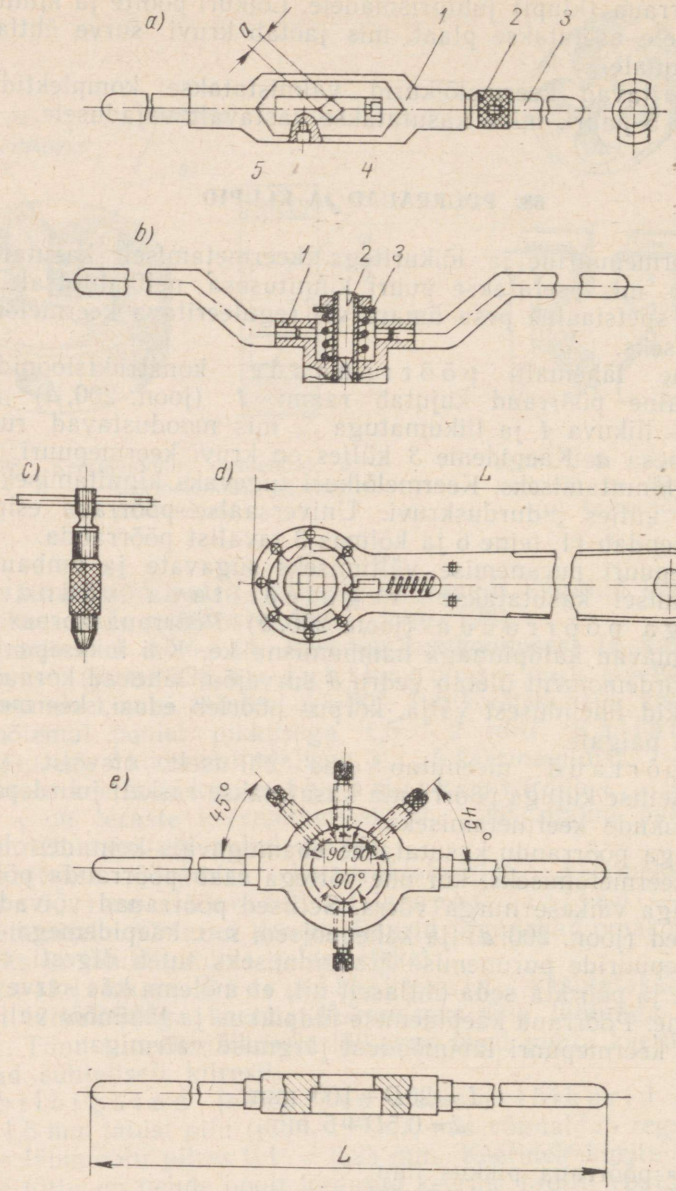
Käristiga pöörraudu kasutatakse ebamugavais kohtades olevate aukude keermetamiseks, kui ühe võttega saab pöörrauda pöörata ainult väga väikese nurga võrra. Sellised pöörrauad võivad olla ühepoolsed (joon. 200, *d*) ja kahepoolsed, s. o. käepidemega.

Keermepuuride purunemise ärahoidmiseks tuleb õigesti valida pöörraud ja pöörata seda ühtlaselt nii, et mõlema käe surve oleks ühesugune. Pöörraua käepidemete üldpikkus ja läbimõõt valitakse sõltuvalt keermepuuri läbimõõdust järgmise valemiga:

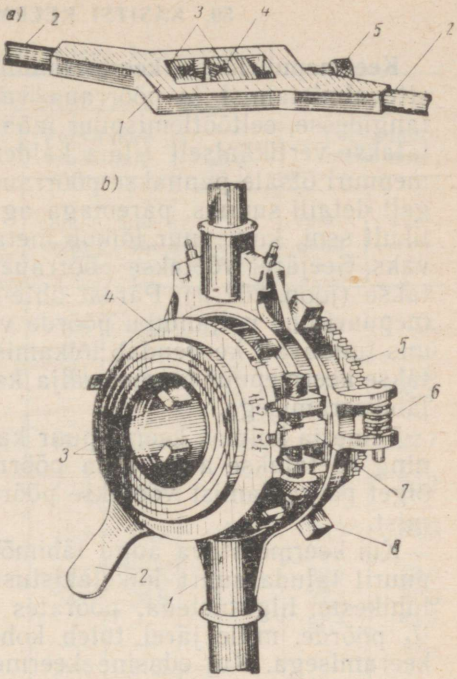
$$L = 20D + 100 \text{ mm};$$
$$d = 0{,}5D + 5 \text{ mm},$$

kus L — pöörraua pikkus mm;
D — keermepuuri läbimõõt mm;
d — pöörraua käepideme läbimõõt mm.

P ö ö r r a u a d ü m a r a t e k e e r m e l õ i k u r i t e j a o k s kujutavad ümarat raami, kuhu asetatud keermelõikur (joon. 200, *e*)



Joon. 200. Pöörrauad: *a* — reguleeritava auguga; *b* — väljalülivad; *c* — otspöörraud; *d* — käristiga; *e* — keermelõikurite jaoks



Joon. 201. Klupp reguleeritavate keermelõikurite kinnitamiseks: *a* — prismaatiliste keermelõikurite jaoks; *b* — torude keermetamiseks

kinnitatakse kolme kinnituskruviga, mille koonilised otsad tungivad keermelõikuri pesadesse. Neljanda kruvi ots läheb reguleeritava keermelõikuri läbilõikesse ja fikseerib keerme.

Reguleeritavate keermelõikurite klupid kujutavad endast viltust raami *1*, mille otste küljes on käepidemed *2* (joon. 201, *a*). Raami auku asetatakse prismaatiliste keermelõikurite pooled *3*, kus need tsentreeritakse. Lõikuri pooled seatakse mõõtu kruviga *5*, mis toetub vastu plaati *4*.

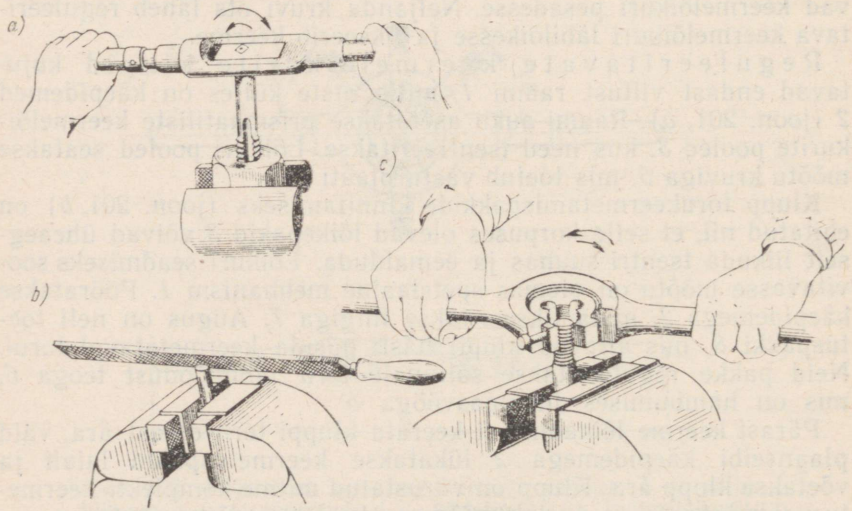
Klupp torukeermetamispakkide kinnitamiseks (joon. 201, *b*) on ehitatud nii, et selle korpuses olevad lõikepakid *3* võivad üheaegselt liikuda tsentri suunas ja eemalduda. Lõikuri seadmiseks soovitavasse mõõtu on olemas spetsiaalne mehhanism *1*. Pööratakse käepidemega *2*, mida fikseeritakse lingiga *7*. Augus on neli toetuspakki *8*, mis aitavad klupil hästi püsida keermetataval torul. Neid pakke reguleeritakse sõltuvalt toru läbimõõdust teoga *6*, mis on hambumises hammasvööga *5*.

Pärast keerme lõikamist ei keerata kluppi toru otsast ära, vaid plaanseibi käepidemega *2* lükatakse keermetuspakid laiali ja võetakse klupp ära. Klupp on varustatud mitme komplekti keermetuspakkidega $^1/_2 \ldots 4''$ läbimõõduga keermete lõikamiseks.

Keermepuuridega keermetamine. Pärast keermetatava augu ettevalmistamist ja pöörraua valimist kinnitatakse detail kruustangidesse, eeltöötlemispuur määritakse määrdevedelikuga ja asetatakse vertikaalselt (ilma kaldeta) keermetatavasse auku. Keermepuuri otsale pannakse pöörraud, vajutatakse vasaku käega kergelt detaili suunas, paremaga aga keeratakse pöörrauda ettevaatlikult seni, kuni puur lõikub metalli ja asend augus muutub püsivaks. Seejärel võetakse pöörrauast kahe käega kinni ning keeratakse (joon. 202, *a*). Pärast ühte-kahte täispööret pööratakse keermepuuri ühe neljandiku pöörde võrra tagasi, et purustada laastu, mis tunduvalt kergendab lõikamist. Lõpetanud keermetamise, võetakse keermepuur august välja kas väljakeeramise teel või august läbikeeramisega.

Teine ja kolmas keermepuur kaetakse samuti määrdevedelikuga ning asetatakse auku ilma pöörrauata; alles pärast keermepuuri õiget paigaldamist võetakse pöörraud ja jätkatakse keerme lõikamist.

Kui keermetatava augu läbimõõt on liiga väike, tuleb esimesel puuril taluda suurt lõiketakistust. Sel juhul tuleb keeret lõigata lühikeste liigutustega, pöörates keermepuuri korraga mitte üle $^1/_4$ pöörde, mille järel tuleb kohe laast purustada puuri tagasikeeramisega. Kui edasine keermetamine osutub võimatuks, tuleb puur august välja võtta ja selgitada takistuse põhjus, selleks võivad olla puuri nürinemine ja laastusoonte ummistumine.



Joon. 202. Käsitsi keermetamise võtted

Tabel 16

Varva läbimõõt keermelõikuritega keermetamisel

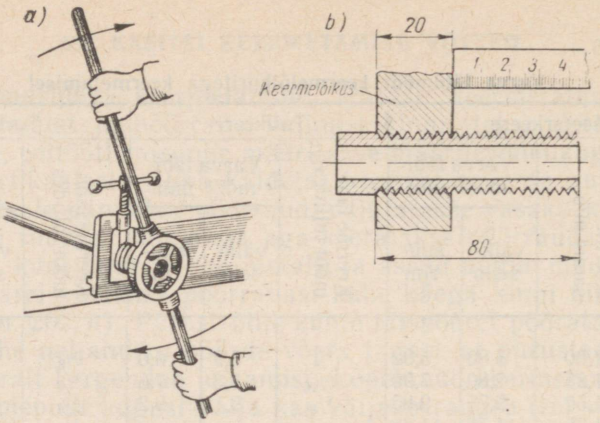
Meeterkeere				Tollkeere			Torukeere		
Keerme läbimõõt mm	Keerme samm mm	Varva läbimõõt mm		Keerme läbimõõt tollides	Varva läbimõõt mm		Keerme läbimõõt tollides	Varva läbimõõt mm	
		väikseim	suurim		väikseim	suurim		väikseim	suurim
6	1,00	5,80	5,92	1/4	5,9	6,0	1/8	9,4	9,5
8	1,25	7,80	7,90	5/16	7,5	7,6	1/4	12,7	13,0
10	1,50	9,75	9,85	3/8	9,1	9,2	3/8	16,2	16,5
12	1,75	11,76	11,88	—	—	—	1/2	20,7	20,7
14	2,00	13,70	13,82	—	—	—	—	—	—
16	2,00	15,70	15,82	1/2	12,1	12,2	5/8	22,4	22,7
18	2,50	17,70	17,82	—	—	—	—	—	—
20	2,50	19,72	19,86	5/8	15,2	15,4	3/4	25,9	26,2
22	2,75	21,72	21,86	—	—	—	—	—	—
24	3,00	23,65	23,79	3/4	18,4	18,5	7/8	29,9	30,0
27	3,00	26,65	26,79	—	—	—	—	—	—
30	3,50	29,60	29,74	7/8	21,5	21,6	1	32,7	33,0
—	—	—	—	1	24,6	24,8	1 1/8	37,3	37,3
—	—	—	—	—	—	—	1 1/4	41,4	41,7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1 1/4	30,8	31,0	—	—	

Sügavate aukude keermetamisel tuleb lõikamise ajal puuri vähemalt kaks-kolm korda august välja võtta ja puhastada laastudest, kuna laastu kuhjumine võib viia keermepuuri ja keerme purunemiseni.

Eriti ettevaatlikult tuleb keermetada väikese läbimõõduga umbauke, kus enamus koormusest langeb kolmandale keermepuurile, millel on lühike juhtkoonus.

Keermelõikuritega keermetamine. Enne keermetamist treitakse või viilitakse varva kogu keermetatava osa pikkus vajaliku läbimõõduni ning otsale töödeldakse faas (joon. 202, *b*). Keermetatava varva pind peab olema sile; ei tohi keermetada tagi või roostega kattunud detaile, kuna sel juhul keermelõikurid kuluvad kiiresti.

Keermetamisel keermelõikuritega, samuti nagu keermepuuridega, hakkab metall lõikejõudude poolt tekitatud deformatsioonide tõttu «voolama» ja tooriku läbimõõt suureneb. Keermetatava varva läbimõõdu suurenemisel suureneb ka surve keermelõikuri hammastele, nad kuumenevad tugevasti, nende külge kleepuvad metalliosakesed, mis viib keerme purunemisele ja keermelõikuri hammaste murdumisele. Nende nähtuste vältimiseks ja kvaliteetse



Joon. 203. Torude keermetamine: *a* — keermetamine; *b* — keerme pikkuse määramine mastaapjoonlauaga

keerme saamiseks tehakse keermetatava varva (poldi, kruvi jt.) läbimõõt 0,2 ... 0,4 mm väiksem keerme välisläbimõõdust. Kui varva läbimõõt on liiga väike, saame mittetäieliku profiiliga keerme. Varbade soovitatavad läbimõõdud keermelõikuritega keermetamisel on toodud tabelis 16.

Enne keermetamist kinnitatakse varb kruustangidesse nii, et pakkide vahelt välja ulatuv ots oleks 15 ... 20 mm pikem keermetatavast osast. Seejärel asetatakse varva otsale pöörrauda kinnitatud keermelõikur ning kerge vajutamisega hakatakse keeret lõikama, keerates pöörrauda lühikeste liigutustega paremale (joon. 202, *c*). Esimesed 1,0 ... 1,5 niiti võib lõigata ilma määrimata, kuna keermelõikur tungib paremini kuiva metalli (ei libise); seejärel pannakse varvale määrdevedelikku ning jätkatakse keermetamist samuti nagu keermepuuridega, s. o. üks-kaks tiiru paremale ja pool tiiru tagasi, et murda laastu.

Keermelõikuri sisselõikumiseks tuleb seda kergelt vajutada ning jälgida, et lõikumine varvasse oleks ilma kaldeta; keermetamise ajal peab mõlema käe surve pöörrauale olema ühtlane. Keermelõikuri viltumisel keerme profiil muutub ning lõikuri hambad võivad murduda.

Reguleeritavaid keermelõikureid tuleb vajutada ainult keermetamise alguses; pärast keerme lõikamist keeratakse lõikur tagasi, pingutatakse kruviga ja keermetatakse teist korda. Lõikurit ei ole soovitav pingutada keermetamise ajal. Reguleeritavate keermelõikuritega lõigatakse keeret mitu korda. Kui on vaja saada täpseid ja puhtaid keermeid, tuleb lõigata kahe keermelõikuriga (jämeda ja viimistlevaga).

T o r u d e k e e r m e t a m i n e toimub horisontaalasendis (joon. 203, *a*). Keermetatava toru ots määritakse õliga (värnit-

saga) ning asetatakse peale lõikur. Lõikurit tuleb reguleerida nii, et keerme lõikamine toimuks kahe või kolme läbimiga. Läbimõõdu puhul alla 1″ piisab kahest läbimist; läbimõõdul üle 1″ on hea keerme saamiseks vaja kolm kuni neli läbimit. Enne uut läbimit tuleb lõigatava keerme ja keermetuspakkide pinnad puhastada pintsliga laastudest ja uuesti määrida õliga. Lõikuri pööramine ümber toru toimub tavaliselt nelja võttega — iga võttega veerand pööret. Kuni $1^1/_2$″ läbimõõduga keermeid lõikab üks lukksepp, suuremate läbimõõtude puhul lõigatakse kahekesi. Ka paaris töötamisel tuleb lõikuri üks täispööre teha nelja võttega.

Keerme pikkuse mõõtmiseks keermetamise ajal ei võeta lõikurit ära, vaid mõõtmine toimub mastaapjoonlaua abil keermelõikuri otsast, arvestades selle laiust. Keerme pikkuse piiramiseks asetatakse torule kinnitustoe vastu toetusrõngas, mis takistab keermelõikuri liikumist pärast vajaliku pikkusega keerme lõikamist. Pärast keermetamist tuleb keermelõikur hoolikalt puhastada, pesta värnitsaga ning seejärel katta mineraalõliga ja anda lattu.

Jahutus-määrimisvedelikena kasutatakse terasdetailide keermetamisel emulsioone, värnitsat või õli (keedetud linaseemneõli), alumiiniumdetailide puhul petrooleumi, vase puhul tärpentini, pronksi ja malmi võib keermetada kuivalt.

60. KEERMETAMISE MEHHANISEERIMINE

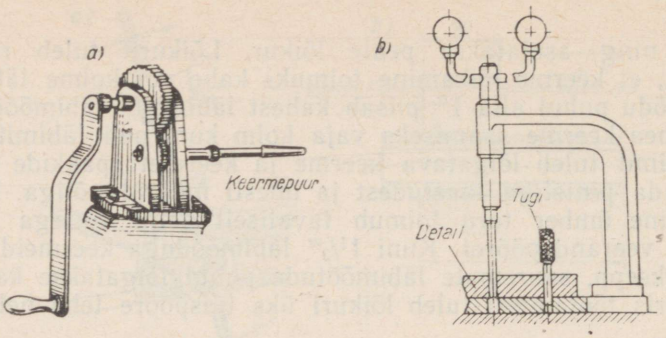
Käsitsi keermetamine on väikese tootlikkusega operatsioon, mis nõuab tööliselt suurt jõukulu. Sellepärast on peamiseks tööviljakuse tõstmise suunaks selle operatsiooni mehhaniseerimine.

Keermetamise mehhaniseerimiseks on olemas rida seadmeid.

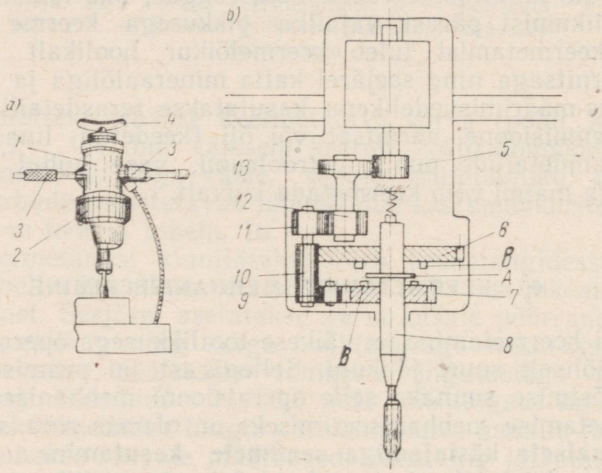
Spetsiaalsete käsiajamiga seadmete kasutamine. Käsitrillide kasutamine keermetamisel on kuni 3 korda tootlikum pöörraudadega keermetamisest. Käsitrillidega võib lõigata kuni 6 mm läbimõõduga keermeid. Töötamisel kinnitatakse keermepuur trilli padrunisse ja keeratakse hammasülekannet; kuni 4 mm läbimõõduga keermete puhul kasutatakse suuremat kiirusastet, jämedamate keermete puhul madalamat. Trilli tuleb käes hoida nii, et puuri telg oleks täpselt augu telje suunas. Suuremad keermed lõigatakse kas pinkides või statsionaarsetes hammasajamiga keermetamisrakistes (joon. 204, *a*). Vertikaalse keermepuuriga rakis võimaldab paremini juhtida tööriista (joon. 204, *b*), kergendab keerme lõikamist ja on tootlikum.

Elektriliste ja pneumaatiliste keermetamismasinate kasutamine. Sellised masinad sarnanevad väliselt puurmasinatega. Neil on reduktor, mis vähendab spindli pöörete arvu ning võimaldab keermepuuri mitte ainult auku, vaid ka sellest välja keerata.

Elektriline keermetrill koosneb elektrimootorist *1*



Joon. 204. Keermetamisrakised; a — horisontaalse keermepuuriga; *b* — vertikaalse keermepuuriga



Joon. 205. Elektrikeermetusmasin: *a* — üldvaade; *b* — kinemaatiline skeem

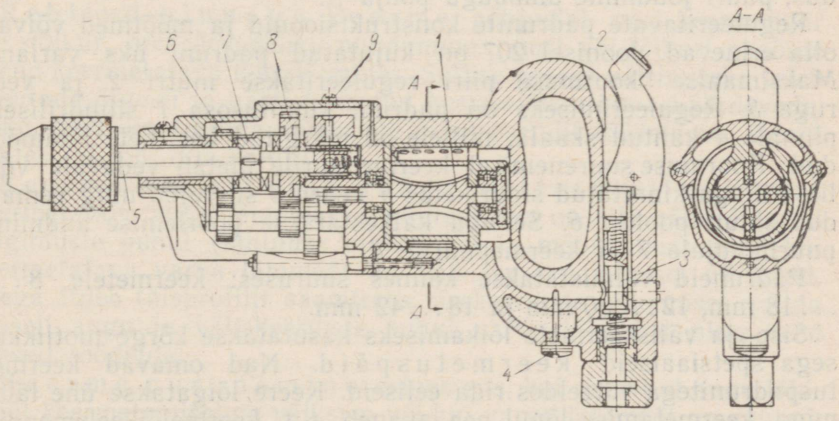
(joon. 205, *a*), reduktorist ja reverseerimismehhanismist *2*, käepidemetest *3* ja õlatoest *4*. Keermetamismasina tööprintsiip selgub kinemaatiliselt skeemilt (joon. 205, *b*). Elektrimoootri *1* võllile on kinnitatud hammasratas *5*, mis hammasrataste *13*, *12*, *11*, *10* ja *9* kaudu annab pöörlemise edasi spindli võllil vabalt istuvatele hammasratastele *6* ja *7*. Need rattad pöörlevad erinevates suundades — ratas *7* kiirusega 160 p/min, ratas *6* 80 p/min. Masina spindlile on kinnitatud äärik *A*, mille kaudu saab spindlit nukkide *B* abil ühendada hammasrattaga *6* või *7*. Kui vajutada masina korpusele ülevalt alla, liigub spindel *8* masinasse ja äärik *A* hambub hammasratta *6* nukkidega; hammasratas *6* annab pöörlemise edasi spindlile ja koos sellega ka keermepuurile. Pärast

keerme lõikamist tõmmatakse masin tagasi, spindel ja äärik *A* hambuvad hammasratta *7* nukkidega, mis saab pöörlemise parasiithammasrattalt *9*. Hammasratta *7* hammaste arv on poole väiksem kui rattal *6*, selle tagajärjel hakkab spindel *8* pöörlema vastassuunas kahekordse kiirusega ning keermepuur väljub avast. Keermetamismasin on varustatud kolmefaasilise elektrimootoriga võimsusega 0,9 kW. Masin käivitatakse käepideme paremal otsal asuva lüliti pööramisega.

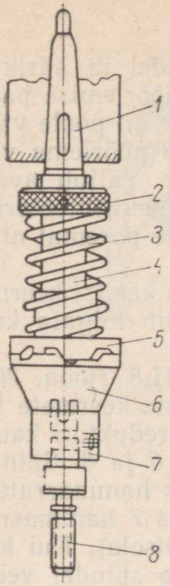
Keermetamismasin tõstab tööviljakust, võrreldes käsitsi keermetamisega, 6 kuni 10 korda. Sellise masinaga võib lõigata kuni 24 mm läbimõõduga keermeid.

Pneumaatiline keermetustrill ПРН-8 (joon. 206) on kerget tüüpi masin ja seda kasutatakse väikeste keermete lõikamiseks. Pneumomootorilt *1* antakse pöörlemine reduktori kaudu edasi spindlil vabalt istuvatele hammasratastele *6* ja *8*. Spindel *5* võib hammassiduri *7* abil saada pöörlemise kas hammasrattalt *6* või *8*. Masina korpusele vajutades hambub ketas *7* hammasrattaga *8*, mis vastab masina töökäigule (keermetamisele). Kui korpust tõmmatakse käepidemest enda poole, liigub spindel vedru mõjul vasakule, ketas *7* hambub hammasrattaga *6* ning toimub kiirendatud tagasikäik (keermepuur väljub avast). Masina käivitamiseks tuleb pöidlaga vajutada lülitile *2*. Selle tagajärjel liigub klapp *3* sujuvalt alla ning avab mootorisse viiva suruõhukanali. Kasutatud õhk väljub masina külgedes olevatest avadest. Korgi *4* kaudu valatakse õli korpuses olevasse õõnsusesse, mis on tihedalt täidetud puuvillaga. Reduktorit ja reverseerimismehhanismi määritakse solidooliga augu *9* kaudu.

Kirjeldatud konstruktsiooniga keermetustrilli kasutamine tõstab tööviljakust, võrreldes käsitsi keermetamisega, 8 kuni 10

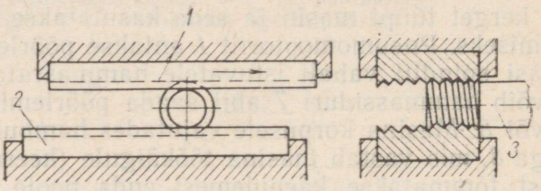


Joon. 206. Pneumaatiline keermetustrill ПРН-8



Joon. 207. Reguleeritava pöördemomendiga keermetamispadrun

Joon. 208. Keerme rullimise skeem: *1* — liikuv rullimisplaat; *2* — liikumatu rullimisplaat; *3* — toorik



korda. Suurim lõigatava keerme läbimõõt on 8 mm. Pneumomootori võimsus on 0,5 hj. Masin kaalub 3,2 kg.

Universaalsete puur- ja keermetuspinkide kasutamine. Väga edukalt kasutatakse keermetamisel puurpinke, mis on varustatud spetsiaalsete keermetuspadrunitega. Sellised padrunid reguleeritakse teatud väändemomendile (koormusele) ning koormuse järsul suurenemisel padruni nukksidur lahutub ja keermepuuri pöörlemine katkeb. Koormuse suurenemise põhjusteks võivad olla keermelõikuri nürinemine, töödeldava materjali ebaühtlane kõvadus, puuri jõudmine umbaugu põhja jt.

Reguleeritavate padrunite konstruktsioonid ja mõõtmed võivad olla erinevad. Joonisel 207 on kujutatud padruni üks variant. Maksimaalse koormuse piiri reguleeritakse mutri *2* ja vedruga *3*. Reguleerimiseks on padruni kinnitusosa *1* silindrilisele pinnale *4* kantud skaala, millele on märgitud keermete läbimõõdud. Koormuse suurenemisel keermepuurile ületab vedavale võllile kiiluga kinnitatud siduriketas *5* vedru *3* survejõu ning eemaldub siduri poolest *6*. Sellega katkestatakse pöörlemise andmine puurihoidjale *7* ja keermepuurile *8*.

Padruneid valmistatakse kolmes suuruses: keermetele 8... ...18 mm, 12...30 mm ja 18...42 mm.

Sise- ja väliskeermete lõikamiseks kasutatakse kõrge tootlikkusega spetsiaalseid keermetuspäid. Nad omavad keermetuspadrunitega võrreldes rida eeliseid. Keere lõigatakse ühe läbimiga, keermetamise lõpul pea avaneb, s. t. keermelõikeelemendid väljuvad keermest ja vabastavad detaili. Saadakse puhas ja

täpne keere, kuna lõikeelemendid valmistatakse lihvimise teel. Pead on võimalik reguleerida soovitavale läbimõõdule.

Keermetuspäid kasutatakse edukalt keermete lõikamiseks trei-, revolver-, puur- ja automaatpinkides. Keermetuspeade tootlikkus ületab käsitsi keermetamise tootlikkuse 10 kuni 15 korda.

Kaasaegses tootmises on üheks progressiivseks keermetamisviisiks keerme valmistamine ilma laastu eraldamiseta r u l l i m i s e teel. Selle viisi eeliseks on metalli tunduv kokkuhoid ja keermetamisaja järsk vähenemine.

Keermeid rullitakse keermerullimispinkidel, kus tööriistadena kasutatakse kahte karastatud ja lihvitud terasest keermerullimisplaati, mille tööpinnale on lõigatud nurga all vastava profiiliga keermeniidid (joon. 208). Poldi toorik asetatakse rullimisplaatide vahele ning liikuv rullimisplaat veab polti kaasa ühe käigu pikkuse; ühe keerme rullimiseks kulub 3...5 sekundit. Rullitud keeret kasutatakse poltide, tikkpoltide ja teiste kuni 35 mm läbimõõduga keermetatud detailide puhul.

61. KEERMETUSPRAAK, SELLE PÕHJUSED JA VÄLTIMINE

Keermetamisel võib esineda väga mitmesugust praaki. Kõige sagedasemaks on keermepuuri purunemine augus, rebitud pinnaga keere, mittetäielik keerme profiil, keerme purunemine jt.

K e e r m e p u u r i p u r u n e m i s t a u g u s põhjustab töölise tähelepanematus, töötamisest kulunud keermepuur ja laastusoonte ummistumine laastudega. Purunenud puuri eemaldamine nõuab palju aega, rikub keeret, mõnikord aga osutub praagiks kogu detail. Purunemise ärahoidmiseks tuleb kasutada õigeid töövõtteid, lõigata korras ja terava puuriga ning sagedamini puuri laastude eemaldamiseks välja võtta.

R e b i t u d p i n n a g a k e e r m e põhjustab nüri keermepuur või -lõikur, määrdevedeliku puudumine, puuri või lõikuri ebaõige asend keermetatava detaili suhtes. Sellise praagi vältimiseks tuleb kasutada õigesti ja hästi teritatud keermelõikeriistu, määrdevedelikku, tuleb kontrollida lõikeriista õiget asendit töödeldava detaili suhtes (ei tohi olla kaldu).

K e e r m e p r o f i i l v õ i b j ä ä d a m i t t e t ä i e l i k u k s, kui keermetatava augu läbimõõt on suurem, kui on ette nähtud antud tingimuste puhul (lähtudes materjalist ja mõõtmetest) ning kui keermetatava varva läbimõõt on väiksem kui joonisel näidatud. Seega tuleb täisprofiili saamiseks sisekeermete lõikamisel valida täpselt augu ja väliskeermete puhul varva läbimõõt ning need täpselt töödelda.

K e e r m e p u r u n e m i n e esineb siis, kui puuritud augu läbimõõt keermetamisel on väiksem või kui varva läbimõõt on suurem kui ette nähtud, kui kasutatakse nürinenud keermepuure ja -lõiku-

reid ning kui laastusoon on ummistunud. Keerme purunemise ärahoidmiseks tuleb valida õige läbimõõduga auk ja varb, kasutada teravate lõikeservadega keermepuure ja -lõikureid ning sagedamini puhastada neid laastudest.

Sisekeermete kontrollimiseks kasutatakse keerme piirkorkkaliibreid. Kui korkkaliibri läbiv pool ei lähe august läbi või kui mitteläbiv pool läheb läbi, siis loetakse detail praagiks. Esimesel juhul on praak parandatav, seda võib kõrvaldada augu ülekeermetamisel korras keermepuuriga, mis suurendab keerme läbimõõtu. Teisel juhul ei ole praak parandatav.

Väliskeermeid kontrollitakse keerme rõngaskaliibritega, keerme kruvimõõdikutega või keermemõõteriistadega.

Keerme sammu kontrollitakse keermekammidega. Meeterkeerme mõõtmise kamm koosneb plaatide komplektist sammudega 0,4 kuni 6 mm ja tollkeerme kamm komplektist sammudega 4 kuni 28 niiti tolli kohta.

IX PEATÜKK

NEETIMINE

62. NEETIMINE JA SELLE KASUTAMINE

Tööstuslike seadmete, masinate ja mehhanismide juures tuleb lukksepal sageli tegelda detailide mitmesuguste liidetega.

Kõiki detailide liiteid võib jagada kahte gruppi: liikuvad ja liikumatud; viimased võivad olla lahtivõetavad ja mittelahtivõetavad.

L a h t i v õ e t a v a d liited on sellised, mida võib vajaduse korral kergesti ja ilma ühendust rikkumata lahti võtta. Nende hulka kuuluvad kruvi-, polt-, kiil- jt. liited.

M i t t e l a h t i v õ e t a v a i k s nimetatakse liiteid, mida võib lahti võtta ainult ühenduselementide purustamise teel. Mittelahtivõetavate liidete hulka kuuluvad neet-, keevis-, joote- ja liimliited.

Kaasaegses masinaehituses on neetimine paljudel juhtudel asendatud hoopis tootlikuma elektrikeevitusega. Kuid paljudes masinaehitusharudes kasutatakse neetimist veel üsna laialdaselt.

Neetimiseks nimetatakse operatsiooni, kus mittelahtivõetavate liidete saamiseks kasutatakse mitmesuguse kuju ja suurusega neete. Neetimine võib olla kas külm-, kuum- või seganeetimine.

K ü l m n e e t i m i s t kasutatakse kuni 10 mm läbimõõduga neetide puhul ilma liitepea kuumutamiseta. Külmneetimisel peab neediava läbimõõt olema 0,1 ... 0,2 mm suurem needi läbimõõdust.

K u u m n e e t i m i s t kasutatakse üle 10 mm läbimõõduga neetide puhul, mis on kuumutatud teatud temperatuurini. Needi läbimõõt valitakse augu läbimõõdust 0,5 ... 1,0 mm väiksem. Kuumneetimisel täidab needivarb paremini needitavate detailide augu ja pärast jahtumist tõmbab tugevamini needitud detaile kokku.

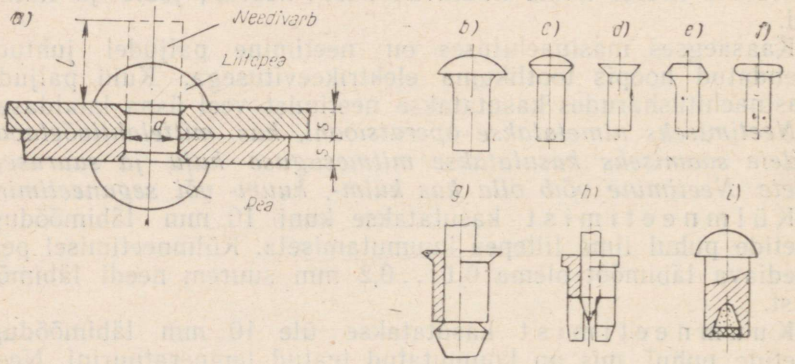
Seganeetimist kasutatakse pikkade neetide puhul, millal ei kuumutata kogu neeti, vaid ainult needivarva otsa, millest taotakse välja needi liitepea. Neetimist nimetatakse tavaliseks, kui mõlemad needipead asuvad needitavate detailide peal, ja peitneetimiseks, kui needipead asuvad ühel tasapinnal needitavate detailidega. Neetida võib käsitsi, mehhaniseeritud tööriistadega ning spetsiaalsetel pressidel ja masinatel.

63. NEEDID JA NEETLIITED

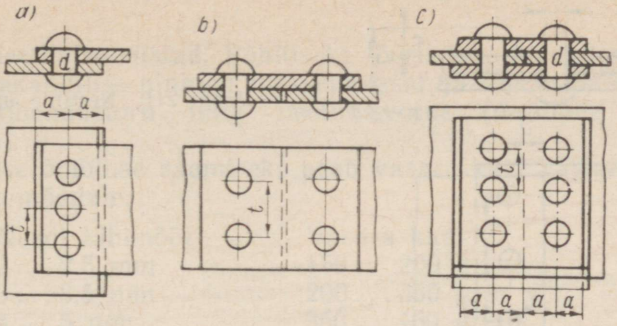
Neetide tüübid ja nende kasutamine. Neet koosneb varvast, peast ja liitepeast (joon. 209, *a*). Liitepea moodustub neetimise käigus needi varvast. Needi valmistamisel jäetakse pea ja varva üleminekukohale raadius, mis tõstab needi tugevust. Masinaehituses kasutatavad neetide tüübid on toodud joonisel 209, *b* kuni *f*. Kujutatud on enamlevinud neetide tüübid, mida kasutatakse selliste konstruktsioonide juures, kus on hea juurdepääs needi mõlemale peale. Joonisel 209 *g*, *h*, *i* on toodud südamikuga ja lõhkelaenguga spetsiaalneedid, mida kasutatakse peamiselt kinniste konstruktsioonide ühepoolsel neetimisel, s. o. kohtades, kus tavaliste neetide kasutamine pole võimalik.

Poolümara peaga needid annavad tugevama liite kui peitpeaga needid, mistõttu esimesi kasutatakse väga laialdaselt, teisi aga ainult peitpealiidete saamiseks.

Südamikuga needid koosnevad puksist ja sellesse asetatud südamikust, need valmistatakse kergetest alumiiniumisulamitest. Südamik kujutab astmelist varba pea ja liitepeaga. Needipea



Joon. 209. Neetide tüübid: *a* — neetliide; *b* — poolümarpeaga neet; *c* — poolpeitpeaga neet; *d* — peitpeaga neet; *e* — koonilise peaga neet; *f* — lameda peaga neet; *g* — südamikuga neet; *h* — tugevdatud südamikuga neet; *i* — laengneet



Joon. 210. Neetliidete liigid: *a* — ülekatteliide; *b* — ühe lapiga põkkliide; *c* — kahe lapiga põkkliide

poolses otsas on varval peenike kael, mis neetimise lõpetamisel läbi lõigatakse.

Laengneedid erinevad tavalistest selle poolest, et varva otsas olevasse süvendisse on paigutatud lõhkelaeng. Neid kasutatakse ühepoolsel neetimisel, kus puudub võimalus tavalisele needile liitepea tegemiseks.

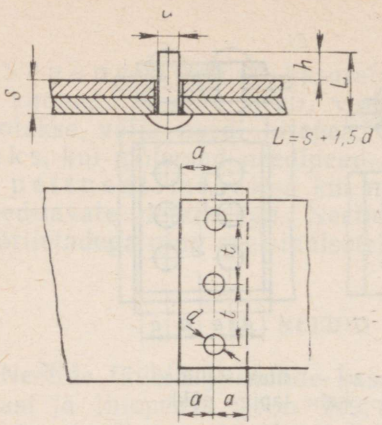
Neetliited. Kahe detaili või metall-lehe ühendamist neetide abil nimetatakse neetimiseks ja saadud liidet neetliiteks.

Neetliites võivad needid olla piki õmblust ühes, kahes, kolmes jne. reas. Vastavalt sellele nimetatakse neetõmblusi ühe-, kahe- ja mitmerealisteks. Kahe- ja mitmerealistes õmblustes võivad needid paikneda paralleelsete ridadena või malelaua kujuliselt.

Lehtede või detailide omavahelise ühendamise järgi jagatakse liited ülekatteliideteks (joon. 210, *a*), kus ühe teraslehe serv on asetatud teisele; ühe lapiga põkkliideteks (joon. 210, *b*), kus detailide otsad ühendatakse tihedalt teineteise vastu ning liide kaetakse ühelt poolt lapiga, millest läbi mõlema detaili lähevad needid; kahe lapiga põkkliideteks (joon. 210, *c*), kus otsakuti asetatud detailide liitekoha mõlemale poolele asetatakse lapid.

Sõltuvalt mittelahtivõetava liite eesmärgist kasutatakse järgmisi neetliidete liike. Metallkonstruktsioonide, tugede, sildade jt. juures kasutatakse tugevliidet. Hermeetiliste ühenduste juures on vajalik tiheliide, mis saadakse tihendusmaterjalide asetamisega needitavate lehtede vahele või spetsiaalse operatsiooni, temmimise, abil. Tugevtiheliidet kasutatakse siis, kui on vaja saada tugevat ja samal ajal hermeetilist ühendust, näiteks aurukatelde, kõrgsurvereservuaaride jt. liitekohad.

Et liide oleks kvaliteetne ja tugev, tuleb needid piki õmblust paigutada kindla korra järgi. Kui neete panna liiga tihedalt, siis õmblus nõrgeneb suure aukude arvu tõttu; hõreda paigutuse puhul ei ole õmblus küllalt tugev ja hermeetiline. Neetide paigutamisel tuleb lähtuda järgmisest juhisest. Neetimisaukude tsent-



Joon. 211. Neetliite mõõtmed

rite vahekaugus (neetimissamm t, joon. 211) peab võrduma needi kolme läbimõõduga, s. o. $t=3d$, needi tsentri kaugus needitava lehe äärest a peab puuritud aukude puhul olema $1{,}5d$, stantsitud aukude puhul $2{,}5d$; kaherealistel liidetel $t=4d$, needi tsentri kaugus needitava lehe äärest $a=1{,}5d$; nõeldiridade vahekaugus peab olema $2d$.

Neetide valik. Needid valitakse sõltuvalt neetliite iseloomust, ühendatavate lehtede paksusest ja liitepea kujust. Needi pikkus määratakse sõltuvalt needitavate lehtede paksusest ja liitepea kujust (joon. 211). Liitepea moodustub needivarva väljaulatuvast osast. Väljaulatuva osa pikkus valitakse järgmiselt: poolümarpea jaoks $1{,}5d$ ja peitpea jaoks $1{,}3d$ (needi läbimõõtu). Lühikese väljaulatuva osa korral jääb liitepea poolikuks ja ühendus nõrgaks, pika korral aga omandab liitepea ebakorrapärase kuju.

Needivarva pikkus poolümara liitepea puhul

$$L=s+1{,}5d \text{ mm},$$

peitpea liite puhul

$$L=s+1{,}3d \text{ mm}.$$

Needi läbimõõt valitakse needitavate lehtede paksuse järgi valemiga

$$d=2\sqrt{s} \text{ mm}.$$

Needivarva läbimõõdu ja pikkuse määramiseks võib kasutada vastavaid tabeleid.

Needid valmistatakse süsinik- või legeeritud terasest, vasest ja alumiiniumi sulamitest.

64. NEETIMISEL KASUTATAVAD TÖÖRIISTAD JA RAKISED

Neetida võib käsitsi ja mehhaniseeritult. Käsitsi needitakse lukksepavasaraga, mehhaniseeritult needitakse aga pneumaatiliste vasarate, rippuvate ja statsionaarsete presside, neetimismasinatega jt.

Käsitsi neetimise riistad. Põhiliseks tööriistaks käsitsi neetimisel on neljakandilise pinniga lukksepavasar ja abiriistadeks needihoidja, tihendustorn ning neetimisvorm (needipea vorm) (joon. 212).

Kvaliteetse õmbluse saamiseks peab vasara kaal vastama needivarva läbimõõdule.

Needi läbimõõt	Vasara kaal
2 ... 2,5 mm	150 ... 200 g;
3 ... 3,5 mm	200 ... 350 g;
4 ... 5 mm	350 ... 450 g;
6 ... 8 mm	450 ... 500 g;
8 ... 10 mm	800 ... 1000 g.

N e e d i h o i d j a d (joon. 212, *a*) asetatakse needipea alla liitpea tagumisel ja viimistlemisel. Konstruktsioonilt on needihoidjad väga mitmesugused, nad valitakse sõltuvalt needi kujust ja vasara kaalust. Needihoidja kaal peab olema 4 ... 5 korda suurem vasara kaalust. Tihendustorn (joon. 212, *c*) on ette nähtud liite tihendamiseks enne liitepea löömist.

Neetimisvorme (joon. 212, *b*) kasutatakse liitepeale lõpliku vormi andmiseks.

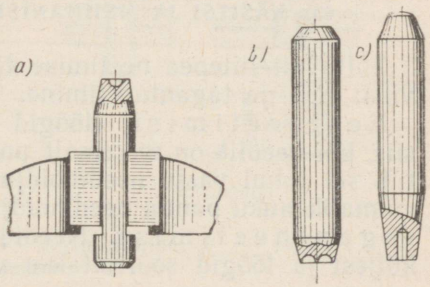
Needihoidjad valmistatakse terasest 45, tihendustornid ja neetimisvormid tööriistaterasest У8, karastades tööotsad 13 ... 15 mm pikkuselt.

Mehhaniseeritud neetimise riistad. Kõige laialdasemalt kasutatakse neetimise mehhaniseerimiseks pneumaatilisi vasaraid.

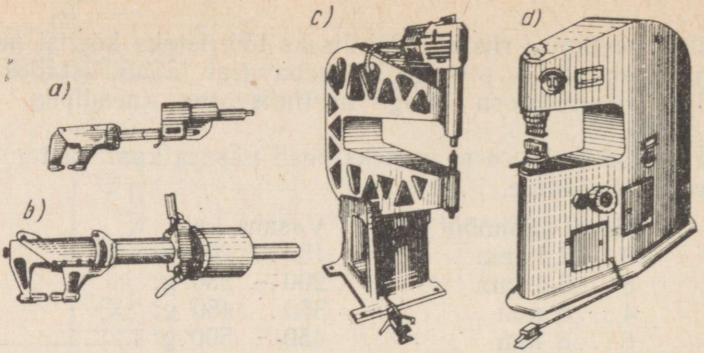
Sõltuvalt kasutamise eesmärgist võivad pneumaatilised neetimisvasarad erineda suuruse, konstruktsiooni, kaalu ja löökide arvu poolest. Neid kasutatakse kuni 32 mm läbimõõduga neetide löömisel.

Konstruktsioonilt ei erine neetimisvasarad eespool kirjeldatud pneumaatilistest meislitest. Kuid neetimisel on vaja suuremat löögijõudu ja väiksemat löökide arvu. Sellepärast on neetimisvasarad suurema võimsusega.

Pneumaatilise vasaraga kulub ühe liitepea neetimiseks 10 ... 30 lööki (sõltuvalt kasutatava vasara võimsusest). Vasara pidevad löögid kestavad seni, kuni tööline hoiab sõrme käepideme lülitil.



Joon. 212. Käsitsi neetimise tööriistad: *a* — kruustangidesse kinnitatav needihoidja; *b* — toruneetide neetimise vorm; *c* — tihendustorn



Joon. 213. Neetimispresside tüübid: *a* — käsipress; *b* — rippuv press; *c*, *d* — statsionaarsed pressid

Pneumaatiliste vasaratega neetimisel on vaja kahte töölist — neetijat ja abilist. Kantavate ühelöögiliste rippvasaratega on võimalik neetida ilma abiliseta; mõningal määral tõuseb ka neetimise kvaliteet.

Neetimispressid ja masinad. Pressidel neetimine, võrreldes löökidega neetimisega, omab rida eeliseid: neetimise kvaliteet on tunduvalt kõrgem, töö juures puudub müra, tööviljakus on tunduvalt suurem kui käsitsi neetimisel.

Neetimispressid jagunevad käsi-, rippuvateks ja statsionaarseteks pressideks (joon. 213). Masstootmisel kasutatakse automaatneetimist spetsiaalsete neetimisautomaatidega.

Käsi- ja rippuvad pressid on ette nähtud 6...7 mm läbimõõduga neetide pressimiseks.

Väikesed detailid ja sõlmed, kus needitavad pinnad on lühikesed ja neetide arv väike, needitakse tavaliselt üksikneetimise pressidel. Pikkade neetõmblustega suured detailid ja sõlmed needitakse pressidel grupiviisiliselt.

Väikesi detaile hoitakse neetimise ajal käes; suurte detailide neetimisel kasutatakse mitmesuguseid hoidemehhanisme ja aluseid, nagu rullid, monorelsid jt.

65. KÄSITSI JA MEHHANISEERITUD NEETIMISE VÕTTED

Sõltuvalt liitepea neetimise tingimustest esineb kaks neetimisviisi: eest- ja tagantneetimine.

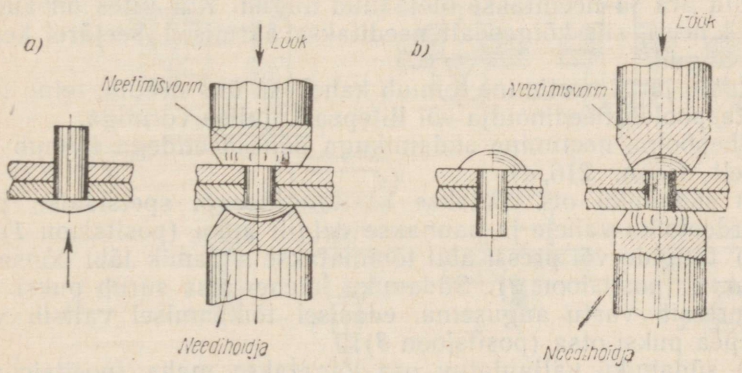
E e s t n e e t i m i s t (löögid needi varva poolt) kasutatakse siis, kui needile on mõlemalt poolt hea juurdepääs; needipea toetub sel juhul vastu needihoidjat (joon. 214, *a*). Kui neeti ei ole võimalik auku panna needihoidjapoolsest küljest, siis kasutatakse t a g a n t n e e t i m i s t. Needid pannakse sisse töölise poolsest küljest ja löögid sooritatakse vastu needipead, kusjuures needi-

varva ots toetub neetimisvormi vastu; liitepea moodustub sel juhul seisva neetimisvormi abil (joon. 214, *b*). Näitena võib tuua torude ja takistatud juurdepääsuga äärikute jt. neetimist.

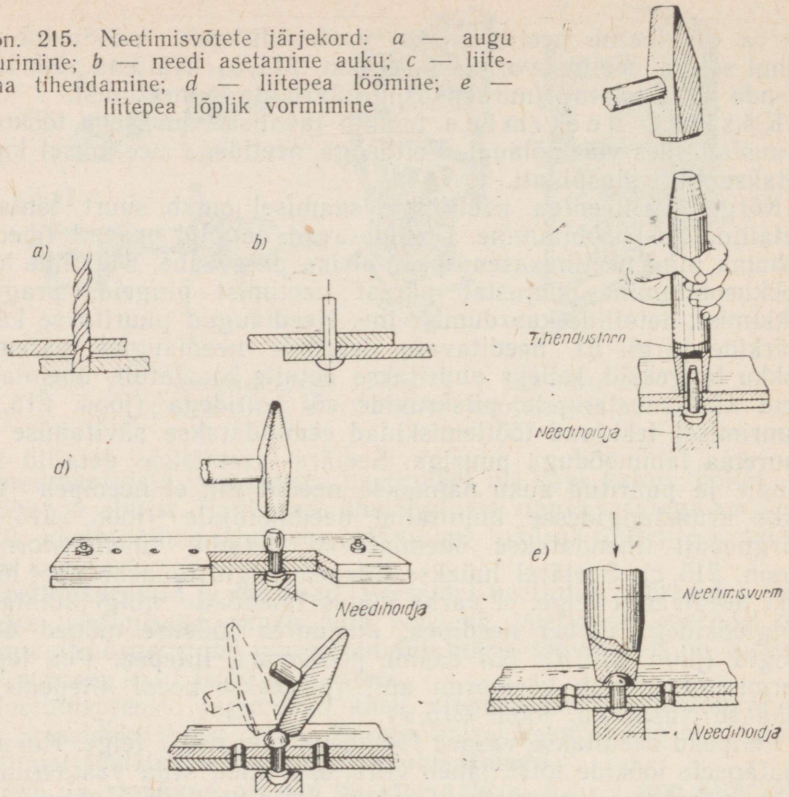
K ä s i t s i n e e t i m i n e toimub tavaliselt lukksepa töökohal kruustangides või töölaual. Peitpeaga neetidega neetimisel kasutatakse tihti alusplaati.

Kõrge kvaliteediga neetliidete saamisel omab suurt tähtsust detailide kokkusobitamine. Ühendatavad detailid peavad tihedalt liibuma ning neetimisasend peab olema pingevaba. Detailide halb kokkusobitamine põhjustab pärast neetimist pingeid, pragude tekkimist, detailide kaardumist jne. Neediaugud puuritakse kärni märkide järgi. Et needitavate detailide neediaugud paremini kokku langeksid, selleks puuritakse detaile koostatult, ühendades neid käsikruustangide, pitskruvide või poltidega (joon. 215, *a*). Puurimisel tekkinud töötlemiskidad eemaldatakse süvitamise või suurema läbimõõduga puuriga. Seejärel asetatakse detailid töölauale ja puuritud auku pannakse needid nii, et needipea toetuks kruustangidesse kinnitatud needihoidjale (joon. 215, *b*). Järgnevalt tihendatakse ühendatavad detailid tihendustorniga (joon. 215, *c*). Seejärel lüüakse liitepea. Algul lüüakse paar lööki piki needivarva telge, et varba augus tihendada ning jätkatakse külglöökidega ümber needipea, kusjuures lüüakse mõned otselöögid (joon. 215, *d*). Nii saame poolümara liitepea. Pea lõplik vormimine toimub käsivormi abil (pannakse needi liitepeale ja lüüakse vasaraga, joon. 215, *e*).

Peitpead needitakse vasara löökidega piki needi telge. Kui neet ebatäpsete löökide tõttu läheb viltu, siis tuleb seda vastassuunaliste löökidega õgvendada. Õhukese lehe neetimisel paksu lehe külge pannakse neet auku õhukese lehe poolt, kuna teisiti ei saa tihedat liidet, eriti kui augu läbimõõt on mõnevõrra suurem needi läbimõõdust, mida juhtub sageli aukude löömisel torniga. Pikkade



Joon. 214. Neetimisviisid: *a* — eestneetimine; *b* — tagantneetimine



Joon. 215. Neetimisvõtete järjekord: *a* — augu puurimine; *b* — needi asetamine auku; *c* — liitekoha tihendamine; *d* — liitepea löömine; *e* — liitepea lõplik vormimine

lehtede neetimisel ühendatakse detailid eelnevalt poltidega, needid aga pannakse üle kahe, või kolme augu. Seejärel võetakse poldid ära ja needitakse ülejäänud augud. Kui liites on ainult 3 või 4 neeti, siis kõigepealt needitakse äärmised, seejärel keskmised augud.

Kaalu järgi neetimine toimub kahekesi: üks needib, teine toetab vastaspoolelt needihoidja või liitepea kujulise vormiga.

Ühepoolne neetimine südamikuga õõnesneetidega toimub järgmiselt (joon. 216, *a*):

1) südamiku ots võetakse käsitangide või spetsiaalse pressi haardeotsiku vahele ja pannakse detaili auku (positsioon *1*);

2) tangide või pressi abil tõmmatakse südamik läbi õõnsa needivarva (positsioon *2*). Südamiku laienev osa surub puksi laiali ja pressib vastu auguseina, edasisel tõmbamisel valtsib varva liitepea puksi otsa (positsioon *3*);

3) südamiku väljaulatuv osa lõigatakse maha (positsioon *4*).

Tugevdatud südamikuga neetide kasutamine toimub samas järjekorras (joon. 216, *b*):

1) õõnesneet (puks) koos südamikuga pannakse needitava liite auku (positsioon *1*);

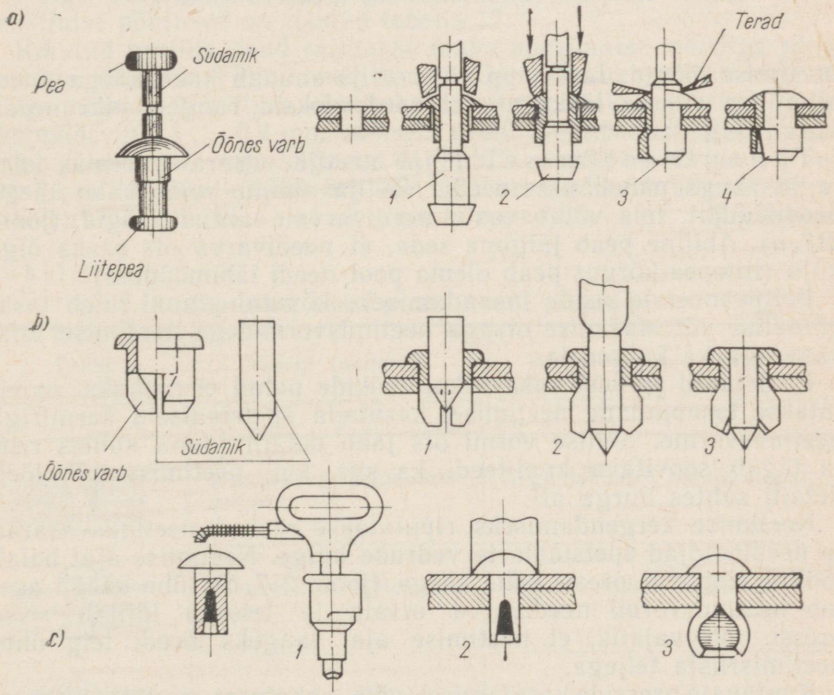
2) südamik lüüakse vasaraga puksisse, mille tagajärjel selle lõigetega ots lükatakse laiali ja moodustub liitepea (positsioonid *2* ja *3*).

Laengneetidega neetimist kasutatakse siis, kui juurdepääsu puudumise tõttu ei ole võimalik teha liitepead. Laengneetidega neetimine erineb tavalisest neetimisest. Neetimisriistana kasutatakse siin elektrikuumutit (joon. 216, *c*, positsioon *1*), mis pannakse vastu needipead (positsioon *2*). Kuumutatud pea annab soojuse edasi vardale ja laengule, mille tõttu see plahvatab. Plahvatusel surutakse needivarva väljaulatuv ots laiali ning tekib liitepea (positsioon *3*).

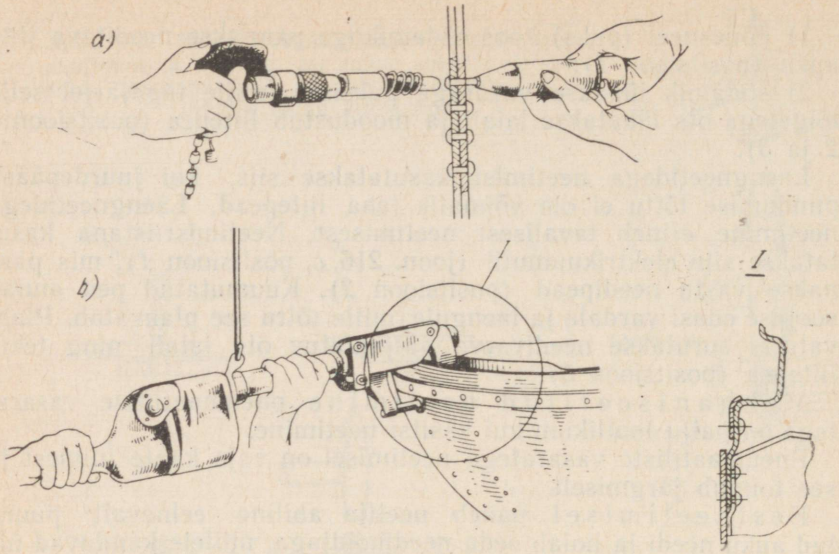
Mehhaniseeritud neetimine pneumaatiliste vasaratega on palju tootlikum kui käsitsi neetimine.

Pneumaatiliste vasaratega neetimisel on vaja kahte inimest ja see toimub järgmiselt.

Eestneetimisel paneb neetija abiline eelnevalt puuritud auku needi ja hoiab seda needihoidjaga, millele kanduvad üle



Joon. 216. Ühepoolse neetimise skeemid: *a* — õõnesvarvaga neetidega; *b* — tugevdatud südamikuga neetidega; *c* — laengneetidega



Joon. 217. Mehhaniseeritud neetimise võtted

neetimise löögid. Lukksepp või neetija suunab kahe käega pneumaatilise vasara lööke nii, et need oleksid rangelt piki needivarva telge.

T a g a n t n e e t i m i s e l hoiab neetija vasarat paremas käes ja vasakuga paneb sisse needi. Neetija abiline hoiab kahe käega needihoidjat, mis võtab vastu needivarvale antud löögid (joon. 217, *a*). Abiline peab jälgima seda, et needivarva ots saaks õige kuju (liitepea kõrgus peab olema pool needi läbimõõdust).

Peitpeaneetide peade tasandamiseks kõveral pinnal tuleb tasapinnalise või sfäärilise otsaga neetimisvormidega neetimisel lüüa vasaraga ka külgedele.

Et detailid ja neet vasara kaldlöökide puhul ei nihkuks, soovitatakse tasapindade neetimisel kasutada spetsiaalseid šarniiriga neetimisvorme. Sellise vormi ots jääb detaili pinna suhtes risti ja tagab soovitava kvaliteedi ka siis, kui neetimisvasar lööb detaili suhtes nurga all.

Neetimise kergendamiseks riputatakse rasked neetimisvasarad ja needihoidjad spetsiaalsete vedrude külge. Neetimise ajal hoiab tööline rippuvat pressi kahe käega (joon. 217, *b*); ühe käega asetab neetimisvormi needivarva otsale ja teisega lülitab sisse pressi. On vajalik, et neetimise ajal langeks needi telg ühte neetimisriista teljega.

Kantavate presside kasutamisel võib vahetuses neetida 2500 ... ... 4000 neeti. Kantavad pressid võib asetada alusele ja kasutada neid kui statsionaarseid presse. Ühendatavad detailid aseta-

takse neetimispressi alla nii, et needid saaks sisse panna ülevalt. Statsionaarsed pressid ja neetimismasinad tagavad neetliite suure tugevuse, sest surve jaguneb ühtlaselt needitavatele detailidele ja needile.

66. NEETIMISPRAAK, SELLE KÕRVALDAMINE JA OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD

Neetliide loetakse kvaliteetseks, kui needid on õigesti asetatud, liitepead hästi vormitud ja ühendusdetailides ei esine sisseraideid ja mõlke.

Neetimise tugevuse kontrollimisel koputatakse vasaraga vastu neeti: halvasti needitud neet annab kliriseva heli.

N e e t i m i s d e f e k t i d. Neetimise tehnoloogiast kõrvalekaldumisel võivad tekkida mitmesugused defektid, mille põhjusteks on — augu läbimõõt ei vasta needi läbimõõdule; needivarva pikkus ei ole kooskõlas needitavate detailide paksusega; needitavad detailid on halvasti sobitatud; kasutatakse mittekorras või valesti valitud tööriistu jne.

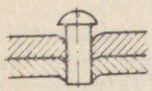
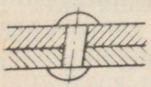
Kõige tüüpilisemad ja sageli esinevad defektid ning nende tekkimise põhjused on toodud tabelis 17.

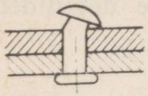
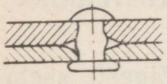
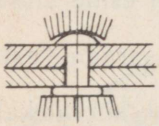
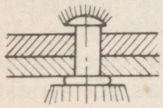
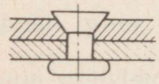
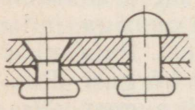
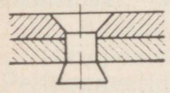
Rikutud neetide pead raiutakse maha spetsiaalse meisliga ning torniga lüüakse välja needivarras. Otstarbekas on praakneete välja puurida. Needipea kärnitakse ning puuritakse puuriga, mille läbimõõt on 0,1 ... 0,2 mm väiksem needi läbimõõdust. Puurimisel tuleb jälgida, et augu sügavus ei ületaks needipea kõrgust. Puuritud pea lüüakse küljest ära või lüüakse needivarb august välja.

O h u t u s t e h n i k a e e s k i r j a d n e e t i m i s e l. Neetimisel

T a b e l 17

Neetimisel esinev praak ja selle põhjused

Eskiis	Praagi tunnused	Praagi põhjus
1	2	3
	Needivarva paindumine augus.	Augu läbimõõt on liiga suur.
	Materjali läbipaindumine.	Augu läbimõõt on väike.
	Needipea nihkumine.	Auk on puuritud viltu.

1	2	3
	Liitepea paindumine.	Liiga pikk needivarb; needihoidja ei ole asetatud needi teljele.
	Neet jämendub detailide vahel.	Lehed ei ole asetatud tihedalt.
	Lehte lõikumine.	Neetimisvormi ots on suurem needipeast.
	Neet ei ole pingul.	Needipea läks neetimisel eemale.
	Peitpea ulatub detaili kohale.	Süvis peitpea jaoks on liiga väike.
	Praod neetide peades.	Needi materjal ei ole küllalt plastiline.
	Liitepeal ei ole õiget kuju.	Neetimisvasara väike võimsus. Needihoidja väike kaal.

võib esineda õnnetusjuhtumeid. Nende vältimiseks peab hästi tundma ja täitma järgmisi ohutusnõudeid.

1. Vasar peab olema varre külge hästi kinnitatud. Nõrgalt kinnitatud vasar võib «lendu minna».

2. Vasarate ja needihoidjate otsad peavad olema siledad ja pragudeta. Pragunenud riistadest võib töötamisel lenduda kilde, mis võivad vigastada töölist ja lähedalolijaid.

3. Suruõhuvasaraga töötamisel tuleb seda tihti reguleerida. Reguleerimise ajal ei tohi mingil juhul masinat proovida, kui hoitakse käega neetimisvormist, kuna tugeva löögi tõttu ei ole võimalik neetimisvormi kinni hoida ja see võib vigastada kätt.

4. Needihoidjat ei tohi suruda, vaid seda tuleb hoida vastu neeti. Needipea löömine sõltub needihoidja kaalust, mitte aga survest sellele.

X PEATÜKK

RUUMILINE MÄRKIMINE

67. RUUMILISE MÄRKIMISE ISEÄRASUSED

Ruumiline märkimine on tooriku (detaili) erinevates tasapindades ja erinevate nurkade all olevate pindade märkimine, lähtudes baasiks valitud lähtepinnast või -joonest.

Baasideks võivad olla töödeldud ja töötlemata pinnad, detaili keskel paiknevad tasapinnad või aukude tsentrid. Sageli saadakse baaspind pärast detaili osalist töötlemist eelneva märkimise järgi töötlemata baaspinna suhtes jne. Sellepärast on enne märkimist vaja kogu järgnev protsess hoolikalt läbi mõelda, valida baaspind, mille järgi saaks märkida võimalikult rohkem telgi ja tasapindu, määrata tooriku peateljed, tooriku asendite arv ja järjekord märkimisplaadil.

Ruumilise märkimise võtted erinevad oluliselt tasapinnalise märkimise võtetest. Ruumilise märkimise erinevus seisneb selles, et tooriku erinevates tasapindades ja erinevate nurkade all asetsevaid pindu ei tule mitte lihtsalt märkida, vaid nende pindade märkjooned tuleb omavahel ka siduda. Ruumilist märkimist tehakse reeglina märkimisplaadil. Detail asetatakse märkimisplaadile ning iga pinna märkjooned kantakse peale lähtudes märkimisplaadi pinnast, mille tulemusel erinevate pindade märkjooned seostuvad omavahel.

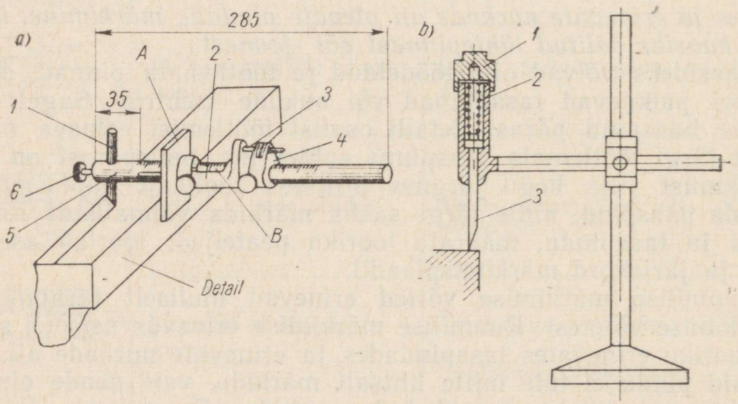
68. RUUMILISE MÄRKIMISE RIISTAD JA RAKISED

Märkimisriistad. Ruumilisel märkimisel kasutatakse peale eespool kirjeldatud tööriistade (vt. ptk. II) veel teisi täiustatud märkimisriistu. Nii kasutatakse peale joonisel 26 toodud rismuse veel rismust, kus märknõel kinnitatakse kahe muhvi abil, mis on omavahel ühendatud mikromeeterkruviga. Kruvi keeramisel tõuseb muhv koos märknõelaga aeglaselt üles või liigub alla.

Novaator K. Rõgin konstrueeris originaalse konstruktsiooniga rismuse paralleeljoonte tõmbamiseks töödeldud pinna suhtes (joon. 218, *a*). Rismus koosneb märknõelast *1*, kinnituskruvist *6*, kinnisest *5*, mille pinnale on kantud millimeetrijaotusega skaala, ja puksist *2* koos juhttasapinna *A* ja nooniusega *B*. Märknõela täpseks asetamiseks on peenreguleerimismehhanism *4*, mis on mikromeeterkruvi *3* kaudu ühendatud puksiga *2*.

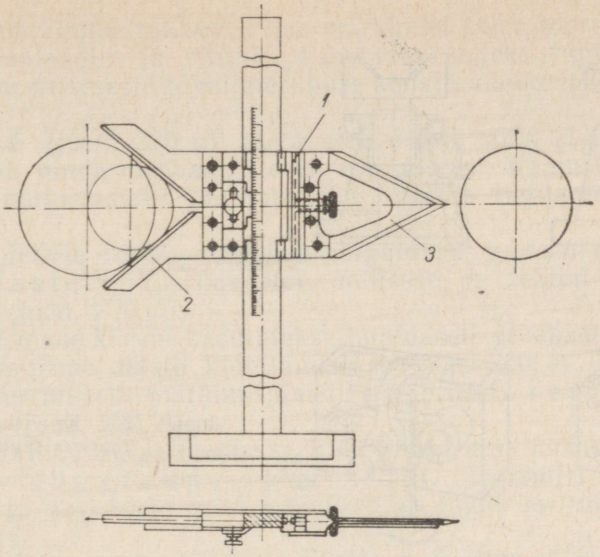
Märkimisel šablooni järgi, kui šabloon ei lama tihedalt detaili pinnal, kasutatakse edukalt kopeerimis-märkimisrismust (joon. 218, *b*). Selle rismuse statiiv ei erine tavalise rismuse statiivist. Märknõel *3* võib liikuda vertikaalsuunas. Vedru *2* mõjul on see alati surutud märgitava detaili vastu; vedru survet reguleeritakse korgi *1* abil.

Peale mitmesuguse konstruktsiooniga rismuste kasutatakse täpseks märkimiseks nihkmõõdikuid, mis võimaldavad täpsust 0,05 mm ja enam.

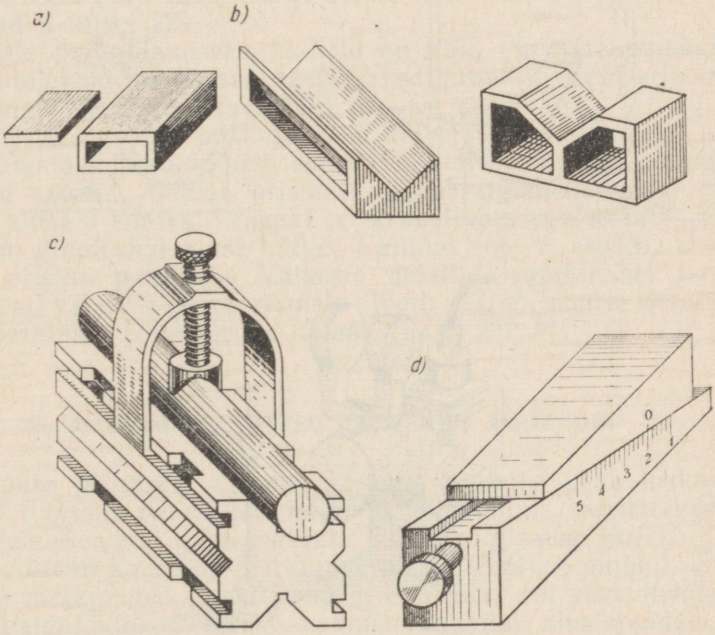


Joon. 218. Spetsiaalsed rismused: *a* — K. Rõgini konstrueeritud mikromeeterkruviga rismus; *b* — kopeerimis-märkimisrismus

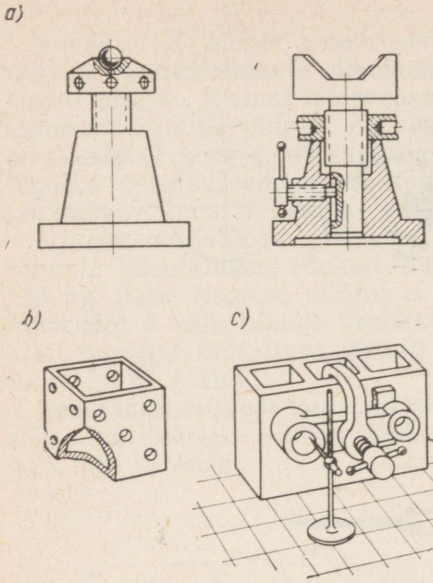
Silindriliste detailide külgpindade märkimiseks võib kasutada tsentreerivaid rismuseid (joon. 219), mille konstrueeris novaator K. Krjutšek. See koosneb liikuvast tsentreerivast raamist *1*, mis liigub mööda tavalise nihkmõõdiku mõõtejoonlauda. Tsentreeriva raami ühes otsas on tsentreeriv kahvel *2*, teises aga teravik *3*. Riist asetatakse plaadil oleva detaili vastu nii, et kahvli *2* küljed puutuksid võlli silinderpinda. Seejärel kinnitatakse raam *1* samba külge ning kontrollitakse detaili paralleelsust märkimisplaadi suhtes. Nüüd keeratakse nihkmõõdikut 180° ning tõmmatakse teravikuga *3* võllile telgjoon.



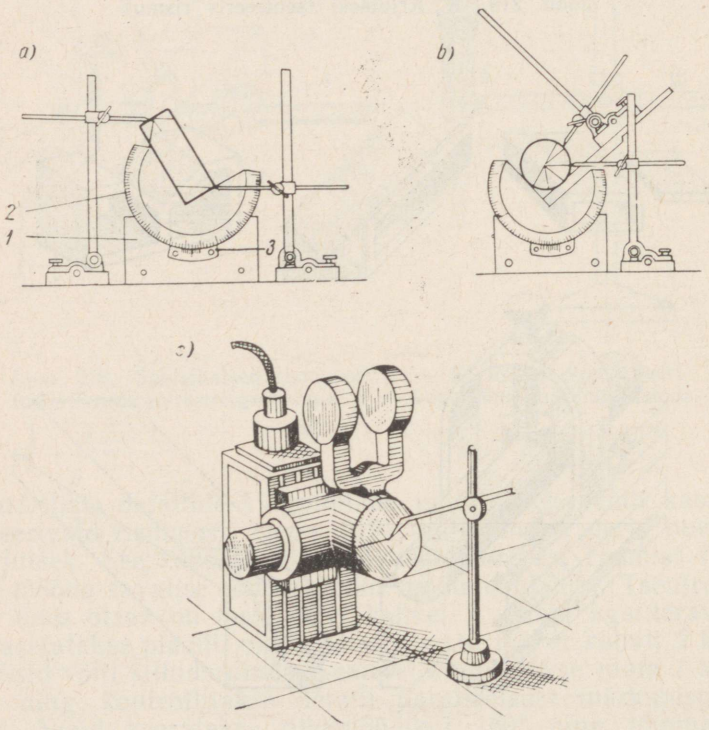
Joon. 219. K. Krjutšeki tsentreeriv rismus



Joon. 220. Ruumilise märkimise rakised



Joon. 221. Kruvitungrauad ja märkimiskuubid



Joon. 222. Kõrge tootlikkusega märkimisrakised

Ruumilise märkimise rakised. Enne märkimist tuleb toorik asetada märkimisplaadile ja rihtida, kasutades selleks tugilappe, märkimiskuupe, prismasid ja mitmesuguse konstruktsiooniga tungraudu.

Tugilapid (joon. 220, *a*) asetatakse detaili alla, et kaitsta märkimisplaadi pinda mehaaniliste vigastuste eest. Kaalu vähendamiseks ja mugavamaks kasutamiseks tehakse tugilapid tihti õõnsatena.

Silindrilisi detaile on kõige kergem paigaldada prismaatilistele alustele (prismadele), millesse on tehtud kolmnurkne lõige (joon. 220, *b*).

Lihtsate prismade kõrval kasutatakse laialdaselt prismasid, mis omavad mehhanisme detaili kinnitamiseks (joon. 220, *c*). Detaili kõrguse reguleerimiseks märkimisplaadil sobib hästi reguleeritav kiil (joon. 220, *d*).

Raskete detailide paigaldamiseks ja rihtimiseks kasutatakse sageli kruvitungraudu (joon. 221, *a*). Tugimutri konstruktsiooni järgi jagatakse need prismaatilise kuul- ja rulltoega tungraudadeks.

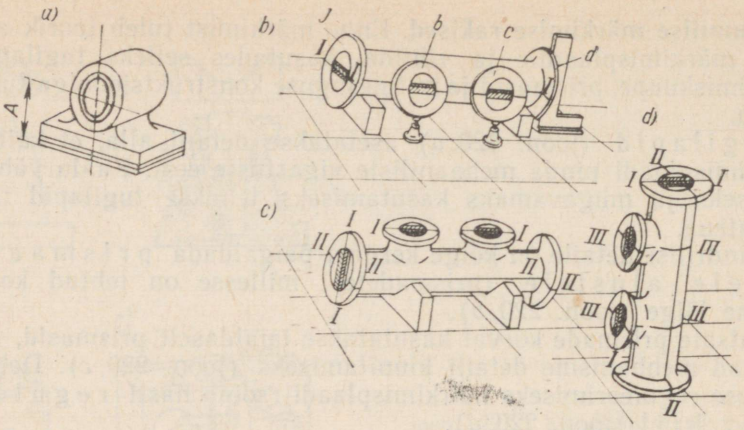
Paljud detailid on paigaldamisel märkimisplaadile nii ebapüsivad, et nende kinnitamiseks on vaja nurgikuid või spetsiaalseid märkimiskuupe (joon. 221, *b*). Kuubid valmistatakse tavaliselt seest tühjadena. Näide detaili kinnitamisest kuubi külge on toodud joonisel 221, *c*.

Detailide paigaldamiseks, millele on vaja tõmmata omavahel mitte ristiolevaid märkjooni, kasutatakse mitmesuguseid erikonstruktsiooniga pööratavaid rakiseid ja teisi seadeldisi.

Joonisel 222, *a* ja *b* on kujutatud universaalrakis, mille abil saab tõmmata kaldmärkjooni, sõltumata sellest, millises tasapinnas need asuvad. Rakise prismat *2* saab tigumehhanismi abil pöörata aluse *1* suhtes. Prismal on kraadijaotusega skaala; noonius *3* on kinnitatud aluse külge. Valinud sobiva asendi, kinnitatakse prisma poltidega. Väikeste detailide märkimisel asetatakse detail vahetult pöördprismale (joon. 222, *a*), suurte detailide puhul asetatakse prismale ka rismus (joon. 222, *b*).

69. MÄRKIMISE VÕTTED JA NENDE JÄRJEKORD

Märkimise järjekord. Enne märkima asumist peab lukksepp hoolikalt tutvuma detaili joonisega ja kontrollima tooriku vastavust sellele. Seejärel tuleb määrata detaili töötlemise järjekord ja sellest sõltuvalt koostada märkimise plaan. Tooriku pinnad, kuhu kantakse märkjooned, tuleb katta kriidi, värvi või vaskvitrioliga. Toorik paigaldatakse varem valmis vaadatud aluslappidele ja rihitakse märkimisplaadi tasapinna suhtes. Siinjuures tuleb arvestada, et ainult detaili esimene asend on sõltumatu, sellepärast



Joon. 223. Tooriku asendite valik ruumilisel märkimisel

tuleb see valida nii, et märkimist saaks alustada baaspinnast või tsentrijoonest. Märkimist alustatakse reeglina tsentrijoonest, alles seejärel kantakse peale teised jooned ja märgid. Märkjoonte tõmbamine ja kärnimine ruumilisel märkimisel sarnaneb tasapinnalise märkimisega.

Detaili asendi valik märkimisel. Detaili ei asetata märkimisplaadile mitte suvaliselt vaid nii, et üks peatelgedest oleks paralleelne märkimisplaadi pinnaga. Peatelgi on detailil kolm: pikkuse, laiuse ja kõrguse telg. Näiteks võetakse laagripuki märkimisel (joon. 223, *a*) baaspinnaks alustasapind, mis peab paigaldamisel jääma paralleelseks märkimisplaadiga.

Toruliite märkimisel võetakse baasideks äärikute tsentrid (joon. 223, *b*). Toru tuleb asetada märkimisplaadile nii, et esimese joone saaks tõmmata läbi kõigi nelja ääriku tsentri *a*, *b*, *c*, *d* (joon. 223, *b*).

Toru paigaldamisel kontrollitakse nurgikuga äärikute pindade ristseisu märkimisplaadi suhtes (asend *I*, joon. 223, *b*). Seejärel keeratakse toru 90° võrra, et äärikud *b* ja *c* jääksid üles (asend *II*, joon. 223, *c*), ja tõmmatakse tsentrijooned *II—II* risti joontega *I—I*. Toru kolmas asend (*III*) on toodud joonisel 223, *d*.

Märkimise võtted. Ruumilisel märkimisel tuleb toorikule tõmmata horisontaal-, vertikaal- ja kaldjooni. Need joonte nimetused säilivad ka pärast detaili pööramist märkimise käigus. Kui algasendis tõmmati toorikule horisontaaljooned, siis, kuigi nad tooriku pööramisel 90° võrra muutuvad vertikaalseteks, nimetatakse neid segiajamise vältimiseks ikka horisontaaljoonteks.

Märkimisel ei tähistata mitte ainult töötlemise piirjooni, vaid ka kohti, kust üleliigne metallikiht tuleb ära lõigata. Peale märkimisjoonte tõmmatakse 5 . . . 7 mm kaugusele paralleelsed kont-

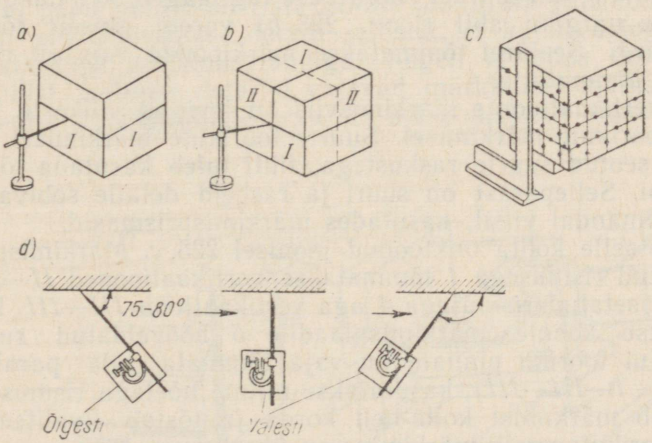
rolljooned. Need on vajalikud detaili asendi kontrollimiseks edasisel töötlemisel pinkides ja töötlemistäpsuse kontrollimiseks juhtudel, kui märkimisjoon on kadunud.

Kui märkimisjooni on vähe, nad on liiga lühikesed või nende järgi on raske (ebamugav) kontrollida detaili täpset asendit, siis tõmmatakse abijooned; abijooned tõmmatakse kontrollimiseks sobivatesse kohtadesse. Erinevalt märkimisjoontest abi- ja kontrolljooni ei kärnita.

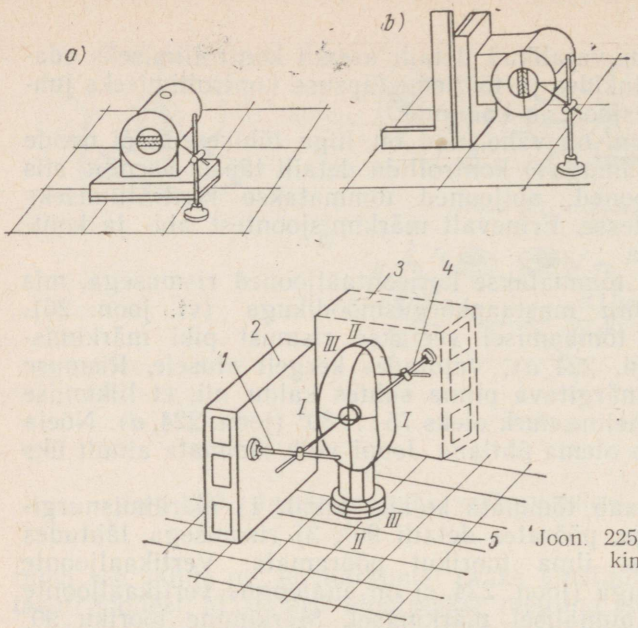
Märkimisplaadil tõmmatakse horisontaaljooned risnusega, mis häälestatakse mõõtu mastaapkõrgusmõõdikuga (vt. joon. 26). Horisontaaljoonte tõmbamisel veetakse risnust piki märkimisplaadi pinda (joon. 224, *a*), vajutades kergelt alusele. Risnuse nõel peab olema märgitava pinna suhtes kaldu nii, et liikumise suuna ja nõela vaheline nurk oleks 75 ... 80° (joon. 224, *d*). Nõela surve pinnale peab olema ühtlane. Jooni võib tõmmata ainult üks kord.

Vertikaaljooni saab tõmmata kolmel viisil: 1) märkimisnurgikuga; 2) risnusega, pöörates detaili 90°; 3) risnusega, lähtudes märkimisprismadest, ilma toorikut pööramata. Vertikaaljoonte märkimine nurgikuga (joon. 224, *c*) on analoogne vertikaaljoonte tõmbamisega tasapinnalisel märkimisel. Märkimine tooriku 90° pööramisega seisneb selles, et pärast kõikide horisontaaljoonte märkimist pööratakse toorikut 90° ümber horisontaaltelje, rihitakse nurgiku abil ja tõmmatakse uuesti horisontaaljooned, mis peavad olema rangelt risti varemtõmmatuile.

Joonisel 224, *a* ja *b* on näide kuubi märkimise kohta kirjeldatud meetodil: joon *I—I* on tõmmatud kuubi esimeses asendis, joon *II—II* pärast kuubi pööramist 90°. Pöörates kuupi veel 90° võib



Joon. 224. Horisontaalsete ja vertikaalsete märkjoonte tõmbamine



Joon. 225. Vertikaaljoonte märkimine risnusega

tõmmata punktiiriga tähistatud joone — seega võib märkida kõigi kuue tahu horisontaal- ja vertikaaljooned.

Analoogiliselt märgitakse vertikaaljoon ka tugilaagrile. Tugilaager asetatakse märkimisplaadile (joon. 225, *a*) ja tõmmatakse horisontaaljoon. Vertikaaljoone tõmbamist nurgiku abil segab see, et nurgikut ei saa tihedalt suruda vastu märgitavat pinda (tugilaagri alus jääb ette) ning et vertikaaljoon tuleb tõmmata mõlemale pinnale; sellepärast pööratakse tugilaagrit 90°. Laagri asend rihitakse nurgiku abil (joon. 225, *b*) varem alusele tõmmatud joone järgi. Seejärel tõmmatakse märkjooned, mis on risti algasendis tõmmatuile.

See vertikaaljoonte märkimisviis on levinud väikeste ja keskmiste toorikute märkimisel. Suurte toorikute märkimisel on pööramine seotud suurte raskustega, tihti tuleb kasutada tõsteseadmete abi. Sellepärast on suuri ja raskeid detaile sobivam märkida kolmandal viisil, kasutades märkimisprismasid.

Näide selle kohta on toodud joonisel 225, *c*. Märkimisprismale *2* asetatud risnusega *1* tõmmatakse vertikaaljooned *II—II*, prismale *3* asetatud risnusega *4* aga vertikaaljoon *III—III*. Prismad asetatakse kohale märkimisplaadile *5* höövеldatud ruutvõrgu järgi. Kui tooriku pinnale on vaja tõmmata rida paralleelseid jooni (*I—I—III—III*), kasutatakse mitme nõelaga risnuseid. See kiirendab märkimist kolm-neli korda ja tõstab kvaliteeti, sest kogu toorikute partii märkimine on ühesugune.

Märkjoonte kärnimine ruumilisel märkimisel ei erine kärnimisest tasapinnalisel märkimisel.

Märkida võib joonise, šablooni, näidise ja koha järgi.

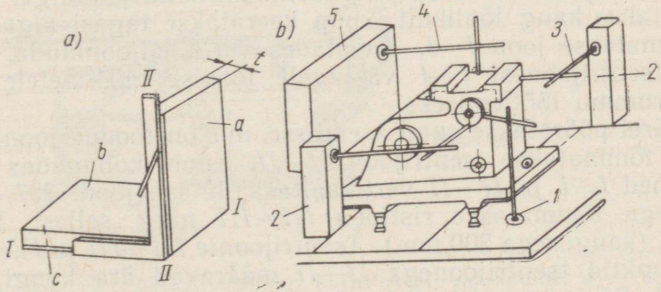
Detailide märkimine ühe paigaldusega. Lihtsa kujuga ja kumerate pindadega, aga samuti rasked ja kohmakad detailid, mille pööramine ja paigaldamine on raskendatud, märgitakse ühe paigaldusega.

Malmnurgik, mille pinnad *c* ja *a* on omavahel risti, märgitakse järgmiselt (joon. 226, *a*): märkimiseks ette valmistatud detail asetatakse plaadile pinnaga *b* ning rihitakse rismusega, pinna *a* asend rihitakse märkimisnurgikuga; seejärel tõmmatakse rismusega kõigile külgedele joon *I—I* (joon. 226, *a*) ning nurgiku abil vertikaaljooned *II—II*, lähtudes mõõtmest *t*.

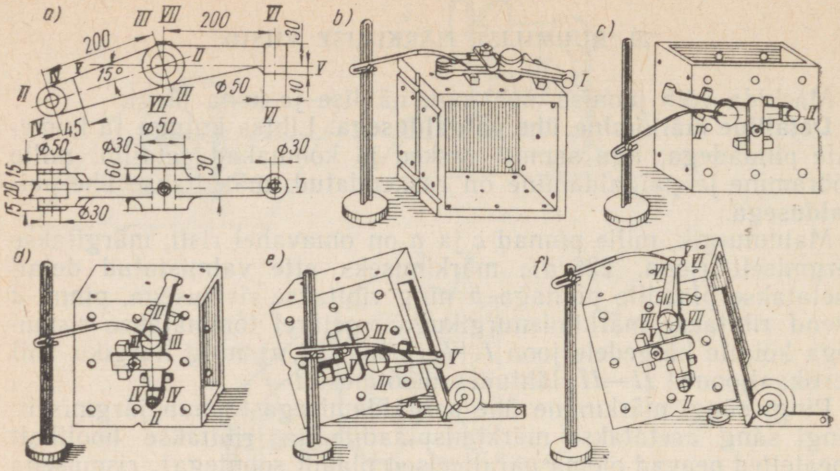
Pingi sängi märkimine ühe paigaldamisega toimub järgmiselt: pingi säng asetatakse märkimisplaadile ja rihitakse hoolikalt (peateljed peavad olema paralleelsed plaadi soontega), rismusega *1* tõmmatakse külgpindadele horisontaaljooned, rismusega *3*, mis on surutud vastu märkimisprismat *2* — vertikaaljooned. Analoogiliselt märgitakse rismusega *4*, mis asub prismal *5*, detaili ülemine pind.

Märkimine detaili pööramise ja asendi muutmisega. Nii võib märkida kuitahes keerukaid detaile; otstarbekas on see väikese ja keskmise kaaluga detailide märkimisel, sest neid on märkimisplaadil kerge pöörata. Meetod seisneb selles, et detail asetatakse algul nii, et märkjooned oleksid paralleelsed märkimisplaadi pinnaga ning rismusega tõmmatakse neid kui horisontaaljooni. Seejärel pööratakse detaili 90° ja tõmmatakse vertikaaljooned, mis antud asendis on paralleelsed märkimisplaadiga (vt. joon. 223, *b*, *c*, *d*).

Kui peale omavahel risti olevate joonte on vaja tõmmata kaldjooni, siis pööratakse detaili selliselt, et ka need jooned oleksid paralleelsed märkimisplaadiga. Sageli ei piisa detaili kolmest asendist. Sellised detailid vajavad märkimisel märksa suuremat asendite ja paigalduste arvu. Et märkimisjooni omavahel siduda,



Joon. 226. Detailide märkimine ühe paigaldusega



Joon. 227. Kangi märkimine seaderakise (kuubi) abil

tuleb pärast pööramist detaili hoolikalt rihtida märkimisplaadi ja eelnevalt tõmmatud märkimisjoonte suhtes. Rihtimine toimub tsentrijoonte järgi nurgikute, rismuste, nurgamõõdikute jt. abil.

Märkimine paigaldusrakiste abil. Märkimisel detaili pööramisega kulub väga palju aega iga uue asendi seadmiseks ja rihtimiseks. Paigaldusrakiste kasutamine lihtsustab ja kiirendab tunduvalt märkimisprotsessi.

Vaatleme näitena kangi märkimist, mis on kinnitatud märkimiskuubi külge (joon. 227, *a*). Baasiks kangi kinnitamisel kuubi külge on sobiv valida asend, kus kangi töötlemist mittevajav kitsas serv jääb paralleelseks märkimisplaadiga. Kang asetatakse aluslappidele ning kinnitatakse poldi ja klambriga kuubi külje külge. Seejärel märgitakse tsentriotsijaga serva keskpunktid ja reguleeritakse kangi asendit nii, et tsentrijoon *I—I* läheks läbi nende punktide (joon. 227, *b*). Pärast asendi reguleerimist keeratakse kuupi 90° ning kontrollitakse, kas kangi sõlmede tsentreid läbiv tsentrijoon *II—II* on paralleelne märkimisplaadiga. Seejärel kinnitatakse kang lõplikult, kuup keeratakse tagasi algasendisse ja tõmmatakse joon *I—I*. Kasutades vertikaaljoonlauda, tõmmatakse tsentrijoonest *I—I* vastavalt joonise mõõtmetele jooned kangi rummu töötlemiseks.

Seejärel pööratakse kuup asendisse, mis on toodud joonisel 227, *c* ning tõmmatakse tsentrijoon *II—II*. Kuubi kolmandas asendis on jooned *I—I* ja *II—II* vertikaaltasapinnas (joon. 227, *d*) ning rismusega tõmmatakse ristjoon *III—III* ning sellest lähtudes *IV—IV* (kaugusega 200 mm). Tsentrijoonte *III—III* ja *IV—IV* ristumispunktid tsentrijoonega *II—II* määravad ära kangi aukude tsentrid. Pärast tsentrite kärnimist tõmmatakse sirkliga ringjoo-

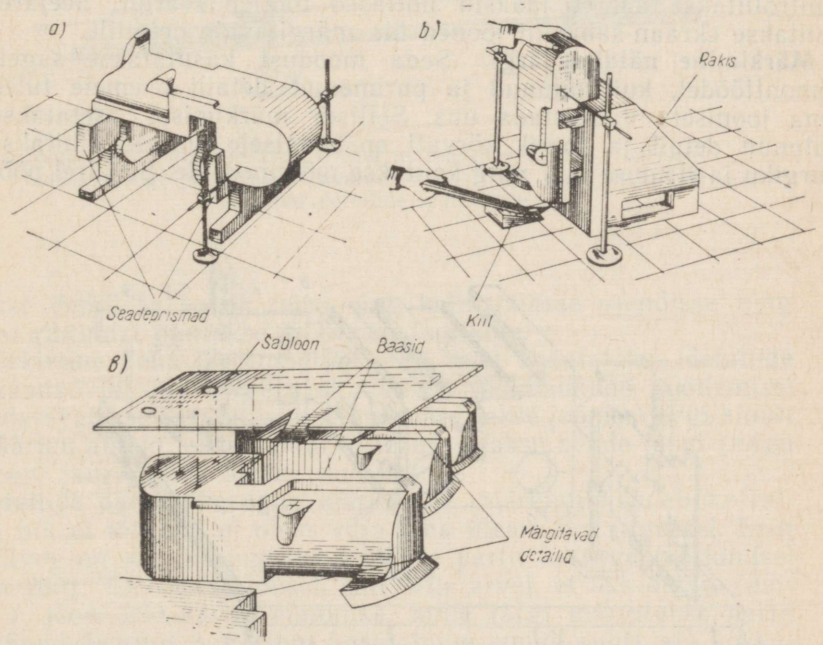
ned diameetriga 50 ja 30 mm; seejärel märgitakse kangi kahvli sügavus.

Neljandas asendis (joon. 227, *e*) on kuup märkimisplaadi suhtes 15° nurga all. Kuubi asend fikseeritakse väikese tungrauaga ning seejärel tõmmatakse joon *V—V*. Samas asendis märgitakse joone *V—V* suhtes (joonise mõõtmete järgi) peale jooned kangi otsa töötlemiseks.

Kuubi viiendas asendis (joon. 227, *f*) tõmmatakse jooned *VI—VI* ja *VII—VII*; selles asendis on kuup samuti 15° nurga all. Algul tõmmatakse läbi keskmise augu tsentrijoon *VII—VII*; seejärel, kasutades vertikaaljoonlauda, tõmmatakse joonest *VII—VII* 200 mm kaugusel joon *VI—VI*. Tsentrijoone *I—I* ristumine joonega *VI—VI* määrab augu (∅ 30 mm) tsentri, mille järel märgitakse sirkliga peale augu kontuur. Kõik märkjooned kärnitakse ning detail võetakse kuubi küljest lahti.

Näitest selgub, kui suurt aja kokkuhoidu annab kinnitusrakise (kuubi) kasutamine.

Märkimine šablooni järgi. See on küllaltki tootlik märkimisviis. Märkimisšabloonide iseärasuseks on see, et nad haaravad mitut detaili pinda. Kui varem märgiti freespingi kiirustekasti korpuse seitset auku märkimisplaadil prismade abil (joon. 228, *a*),



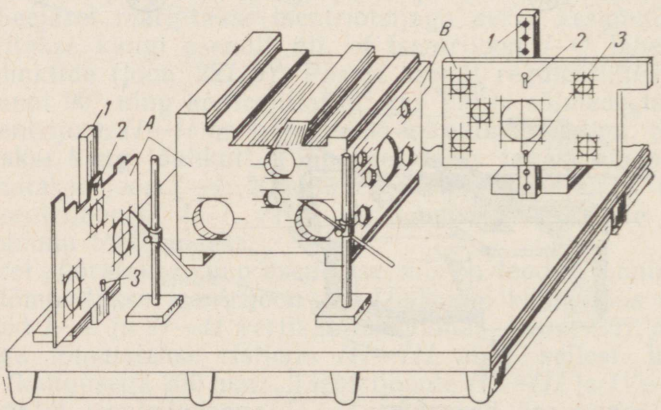
Joon. 228. Horisontaalfreespingi kiirustekasti märkimine: *a* — seadeprismade abil; *b* — rakises; *c* — ruumilise šablooni kasutamisega

seejärel kinnitusrakise kasutamisega (joon. 228, *b*), kulus selleks 20 min., siis lukksepp-novaatori A. Jakušini konstrueeritud šablooni abil kulub vaid 2 min. (joon. 228, *c*). Šabloone võib asetada nii ühes kui ka mitmes tasapinnas olevatele pindadele. Pärast šablooni paigaldamist märgitakse märknõela ja kärniga aukude kontuurid ja tsentrid ning teised tooriku töötlemist vajavad pinnad.

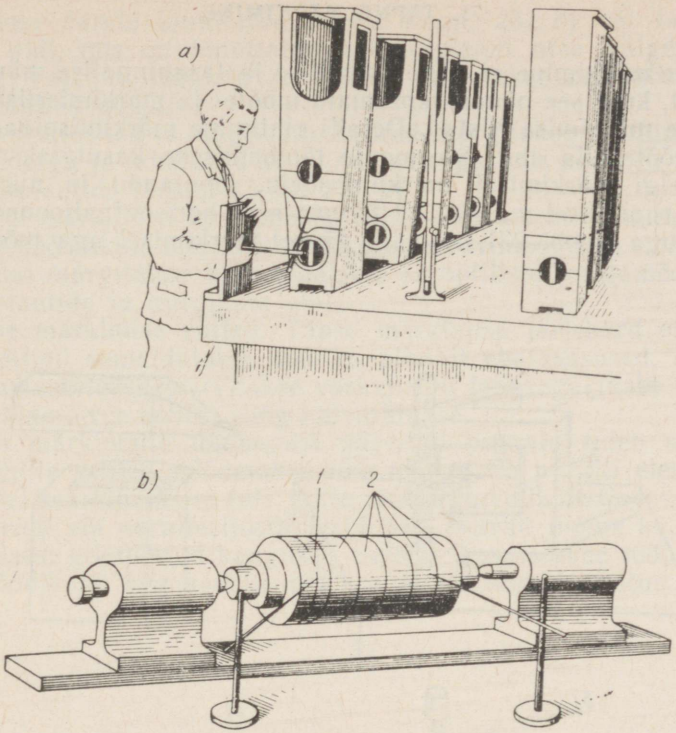
Novaatorid I. Pavlov ja V. Grigorjev töötasid välja ja juurutasid tootmisse märkimise ekraanide abil, mis seisneb märkimisjoonte ülekandmises rismusega spetsiaalselt ekraan-šabloonilt toorikule.

Ekraan-šabloon valmistatakse õhukesest teraslehest ning selle mõõtmed on veidi suuremad märgitava tooriku pinnast. Leht kaetakse õhukese vahakihiga ning hästi teritatud teradega tõmmatakse sellele märgitava detaili kontuurid koos kõigi joontega, mis tuleb detailile üle kanda. Tõmmatud jooned söövitatakse happes. Pärast vaha eemaldamist šabloonilt saame «tumma märkimisjoonise», kus puuduvad mõõtejooned ja arvud. Detaili iga tasapinna märkimiseks tuleb valmistada ekraan-šabloon (joon. 229), mis kinnitatakse spetsiaalse toe *1* külge kruvidega *2* ja *3* ning asetatakse märgitava pinna kõrvale. Detaili asendit ekraan-šablooni *A* või *B* ja märkimisplaadi suhtes kontrollitakse rismuse abil; kontrollitakse ka, et jääksid ühtlased töötlemisvarud. Seejärel kantakse ekraan-šablooni jooned üle märgitavale detailile.

Märkimine näidise järgi. Seda moodust kasutatakse sageli remonttöödel, kui kulunud ja purunenud detaili asemele tuleb ilma jooniseta valmistada uus. Sellisel märkimisel asetatakse kulunud detail ja toorik kõrvuti spetsiaalsele alusele, rihitakse nurgiku ja rismuse abil ning kantakse mõõtmed üle. Seejärel pöö-



Joon. 229. Märkimine ekraan-šablooni abil



Joon. 230. Detailidepartii üheaegne märkimine: *a* — horisontaalfreespingi sängide märkimine; *b* — torni abil tsentrisse kinnitatud detailide märkimine

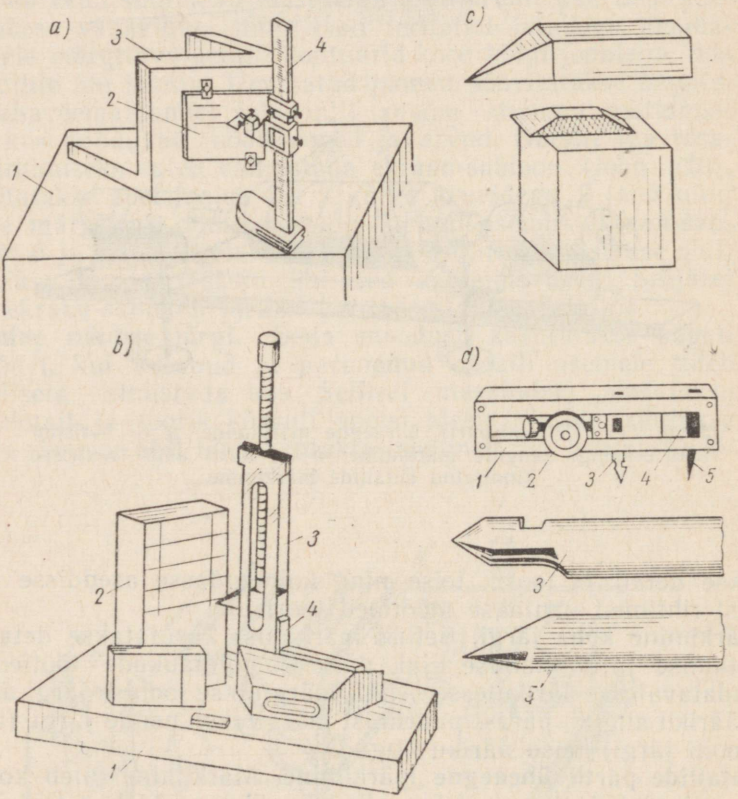
ratakse detail ja toorik teise ning kolmandasse asendisse ning pärast rihtimist kantakse mõõtmed toorikule.

Märkimine koha järgi. Sellist märkimist kasutatakse detailide koostamise ja sobitamise ajal, näiteks poldiaukude töötlemisel ühendatavatesse äärikutesse. Algul märgitakse joonise järgi ainult ühe ääriku augud, pärast puurimist märgitakse nende järgi (nagu šablooni järgi) teise ääriku augud.

Detailide partii üheaegne märkimine. Märkimine tuleb korraldada nii, et töö ajal ei oleks vaja teha ülearuseid liigutusi. Eriti efektiivne on see ühesuguste detailide partii korraga märkimisel (joon. 230). Tootlikkus tõuseb siin selle arvel, et üks detail (näiteks *1*, joon. 230, *b*) on etaloniks, mille järgi märgitakse partii ülejäänud detailid *2*. Etaloni kasutamine annab suurt aja kokkuhoidu, kuna kõige töömahukam osa — nurkade rihtimine ja mõõtejoonte märkimine üksikutele detailidele on siin ühendatud.

Täpne märkimine ei erine ruumilise ja tasapinnalise märkimise võtetest, kuid see nõuab täpsemaid mõõte- ja märkimisriistu.

Täpse märkimise riistad. Detaili rihtimine märkimisplaadil toimub mõõtekella abil. Sirgjoonte tõmbamiseks kasutatakse nagu tavaliselgi märkimisel märkimisnõelu, joonlaudu ja nurgikuid. Täpsel ruumilisel märkimisel tõmmatakse horisontaaljooned nihkmõõdikuga (joon. 231, *a*), väga täpsel märkimisel aga mõõtplaa-



Joon. 231. Täpse märkimise riistad: *a* — horisontaaljoonte märkimine nihkrismuse abil (*1* — märkimisplaat; *2* — detail; *3* — nurgik; *4* — nihkrismus); *b* — täpse märkimise seade mõõtplaatide kasutamisega (*1* — märkimisplaat; *2* — detail; *3* — seadme raam; *4* — mõõtplaadid); *c* — lamedad märkimisnõelad; *d* — seadeldis ringjoonte märkimiseks (*1* — raam; *2* — kinnituskruvi; *3* ja *5* märkimisteravikud; *4* — mõõtplaadid)

tide ploki äärele kinnitatud nõelte (joon. 231, *b*) või lamedate nõelte abil, mis on kinnitatud kaliiberplaadi otsa külge (joon. 231, *c*). Vajaliku mõõtme saamiseks asetatakse märknõela alla mõõtplaatide plokk.

Paralleeljooned ja ringjoonte kaared märgitakse märkimisnihkmõõdikutega ja nihkmõõdiku tüüpi rakisega, mis koosneb raamist ja mõõtplaatide plokist (joon. 231, *d*).

Täpsel märkimisel kasutatakse välismõõtmete mõõtmiseks nihk- ja kruvimõõdikut, sisemõõtmisteks sisekruvimõõdikut. Nurki ja kaldjooni märgitakse universaalsete ja optiliste nurgamõõdikute, nurgaplaatide ja nurgikute abil.

Täpse märkimise võtted. Täpse märkimise järjekord on järgmine. Algul eemaldatakse tooriku pinnalt ebatasasused, seejärel pind puhastatakse, värvitakse vaskvitrioli lahusega (kaks teelusikatäit klaasi vee kohta) ning kuivatatakse.

Enne märkjoonte tõmbamist värvitud pinnale tuleb määrata baas, mille suhtes mõõdetakse kõik märgitava profiili elemendid.

Täpsel märkimisel ei tule mitte ainult korralikult tõmmata toorikule rist- või paralleeljooni, vaid nad peavad olema ka täpselt teineteisest ettenähtud kaugusel. Selleks kasutatakse mõõtplaate, nihkmõõdikuid, aga samuti mitmesuguseid kombineeritud seadeldisi.

XI PEATÜKK

AUKUDE VIILIMINE JA SOBITAMINE

72. AUKUDE VIILIMISE JA SOBITAMISE OLEMUS

Lukksepatööde praktikas tuleb sageli kasutada aukude viilimist ja sobitamist, eriti remont- ja koostamistöödel, aga samuti masinatehaste tööriistatsehhides.

Sageliesinevaks viilimistööks on ümarate aukude viilimine ruudu-, ristküliku-, ovaali- jt. kujulisteks aukudeks.

Masinadetailide toorikute ja toodete erikujuga augud sageli stantsitakse, kuid nende lõplik töötlemine joonise mõõtmete järgi toimub viilimisega. Et viili servad ei rikuks töödeldava augu pinda, tuleb viil valida tunduvalt väiksemate mõõtmetega kui auk. Keerulise kujuga detailide viilimisel kasutatakse mitmesuguseid rakiseid.

Sobitamine on ühe detaili täpne töötlemine teise järgi ilma lõtkude, loksumiste ja kalleteta. Seejuures on üks detail enne sobitamist töödeldud etteantud täpsuse järgi ja nõuetekohaselt viimistletud.

Sobitamist vajavad šabloonid, kontrollšabloonid, stantside matriitsid ja templid jt.

Šabloonide ja kontrollšabloonide tööpinnad peavad olema sobitatud väga täpselt: sobitatavate pindade korduval kokkuasetamisel ei tohi jääda nende vahele lõtku.

Sobitada tuleb nii kinnise kui ka avatud kontuuriga pindu. Nende kontuuride täpsust kontrollitakse spetsiaalsete kaliiberšabloonidega, mida nimetatakse kohtkaliibriteks.

Käsitsi viilimine ja sobitamine on väga töömahukas protsess, võimaluse korral püütakse seda mehhaniseerida.

Enne augu viilimist tuleb auk märkida, märkjooned kärnida, puurida ja puuritud kontuur meisliga välja raiuda.

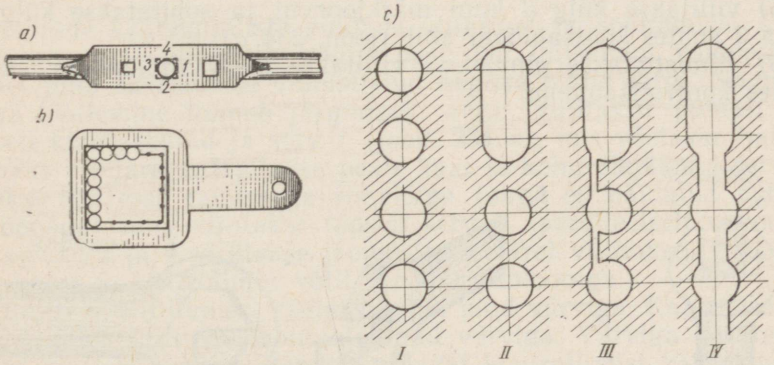
Vaatleme ühte lukksepatööde praktikas levinud juhtu augu viilimise kohta.

Ruudukujulisi auke on vaja viilida pöörraudadesse ja teistesse detailidesse. Pärast augu märkimist (joon. 232, *a*) valitakse puur, mille läbimõõt on 0,5 mm võrra väiksem ruudu küljest ning puuritakse. Seejärel viilitakse auku nurkviiliga neli nurka, jäädes 0,5 ... 0,6 mm kaugusele märkjoonest. Alles siis jätkatakse augu viilimist ettenähtud mõõtmete (keermepuuri või hööritsa nelikantpea) järgi.

Augu sobitamine nelikantpea järgi toimub järgmiselt: algul viilitakse küljed *1* ja *3* nii, et keermepuuri või hööritsa pea läheks nurgiti 2 ... 3 mm sügavuselt külgede vahele, seejärel viilitakse küljed *2* ja *4*. Edasise sobitamise käigus viilitakse üksikuid külgi seni, kuni nelikantpea läheb kergelt ja ilma loksumata auku. Kui töödeldav auk on väike, siis puuritakse ainult üks kord (joon. 232, *a*). Suurte aukude viilimisel puuritakse piki tooriku augu kontuuri (joon. 232, *b*). Kui auk on pikerguse kujuga, puuritakse kaks või mitu auku ühte ritta (joon. 232, *c*, positsioon *I*); nii toimitakse näiteks lukksepavasarate aukude jt. töötlemisel.

Aukude väljaraiumisel kasutatakse meislit, ristmeislit, sageli aga kombineeritud viisi ja pressimist.

Meisli või ristmeisliga tuleb raiuda 0,5 ... 0,6 mm kaugusel märkjoonest. Jäetud varu viilitakse maha augu töötlemise ajal. Kombineeritud viisil toimitakse järgmiselt: algul raiutakse katki üks-kaks ühenduskohta (joon. 232, *c*, positsioon *II*), ülejäänud



Joon. 232. Detailide ettevalmistamine aukude viilimiseks: *a* — pöörraud; *b* — raam; *c* — vaheseinte eemaldamise järjekord töödeldavas augus

ühenduskohad saetakse läbi rauasaega (joon. 232, *c*, positsioonid *III—IV*).

Mutrivõtmete viilimine poltide peade järgi on üsna sageli esinev lukksepatöö. Treipingi terahoidja nelikantpeaga poltide võti omab ühes otsas lõhikut, teises otsas neljakandilist auku 14×14 mm. Pärast märkimist puuritakse 13 ... 13,5 mm läbimõõduga puuriga ning viilitakse. Algul viilitakse lõhiku pinnad, tagades kontuuri külgede ristseisu võtme pea tasapinnaga, aga samuti sirgjoonelisuse ja omavahelise paralleelsuse. Viilimise täpsust kontrollitakse kohtšabloonide abil valguspilude järgi (joon. 233, *a*, *b*, *c*). Seejärel viilitakse auk poldi nelikantpea järgi. Väikeste aukude viilimisel võib tekkida olukord, kus auku mahub ainult osa viilist. Sellisel juhul peavad tööliigutused viiliga olema lühikesed ja sujuvad. Viilitava augu laienemisega viili käik pikeneb ning lõpuks võib jätkata tööd normaalselt kogu viili pikkusega.

Kuusnurkseid auke tuleb võimaluse korral viilida lameviilidega. See kiirendab töötlemist ja võimaldab viilitavat pinda paremini laiendada ning tagab pinna sirgjoonelisuse.

Aukude viilimine kontrollšabloonide järgi sarnaneb viilimisega märkimise järgi; erinevus on ainult selles, et auku kontrollitakse šablooni abil valguspilu järgi.

Kolmnurkse augu viilimine šablooni toorikusse toimub järgmiselt:

1) märgitakse viilitava augu kontuur ja puuritakse (joon. 234, *b*);

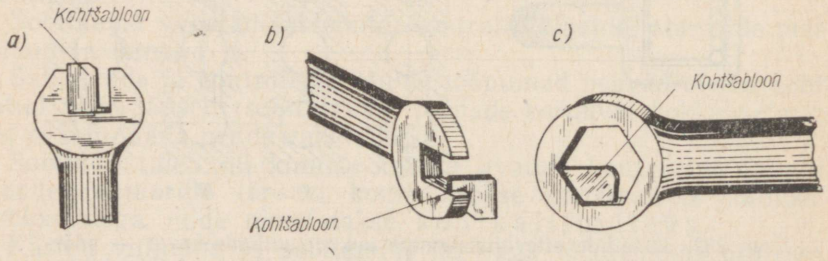
2) tooriku ümmargusse auku viilitakse vastavalt kolmnurgale kolm nurka;

3) viilitakse ühekaupa kolmnurga küljed, jättes varu 0,5 mm (joon. 234, *c*);

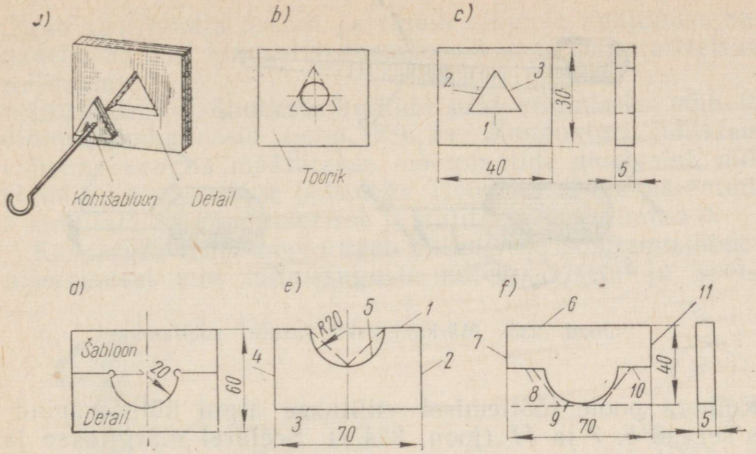
4) viilitakse küljed *1* ja *2* kuni märkjoonteni ning sobitatakse kohtšablooni järgi;

5) viilitakse külg *3* kuni märkjooneni ja sobitatakse külgede *1* ja *2* suhtes kohtšablooni abil (joon. 234, *a*);

6) viimistletakse pinnad ja viilitakse augu südamikud, kasutades kontrollšablooni.



Joon. 233. Mutrivõtmete viilimine ja kontrollimine kohtšabloonidega



Joon. 234. Viilimine ja sobitamine: *a* ... *c* — kolmnurkse augu töötlemine; *d* ... *f* — töödeldavad pinnad ja šabloonid

Viimistlemisel peab jälgima, et kontrollšabloon läheks auku vabalt, ilma kalde ja loksumiseta. Lehtkaliibriga kontrollimisel peab lõtk šablooni ja kontrollšablooni vahel olema kõikjal ühesuurune.

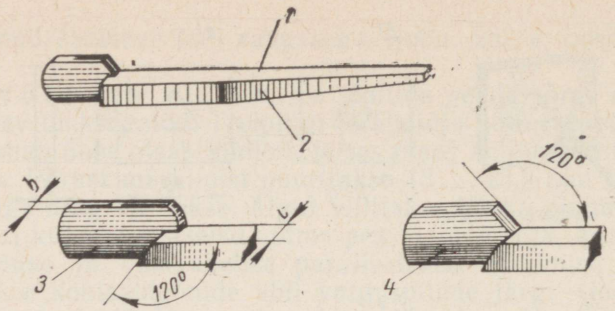
Peab meeles pidama, et igasuguste liugpindade sobitamisel on takistuseks teravad ääred, nurgad ja viilimisservad. Sellepärast tuleb need hoolikalt kõrvaldada, tasandada ja siluda peenviiliga, et sobitatavad detailid läheksid teineteisesse vabalt ilma loksumata.

74. SOBITAMISVÕTTED

Detailide kaarekujuliste pindade viilimisel ja sobitamisel töödeldakse algul ühenduse nõgus pool, kui lihtsamini mõõdetav; kumer pind sobitatakse viimistletud nõgusa pinna järgi. Nõgusa pinna töötlemine toimub järgmiselt: algul viilitakse puhtalt ja täpselt külgtasapind ja serv *1* (joon. 234, *e*), mis võetakse baaspinnaks. Seejärel märgitakse peale kaar ja kolm ülejäänud serva, tehakse kaaresse rauasaega sisselõige (nagu on näidatud punktiirjoonega) ning viilitakse täpselt serv *3* (paralleelselt servaga *1*); servad *2* ja *4* viilitakse jämedalt. Seejärel viilitakse ümarviiliga kaart *5*, kontrollides võlli või ketassablooniga.

Profiili kontrollimisel kaetakse võlli pind värviga. Kaare asetamisel võllile kattuvad kontaktpinnad värviga. Värviga kattunud kohad viilitakse maha. Pärast korduvat kontrollimist kattub profiili pind ühtlaselt värvilaikudega.

Mõningate kogemuste puhul võib värviga kontrollimise asemel hinnata kontaktpindu valguspilu järgi.



Joon. 235. Märkimissirkli šarniiri sobitamine

Kumera poole töötlemisel viilitakse algul külgtasapind ning siis servad *6*, *7* ja *11* (joon. 234, *f*). Seejärel märgitakse ja saetakse välja nurgad (nagu on näidatud punktiirjoonega), mille järel viilitakse täpselt servad *8* ja *10* paralleelselt baasservaga *6*. Järgneb kumera pinna täpne viilimine ja sobitamine viimistletud nõgusa pinna *9* järgi. Lõplik sobitamine peab tagama täpsuse, mille puhul detailide korduval pööramisel ei esineks valguspilu, loksumist või vildakust.

Pärast sobitamist toimub välispindade lõplik viimistlemine.

Üheks mitte eriti keeruliseks sobitamise näiteks, mida kasutatakse lukkseppade tootmisväljaõppel, on märkimissirkli šarniiri sobitamine. Pärast toorikute õgvendamist viilitakse välispind *2* ning seejärel märkjoone järgi sisetasapind *1* (joon. 235). Selle pinna sirgjoonelisust kontrollitakse joonlauaga. Sise- ja välispinnad peavad olema täisnurga all. Pärast täisnurkade viilimist järgneb šarniiri pinna *3* töötlemine, mille täpsust kontrollitakse kontrollplaadil värvi abil. Šarniirosa paksus *b* peab olema 0,5 *c*. Sisepinna *1* ja šarniirosa kaldpinna vaheline nurk viilitakse 120° alla.

Valminud sirklijala järgi sobitatakse teine, mis viilitakse samas järjekorras.

75. AUKUDE VIILIMISE JA SOBITAMISE MEHHANISEERIMINE

Aukude käsitsi viilimine ja sobitamine on väga töömahukad operatsioonid, seepärast püütakse neid võimaluse korral mehhaniseerida.

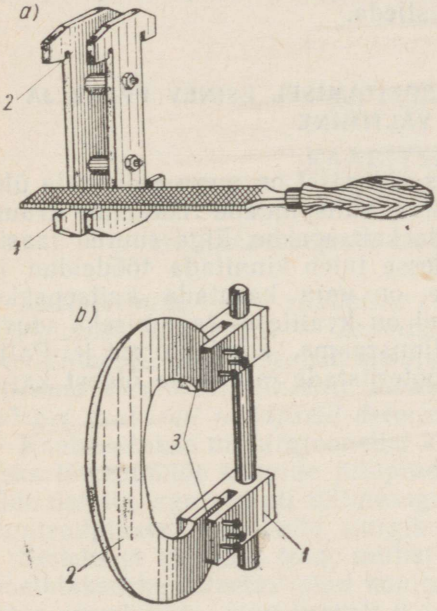
Abinõude hulka, mis võimaldavad tõsta tööviljakust ja parandada töö kvaliteeti, kuuluvad detailide partii üheaegne töötlemine pakkidena, konduktorites ja teistes rakistes.

Harkkaliibrite viilimist kergendab nende kahe- või mitmekaupa ühendamine pakki (joon. 236, *a*). Hargid kinnitatakse poltidega ja nende vahele pannakse 20 ... 30 mm paksusega seibid. See

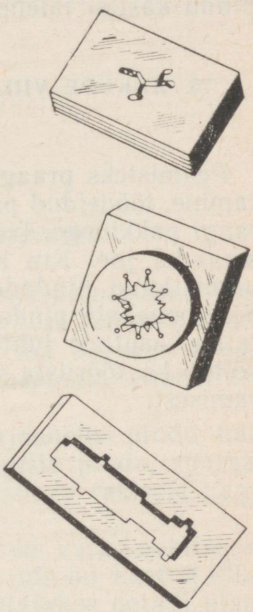
tagab viili kindla asendi ja väldib viilmete kuhjumist hargi pindadele. Samuti lihtsustub tasapindade *1* ja *2* paralleelsuse kontrollimine.

Üksikute või õhukeste harkide paki viilimiseks võib kasutada viilimiskonduktoreid (joon. 236, *b*). Konduktori juhtklambrite *1* vaheline kaugus määratakse mõõtplaatide ploki abil, mille järgi klambrid kinnitatakse poltidega (joonisel ei ole näidatud). Hark *2* kinnitatakse konduktorisse ja viilitakse tasapinnad *3*.

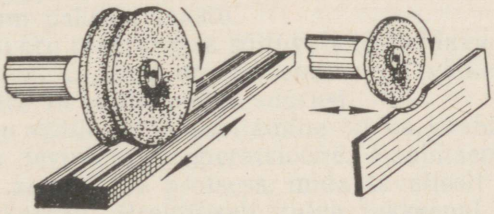
Kaasaegne tehnoloogia näeb viilimis- ja sobitamistööde mehhaniseerimisel ette mitmesuguste universaalsete ja spetsiaalsete



Joon. 236. Harkkaliibrite viilimine: *a* — pakis; *b* — viilimiskonduktoris



Joon. 237. Lintsaega lõigatavad kontuurid



Joon. 238. Kujupindade ja šabloonide töötlemine profileeritud lihvketastega

metallilõikepinkide kasutamist. Selliste pinkide kasutamine võimaldab automatiseerida kujupindade töötlemist. Lukksepa ülesandeks jääb ainult pingi juhtimine ning töötlemisrežiimi ja mõõtmete kontrollimine. Nii on võimalik lintsae abil lõigata välja mitmesuguseid kujupindu (joon. 237), mille viimistlemiseks viilimistööde maht on minimaalne.

Kõverjoonelisi pindu võib töödelda lihvpinkides, kasutades spetsiaalseid profileerituid lihvkettaid. Joonisel 238 on toodud näiteid aukude lihvimise ja šablooni profiilpindade töötlemise kohta.

Lukksepatööde praktikas kasutatakse laialdaselt kujupindade töötlemisviise (elektrisäde, keemilist jt.), mille puhul pole vaja pindu käsitsi täiendavalt viimistleda.

76. AUKUDE VIILIMISEL JA SOBITAMISEL ESINEV PRAAK JA SELLE VÄLTIMINE

Peamisteks praagi põhjusteks viilimisel on augu mõõtmete ületamine, töödeldud pindade mustus, välispindade rikkumine kruustangi pakkidega, kui ei kasutata kaitsèpakke, liiga suured faasid servadel jne. Kui kruustangidesse tuleb kinnitada töödeldud ja viimistletud pindadega detaile, on vaja kasutada kaitsepakke. Sirgjooneliste pindade viilimisel on kvaliteedi tagamiseks soovitatav kasutada juhtdetaile, viilimisraame, -konduktoreid jt. Palju sõltub ka tööriista valikust, mõõteriistade ja rakiste õigest kasutamisest.

XII PEATÜKK

KAABITSEMINE

77. KAABITSEMINE JA SELLE KASUTAMINE

Kaabitsemine on viimistlev lõiketöötlemisoperatsioon, kus spetsiaalse lõikeriista — kaabitsaga eraldatakse väga õhukesi metallilaaste. Kaabitsemist kasutatakse siis, kui on vaja saada siledaid liugliiteid, tihedalt liibuvaid ühenduspindu, viimistluse kõrget kvaliteeti ja täpseid detaile.

Kaabitsetakse nii sirgjoonelisi kui ka kõverjoonelisi pindu, näiteks lõikepinkide sängide juhtpindu, liugelaagrite pindu, aparaatide detaile, aga samuti mitmesuguseid tööriistu ja rakiseid nagu kontrollplaate, -joonlaudu, nurgikuid jt.

Selleks et kindlaks teha, millist pinna osa on vaja kaabitseda, asetatakse kaabitsetav pind kontrollplaadile, mis on kaetud õhukese värvikihiga, ning kergelt vajutades liigutatakse detaili plaadil mitmes suunas. Kaabitsetava pinna väljaulatuvad osad kattuvad värvilaikudega; neid kohti tulebki kaabitseda.

Ühe kaabitsa käiguga eemaldatakse 0,005 ... 0,07 mm paksune metallikiht; keskmise surve korral on kaabits võimeline eraldama 0,01 ... 0,03 mm paksust laastu.

Kaabitsemisvaru määratakse sõltuvalt töödeldava tasapinna või augu mõõtmetest. Üldiselt on töötlemisvarud väikesed ja ei tohi ületada tabelites 18 ja 19 toodud suurusi.

Samuti nagu viilimine ja sobitamine on ka kaabitsemine lukksepatööde üks levinumaid operatsioone. Kaabitsemine on väga vaevarikas ja aegavõttev protsess, mida tavaliselt teevad kvalifitseeritud lukksepad. Praktiliselt kulub lukksepal koostamistöödel üks viiendik kuni neljandik ajast kaabitsemisele. Seepärast on tööviljakuse tõstmine kaabitsemisel alati väga tähtis.

Tabel 18

Töötlemisvarud tasapindade kaabitsemisel

Tasapinna laius, mm	Tasapinna pikkus, mm				
	100 ... 500	500 ... 1000	1000 ... 2000	2000 ... 4000	4000 ... 6000
	Töötlemisvaru, mm				
kuni 100	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30
101 kuni 500	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40
500 „ 1000	0,18	0,25	0,35	0,45	0,50

Tabel 19

Töötlemisvarud augu kaabitsemisel

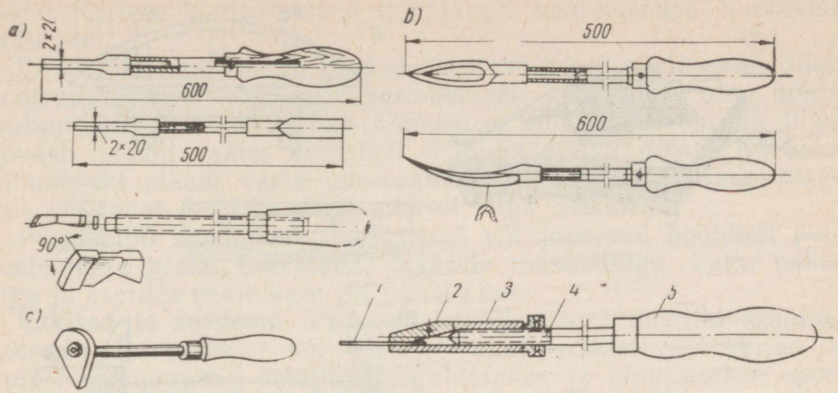
Augu läbimõõt, mm	Augu sügavus, mm		
	kuni 100	100 ... 200	200 ... 300 ja rohkem
	Töötlemisvaru, mm		
kuni 80	0,03 ... 0,05	0,05 ... 0,08	0,10 ... 0,12
80 kuni 180	0,05 ... 0,10	0,10 ... 0,15	0,15 ... 0,25
180 „ 300	0,10 ... 0,15	0,15 ... 0,20	0,20 ... 0,30
üle 300	0,20	0,25	0,30

Kaabitsemise tootlikkust võib tõsta järgmiste abinõudega:
1) töövõtete, kaabitsate, abiseadmete jt. täiustamisega;
2) kaabitsemiseks jäetavate töötlemisvarude vähendamise ning kaabitsemise osalise asendamisega mehaanilise töötlemisega;
3) kasutades mehhaniseeritud tööriistu ja rakiseid.

78. KAABITSAD JA RAKISED

Kaabitsad. Kaabitsad on lõikeriistad, mille abil saab metalli pinnalt eemaldada väga õhukesi laaste. Kaabitsetud pindade kontrollimiseks kasutatakse kontrollplaate, tasapinnalisi ja nurkjoonlaudu, prismasid, võlle jt. Kaabitsetavate detailide paigaldamiseks ja kinnitamiseks kasutatakse mitmesuguseid rakiseid, nende hulgas pööratavaid, kaabitsetava detaili pööramiseks sobivasse asendisse jt.

Kaabitsad jagatakse täis- ja koostatavateks kaabitsateks, lõikeosa kuju järgi aga lamedateks, kolmekandilisteks ja kujukaabitsateks. Lõikeservade arvu järgi jagatakse kaabitsad üheotsalis-



Joon. 239. Kaabitsad: *a* — lamekaabitsad (ühe- ja kaheservalised ning kumerad); *b* — kolmekandilised koostatavad kaabitsad (sirge ja painutatud peaga); *c* — kujukaabits; *d* — universaalne vahetatavate lõikeosadega kaabits

teks, mis omavad puust käepidet, ja kaheotsalisteks — ilma käepidemeta. Lisaks sellele kasutatakse laialdaselt universaalseid kaabitsaid, mis koosnevad kinnituspeast ja vahetatavatest lõikeosadest. Kaabitsate konstruktsioonid on toodud joonisel 239.

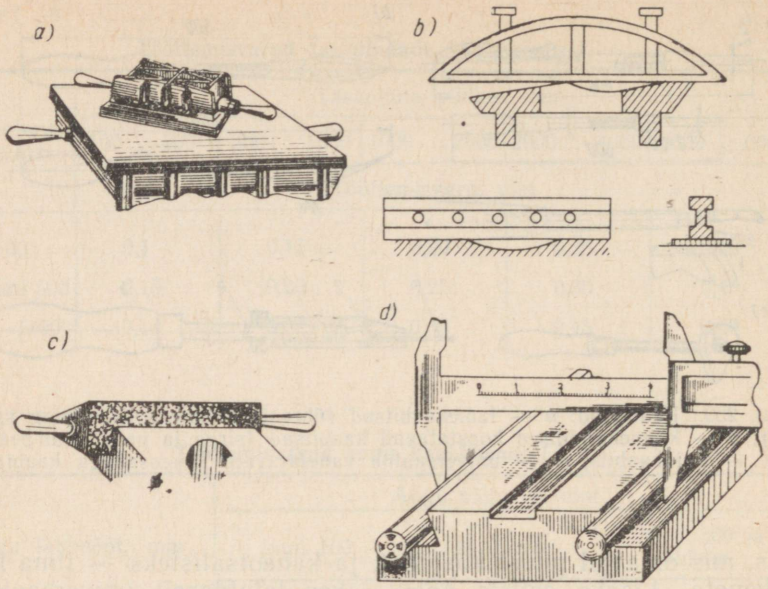
Kaabitsa lõikeservade kuju ja geomeetria valitakse sõltuvalt töödeldava pinna kujust, mõõtmetest ja detaili materjalist. Nii kasutatakse tasapindade kaabitsemisel sirgjoonelise või ümara lõikeservaga lamedaid kaabitsaid (joon. 239, *a*), kõverjooneliste ja sisepindade puhul — kolmekandilisi ja kujukaabitsaid (joon. 239, *b* ja *c*).

Sageli kasutatakse koostatavaid, vahetatavate lõikeosadega universaalkaabitsaid. Kuna koostatavate kaabitsate lõikeosa saab kiiresti vahetada, kasutatakse neid väga erinevate kaabitsemistööde juures. Lõikeosadena kasutatakse koostatavate kaabitsate juures tööriistaterast, kõvasulamit ja kiirlõiketerasest plaate.

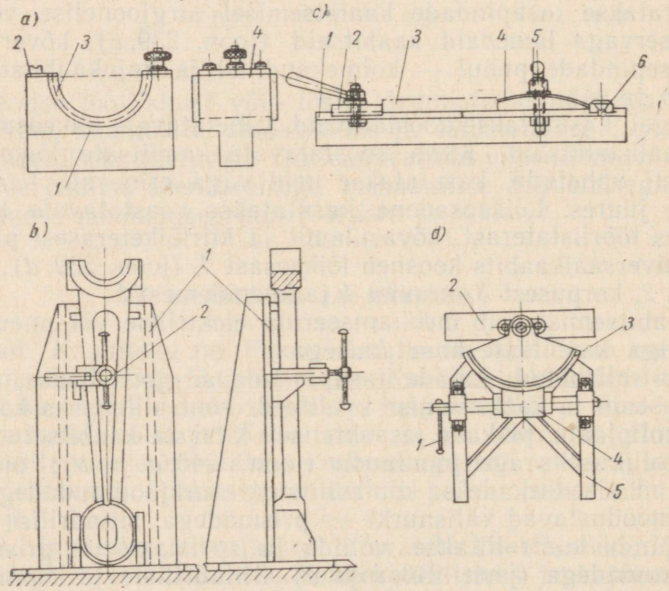
Universaalkaabits koosneb lõikeosast *1* (joon. 239, *d*), kinnitusosast *2*, korpusest *3*, kruvist *4* ja käepidemest *5*.

Kaabitsemist võib mehhaniseerida elektrilise või pneumaatilise ajamiga kaabitsate kasutamisega.

Kontrollriistad. Laiade tasapindade sirgjoonelisuse, omavahelise asendi ja kaabitsemise kvaliteedi kontrollimiseks kasutatakse kontrollplaate, pikkade ja suhteliselt kitsaste kaabitsetud pindade kontrollimiseks aga joonlaudu (joon. 240, *a* ja *b*); pindu, mis liituvad sisenurkadeks, kontrollitakse nurkjoonlaudadega, pindu, mis moodustavad välisnurki — prismadega; silindrilisi ja koonilisi pindu kontrollitakse võllide ja spetsiaalsete prismaatiliste joonlaudadega (joon. 240, *c* ja *d*). Silindriliste ja kooniliste pindade kaabitsemise kvaliteeti kontrollitakse sageli ka liitedetaili-



Joon. 240. Kontrollriistad: *a* — plaadid; *b* — joonlauad; *c* — nurkjoonlaud; *d* — kontrollimine võllide ja nihkmõõdiku abil



Joon. 241. Kaabitsemisrakised

dega. Näiteks kontrollitakse liugelaagri kaabitsemise kvaliteeti võlli abil.

Et vältida kaabitsetud pindade kontrollimisel ebatäpsusi, tuleb kontrollplaate ja -joonlaudu perioodiliselt kontrollida ning hoida eeskujulikus puhtuses. Kontrollimisel ei tohi detaili suruda liiga kõvasti plaadi vastu; enamikel juhtudel piisab detaili tihedaks liibumiseks plaadi vastu omakaalust. Detail tuleb asetada plaadile või plaat detailile ettevaatlikult, ilma löökideta.

Pärast töö lõpetamist tuleb plaat või joonlaud hoolikalt petrooleumiga pesta, kuivatada, määrida masinaõliga, katta paberiga ja asetada peale kate või puust kaas.

Rakised ja seadmed. Väikesed kaabitsetavad detailid kinnitatakse kruustangidesse või teistesse kinnitusrakistesse. Suured ja kujult ebamugavad detailid paigaldatakse ja kinnitatakse spetsiaalsete sammaste ja pöördrakiste abil. Joonisel 241, *a* on toodud spetsiaalne rakis laagriliudade kaabitsemiseks, mis tunduvalt parandab kaabitsemise tingimusi. Liud *3* kinnitatakse rakise korpuse külge, rakis ise aga kinnitatakse kruustangidesse.

Joonisel 241, *b* on toodud rakis kepsu kaabitsemiseks. Keps kinnitatakse samba *1* külge kruviga *2*.

Väikeste detailide — plaatide, joonlaudade, kiilude jt. kinnitamiseks kasutas lukksepp B. Gelberg edukalt joonisel 241, *c* kujutatud rakist. See koosneb alusest *1*, kahest piirajast *2* ja *6* ning lehtvedrust *4*. Kruvi *5* kinnikeeramisel surub vedru detaili *3* aluse ja piiraja *2* vastu.

Plaatide, joonlaudade ja teiste tasapinnaliste detailide kinnitamiseks kasutatakse edukalt püsivmagnetiga magnetlaudu.

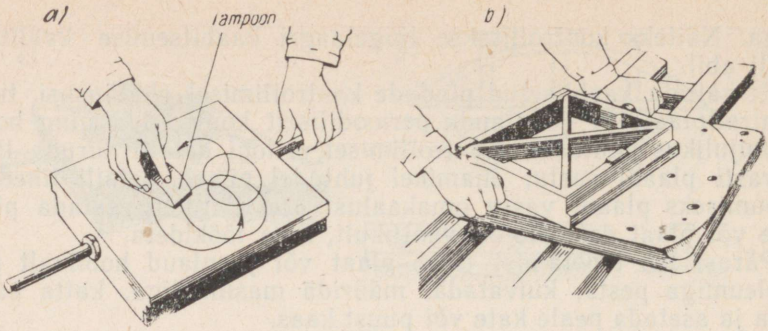
Kui detaili on vaja kaabitsemise ajal pöörata, kasutatakse spetsiaalseid pööratavaid rakiseid. Selline rakis (joon. 241, *d*) koosneb keevitatud karkassist *5*, mille külge on šarniirselt kinnitatud töölaud *2*. Kaabitsetav detail kinnitatakse töölauale ning seda võib koos lauaga pöörata käepideme *1* abil. Käepide paneb pöörlema teo *4*, mis omakorda on ühendatud töölaua külge kinnitatud hammassektoriga *3*.

Kaabitsemisel kasutatakse ka kontrolldetailide makette, mille järgi toimub töötlemine, profiilseid kaabitsemisplaate ja teisi abinõusid.

79. KAABITSEMISEKS ETTEVÄLMISTAMINE

Enne kaabitsemist puhastatakse pind mustusest, pestakse petrooleumiga ja kuivatatakse. Seejärel määratakse kontrolljoonlaua ja lehtkaliibri abil pinna kulumise suurus.

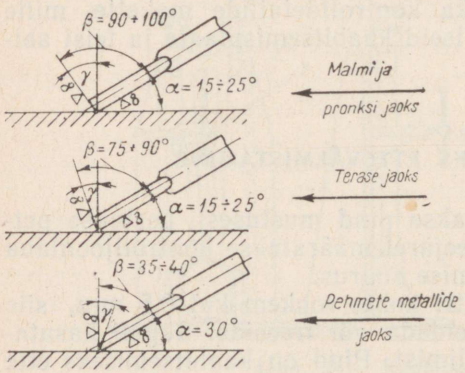
Kui pind on kulunud 1 meetri kohta rohkem kui 0,5 mm, siis tuleb enne kaabitsemist hööveldada või freesida. Sageli kasutatakse eelneva töötlemisena viilimist. Pind on kaabitsemiseks ette



Joon. 242. Kontrollplaadi katmine värviga (*a*); kaabitsetava pinna kontrollimine värvi abil (*b*)

valmistatud ning lekaaljoonlaua ja detaili vahele jääb ühtlane pilu, mitte üle 0,05 . . . 0,06 mm.

Kontrollriistade katmine värviga. Nagu öeldud, toimub kaabitsemine kontrollplaatidele ja -joonlaudadele kantud värvi järgi. Parimateks värvideks on berliini sinine, rauamennik ja tahm. Enne tarvitamist hõõrutakse värv ülipeeneks pulbriks ja segatakse masinaõlis. Plaatide ja joonlaudade pinnad puhastatakse hoolikalt õlise lapiga ja hõõrutakse kuivaks, seejärel kaetakse õhukese, ühtlase värvikihiga (joon. 242, *a*). Plaadi värviga kaetud tööpind asetatakse detaili kaabitsetavale pinnale ning kerge survega liigutatakse 2 kuni 3 korda erinevates suundades (joon. 242, *b*). Väikeste detailide kaabitsemisel toimitakse vastupidi — kaabitsetav detail asetatakse kontrollplaadile ja liigutatakse samal viisil. Hästi ettevalmistatud pinnal asuvad värvilaigud ühtlaselt kogu pinna ulatuses, halvasti ettevalmistatud pinnal aga tekivad üksikud tugevasti kaetud kohad ja mõned õrnad laigud; väga halvasti ettevalmistatud pinnale tekib ainult 2 kuni 3 värvilaiku.



Joon. 243. Kaabitsate teritamise nurgad

Tabel 20

Kaabitsate teritusnurgad kraadides

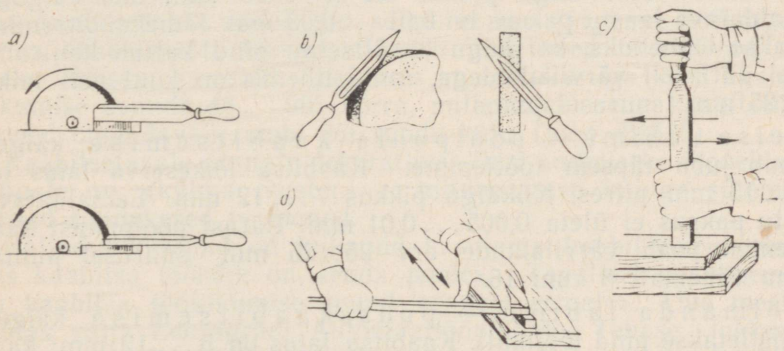
Nurkade suurused	Detaili materjal					
	Teras	Malm ja pronks	Alumiinium ja messing	Teras	Malm ja pronks	Alumiinium ja messing
	Lame kaabits			Kolmekandiline kaabits		
Taganurk (seadenurk) α...	15...20	15...25	20...30	15...25	15...25	20...30
Teritusnurk β...	75...90	90...100	35...40	65...75	75...85	35...40
Lõikenurk $\delta=\alpha+\beta$...	90...115	105...125	55...70	80...100	90...110	55...70

Pärast pinna kontrollimist värvi abil asutakse kaabitsema. Kaabitsemine seisneb värviga kattunud kohtadelt metalli eraldamises.

Kaabitsate teritamine ja plankimine. Kaabitsate lõikeservade teritusnurgad valitakse sõltuvalt töö iseloomust ja detaili materjalist. Kõige levinumaks teritusnurga suuruseks on $\beta=90°$ (joon. 243). Sellise kaabitsa seadmisel nurga alla $\alpha=15...25°$ on kerge eemaldada laastu, kaabits ei lõiku metalli ja ei libise.

Kaabitsate teritusnurgad on toodud tabelis 20.

Suurt tähtsust omab kaabitsa lõikeserva kuju valik. Paremad on kumera servaga kaabitsad (joon. 239, *b*), mille otsa raadius valitakse eeltöötlemisel 30...40 mm, puhastöötlemisel 40...50 mm. Kumeruse puudumisel (lame kaabits, joon. 239, *a*) lõikab kaabits kogu lõikeservaga, mis nõuab lukksepalt suurt jõudu.



Joon. 244. Kaabitsate teritamise ja plankimise võtted

Lisaks sellele võivad kaabitsate teravad nurgad väiksemalgi kõrvalekaldumisel lõikuda metalli ja raskendada viimistlemist.

Kaabitsad teritatakse terituspinkides. Lamekaabitsatel teritatakse algul külgservad ja kõige viimasena otspind (joon. 244, *a*).

Kolmekandilised kaabitsad teritatakse vastavalt joonisele 244, *b*. Teritamise ajal tuleb kasutada jahutust. Pärast teritamist jäävad kaabitsa lõikeservadele kraadid, mille tõttu tuleb käsitsi järelteritada (peenteritamine) või plankida kas peeneteralistel lihvimisketastel, luiskudel teralisusega 90 ja üle selle, peene abrasiivpulbriga kaetud malmplaatidel või korundluiskudel. Plankimisel kasutatavad malmkettad või -plaadid kaetakse masinaõli õhukese kihiga. Neid võib kasutada ka kaabitsa otspindade plankimiseks (joon. 244, *c*). Luisul teritatakse algul ots- ja seejärel külgservad (joon. 244, *d*).

Kaabitsate peenteritamine toimub iga 1,5...2 töötunni järel, teritamine aga pärast nelja-viit peenteritamist.

80. KAABITSEMISVÕTTED

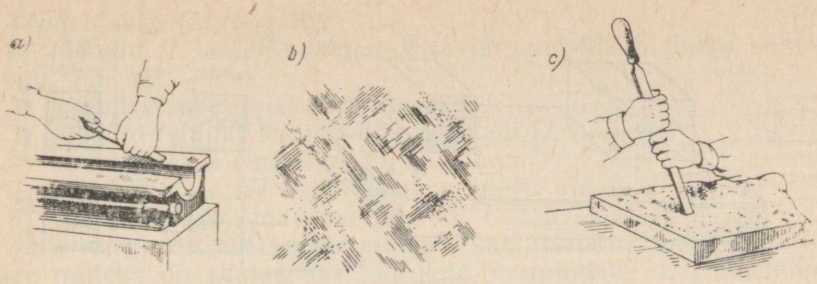
Kaabitsemiseks ette valmistatud detail kinnitatakse kruustangidesse, keskmise kaaluga detaile kaabitsetakse sageli vahetult lukksepa töölaual ilma täiendava kinnituseta või kasutatakse kinnitusrakiseid, raskeid ja kohmakaid detaile kaabitsetakse kohapeal.

Reeglina koosneb kaabitsemine kolmest läbimist.

Esimese läbimi — jämekaabitsemise käigus eemaldatakse mehaanilise töötlemise jäljed pinna kontrollimisel avastatud väljaulatuvatel osadel. Töödeldakse kitsa lõikeservaga kaabitsaga (kaabitsa lõikeserva laius ei tohi olla üle 20...25 mm), sest vastasel juhul lukksepp väsib kiiresti ja tema tööviljakus langeb. Kaabitsa töökäigu pikkus on 15...20 mm, ühe käiguga eemaldatava laastu paksus on 0,01...0,03 mm. Jämekaabitsemine loetakse lõppenuks, kui kogu kaabitsetav pind kattub kontrollimisel ühtlaselt värvilaikudega, mille tihedus on kuni neli laiku 25×25 mm suurusel pinnal.

Teise läbimi — poolpuhta kaabitsemise käigus toimub juba täpsem töötlemine. Kaabitsa lõikeserva laius on 12...15 mm piires, töökäigu pikkus 7...12 mm. Eemaldatava laastu paksus ei ületa 0,005...0,01 mm. Pärast poolpuhast kaabitsemist peab värvilaikude arv 25×25 mm suurusel pinnal olema vähemalt 8 kuni 16.

Kolmanda läbimi — puhaskaabitsemise käigus viimistletakse pind lõplikult. Kaabitsa laius on 5...12 mm; kaabitsetakse lühikeste liigutustega (kaabitsa töökäigu pikkus 3...5 mm). Pärast kolmandat läbimit peab kaabitsetud pinna



Joon. 245. Kaabitsemisvõtted: *a* — käte asend tasapindade kaabitsemisel; *b* — vaade kaabitsetud pinnale; *c* — käte asend kaabitsemisel «enda poole»

igal 25×25 mm suurusel osal olema 20 kuni 25 värvilaiku. Siledama pinna saamiseks tuleb tagasikäigul kaabitsat veidi tõsta.

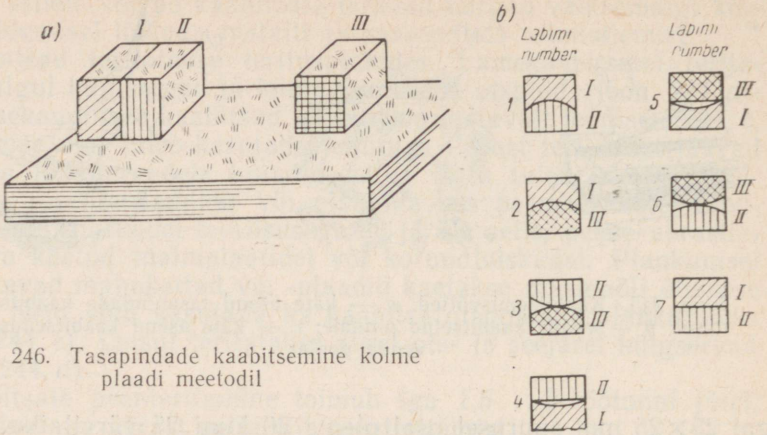
Iga kord pärast värvilaikude mahakaabitsemist tuleb detaili pinda puhastada harjaga ja hõõruda kuiva lapiga. Seejärel asetatakse kaabitsetav pind värviga kaetud kontrollplaadile ning kaabitsetakse maha tekkinud värvilaigud. Nii tehakse seni, kuni värvilaikude arv kaabitsetud pinnal saavutab ettenähtud normi.

Tasapindade kaabitsemine. Tasapindade kaabitsemisel võetakse kaabits paremasse kätte ja seatakse tasapinna suhtes 20 ... 30° nurga alla; vasaku käega surutakse kaabitsa lõikeservale (joon. 245, *a*) ja lükatakse kaabitsat edasi (töökäik) ning tuuakse tagasi (tühikäik).

Algul tükeldatakse suured värvilaigud. Selleks on vaja tugevamat survet kaabitsale, sest eraldada tuleb paksem laast. Pind puhastatakse laastudest ja kontrollitakse uuesti värvi abil, mille järel jätkatakse kaabitsemist. Kui värvilaigud paiknevad kogu pinnal ühtlaselt, siis lõpetatakse laikude tükeldamine ja asutakse laikude arvu suurendamisele sel teel, et kõik tekkinud värvilaigud kaabitsetakse maha. On selge, et iga järgneva töökäiguga pinna ebatasasuste kõrgus väheneb ning need tükelduvad mitmeks väiksemaks osaks. Seejuures muudetakse iga kord kaabitsa liikumise suunda 45 ... 90° võrra, mille tulemusena kaabitsemisjooned omandavad rombi või ruudu kuju (joon. 245, *b*).

Kaabitsetavale pinnale dekoratiivse ilme andmiseks töödeldakse pinnale nn. «külma muster» — mitmesuguse kujuga sümmeetrilised ruudukesed ja jooned.

Paljud lukksepad on hakanud kasutama kaabitsemismeetodit, kus kaabitsa töökäik on «enda poole». Tavalisel kaabitsemisel on kaabitsa tööliikumise suund «endast eemale». Uue meetodi töötas välja Leningradi Automaattööpinkide Tehase lukksepp-novaator A. Barõšnikov. Selle meetodi puhul hoitakse kaabitsat keskosast ning kaabitsa lõikeserv asetatakse töödeldava pinna suhtes 65 ... 75°, mitte aga 20 ... 30° alla nagu kaabitsemisel



Joon. 246. Tasapindade kaabitsemine kolme plaadi meetodil

«endast eemale» (joon. 245, *c*); kaabitsa puust käepide toetub vastu lukksepa õlga. Kaabits moodustab sellisel hoidmisel kangi toetuspunktiga töölise õlal. Selle meetodi eeliseks on töödeldava pinna tunduvalt parem kvaliteet, kuna on välditud materjali pinna «killustumine», mis sageli esineb kaabitsemisel «endast eemale». See on seletatav asjaoluga, et kaabitsa pikkuse suurenemisel (kuni 450 . . . 550 mm) töötlemisel «enda poole» muutub kaabits elastseks, mille tõttu lõikeserv lõikub sujuvalt metalli ning väljub sujuvalt lõiketsoonist. «Endast eemale» kaabitsemisel lõikub kaabits töökäigul tugevasti metallisse ja iga joone lõppu jäävad kidad, mis tuleb eemaldada täiendava tööliigutusega.

Nagu näitavad katsed, on novaator A. Barõšnikovi meetodi tööviljakus viimistleval kaabitsemisel kaks korda suurem kui kaabitsemisel «endast eemale».

Tasapindade kaabitsemine kolme plaadi meetodil. Meetodi tehnoloogiline sisu on järgmine: antud komplekti üks plaat (tasapind) võetakse põhitasapinnaks (näiteks *I*) ning selle suhtes kaabitsetakse plaadid *II* ja *III* (joon. 246, *a*). Seejärel kaabitsetakse omavahel plaadid *II* ja *III*. Järgnevalt kaabitsetakse plaadid *II* ja *III* uuesti plaadi *I* suhtes ning seejärel töödeldakse omavahel plaadid *II* ja *III* ning *I* ja *II*. Kontrollplaate, mitmesuguseid nurgikuid jt. kaabitsetakse tavaliselt kolmekaupa, kusjuures iga plaati (nurgikut) kontrollitakse ülejäänud kahe suhtes. Selline kaabitsemine võimaldab saada täpseid plaate. Kaabitsemine lõpetatakse, kui kaabitsetava pinna igal 25×25 mm² suurusel osal on 20 . . . 25 värvilaiku.

Kui on vaja kaabitseda kolme kontrollplaati, siis esimeseks etapiks on eelnev kaabitsemine täpsusega kuni 0,03 mm, kontrollides pinna sirgjoonelisust kontrollplaadil või joonlaua ja lehtkaliibriga; alles seejärel plaadid nummerdatakse ja alustatakse kaabitsemist kolme plaadi meetodil.

Töödeldakse järgnevalt:

1) plaadid *II* ja *III* kaabitsetakse järgemööda plaadi *I* suhtes (joon. 246, *b*);

2) kaabitsetakse omavahel plaadid *II* ja *III*;

3) plaadid *I* ja *III* kaabitsetakse plaadi *II* suhtes;

4) kaabitsetakse omavahel plaadid *I* ja *III*;

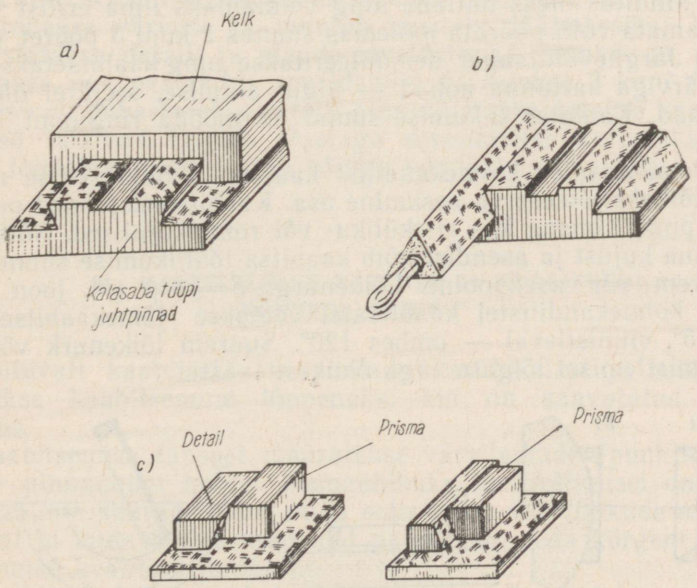
5) plaadid *II* ja *III* kaabitsetakse uuesti plaadi *I* suhtes;

6) kaabitsetakse omavahel plaadid *I* ja *II*.

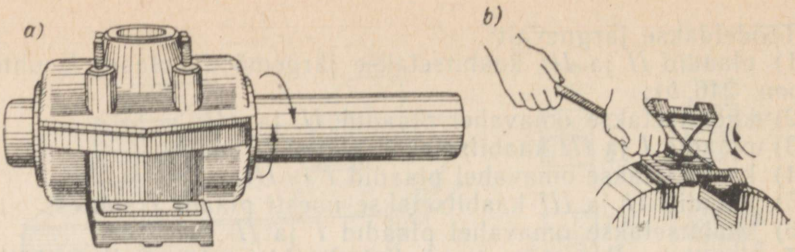
Teravnurga all asetsevate pindade kaabitsemine. Sellise töötlemise näiteks on «kalasaba» kujuliste juhtpindade kaabitsemine. Nende pindade kaabitsemisel kasutatakse kõvera lõikeosaga ja eriteritusega kaabitsaid.

Juhtpindade täpseks töötlemiseks tuleb kasutada kolmekandilisi joonlaudu ning spetsiaalset «kelku» (liugurit) hästi kaabitsetud aluspinnaga. Kelgu abil kaabitsetakse juhtpinna äärmised horisontaalpinnad (247, *a*); värv kantakse juhtpindadele kelgu aluspindade kaudu. Seejärel kaabitsetakse kolmekandilise kontrolljoonlaua järgi kaldpinnad (joon. 247, *b*). Terav- või nürinurga all liituvaid tasapindu kaabitsetakse kontrollprismade järgi (joon. 247, *c*). Sellisel juhul kontrollitakse kaabitsetavat pinda kontrollplaadile asetatud prisma kaldpinna järgi.

«Kalasaba»-kujulisi juhtpindu kontrollitakse kinnikiilumisele. Selleks kasutatakse kahte võlli ja nihkmõõdikut (vt. joon. 240, *d*).



Joon. 247. Nurkade kaabitsemine: *a* — kelgu kasutamisega; *b* — kaabitsemine kolmekandilise joonlaua abil; *c* — prismade kasutamisega

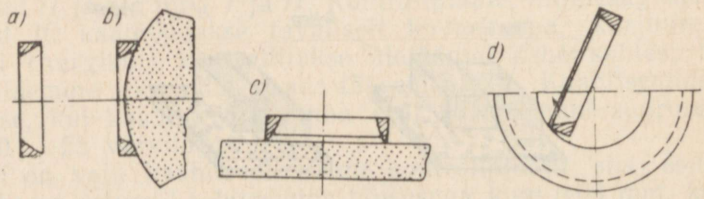


Joon. 248. Laagriliudade kaabitsemine

Nihkmõõdikuga kontrollitakse võllide paralleelsust. Kui võllid ei ole paralleelsed, võib oletada, et juhtpinnad on valesti töödeldud. Paralleelsust tuleb kontrollida ka enne kaabitsemist. Kui paralleelsuse hälve on suur, siis viilitakse juhtpindu, kontrollides joonlaua ja võllide abil.

Kõverpindade kaabitsemine. Lukksepal tuleb tihti kaabitseda mitmesuguseid kõverpinnalisi detaile, nagu laagriliuad, puksid, hülsid jt. Neid kaabitsetakse kolmekandilise kaabitsaga ja kontrollitakse võlli abil. Algul kaetakse kontrollvõll õhukese värvikihiga ja asetatakse laagri alumisele liuale. Seejärel asetatakse võliile ülemine liud ning pingutatakse laagrikaane poldid, jälgides, et kinnitus oleks ühtlane ning võimaldaks ilma erilist jõudu rakendamata võlli pöörata mõlemas suunas *2* kuni *3* pööret (joon. 248, *a*). Järgnevalt laager demonteeritakse ning kaabitsetakse liudade värviga kattunud kohad — algul alumise, seejärel ülemise liua omad. Kaabitsa liikumise suund on mööda ringjoont (joon. 248, *b*).

Töötlemisel tuleb kolmekandilist kaabitsat hoida sellise nurga all, et lõikaks lõikeserva keskmine osa. Kaabitsemisjooned peavad detaili pinnal olema kas ristküliku- või rombikujulised. Sõltuvalt laagriliua kujust ja asendist võib kaabitsa tööliikumise suund olla kas parem- või vasakpoolne. Lõikenurga $\delta = \alpha + \beta$ (vt. joon. 243) suurus kolmekandilistel kaabitsatel võetakse jämekaabitsemisel 70 ... 75°, viimistleval — umbes 120°. Suurem lõikenurk võimaldab viimistlemisel lõigata väga õhukest laastu.



Joon. 249. Spetsiaalsed rõngaskaabitsad laagriliudade kaabitsemiseks

Laagriliudade kaabitsemisel korratakse kontrollimist värviga kaetud võlliga seni, kuni $^3/_4$ liua pinnast kattub ühtlaselt värvilaikudega.

Laagriliudade kaabitsemise aega saab lühendada kaabitsate teritamiste ja plankimiste arvu vähendamise teel. Selleks kasutatakse tavaliste kolmekandiliste kaabitsate asemel spetsiaalseid kaabitsemisrõngaid. Kaabitsemisrõngas (joon. 249, *a*) valmistatakse kulunud koonilise rull-laagri võrust, teritades seda tavaliselt terituspingil (joon. 249, *b*). Pärast teritamist plangitakse võru ots peeneteralisel lihvkäial (joon. 249, *c*).

Kaabitsemisrõngaga töötlemise skeem on toodud joonisel 249, *d*. Sellise kaabitsa oskusliku kasutamisega saab tunduvalt tõsta silindriliste aukude kaabitsemise kiirust.

Täpne kaabitsemine. Mõned mõõteseadmete, -aparaatide ja -riistade detailid nõuavad väga täpset kaabitsemist. Selliste pindade tavaline kaabitsemine ei vasta sageli pinnale esitatavatele tehnilistele nõuetele, täpne kaabitsemine aga on väga aeganõudev töö. Täpse kaabitsemise tootlikkuse ja kvaliteedi tõstmiseks kasutatakse Riikliku Optika Instituudi poolt välja töötatud pastasid ГОИ.

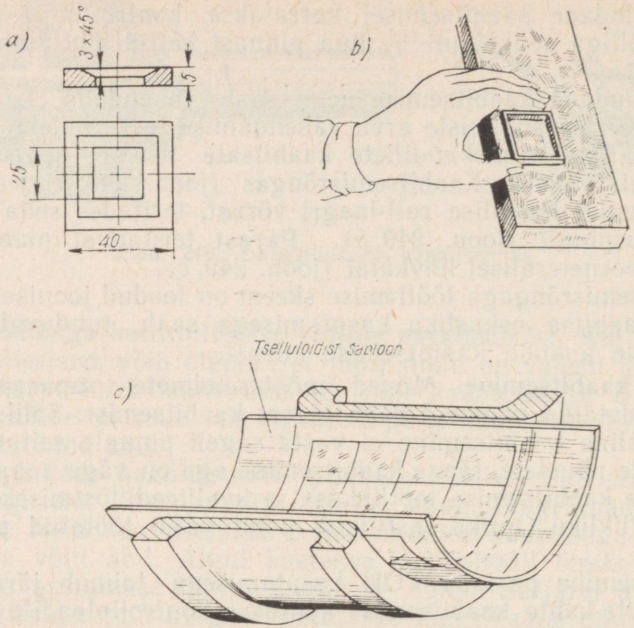
Kaabitsemine pastade ГОИ kasutamisega toimub järgmiselt. Pärast ühte-kahte kaabitsemist kantakse kontrollplaadile jämeda pasta kiht. Kaabitsetavat pinda soveldatakse seni, kuni pasta kaotab rohelise värvuse ja muutub mustaks jäätmassiks. Seejärel puhastatakse detaili ja plaadi soveldatavad pinnad ja plaadile kantakse uus pastakiht; soveldamist korratakse 3 kuni 4 korda. Järgnevalt puhastatakse detaili pind ning tükeldatakse kaabitsaga suured läikivad laigud. Pastaga soveldamist korratakse seni, kuni töödeldav pind vastab kõigile tehnilistele nõuetele.

81. KAABITSEMISE TÄPSUSE JA KVALITEEDI KONTROLLIMINE

Sõltuvalt kaabitsetavate pindade kasutusalast ja mõõtmetest loetakse kaabitsemine lõppenuks, kui on saavutatud vajalik täpsus.

Kaabitsemise täpsust määratakse värvilaikude (punktide) arvu järgi pinnaühiku kohta. Pinnaühikuks kontrollimisel on võetud 25×25 mm suurune ruut. Mida suurem on värvilaikude arv sellel pinnal ja mida ühtlasemalt nad paiknevad, seda kõrgem on kaabitsemise kvaliteet ja täpsus.

Kaabitsetud tasapindade kontrollimisel kasutatakse spetsiaalset raami (joon. 250, *a*). Raam asetatakse tasapinnale ja loetakse raami aknas olevate värvilaikude arv (joon. 250, *b*). Värvilaikude lõplikuks arvuks pinnaühiku kohta võetakse erinevates



Joon. 250. Kaabitsemise kvaliteedi kontrollimine: *a* — kontrollimisraam; *b* — kontrollimine; *c* — võrkšabloon

kohtades tehtud lugemiste aritmeetiline keskmine. Sellist raami on lihtne valmistada lehtterasest või kartongist.

Värvilaikude lugemisel kaabitsetud aukude või laagriliudade pindadel on sobiv kasutada tselluloidist šablooni (joon. 250, *c*), mis on painutatud vastavalt pinna kumerusele. Šabloonile tõmmatakse 25×25 mm suurune ruudustik, mille järgi on lihtne lugeda värvilaikude arvu erinevates kohtades. Kaabitsemist võib lugeda rahuldavaks, kui 75%-l ruutudest on tehniliste tingimustega kindlaks määratud värvilaikude arv (tabel 21).

82. KAABITSEMISE MEHHANISEERIMINE

Käsitsi kaabitsemine on üks töömahukamaid lukksepatöid, kuid seda võib asendada tootlikumate töötlemisviisidega: mehaanilise töötlemise, spetsiaalsete kaabitsemispinkide ja -peade, elektriliste ning pneumaatiliste kaabitsate jt. kasutamisega.

Käsitsi kaabitsemise asendamine mehaanilise töötlemisega. Kaabitsemist saab sageli asendada lihvimise, puhta hööveldamise, freesimise, peensisetreimise, soveldamise ja teiste mehaaniliste viimistlusoperatsioonidega.

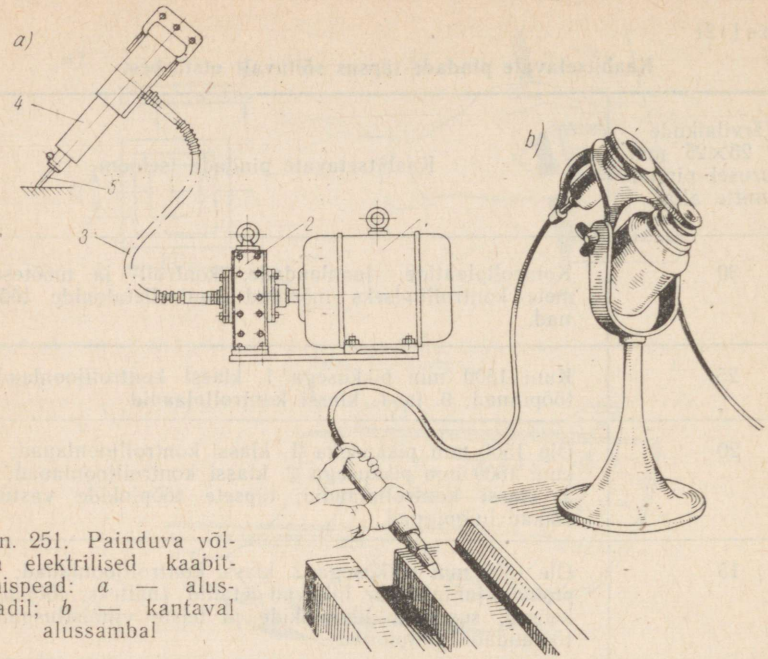
Tabel 21

Kaabitsetavate pindade täpsus sõltuvalt otstarbest

Värvilaikude arv 25×25 mm suurusel pinnal (mitte alla)	Kaabitsetavate pindade iseloom
30	Kontrollplaatide, -joonlaudade, kontroll- ja mõõteseadmete kontrollimiseks mõeldud kontrolletalonide tööpinnad.
25	Kuni 1500 mm pikkusega 1. klassi kontrolljoonlaudade tööpinnad; 0. ja 1. klassi kontrollplaadid.
20	Üle 1500 mm pikkusega 1. klassi kontrolljoonlauad; kuni 1500 mm pikkusega 2. klassi kontrolljoonlauad; 2. klassi kontrollplaadid; täpsete tööpinkide vastutusrikkad liugpinnad.
15	Üle 1500 mm pikkusega 2. klassi kontrolljoonlauad; tööpinkide juhtpindade liikuvad detailid (näiteks, tööpinkide kelgud, supordid, lihvpinkide ja teiste viimistluspinkide töölaudade juhtpinnad).
12	3. klassi kontrollplaadid; tööpinkide liikumatud liugpinnad, mida mööda liuguvad liikuvad detailid (tööpinkide sängide juhtpinnad, radiaalpuurpinkide konsooli juhtpinnad jt.); laagrite liuad läbimõõduga kuni 120 mm.
10	Tööpinkide liugpinnad, mis liiguvad ainult pingi häälestamise, mitte aga töötamise ajal (treipingi tsentripuki ja lüneti juhtpinnad jne.), laagrite liuad läbimõõduga üle 120 mm.
8—10	Liikumatute detailide ühenduspinnad, mille vahel ei esine suhteliselt liikumist (tööpinkide liikumatud sambad, kandurid).

Kaabitsemise asendamine lihvimisega võimaldab tõsta tööviljakust 5 . . . 10 korda. Lihvimist saab kaabitsemise asemel kasutada selliste suurte detailide nagu pinkide sängid, turbiini korpused jt. töötlemisel. Selleks kasutatakse kas spetsiaalseid lihvpinke või universaalsete höövel-, frees- ja teiste pinkide külge kinnitatud lihvpäid. Iseliikuvate lihvpeade kasutamine võimaldab mehhaniseerida rasket käsitsi kaabitsemist ja lühendada 3 . . . 3,5 korda tööpingi juhtpindade töötlemiseks kuluvat aega.

Sageli on võimalik käsitsi kaabitsemist asendada lihvimisega pneumaatiliste lihvmasinate või trillidega, mille spindlisse on kinnitatud kausikujuline lihvketas.



Joon. 251. Painduva võlliga elektrilised kaabitsemispead: *a* — alusplaadil; *b* — kantaval alussambal

Suurte tööpinkide malmsängide juhtpindade palju aega nõudev käsitsi kaabitsemine on mõningates tehastes asendatud laiade teradega peenhööveldamisega; tööviljakus tõuseb sel juhul 40 ... ... 50 korda. Pärast peenhööveldamist on vajalik ainult dekoratiivkaabitsemine — pindadele töödeldakse «külma muster». Suurte detailide kaabitsemist on otstarbekas asendada ka peenfreesimisega.

Malm- ja pronkspukside kaabitsemist võib asendada spetsiaalsete hõõritsatega hõõritsemisega. Veelgi efektiivsem on kaabitsemise asendamine kammlõikamise ja tõmbamisega.

Käsitsi kaabitsemist võib real juhtudel edukalt asendada mehhaniseeritud soveldamisega pastade abil.

Mehhaniseeritud kaabitsemine. Kaabitsemise mehhaniseerimise üheks viisiks on spetsiaalsete liikuvate seadmete kasutamine, mis koosnevad elektrimootorist ja reduktorist, painduvast võllist ning kaabitsemispeast. Sellise seadme välisvaade on toodud joonisel 251, *a*. Elektrimootorilt võimsusega 0,25 ... 0,6 kW antakse pöörlemine reduktori *2*, painduva võlli *3* kaudu kaabitsemispeale *4*, kus pöörlemine muudetakse kaabitsa *5* edasi-tagasi liikumiseks. Elektrimootor *1* ja reduktor *2* on kinnitatud ühisele alusele ning neid võib vajaduse korral viia ühest kohast teise. Joonisel 251, *b* on toodud analoogiline kaabitsemispea, mille mootor on kinnitatud spetsiaalsele kantavale toele.

Kuigi esineb palju erineva konstruktsiooniga kaabitsemispäid, on pöörleva liikumise muundamise mehhanism edasi-tagasi liikumiseks kõigil printsipiaalselt ühesugune ja asub kaabitsemispeas. Liikumist muutvate mehhanismidena kasutatakse ekstsentrikmehhanisme; koonilist hammasratta paari koos ekstsentrikmehhanismiga, mis koosneb ekstsentrikust ja kulissist; kang-kepsmehhanisme jt. Lihtsad ja laialdaselt kasutatavad on ekstsentrikmehhanismid või ekstsentrikmehhanismid koos väikese koonusülekandega. Selliste peade puuduseks on see, et ei ole võimalik reguleerida kaabitsa töökäigu pikkust. Sellist puudust ei ole aga kulissmehhanismidega kaabitsemispeadel.

83. KAABITSEMISPRAAK JA SELLE VÄLTIMINE

Põhilisteks praagi liikideks kaabitsemisel on värvilaikude ebaühtlane paiknemine, kraapejooned ja sügavad lohud, töötlemiskidad ja konarlused töödeldaval pinnal, kaabitsemise ebatäpsus, pinna täielik kattumine värviga jt. Nende ja teiste praagiliikide põhjusteks on hooletus ja kaabitsemisprotsessi mittetundmine. Näiteks värvilaikude ebaühtlase paiknemise põhjuseks on kaabitsa liiga pikk töökäik või ülemäära suur surve tööriistale. Neid praagi põhjusi on kerge vältida: töödelda tuleb ettevaatlikult ja mitte teha liiga pikki tööliigutusi (jämekaabitsemisel 10... ...15 mm, puhaskaabitsemisel 5... 10 mm).

Kaapejoonte, kidade ja konarluste põhjuseks on kaabitsa halb teritus ja valed tööliigutused. Nende vältimiseks tuleb kaabits korralikult teritada ja plankida, sest nüri kaabits või lõikeserval esinevad kriimustused ja kidad ongi eeltoodud praagi põhjuseks.

Täpsuse vead võivad tekkida ebatäpsete kontrollriistade kasutamisest või nendega ebaõigest ringikäimisest. Pidevalt on vaja kontrollida plaatide ja joonlaudade täpsust, hoida puhtad nende tööpinnad, aga samuti detailide pinnad, neid õigesti kasutada (plaadile või joonlauale ei tohi värviga kontrollimisel liiga kõvasti vajutada).

Pinna täielik värviga kattumine võib esineda ainult kontrollplaadile liiga paksu värvikihi määrimise puhul. Selle vältimiseks tuleb plaadile või joonlauale kanda õhuke värvikord.

XIII PEATÜKK

SOVELDAMINE

84. ÜLDANDMEID SOVELDAMISEST

Soveldamine on pindade täpne viimistlusoperatsioon, mida tehakse peente lihvimispulbrite ja -pastadega. Soveldamise eesmärgiks on saada tihedaid, hermeetiliselt sulguvaid ja liikuvaid istusid.

Masinaehituses soveldatakse armatuuride tihenduspindu, kraanide korpusi ja korke, mootorite klappe ja pesasid jne. Eriti laialdaselt kasutatakse soveldamist tööriistatööstuses.

Soveldamise tehnoloogiline protsess võib toimuda kahel viisil.

Esimene viis seisneb selles, et ühendatavad detailid soveldatakse omavahel. Soveldavate detailide vahele pannakse lihvimispulbreid või -pastasid. Nii soveldatakse mootorite klapid ja pesad, kraanide korgid ning korpused jt.

Teine viis seisneb mõlema detaili eraldi soveldamises spetsiaalse tööriista — soveldiga (kolmanda detailiga). Nii soveldatakse kütuseaparatuuri detailid, tihedate ühenduste kaaned ja äärikud, šabloonide, mõõtplaatide, kaliibrite jt. tööpinnad.

Soveldamise üheks erijuhuks on plankimine, mille eesmärgiks ei ole ainult nõutava kuju ja pinnasileduse, vaid ka detaili mõõtmete kõrge täpsuse saamine.

Soveldamisprotsessil toimub materjali eraldamine pinnalt mehaanilisel või täpsemalt keemilis-mehaanilisel teel abrasiivosakeste abil.

Soveldatav pind peab olema eelnevalt töödeldud meetodiga, mis tagab vähemalt 2. täpsusklassi. Sellisteks meetoditeks on puhaslihvimine, hõõritsemine, kammlõikamine, peentreimine, -freesimine, kaabitsemine jt.

Soveldamisvaru ei tohi olla üle 0,01 ... 0,02 mm; suured töötlemisvarud pikendavad märgatavalt töötlemisaega. Soveldamisel saavutatav täpsus on 0,001 kuni 0,002 mm, plankimisel aga kuni kümnendik mikromeetrit; pinnasiledus on soveldamisel 10. kuni 14. siledusklassi piires.

Soveldatakse käsitsi ja masinatega. Käsitsi soveldamisel kantakse soveldusplaadile õhuke kiht õliga segatud lihvimispulbrit; seejärel pannakse detail soveldatava pinnaga plaadile ja hõõrutakse seda plaadil kuni matt- või läikepinna saamiseni.

Käsitsi soveldamine nagu kaabitseminegi on raske ja vähetootlik operatsioon. Seetõttu kasutatakse sageli mehaanilist soveldamist spetsiaalsetes pinkides või kantava käsimasina abil.

85. SOVELDID JA ABRASIIVSOVELDUSMATERJALID

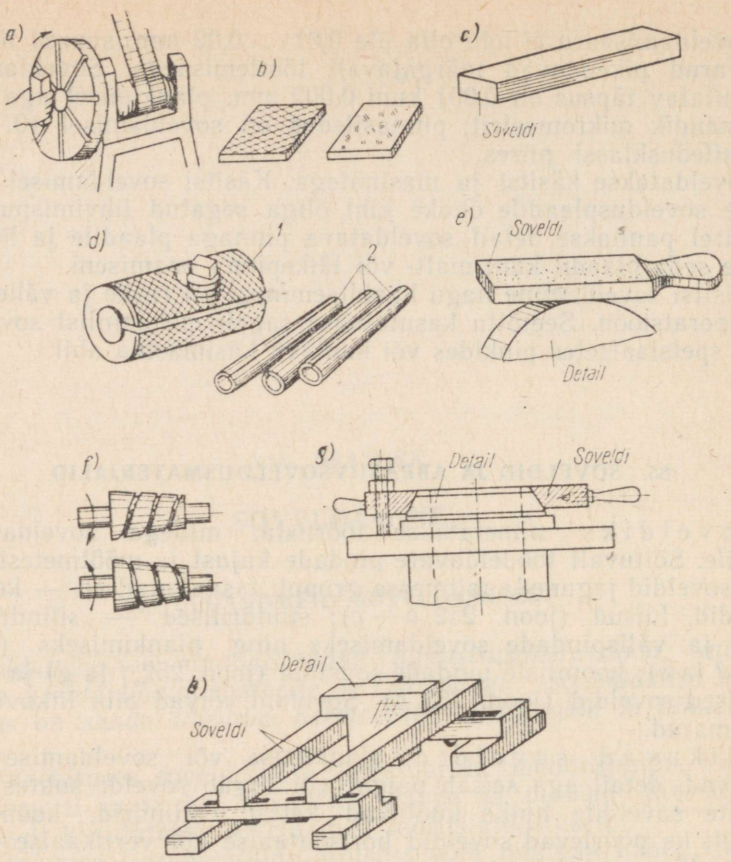
S o v e l d i k s nimetatakse tööriista, millega soveldatakse detaile. Sõltuvalt töödeldavate pindade kujust ja mõõtmetest võivad soveldid jaguneda mitmesse gruppi: tasapinnalised — kettad, plaadid, luisud (joon. 252, *a* — *c*); silindrilised — silindriliste sise- ja välispindade soveldamiseks ning plankimiseks (joon. 252, *d* ja *e*); kooniliste pindade soveldid (joon. 252, *f* ja *g*) ja spetsiaalsed soveldid (joon. 252, *h*). Soveldid võivad olla liikuvad ja liikumatud.

L i i k u v a d s o v e l d i d plankimise või soveldamise ajal liiguvad, detail aga seisab paigal või liigub soveldi suhtes. Liikuvate soveldite hulka kuuluvad kettad, silindrid, koonused, samuti ka pöörlevad soveldid horisontaalse või vertikaalse pöörlemisteljega.

L i i k u m a t u d s o v e l d i d jäävad tööprotsessis paigale, soveldatav detail aga liigub. Selliste soveldite hulka kuuluvad plaadid, luisud jt.

Soveldi materjal peab olema pehmem töödeldava detaili materjalist. See on vajalik abrasiivosakeste tungimiseks soveldi materjali. Soveldid valmistatakse hallmalmist, pehmest terasest, vasest, pronksist, pliist, kõvadest puuliikidest jt.

Eelnevaks soveldamiseks, kui eemaldatakse paksem metallikiht, tuleb kasutada pehmematest metallidest soveldeid (vasest või antimonist), mis seovad jämedat abrasiivi paremini kui hallmalm. Sellised soveldid tehakse 1 ... 2 mm sügavuste soontega, mis asuvad teineteisest 10 ... 15 mm kaugusel (joon. 252, *a*, *b*, *f*) ja millesse koguneb soveldusmaterjal. Viimistlevaks soveldamiseks kasutatavad soveldid valmistatakse ilma soonteta. Viimistleval soveldamisel, kui eraldatav materjalikiht on väike, tuleb kasutada malmist soveldeid, kuna malm seob vaid kõige peenemaid abrasiivosakesi, mida viimistleval soveldamisel just ongi vaja.



Joon. 252. Soveldite liigid: *a* — pöörlev sovelduskетas; *b* ja *c* — plaadid ja luisud; *d* — lõhikuga puksid silindriliste välis- (*1*) ja sisepindade (*2*) soveldamiseks; *e* — viilikujuline maimist või klaasist soveldi; *f* ja *g* — koonilised soveldid; *h* — spetsiaalne soveldi

Pliist ja puidust soveldeid kasutatakse täpsete mõõtmeteni soveldatud pindadele läike andmiseks.

Abrasiivsoveldusmaterjalid jagunevad kahte gruppi: kõvad ja pehmed. Kõvade materjalide hulka kuuluvad smirgel-, korund-, karborund- ja teised neile sarnased pulbrid, mille kõvadus ületab karastatud teraste kõvaduse.

Pehmete materjalide hulka kuuluvad kroomoksiidi-, raua-, alumiiniumi-, pliipulbrid, mille kõvadus on väiksem karastatud teraste kõvadusest.

Abrasiivsoveldusmaterjalid erinevad teralisuse poolest, mis määrab terade suuruse pulbrites. Teralisus määratakse arvuga, mis iseloomustab abrasiivterade mõõtmeid. Riiklik standard

ГОСТ 3647-59 määrab teralisuse järgmise kasvava arvudereaga, alates peenematest pulbritest: 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160 ja 200. Peale eeltoodud abrasiivterade ja -pulbrite on kasutusel veelgi peenemad pulbrid, mida nimetatakse mikropulbriteks, tähistatakse tähega M ja arvuga, mis näitab tera suurust mikromeetrites.

Eelnevaks jämedaks soveldamiseks ja plankimiseks kasutatakse abrasiivpulbreid teralisusega 25 ... 63, puhastöötlemisel aga mikropulbreid M28 ja M20. Viimistleval soveldamisel kasutatakse mikropulbreid M14, M10, M7.

Abrasiivpastad on poolvedelad või kõvad segud abrasiivmaterjalidest ja mitmesugustest lisakomponentidest. Neid kasutatakse plankimisel, soveldamisel ja poleerimisel. Abrasiivmaterjali järgi jagunevad pastad kahte gruppi: pastad kõvadest abrasiividest — looduslikust korundist, normaalsest ja valgest elektrokorundist, ränikarbiidist, boorkarbiidist, boorsilikokarbiidist, ränikarbiidist, boorkarbiidist, boorsilikokarbiidist, teemantpulbrist jt. ning pastad pehmetest materjalidest — kroomoksiidist, raudoksiidist, viini lubjast, talgist jt.

Mõnede pehmete abrasiivide (eriti kroom- ja raudoksiidi) omaduseks on avaldada töödeldavale pinnale peale mehaanilise veel ka keemilist toimet. Paljude pastade koostises olevad oleiin- ja steariinhapped lõhuvad energiliselt metalli pinnal olevaid oksiidikilesid, kiirendades soveldamisprotsessi.

Abrasiivpastade sortiment on väga mitmekesine. Laialdaselt kasutatakse pastasid ГОИ, mis on valmistatud kroomoksiidist. Pastad ГОИ jagunevad kolmeks sordiks: jämedad, keskmised ja peened.

Jämeda pasta abil võib eemaldada mõne kümnendiku millimeetri paksuse metallikihi, näiteks hööveldamis-, lihvimis-, viilimis- ja jämeda kaabitsemise jäljed. See pasta annab mattpinna.

Keskmised pastad eemaldavad metallikihi paksusega mõni sajandik millimeetrit.

Peeni pastasid kasutatakse peamiselt pindadele peegelläike andmiseks. See on käsitsi peensoveldamiseks kõige parem abrasiivmaterjal.

Märdeainete koostis avaldab suurt mõju soveldamis- ja plankimisprotsessi viljakusele.

Määrdeainete kasutamisel abrasiivterad kuluvad aeglasemalt, suureneb töödeldava pinna puhtus, detail kuumeneb vähem, mille tulemusel ei teki temperatuurideformatsioone (kaardumist), ja saavutatakse kõrge täpsus. Tööviljakus tõuseb määrdeainete kasutamisel 2 ... 3 korda. Määrdeainetest on kõige enam levinud petrooleum, masina- ja puuõli, searasv ja aviobensiin.

Määrdeaine valitakse vastavalt kasutatavale abrasiivmaterjalile, soveldi materjalile ja töötlemise iseloomule.

Tabel 22

Abrasiivmaterjalidega töötamisel kasutatavad määrdeained

Abrasiivmaterjal	Soveldi materjal	Määrdeaine
Karborund	Malm	gasoliin, petrooleum, tärpentin, searasv
	Pehme teras	hülgerasv, masinaõli
	Vask	hülgerasv, tärpentin, masinaõli
Korund	Malm	gasoliin, hülgerasv
	Vask	soodavesi, tärpentin
Kroomoksiid	Tiigelmalm	piiritus
	Pehme teras	tärpentin
Raudoksiid	Vase ja alumiiniumi sulam	petrooleum

Tabelis 22 on toodud määrdeained ja nende kasutamine sõltuvalt abrasiivmaterjalidest ja soveldi materjalidest. Väga täpse soveldamise ja plankimise juures soovitatakse kasutada aviobensiini, mis jaotab abrasiivterad ühtlaselt töödeldavale pinnale, eemaldab hästi mustuse ja eraldunud metalliosakesed. Määrdeaine segatakse abrasiivpulbriga ning hõõrutakse hoolikalt.

86. SOVELDAMISVÕTTED

Käsitsi soveldamine koosneb mitmest järjestikusest etapist:

1) soveldi ja töödeldava pinna ettevalmistamine;

2) soveldi asetamine detaili pinnale (või detaili asetamine soveldile) ja omavaheline tööliikumine etteantud surve ja kiirusega;

3) kuju, mõõtmete ja pinna kvaliteedi kontroll.

Soveldamiseks ettevalmistamine. Ettevalmistuse hulka kuuluvad soveldi täpsuse kontrollimine ja selle katmine abrasiivpulbri või pastaga. Soveldi tööpind peab olema täpselt lihvitud ja plangitud, aga samuti hoolikalt puhastatud abrasiivjääkidest. Soveldit pestakse bensiinis või petrooleumis ja kuivatatakse riidelapiga.

Kõvade abrasiividega soveldamisel tuleb soveldisse suruda eelnevalt abrasiivterakesi, et kõvad abrasiivterad kinnituksid paremini soveldi pehmesse materjalisse. Vastandjuhul ujuvad abrasiivterad enne soveldi pinnasse kinnitumist detaili ja soveldi vahele ning rikuvad detaili pinda.

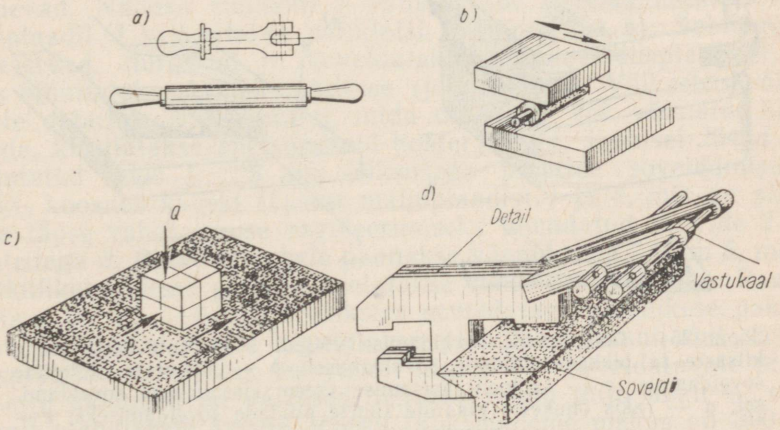
Pehmete abrasiividega soveldamisel määritakse soveldi ja detaili pind poolvedela pastakihiga.

Soveldi katmine abrasiivpulbriga võib toimuda otseselt või kaudselt. Soveldi otsesel katmisel surutakse abrasiivterakesed soveldisse enne soveldamist. Seda tehakse järgmiselt: soveldi pind kaetakse õhukese määrdekihiga, raputatakse peale ühtlane abrasiivpulbri kord ning karastatud terasest luisu, rulli või võlli abil surutakse pulber soveldisse (joon. 253, *a*). Ümaraid soveldeid rullitakse kahe kõvast terasest plaadi vahel (joon. 253, *b*) kuni abrasiivi tungimiseni soveldi pinnasse.

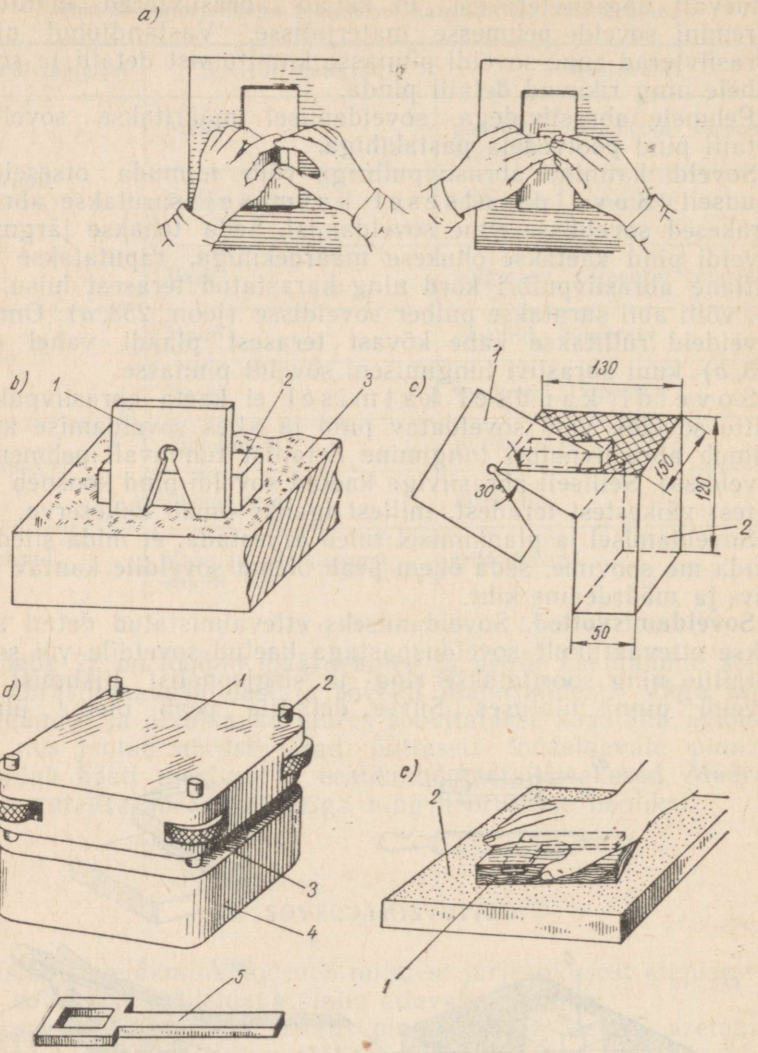
Soveldi kaudsel katmisel ei kaeta abrasiivpulbriga mitte soveldi, vaid soveldatav pind ja alles soveldamise käigus toimub abrasiivpulbri tungimine detailist tunduvalt pehmemasse soveldisse. Selliselt abrasiiviga kaetud soveldi pind koosneb arvukatest väikestest teradest, millest igaüks omab lõikeserva.

Soveldamisel ja plankimisel tuleb arvestada, et mida siledamat pinda me soovime, seda õhem peab olema soveldile kantav abrasiiv- ja määrdeaine kiht.

Soveldamisvõtted. Soveldamiseks ettevalmistatud detail asetatakse ettevaatlikult soveldusPastaga kaetud soveldile või soveldi detailile ning sooritatakse ring- ja sirgjoonelist liikumist kogu soveldi pinna ulatuses. Surve detailile peab olema ühtlane



Joon. 253. Soveldamisvõtted ja nendeks ettevalmistamine: *a* — šaržeerimisrullid; *b* — ümara soveldi šaržeerimine abrasiivpulbriga; *c* — töötlemisjõu jaotamine plankimisel; *d* — soveldatavate detailide tasakaalustamine



Joon. 254. Tasapindade soveldamise võtted: *a* — käte õige asend kitsaste ja pikkade pindade soveldamisel; *b* — õhukeste detailide soveldamine; *c* — šablooni asetamise skeem sisenurkade soveldamisel; *d* — rakis õhukeste plaatide suurte pindade soveldamiseks; *e* — nurgiku soveldamine

ja mitte tugev, käe liigutused on sujuvad. Et vältida ümardusi ja vildakust, tuleb vertikaaljõud Q rakendada punkti, mis asub töölisele kõige lähemal (joon. 253, *c*), horisontaaljõud P aga võimalikult detaili ja soveldi kokkupuutepinna lähedale; sellega on tagatud detaili tasakaal. Real juhtudel tuleb detaili tasakaalustamiseks kasutada spetsiaalseid vastukaale (joon. 253, *d*). Katsetega on selgunud, et surve soveldile peab tööprotsessis olema 1 ... ... 3 kG/cm^2.

Pärast 10 ... 12 sellist liigutust abrasiivpulber nürineb ja see eemaldatakse. Seejärel puhastatakse detaili pind puhta lapiga ja soveldatakse senikaua, kuni detaili pind omandab matt- või peegelläike.

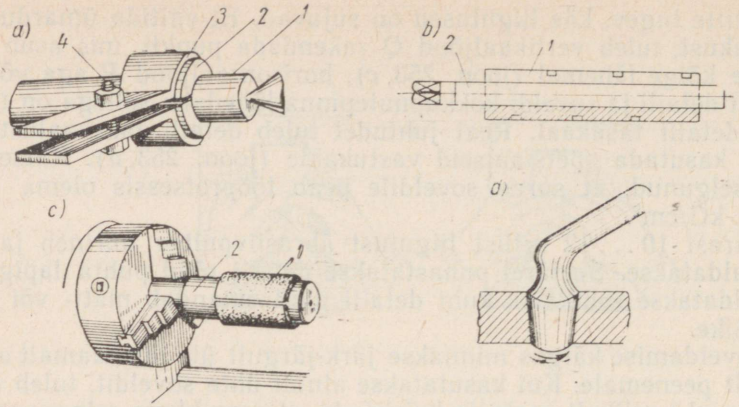
Soveldamise käigus minnakse järk-järgult üle jämedamalt abrasiivilt peenemale. Kui kasutatakse ainult ühte soveldit, tuleb seda iga kord hoolikalt pesta ja kuivatada, et eemaldada eelneva soveldamise abrasiivjäägid. Kui seda ei tehta, rikuvad soveldi külge jäänud suuremad abrasiivterad detaili pinda.

T a s a p i n d a d e s o v e l d a m i n e toimub tavaliselt kahe võttega — eelnev soveldamine soontega varustatud pöörlevate soveldite ga ja viimistlemine liikumatutel siledatel soveldite l. Soveldusplaatidel soveldatakse detaile, millelt nõutakse kõrget täpsust, näiteks lekaaljoonlauad, šabloonid, mõõtplaadid, kaliibrid (joon. 254).

Suuri soveldatavaid detaile hoitakse kõikide sõrmedega ja liigutatakse soveldusplaadil kahe käega. Väikeste detailide soveldamisel tuleb detaili hoida mõlema käe nimetissõrme ja pöidlaga (joon. 254, *a*).

Kitsaste servade ja väikeste detailide soveldamisvõtted on väga erinevad. Näiteks šablooni *1* välisservade soveldamiseks soveldusplaadil *3* kasutatakse juhtklotsi *2* (joon. 254, *b*). Šablooni *1* siseservad, nurgikud jt. soveldatakse nurksoveldusplaatidel *2*, mis kinnitatakse kruustangidesse (joon. 254, *c*). Väikeste ja õhukeste detailide soveldamisel, mida on raske või võimatu käes hoida, kasutatakse spetsiaalseid hoiderakiseid. Joonisel 254, *d* on kujutatud rakis 1 ... 5 mm paksusega plaatide soveldamiseks. Rakis koosneb kahest täpsest malmplaadist *1* ja *4*, mis on plaatide täpse vahekauguse reguleerimiseks ühendatud kruvide *2* ja mutritega *3*. Plaatide vahele pannakse käepidemega raam *5*, mille ristkülikukujulisse pesasse asetatakse töödeldav plaadike. Raami paksus on 0,2 ... 0,3 mm väiksem soveldatava plaadikese paksusest. Soveldamise ajal liigutatakse plaadikest raami abil soveldusplaatide vahel, kus see vabalt liigub. Kui soveldatavate plaadikeste mõõtmed on väikesed, tehakse raami mitu auku — vastavalt plaadikeste arvule. Raami ja käepideme pikkus on 300 ... ... 350 mm.

Laiu pindu, näiteks nurgikuid (joon. 254, *c*), soveldatakse järgmiselt:



Joon. 255. Silindriliste (*a* — *c*) ja kooniliste (*d*) pindade soveldamine

1) soveldusplaadi pind kaetakse petrooleumiga ja pühitakse hoolikalt puhtaks;
2) plaadile *2* kantakse õhuke kiht pastat ГОИ;
3) nurgik kinnitatakse peata naelte abil puuklotsi *1* külge, pestakse petrooleumiga ja pühitakse kuivaks;
4) nurgik ja klots pannakse soveldusplaadile;
5) nurgiku soveldatavat pinda liigutatakse ühest plaadi servast teise;
6) pärast kümmet töökäiku (liigutust) eemaldatakse plaadilt kulunud pasta ja kaetakse uue kihiga;
7) pastat vahetatakse senikaua, kuni pind omandab mati või läikiva välimuse.

Väliste silinderpindade soveldamine toimub reeglina kas treipinkides või spetsiaalselt selleks kohandatud puurpinkides. Soveldiena kasutatakse piluga (reguleeritavaid) malm- või vaskpukse ja rõngaid (joon. 252, *d*). Real juhtudel kasutatakse ka lameviilikujulisi soveldeid (joon. 252, *e*).

Soveldamisel kinnitatakse detail *1* (joon. 255, *a*) pingi padrunisse või tsentrite vahele. Puks *2* kaetakse seest õhukese abrasiivpulbrikihiga, pannakse metallkambrisse *5* ja asetatakse detailile. Pingutades klambrit kergelt poldiga *4* või käsitsi, liigutatakse soveldit piki pöörlevat detaili.

Silindriliste aukude soveldamine toimub malmist või vasest varraste ja pukside abil. Lihtne soveldi kujutab endast piluga puksi *1* (joon. 255, *b* ja *c*), mis on asetatud tornile *2* koonilise istepinnaga. Liigutades puksi-soveldit piki torni telge, võib muuta puksi välisläbimõõtu vastavalt soveldatava augu läbimõõdule. Saades selliselt sobiva läbimõõdu, kaetakse puks-soveldi

abrasiivpulbri ja õliga või pastaga ГОИ ja petrooleumiga ning kinnitatakse tööpingi padrunisse. Pink käivitatakse ja soveldile asetatud detaili liigutatakse aeglaselt edasi-tagasi piki pöörlemistelge. Soveldamise ajal hoitakse detaili käes või spetsiaalses hoiderakises.

Kooniliste pindade soveldamine toimub spetsiaalsete korksoveldite ga, milles on sooned soveldusaine hoidmiseks (joon. 252, *f*, *g*), või soveldusrõngastega. Soveldi pind kaetakse ühtlaselt abrasiivpulbri ja õliga (või pastaga ГОИ), viiakse auku või asetatakse töödeldavale koonusele ning pööratakse kas puurpea või pöörraua abil. Koonuste soveldamiseks sobivad ka trei- ja puurpingid. Pärast 10 ... 12 pööramist võetakse soveldi välja ning selle pind puhastatakse koos soveldatava pinnaga; seda operatsiooni korratakse seni, kuni kogu soveldatav pind omandab mati või läikiva välimuse.

Kraanide ja klappide detailid soveldatakse omavahel kokkupuutuvate pindadega ilma soveldeid kasutamata. Et soveldada kraanikorki või koonilist pesa, selleks toimitakse järgmiselt. Korgi pind kaetakse keskmise pastaga ГОИ, asetatakse pesasse ja pööratakse ühes ning teises suunas (joon. 255, *d*), jälgides, et soveldamine toimuks ühtlaselt korgi ja pesa kogu pinna ulatuses. Soveldamise tiheduse kontrollimiseks puhastatakse korgi ja pesa pinnad ning tõmmatakse korgi soveldatavale pinnale kriidi või värvipliiatsiga joon, asetatakse kork pesasse ja pööratakse mitu ringi. Kui soveldamine on hästi õnnestunud, kattuvad korgi ja pesa pinnad ühtlase kriidi- või värvikihiga.

Kujupindade soveldamine toimub spetsiaalse malmist kujusoveldiga, mida mööda liigutatakse soveldatavat detaili. Soveldite pinnad võivad olla väga erineva keerukusega ning nad peavad täpselt vastama töödeldava detaili kujule.

Töödeldud detailide kontrollimine. Soveldatud tasapindu kontrollitakse lekaaljoonlauaga valguspilu järgi ning valguse interferentsmeetodil. Tasapinnal, mis on plangitud või soveldatud täpsusega 0,001 mm, peab lekaaljoonlaud lebama ilma ühegi valguspiluta. Interferentsmeetodil kontrollitakse väikesi tasapindu, näiteks pikkuse mõõtplaatide pindu täpsusega $\pm 0{,}1$ μm.

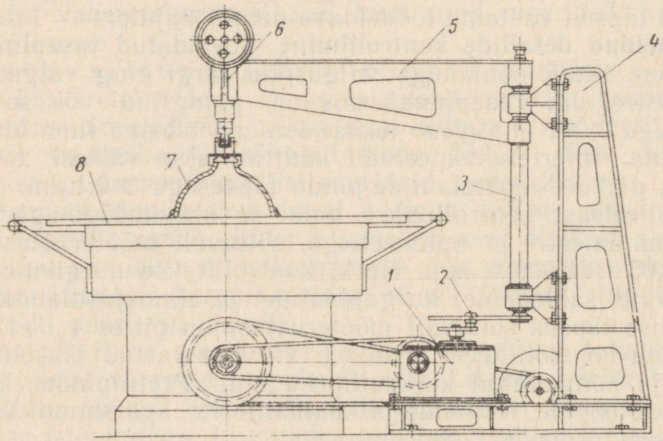
Paralleelsust kontrollitakse nihk- ja kruvimõõdikuga, mõõtekella, minimeetri ja optimeetriga, sõltuvalt mõõteriistast täpsusega 0,05 ... 0,00025 mm. Nurki kontrollitakse nurgikute, nurgamõõdikute, šabloonide, nurgaplaatide ja siinusjoonlaudade abil. Mõõtmise täpsus sõltuvalt mõõteriistast on piires 4 ... 12″. Koonuspindu kontrollitakse tavaliselt värviga kaetud täpselt valmistatud ja kontrollitud korkkaliibrite abil. Profiilpindu kontrollitakse šabloonide, lekaalide ja kohtkaliibrite, aga samuti 0,001 mm täpsusega projektori abil.

87. SOVELDAMISPROTSESSI MEHHANISEERIMINE

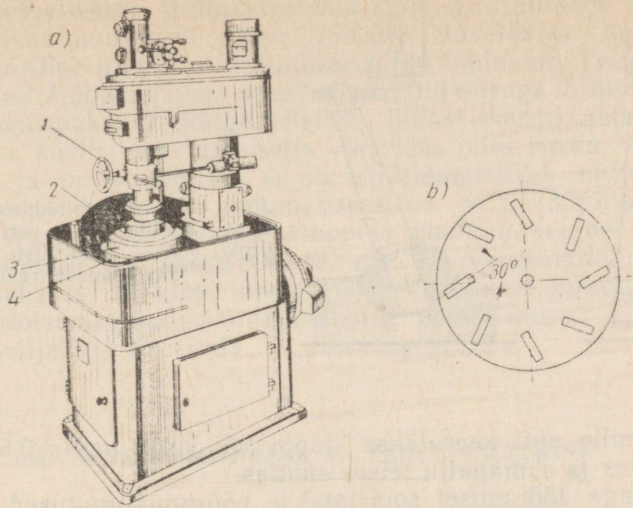
Soveldamisprotsessi mehhaniseerimiseks kasutatakse käsimasinaid, spetsiaalseid lõikepinkide juurde käivaid rakiseid ning sovelduspinke. Lihtsaimaks sovelduspingiks on pöörlevate sovelldusketastega pink (horisontaalse või vertikaalse pöörlemisteljega), kus soveldamine toimub detailide nihutamise teel mööda pöörleva ketta pinda (vt. joon. 252, *a*).

Sellise töö kergendamiseks ja tööviljakuse tõstmiseks on reas tehastes mehhaniseeritud ka soveldatavate detailide nihutamine sovelduskettal. Spetsiaalne seade koosneb reduktorist *1* (joon. 256), väntvõll-kulissmehhanismist *2*, teljest *3*, mis on kinnitatud kanduri *4* laagrite külge ja juhtkangist *5* koos detaili *7* sovelduskettal *8* nihutava rakisega *6*. Nagu katsetused näitasid, tasuvad kulutused lihtsate sovelduspinkide varustamisel selliste mehhanismidega sovelldusprotsessi kiirenemise, töölise töö kergenemise ja töötlemise kvaliteedi tõusu arvel.

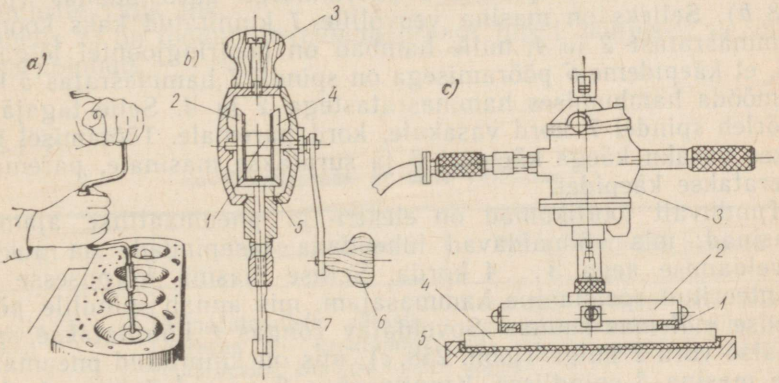
Mõõteriistade, näiteks mõõtplaatide, ümarkaliibrite jt. mehaaniline soveldamine (plankimine) toimub sovelduspingis, mis on toodud joon. 257, *a*. Selline pink koosneb ülemisest *2* ja alumisest *4* malmkettast, mis on teineteise suhtes soveldatud. Ketaste vahele asetatakse hoiderakis *3* koos soveldatavate detailidega. Elektrimootorilt saavad kettad ülekandemehhanismide abil erisuunalise pöörlemise; rakis koos detailidega seisab paigal. Ülemine ketas on šarniirselt kinnitatud spindli külge, mis võimaldab iseseadumist soveldatavate pindade suhtes. Ülemise ketta raskuse mõjul suru-



Joon. 256. Sovelduspink detaili mehaanilise nihutamise seadmega



Joon. 257. Soveldusplink lõikeriistade soveldamiseks



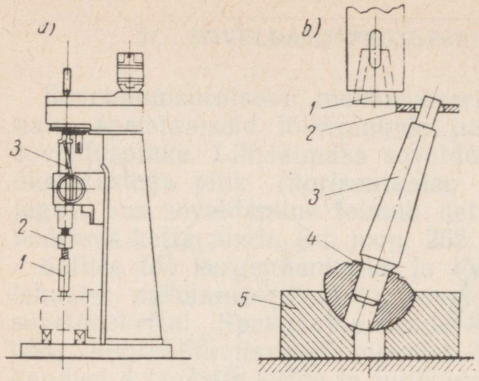
Joon. 258. Soveldamise mehhaniseerimise vahendid: *a* — käsitrill; *b* — käsisoveldusmasin; *c* — pneumaatiline käsisoveldusmasin

takse töödeldavad detailid alumise ketta vastu survega 3... ...25 kG/cm².

Detailide ja hoiderakise paigaldamiseks ning äravõtmiseks tuleb käepidemega *1* ülemine ketas tõsta ja fikseerida soovitavale kõrgusele.

Töödeldavad detailid pannakse hoiderakise pesadesse (joon. 257, *b*), mis on rakise raadiuse suhtes 30° nurga all.

Klappide ja kraanide soveldamise mehhaniseerimiseks kasutatakse puurpäid (joon. 258, *a*) ja käsisoveldusmasinaid (joon.



Joon. 259. Puurpinkidele monteeritav soveldi: *a* — vertikaalpuurpink; *b* — sfääriliste pindade soveldamise rakis

258, *b*), mille abil keeratakse klappi või korki pesas 0,5 . . . 0,75 pööret ühes ja samapalju teises suunas.

Puurpeaga töötamisel sooritatakse pööramisliigutused parema käega. Käsisoveldusmasinaga töötamisel saadakse edasi-tagasi liikumine käepideme *6* pööramisega ühes suunas (joon. 258, *b*). Selleks on masina veovõllile *1* kinnitatud kaks koonushammasratast *2* ja *4*, mille hambad on poolringjoontel lõigatud nii, et käepideme *6* pööramisega on spindli *7* hammasratas *5* kordamööda hambumises hammasratastega *2* ja *4*. Selle tagajärjel pöörleb spindel *7* kord vasakule, kord paremale. Töötamisel hoitakse vasaku käega käetoest *5* ja surutakse masinale, paremaga keeratakse käepidet.

Tunduvalt tootlikumad on elektri- ja pneumaatilise ajamiga masinad, mis võimaldavad lühendada tasapindade ja aukude soveldamise aega 3 . . . 4 korda. Sellise masina korpusesse on monteeritud spetsiaalne hammasajam, mis annab spindlile pöörlemise mõlemas suunas. Soveldatav rõngas *1* kinnitatakse spetsiaalse võru *2* külge (joon. 258, *c*), mis on kinnitatud pneumaatilise masina *3* spindlisse. Kinnitusvõru *2* on vahetatav, et oleks võimalik soveldada erineva suurusega rõngaste otspindu. Soveldusplaat *4* asetatakse spetsiaalsele alusele *5*. Eelneval soveldamisel kasutatakse soveldina malmplaati, viimistleval — klaasplaati koos pastaga ГОИ.

Et mehhaniseerida tasapindade, sfääriliste ja teiste pindade soveldamist, võib kasutada universaalseid seadmeid. Kõige sagedamini kasutatakse soveldamisel puurpinke. Seejuures jääb pingi konstruktsioon endiseks või moderniseeritakse üksikud sõlmed. Nii on soveldamisprotsessi täielikuks mehhaniseerimiseks puurpingil vaja soveldile *1* (joon. 259, *a*) anda mitte ainult pöörlev, vaid ka edasi-tagasi liikumine. Selleks ühendatakse soveldi topeltšarniiri *2* abil ekstsentrikmehhanismiga *3*. Selline lahendus nõuab pingi mõningat moderniseerimist.

Väga lihtsalt saab mehhaniseerida sfääriliste pindade soveldamist vertikaalpuurpingil (joon. 259, *b*). Soveldatav detail — nõgus sfääriline pind *5* — asetatakse pingi töölauale. Teine soveldatav detail *4* ühendatakse puust varda abil võruga *2*, mis on asetatud koonuspuksi *1* külge. Sellise lihtsa skeemi abil tõuseb tööviljakus käsitsi soveldamisega võrreldes mitu korda.

Seeria- ja masstootmises ei ole soveldamistööd mitte ainult mehhaniseeritud, vaid ka automatiseeritud. Selle tüüpiliseks näiteks on sisepõlemismootorite klappide poolautomaatne soveldamine 24-spindlilisel pingil OC-18, mis on valmistatud Odessa Tööpingitehases. 24 klapi soveldusaeg on 3 ... 4 minutit. Automaatse protsessi juurutamine klappide soveldamisel võimaldas tõsta tööviljakust 12 korda.

88. SOVELDAMISPRAAK JA SELLE VÄLTIMINE

Soveldamisel võivad praagi põhjusteks olla töölise hooletus, tehnoloogilistest võtetest mittekinnipidamine, vale soveldi ja abrasiivpulbrite valik jne.

Tabelis 23 on toodud soveldamispraagi liigid, põhjused ja vältimise abinõud.

Tabel 23

Soveldamispraak ja selle vältimine

Praagi liik	Praagi põhjus	Praagi vältimise abinõud
Ebatasane ja -puhas pind	Jämedateraliste abrasiivpulbrite kasutamine, määrdeaine ebaõige valik	Kasutada vajaliku tera suurusega abrasiivpulbreid ning valida õigesti pastad ja määrdeained
Ebatäpsed mõõtmed, kõrvalekalded geomeetrilises kujus	Valede soveldite kasutamine. Soveldi valesti asetamine detaili suhtes Suured töötlemisvarud soveldamisel	Valmistada õiged ja täpsete mõõtmetega soveldid Detail tuleb täpselt ja tähelepanelikult asetada soveldile või soveldi detailile Jätta normaalsed töötlemisvarud
Õhukeste detailide kaardumine	Detaili kuumenemine soveldamisel	Vältida detaili kuumenemist üle 50 ... 55° C

Käsitsi ja mehaanilisel soveldamisel, nagu teistelgi lukksepatöödel, tuleb rangelt täita ohutustehnika eeskirju. Nii ei ole käsitsi soveldamisel soovitatav detaili väga kiiresti liigutada, kuna see võib kukkuda ja tekitada trauma.

Soveldamisel käsi- või elektriliste ja pneumaatiliste soveldamismasinatega tuleb täita eespoolkirjeldatud eeskirju nende masinatega töötamisel.

Käsi ei tohi hoida pöörleva soveldi lähedal. Soveldatavale detailile tuleb vajutada sujuvalt ja ühtlaselt. Mehhaniseeritud soveldamisel tuleb jälgida, et soveldi (suuremõõtmelised soveldamiskettad) ei viskuks. Peale selle ei tohi soveldis olla pragusid, ebatasaseid töötlemata pindu ja teisi vigu.

Töödeldavad detailid või soveldid tuleb soveldusmasinasse kinnitada õigesti ja tugevalt, et ei esineks nende nihkumist töö ajal. Soveldatavat pinda ei tohi puhastada palja käega; selleks tuleb kasutada puhtaid lappe või kaltse.

Tuleb meeles pidada, et detailide kuivalt soveldamine tekitab suurel hulgal tolmu, sellepärast tuleb töö ajal kanda kaitseprille ja kasutada seadmeid tekkiva tolmu eemaldamiseks jne.

XIV PEATÜKK

JOOTMINE, LIIMLIITED, TINATAMINE JA LAAGRITE VALAMINE

90. JOOTEPROTSESSI OLEMUS

Jootmiseks nimetatakse tahkes olekus metallide ühendamist joodiste abil, mis sulas olekus märgavad hästi ühendatavaid pindu ja tungivad põhimetalli, täidavad nendevahelise kapillaarlõtku ja moodustavad jooteõmbluse.

Eelnevast määrangust selgub, et jooteliite saamine on seotud kuumutamisega. Jootmisel on vaja peale kuumutamise täita veel kaks tähtsat tingimust: eraldada metallide pinnalt jootmise ajal oksiidikiht ja viia detailidevahelisse lõtku sulajoodist. Jahtumisel (kristalliseerumisel) moodustub kergeltsulava joodise ja joodetavate metallide vahele jooteliide.

Jootmise teel ühendatavaid metalle nimetatakse joodetavateks, ühendatavateks või põhimetallideks. Nende vahele viidavat ühendusmetalli või sulamit, mis omab tunduvalt madalamat sulamistemperatuuri nimetatakse joodiseks.

Jooteprotsessil on palju ühist keevitamisega, esmajoones sulakeevitamisega, kuid vaatamata välisele sarnasusele on nende vahel printsipiaalseid erinevusi.

Kui sulakeevitamisel keevitatav ja lisametall on keevitusvannis sulas olekus, siis jootmisel põhimetalli ei sulatata. Liite saamine ilma liitepindade ülessulatamiseta ongi jooteprotsessi peamiseks erinevuseks.

Jootmisel tekib õmblus detailidevahelise kapillaarlõtku täitumisel joodisega, seega on jooteprotsess seotud joodise kapillaarvoolavusega, missugust nähtust aga sulakeevitusel ei esine.

Ja lõpuks, erinevalt sulakeevitusest, võib joota igal temperatuuril, mis on madalam põhimetalli sulamistemperatuurist. Seega on

kõik jooteõmbluse tekkimise protsessid oluliselt erinevad sulakeevitusliite tekkimise protsessidest.

Kaasaegsed jootemeetodid võimaldavad joota väga suurt materjalidegruppi: süsinik-, legeeritud ja roostekindlaid teraseid; kõva-, värvilisi ja spetsiaalsulameid.

Sõltuvalt kasutatavatest joodistest esineb kaks jootmisviisi, mis erinevad joodiste sulamistemperatuuri ja mehaanilise tugevuse poolest: jootmine pehmejoodistega ja jootmine kõvajoodistega.

Pehmejoodiste sulamistemperatuur on alla 400° C, sellepärast kasutatakse neid esemete jootmiseks, mis ei allu kõrgetele temperatuuridele, saadav liide aga on väikese mehaanilise tugevusega. Kõvajoodiste sulamistemperatuur on üle 700° C ning neid kasutatakse liidete saamiseks, mis tagavad suure mehaanilise tugevuse ka kõrgetel temperatuuridel.

Enne jootmist puhastatakse detailid hoolikalt oksiididest, tagist ja roostest ning sobitatakse tihedalt teineteise vastu. Seejärel jootekohad rasvatustatakse, söövitades neid soolhappega. Kui jootekohtadele ei tohi jääda happe jälgi, puhastatakse pinnad piirituses lahustatud kampoliga: piiritus eemaldab joodetavatelt pindadelt rasva, kampol aga kaitseb pinda hapendumise eest. Seejuures saadakse puhas ja tasane jootepind.

Pehmejoodistega jootmisel kasutatakse puhtast punasest vasest jootekolbe. Vasest jootekolb kuumeneb kergesti ja säilitab kuumust. Jootekolbe kuumutatakse elektrivooluga, aga samuti jootelambi leegiga, gaasipõletiga, ahjudes jne.

Et joota pehmejoodisega kahte pinda, tuleb nad ühendada ja liitekoht katta räbustiga. Seejärel võetakse kuumutatud jootekolviga selle sissekastmisel joodisesse tilk sulajoodist ja viiakse see joodetavate detailide vahelisse lõtku. Joodis jahtub kiiresti, ühendab tardudes jootepinnad ja moodustab tiheda ja tugeva ühenduse, mida nimetatakse õmbluseks.

Kõvajoodistega jootmiseks ettevalmistamine ja jootmine on tunduvalt keerulisem. Puhastatud pinnad kaetakse räbustiga, asetatakse peale joodise tükid ja seotakse traadiga kinni. Seejärel kuumutatakse kas jootelambi leegi või mõne muu vahendiga. Kuumutatakse seni, kuni joodis sulab ja tungib jootekohta. Pärast jootmist lastakse liitekohal jahtuda, eemaldatakse räbusti tükid, puhastatakse liitepind jne. Räbusti jäätmete eemaldamiseks pestakse detaili kas külmas või kuumas vees, erilahustes või puhastatakse viili, metallharja, liivajoa või muuga.

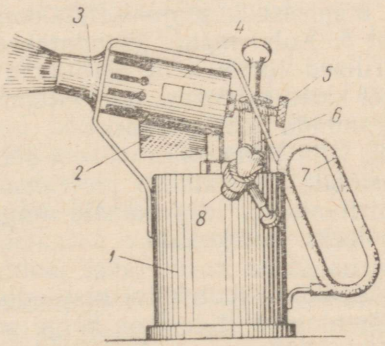
Kampolräbustid ei lahustu vees, nende eemaldamiseks kasutatakse piiritust, bensiini või triklooretüleeni. Kuna sellised räbustid ei kutsu esile korrosiooni, siis nende eemaldamine jootepinnalt ei ole alati kohustuslik.

Jootmisel kasutatakse mitmesuguseid kuumutusseadmeid ja -riistu, mille abil toimub jootekolvi või joodisevanni kuumutamine (kui jootmine toimub ühendatavate detailide kastmisega joodisevanni). Selliste seadmete hulka kuuluvad jootelambid, gaasipõletid, ahjud, vannid, lisaks neile kasutatakse kuumutamiseks kõrgsagedusvoolu.

Jootelamp koosneb põletusaine reservuaarist *1* (joon. 260), käepidemest *7* lambi kandmiseks, korgist *8* põletusaine valamiseks, pumbast *6* õhu pumpamiseks reservuaari, põletist *4* koos ventiiliga *5* kütuse kulu reguleerimiseks, torustikust kütuse eelkuumutamiseks enne põletit, pihustist *4* eelkuumutatud kütuse pihustamiseks, düüsist *3* leegi juhtimiseks. Põleti all asub kütusekauss *2*, mida on vaja jootelambi süütamiseks.

Kuigi jootelamp oma ehituselt ei kuulu keeruliste kuumutusseadmete hulka, nõuab ta oskuslikku käsitamist ja tähelepanelikku hooldamist. Sellepärast tuleb jootelambi kasutamisel tingimata täita ohutusnõudeid.

Põhitööriistaks pehmejoodistega jootmisel on jootekolb. Jootekolvi ülesandeks on sulatada joodis, jaotada see õmblusele, aga samuti õmbluse enda kuumutamine.

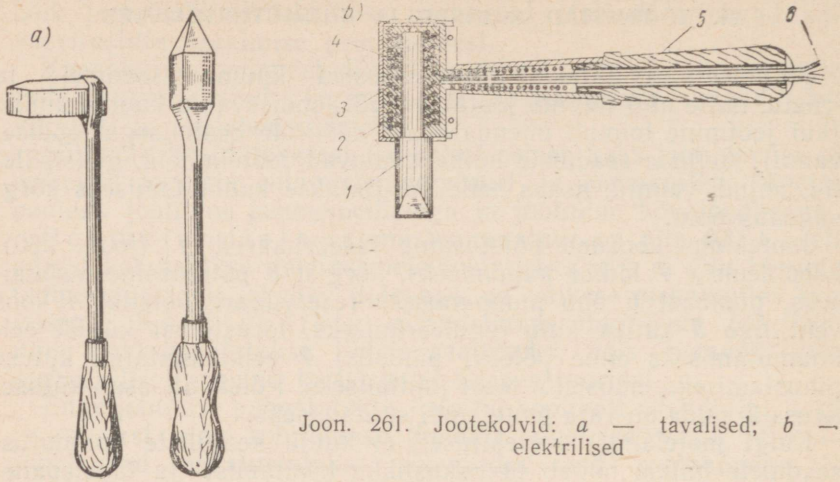


Joon. 260. Jootelamp

Kuumutusviisi järgi jagatakse jootekolvid kahte gruppi: perioodilise ja pideva kuumutamisega. Perioodilise kuumutusega jootekolbide hulka kuuluvad jootelambi leegiga, ääsil või muhvelahjus kuumutatavad tavalised kolvid; pideva kuumutusega kolbideks on elektrilised, gaasi- või bensiinikütusega jootekolvid.

Kõvajoodistega jootmisel kuumutatakse eelnevalt räbusti ning joodisega kaetud koht. Kuumutamiseks kasutatakse atsetüleenipõletit, jootelampi või ääsi.

Tavaline jootekolb kujutab endast punasest vasest tahukat kiilukujulise tööotsaga. Tahuka teine ots on kinnitatud puust



Joon. 261. Jootekolvid: *a* — tavalised; *b* — elektrilised

käepidemega terasvarda külge (joon. 261, *a*). Jootekolvi kaal ei tohi ületada 1,0 ... 1,5 kg.

Elektrikolvi kuumutamiseks on kolvi vaskvarva ümber mähitud suure takistusega voolumähis. Kolb koosneb vaskvarvast *1* (joon. 261, *b*), mähisest *2*, soojusisolatsioonist *3*, kaitsekattest *4* ja käepidemest *5*. Kolvi mähis ühendatakse toiteallikaga juhtme *6* abil.

Elektrilised jootekolvid säilitavad hästi püsiva temperatuuri 400° C, ei kattu tahmaga, on töötamisel mugavad, aitavad tunduvalt parandada töötingimusi.

Kui on vaja joota väga väikesi detaile või raske juurdepääsuga kohtades, siis kasutatakse jootetoru. Sellise toru üks ots asetatakse piirituslambi leegi kohale ning teisest otsast puhudes saab suunata leeki jootekohale.

Abitööriistadena kasutatakse jootmisel kaabitsaid ja viile; nendega töödeldakse jootekolvi otspindu, puhastatakse jootepindu ja valmis õmblusi. Viilidest on kõige sobivam lame jämeviil pikkusega 250 ... 300 mm ja kolmnurkne jämeviil pikkusega 200 ... ... 250 mm.

Joodetavate detailide täpseks fikseerimiseks ning jootmisel tekkivate tõmbepingete vältimiseks soovitatakse real juhtudel kasutada mitmesuguseid rakiseid ja abiseadeldisi, nagu pitskruvid joodetavate detailide eelnevaks kinnitamiseks, alused detailide ja jootekolbide jaoks, kiilud jne.

92. JOODISED JA RÄBUSTID

Joodised on metallid või sulamid, millel on omadus märjata ühendatavate detailide pindu ning anda tardumisel tugev ühendus.

Kvaliteedi tagamiseks peavad joodised vastama järgmistele nõuetele:

1) sulamistemperatuur peab olema 60 ... 100° C võrra madalam joodetava metalli sulamistemperatuurist;

2) sulas olekus peavad nad hästi märgama joodetavaid metalle ja omama hea vedelvoolavuse joodetavate metallide vahelise lõtku täitmiseks;

3) olema hästi difundeeruvad ühendatava metalliga, mis tagab liite kõrge tugevuse ja tiheduse;

4) ei tohi hapenduda, peavad olema korrosioonikindlad ja neil peab olema vajalik elektrijuhtivus (juhtmete jootmisel) jne.;

5) ei tohi eraldada jooteprotsessis mürgiseid gaase ega mõjutada keemiliselt joodetavaid metalle.

Nendele tingimustele vastab suur hulk metalle ja sulameid, mida kasutatakse pehme- ja kõvajoodistena. Peamisteks nende hulgas on tina-pliijoodised, vask-, vask-tsink-, hõbe- ja hõbe-fosforjoodised.

Pehmejoodised koosnevad sulamitest, mille põhikoostiseks on tina ja plii ning neil on madal sulamistemperatuur — 180° kuni 300° C.

Joodise omadused määrab tina ja plii vahekord.

Mõnedele pehmejoodistele lisatakse eriomaduste andmiseks antimoni, vismutit, kaadmiumi, hõbedat ja teisi metalle. Antimon ja hõbe tõstavad tina-pliijoodiste sulamistemperatuuri; vismut ja kaadmium aga vastupidi, alandavad. Antimon suurendab joodiste kõvadust ja tugevust, kuid vähendab sitkust.

Praktikas esinevaid joodistemarke soovitatakse kasutada järgmistel juhtudel:

ПОС 90 — toidunõude siseõmbluste ja teiste esemete, millele esitatakse erilisi hügieenilisi nõudeid, jootmiseks;

ПОС 61 — raadio- ja elektriaparatuuri, analüütiliste arvutusmasinate detailide, kergeltsulavate metallesemete, samuti aga pronksist ja terasest detailide jootmiseks;

ПОС 50 — lennuki radiaatorite, elektriarvestite ning messingist ja valgest plekist detailide jootmiseks;

ПОС 40 — radiaatorite, elektri- ja raadioaparatuuri, füüsikalistehniliste aparaatide, elektrimontaaži juhtmete, tsingitud ja galvaniseeritud pleki jt. jootmiseks;

ПОС 30 — tsingi, tsingitud terase, terase, messingi, vase ja mitmesuguste laiatarbekaupade jootmiseks, aga samuti liugelaagrite pindade katmiseks;

ПОС 18 — plii, tsingi, tsingitud terase, terase, messingi ja tinatatud pleki jootmiseks mittevastutusrikaste detailide puhul;

ПОС 4—6 — terase, valge pleki, tinatatud pleki, messingi ja vase jootmiseks mittevastutusrikaste detailide puhul.

Tina-pliijoodised tähistatakse tähtedega ja arvudega. Tähis ПОС 90 näitab järgmist: П — joodis (припой); О — tina (олово); С — plii (свинец); arv 90 näitab, et joodise kaalust 90% on tina, ülejäänud osa aga plii. Joodis ПОСС 4—6 sisaldab tina 4%, antimoni 6%, ülejäänud osa on plii.

Madalatemperatuurilised joodised omavad väga madalat sulamistemperatuuri. Selliste joodiste koostisesse viiakse erinevates kogustes tina, pliid, vismutit, kaadmiumi, antimoni, indiumi, elavhõbedat ja teisi metalle.

Tina-plii-vismutjoodise sulamistemperatuur on 96° C; joodis margiga Л70 koosneb põhiliselt vismutist ning sulab temperatuuril 70° C; joodis margiga Л47 temperatuuril 45° C jne.

Madalatemperatuurilisi joodiseid kasutatakse õhukeste pliist esemete jootmiseks, klaasi jootmiseks metallarmatuuriga, ületemperatuuri suhtes väga tundlike detailide liitmiseks, aga samuti neil juhtudel, kui joodis peab täitma temperatuurikaitsme ülesandeid (elektri- ja soojusaparaatides) jne.

Pehmejoodiseid valmistatakse lattidena, 3...5 mm läbimõõduga traadina, räbustiga täidetud torudena, aga samuti pulbritena ning joodise pulbrist ja räbustist pastadena.

Kõvajoodised kujutavad raskeltsulavaid metalle ja sulameid sulamistemperatuuriga 700 kuni 1100° C. Neid kasutatakse siis, kui on vaja saada suure tugevusega liiteid.

Kõvajoodistena kasutatakse kõige sagedamini vase-tsingi- ja hõbedasulameid.

Vask-tsinkjoodiseid tähistatakse tähtedega ПМЦ ja arvuga, mis näitab vase sisaldust joodises. Näiteks ПМЦ-36 sisaldab 36% vaske, ülejäänud 64% aga on tsink. Hõbejoodiseid tähistatakse tähtedega ПСр ja arvuga, mis näitab hõbeda sisaldust joodises. Näiteks ПСр-70 sisaldab 70% hõbedat, ülejäänud osa kuulub vasele ja tsingile.

Neid joodisemarke kasutatakse järgmistel juhtudel:

ПМЦ 36 — messingi jootmiseks, mis sisaldab kuni 68% vaske;

ПМЦ 48 — vasesulamite jootmiseks, mis sisaldavad vaske üle 68%;

ПМЦ 54 — vase, messingi, pronksi ja terase jootmiseks;

ПСр 12М ja ПСр 25 — tugevat liidet ja puhast liitekohta (torud, tutsid, armatuur) nõudvate messing- ja pronksdetailide jootmiseks;

ПСр 45 — õhukeseseinaliste detailide ja niplite jootmiseks;

ПСр 65 — aparaatide detailide jootmiseks;

ПСр 70 — elektrijuhtmete ja teiste detailide jootmiseks, mille liitekohtades ei tohi väheneda elektrijuhtivus.

Joodis malmi jootmiseks koosneb 50%-st vask(I)-oksiidist ja 50%-st booraksist. Antud joodis on vee baasil valmistatud pasta. Joodetavad pinnad kaetakse pastaga ja detaili kuumutatakse ääsil kuni kõrgel temperatuuril eraldub vask(I)oksiidist vask.

Peale ülalkirjeldatute kasutatakse veel erijoodiseid — kõvasulamist ja kiirlõiketerasest plaatide jootmiseks, alumiiniumi ja tema sulamite ühendamiseks jt.

Roostekindlate teraste jootmine on raskendatud, sest legeerivad elemendid astuvad ahjus kuumutamisel kergesti reaktsiooni hapnikuga ning metalli pind hapendub. Oksiidide eemaldamiseks, aga samuti nende edasise tekke vältimiseks, kasutatakse mitmesuguseid räbusteid. Jootmine ilma räbustiteta on võimalik vaakuumis või taandavat toimet omavas vesiniku keskkonnas.

Roostekindlate teraste jootmiseks kasutatakse joodiseid ПСр-44 või ПЖЛ.

Joodised kõvasulamplaatide jootmiseks koosnevad vasesulamitest. Joodise mark valitakse sõltuvalt lõikeriista töötingimustest.

Joodist М1 kasutatakse volframi-koobaltikõvasulamite ahjus jootmisel vähekoormatud lõikeriistadele. Joodist Л 62 kasutatakse vähekoormatud lõikeriistade jootmisel kontakt- ja induktsioonmeetodil. Joodisega ЛН-58-5 joodetakse raskeltkoormatud lõikeriistadele titaani-koobaltikõvasulamitest plaate, joodisega ЛМЦ 58-5 samadest kõvasulamitest plaate kergeltkoormatud lõikeriistadele.

Universaalseks kõikjalkasutatavaks joodiseks on ЛНМЦ-56-5-5. Sellega joodetakse titaan-koobalt grupi sulameid lõikeriistale, mille jootekoht töötab kõrges kuumuses.

Alumiiniumi ja selle sulamite jootmine on raskendatud, kuna kuumutamisel õhu käes alumiinium silmapilkselt oksüdeerub ja pinnale tekib tugev ning raskeltsulav oksiidikiht. Sellepärast kasutatakse alumiiniumi ja selle sulamite jootmiseks alumiiniumjoodiseid В62 ja 34А, sest neil on madal sulamistemperatuur (500 ... 525° С). Nende joodistega võib joota peaaegu kõiki alumiiniumisulameid, ilma ülekuumutuse ja sulamisohuta.

Enne alumiiniumdetailide jootmist puhastatakse pinnad leelisega söövitamisega, seejärel valgendatakse lämmastikhappes ning pestakse veega. Pärast puhastamist koostatakse detailid jootmiseks, jättes liitekohta 0,1 ... 0,3 mm suuruse lõtku.

Pärast ühendatavate detailide eelnevat kuumutamist 400 ... 500° С-ni kaetakse liitekoht räbustiga, näiteks margiga 380А, mis koosneb 47%-st kaaliumkloriidist, 38%-st liitiumkloriidist, 5%-st naatriumfluoriidist, 10%-st tsinkkloriidist. Räbusti sulab enne kui

joodis, valgub mööda liitepinda laiali ja eemaldab enne jootmist tekkinud oksiidikihi. See aitab sulajoodisel kiiresti täita lõtku ja moodustada tugeva liite.

Räbustid on keemilised ained, mis kaitsevad jooteprotsessis metalli oksüdeerumise eest.

Jooteräbustid ühinevad oksiididega ja tõusevad šlakina jooteliite pinnale. Räbustite selline toime tagab joodise hea märgavuse ja pideva voolamise jootekohta, mis on vajalik kvaliteetse jooteliite saamiseks.

Pehmejoodistega jootmisel kasutatakse räbustitena tsinkkloriidi, ammooniumkloriidi, kampolit, pastasid jt.

Neid räbusteid võib toime järgi jagada kolme gruppi.

1. Happelised räbustid (tsinkkloriid, pasta 15—85 jt.) omavad koostises vaba soolhapet, mis lahustab hästi oksiidikilet. Nende räbustite puuduseks on jooteõmbluse tugev korrodeerumine, mistõttu pärast jootmist tuleb liitekohad neutraliseerida ja pesta voolavas vees.

Tsinkkloriidi kasutatakse mustade ja värviliste metallide jootmisel (välja arvatud tsink ja tsingitud detailid ning alumiinium ja selle sulamid). Tsinkkloriid saadakse kui lahustatakse üks osa tsingipulbrit viies osas soolhappes.

Elektri- ja raadioaparatuuri monteerimisel on happeliste räbustite kasutamine kategooriliselt keelatud.

2. Aktiviseeritud räbustite koostises on peale kampoli aktivisaatorid, mis suurendavad kampolräbustite aktiivsust. Aktivisaatoritena lisatakse väikestes kogustes hüdrasiini, aniliini, salitsüülhapet ja teisi. Aktiviseeritud räbustiteks on ЛТИ-120, ЛК-2, КС jt. Räbusti ЛТИ-120 koosneb 24%-st kampolist, 70%-st etüülpiiritusest, 4%-st dietüülamiinkloriidist ja 2%-st trietanoolamiinist. Neid kasutatakse väikese süsinikusisaldusega teraste, vase ja selle sulamite jootmiseks. Räbustite ЛК-2 ja КС abil on võimalik joota vaske ja selle sulameid, tsingitud terast, pehmeid teraseid, niklit ja hõbedat.

3. Happeta räbustid on koostatud kampolist ja orgaanilistest ühenditest, milleks on parafiin, glütseriin, rasvad ja õlid. Kampol näiteks puhastab oksiididest hästi messingit, vaske, tina ja tinasulameid, olles seetõttu laialdaselt kasutatav.

Kampolit saadakse männivaigust. Tema heaks omaduseks on see, et räbusti jäägid ei tekita jootekohal korrosiooni. Sellepärast kasutatakse kampolit laialdaselt elektri- ja raadioaparatuuri jootmisel.

Raadio- ja elektriaparatuuri vaskosade jootmisel kasutatakse järgmisi räbusteid: puhast kampolit ja marki КЭ (25% kampolit ja 75% etüülpiiritust); nende räbustite sulamistemperatuur on 150 ... 300° C.

Kampolräbusteid kasutatakse pulbrina, piirituse lahusena, pasta ning tablettide kujul, aga samuti valmistatakse koos joodisega.

Ammooniumkloriidi (salmiaaki) kasutatakse tükkide või pulbrina. Kuumutamisel ammooniumkloriid laguneb ning eraldub tervisele kahjulik gaas, seetõttu ei ole jootmisel soovitav kasutada mitte puhast ammooniumkloriidi, vaid selle vesilahust.

Kõvajoodistega jootmisel kasutatakse räbustajatena booraksit, boorhapet ja mõningaid teisi aineid.

Booraksit kasutatakse pulbri või pastana, mis on segatud piirituses. Booraksi abil joodetakse vaske, pronksi, terast, aga samuti kõvasulamplaate terahoidjate külge jt.

Boorhapet kasutatakse valgete rasvastę liistakute kujul. Selle räbustav toime jootmisel on tugevam kui booraksil. Boorhape puhastab paremini pinda, omab väiksemat voolavust ja pärast jahtumist on kergemini eemaldatav kui booraks.

Rooste- ja kuumuskindlate teraste jootmisel kasutatakse segu 50%-st sulatatud booraksist ja 50%-st boorhappest, mis segatakse tsinkkloriidis kuni tiheda pasta tekkimiseni. Hallmalmi jootmisel lisatakse booraksile kaaliumkloriidi, mangaandioksiidi või raudoksiidi.

93. JOOTMISVÕTTED

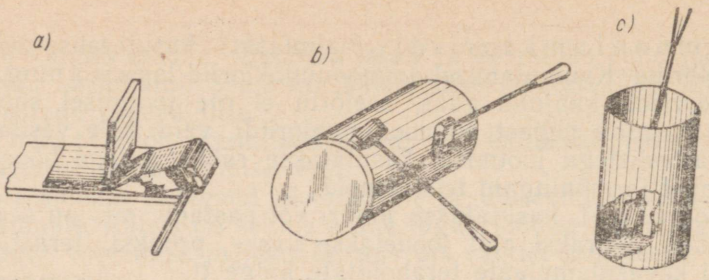
Lukksepatööde juures, eriti aga koostamis-montaažtöödel, tuleb lukksepal joota nii pehme- kui ka kõvajoodistega. See nõuab töövõtete ja jootmise tehnoloogilise protsessi head tundmist.

Jootmine pehmejoodistega. Käsitsi jootmisel kasutatakse mitmesuguse konstruktsiooniga jootekolbe. Jootmist alustatakse jootekoha ettevalmistamisest, pärast jootmist jooteõmblus puhastatakse. Jootekoha ettevalmistamine seisneb tavaliselt detailide pindade mehaanilises puhastamises (viiliga, kaabitsaga, liivapritsiga jt.), rasvatustamises, söövitamises ja eelnevas koostamises. Enne jootmist detaile sageli tinatatakse. Ühendatavate detailide koostamisel peab joodetavate pindade vahele jääma lõtk 0,05 ... ... 0,15 mm; väiksematesse kui 0,05 m lõtkudesse pehmejoodised ei tungi, suuremad kui 0,15 mm lõtkud jätavad jooteliite nõrgaks.

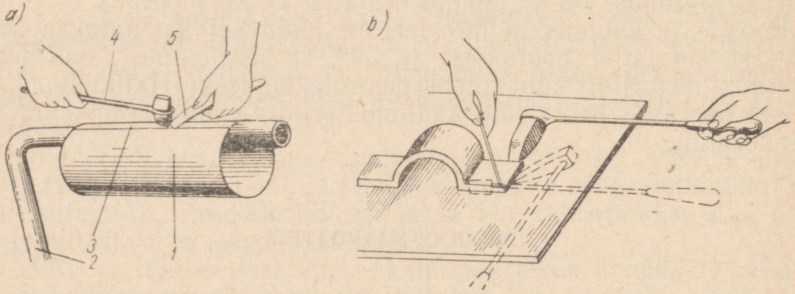
Kõvajoodistega jootmisel on soovitav lõtku suurus 0,5 ... 1 mm ja enam.

Keerulised sõlmed koostatakse rakistes, mis fikseerivad detailide asendi. Jootekolvi valik sõltub ühendatavate detailide mõõtmetest ja kujust, samuti aga jootetööde iseloomust. Kõige sagedamini kasutatakse vasarkolbi (joon. 262, *a* ja *b*). Otskolbe (joon. 262, *c*) kasutatakse jootmisel raskelt ligipääsetavates kohtades.

Jootekolvi tööks ettevalmistamine seisneb kolvi otsa korrastamises; viilitakse 25 ... 40° alla, puhastatakse servad kidadest ja kastetakse hoolikalt joodisesse. Puhastatud jootekolbi kuumutatakse ääsil või jootelambi leegiga temperatuurini 350 ... 400° C, seejärel võetakse kiiresti tulelt ja puhastatakse pinnad tagist (kolvi



Joon. 262. Vasar- ja otskolbide kasutamise näiteid



Joon. 263. Jootmisvõtted

kastmisel tsinkkloriidi), edasi võetakse kolvi otsaga soovitav kogus joodist ning mõninga hõõrumise järel ammooniumkloriidi vastu joodis sulatatakse.

Ettevalmistatud jootekoht kaetakse tsinkkloriidi või mõne teise räbustiga ning seejärel joodetakse. Joonisel 263, *a* on toodud näide toru *1* õmbluse *3* jootmise kohta. Toru on asetatud toele *2*. Jootmisel hoitakse jootekolbi *4* paremas käes ning joodise tükki *5* vasakus.

Kvaliteetse jooteliite saamiseks tuleb jootekohal joodis kolviga hoolikalt laiali hõõruda kuni täieliku kattumiseni. Kui mõni jooteõmbluse koht ei kattu joodisega, siis tuleb lisada räbustit või puhastada pind uuesti.

Jootmise ajal peab jootekolvi tööpind lebama joodisel kogu pinnaga. Ainult sel juhul saab tagada jootekoha kiire kuumenemise ja täitumise joodisega (joon. 263, *b*).

Viimasel ajal on hakatud kasutama väga tootlikku jootmisviisi, kus ühendatavad detailid kastetakse kas sulajoodise- või soolavanni. Joodise paremaks voolamiseks ühendatavate detailide õmblustesse lisatakse sooladele 4—5% booraksit. Soolavannides jootmisel kasutatakse tavaliselt lõikeriistade termiliseks töötlemiseks mõeldud elektrilisi soolavanne ja ühe- ning kolmefaasi-

lisi automaatselt reguleeritava temperatuuriga soolavann-elektroodahje.

Kõvajoodistega jootmine. Kõvajoodistega saab joota mitmel viisil.

Gaasipõletitega jootmisel kuumutatakse jootekohad jootelambi või gaasipõletiga. Väikesi detaile kuumutatakse kas jootelambiga või gaasipõletiga, mis töötab valgustusgaasi või atsetüleeniga. Suurte detailide kuumutamiseks kasutatakse spetsiaalseid ja tavalisi hapniku-atsetüleenipõleteid.

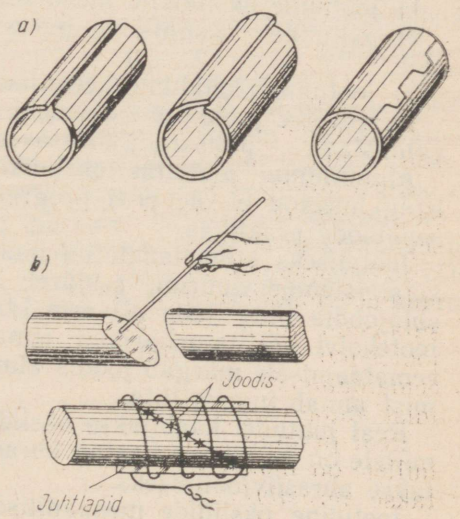
Jootmisel detailide sissekastmisega soolavanni kinnitatakse kõvajoodis eelnevalt detailide jootekoha külge.

Jootmine ahjudes seisneb eelnevalt räbusti ja joodisega kaetud detailide kuumutamises. Real juhtudel toimub jootmine kaitseatmosfääriga elektriahjudes (vesiniku või ammoniaagi keskkonnas), kus on välditud metalli korrodeerumine. Selline jootmisviis võimaldab detailide masstootmisel jootmist mehhaniseerida ja automatiseerida, tagades seejuures jooteliidete kõrge kvaliteedi.

Ratsionaalseks jootmisviisiks on kõrgsagedusvooluga kuumutamisega jootmine.

Lukksepatööde praktikas kasutatakse aga kõvajoodistega jootmisel kõige enam jootelampe, gaasipõleteid ja ääsi.

Enne jootmist tuleb detailide (toodete) ühendatavad osad hoolikalt puhastada mustusest, tagist, rasvast ja seejärel koostada, arvestades jootmiseks vajalikke lõtke. Kõvajoodistega jootmisel võib toorikud sõltuvalt nende iseärasustest ühendada kas põkk-, ülekatte- või harvemini astmikliitega (joon. 264, *a*). Seejärel kae-



Joon. 264. Jootmiseks ettevalmistamine ja jootmine kõvajoodistega

takse jootekohad räbustiga (booraksiga), asetatakse peale joodis ja kinnitatakse pehme traadiga, et ühendatavad kohad ei nihkuks (joon. 264, *b*). Pärast sellist ettevalmistust viiakse detail ettevaatlikult jootelambi või gaasipõleti leegi tsooni ja jälgitakse jooteprotsessi. Alguses tuleb jootekohta kuumutada aeglaselt. Kui paisunud booraks sadestub, suurendatakse leeki, kuni joodis täielikult sulab ja täidab detailidevahelise lõtku. Et kiirendada joodise voolamist ühenduslõtkudesse, toimitakse järgmiselt: jootekoht kaetakse räbustiga ning terava traadiotsaga tõmmatakse kergelt pinnale joon. Joodetud detailid peavad jahtuma aeglaselt, sest aeglane jahtumine tõstab liite tugevust.

Joota võib ka sellises järjekorras. Ettevalmistatud detail kaetakse räbustiga ja kuumutatakse. Kui kuumutustemperatuur on küllaldane joodise sulamiseks, viiakse see jootekohale ning jälgitakse joodise sulamist ja voolamist piki õmblust. Pärast jootmist lastakse detail jahtuda, puhastatakse õmblused üleliigsest joodisest ning seejärel pestakse ja kuivatatakse.

94. ALUMIINIUMI JA SELLE SULAMITE JOOTMINE

Kuumutamisel alumiinium ja selle sulamid oksüdeeruvad kiiresti, pinnale tekib väga püsiv oksiidikile, mis takistab jootmist. Sellepärast erineb alumiiniumi ja selle sulamite jootmine teiste metallide jootmisest. Tulemusi annavad ainult sellised jootmismeetodid, mille puhul pindu kattev oksiidikile lõhutakse vahetult jootmise momendil.

Tuntakse kolme alumiiniumi ja selle sulamite jootmismeetodit:

1) jootmine oksiidikile mehaanilise purustamisega;

2) jootmine oksiidikile purustamisega ultrahelivõnkumiste abil;

3) jootmine oksiidikile keemilise purustamisega.

Kvaliteetse jooteliite saamiseks tuleb ühendatavad pinnad ette valmistada — puhastada mustusest, rasvatustada ning söövitada.

Alumiiniumi jootmine oksiidikile mehaanilise purustamisega. Kuigi meetod ei ole eriti progressiivne, kasutatakse seda lukksepatööde praktikas.

Jootmiseks ettevalmistatud pinnad kuumutatakse kuni joodise sulamistemperatuurini, seejärel kantakse õmbluskoha pinnale sulajoodis ning selle all eemaldatakse oksiidikiht kas kaabitsa, jootekolvi või terasharjaga (tinatamine). Vastavalt oksiidikile eemaldamisele märgab joodis alumiiniumi pinda ja pärast jahtumist annab tugeva liite.

Real juhtudel kaabitakse oksiidikile maha joodisevarda otsaga, millele on mõnikord lisatud abrasiivi. Sellist jootmisviisi nimetatakse abrasiivjootmiseks.

Jootmine oksiidide mehaanilise eemaldamisega on eriti sobiv

alumiiniumdetailide pinnadefektide täisjootmiseks. Joodisena kasutatakse sellisel juhul tsinki, tina ja nende sulameid.

Sellise jootmisprotsessi kiirendamiseks kasutatakse spetsiaalset elektrijootekolbi, mille abil saab oksiidikile eemaldada vibreeriva metallharjakesega.

Alumiiniumi jootmine ultrahelivõnkumistega. Kuumutamisel alumiiniumi pinnale tekkivat oksiidikilet on võimalik eemaldada ultraheli abil. Sulajoodises ühel või teisel viisil tekitatud ultrahelisagedusega võnkumised (16 ... 20 kHz) purustavad joodise pindpinevuse ning kutsuvad perioodiliselt esile tohutu hulga mullikeste tekkimise ja purunemise. Momendil, millal vahetult alumiiniumi pinnal tekkinud mullike kaob, antakse sulajoodise poolt samale pinnale oksiidikilet purustav tugev löök. Oksiididest vabanenud alumiiniumi pinda märgab sulajoodis hästi ning tekib tugev liide. Sellisel jootmisel ei ole räbusti kasutamine vajalik. Ultrahelijootmisel pole vaja alumiiniumi pinda eelnevalt puhastada, kuid rasvatustamine on hädavajalik.

Alumiiniumi jootmisel ultrahelimeetodil kasutatakse tavaliselt kergeltsulavaid joodiseid tsingi ja tina baasil, millele on lisatud kaadmiumi, alumiiniumi ja tsinki. Jootmise ajal tuleb hoida töövarda ots võimalikult alumiiniumi pinna lähedal, seda mitte puutudes. Alumiiniumi pinna kattumisel joodisega, kogunevad joodise pinnale purustatud oksiidikile osakesed. Kvaliteetse jooteliite saamiseks tuleb šlakikiht joodiselt eemaldada puhta riidetükiga ning seejärel joota värske joodisega.

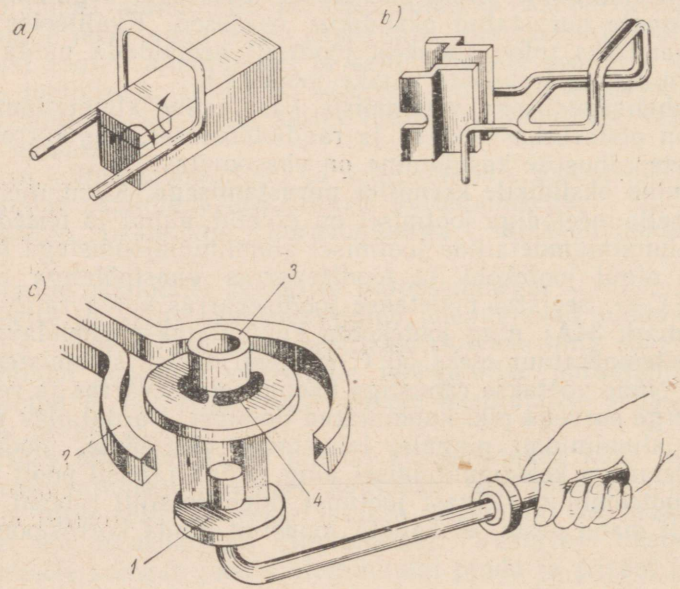
Ultrahelisagedusega võnkumiste kasutamine alumiiniumi jootmisel on otstarbekas elektri- ja raadiotööstuses, kus korrosiooniaktiivsete räbustite kasutamine on ebasoovitav.

Jootmine oksiidikile keemilise purustamisega. Kuumutusvahenditeks selle meetodiga jootmisel on põletid, ahjud ja teised seadmed. Alumiiniumdetailide jootmisel alumiiniumjoodistega kuumutatakse algul jootekoht ja joodisevarras gaasipõletiga 300 ... ... 400° C-ni. Seejärel pistetakse joodisevarras kuiva räbustipulbrisse (mark 34A) ning jootekohta kuumutatakse täiendavalt nii, et selle temperatuur oleks 50° C kõrgem joodise sulamistemperatuurist. Nüüd võetakse räbustiga kaetud joodisevarras ja veetakse seda kerge survega piki kuumutatud õmblust. Vardal olev räbusti valgub alumiiniumi pinnale, lahustades oksiidikile, joodis aga sulab detailiga kokkupuutumisel ning täidab räbusti poolt puhastatud jooteõmbluse. Pärast jootmist tuleb detaililt räbusti jäägid hoolikalt maha pesta, et kaitsta joodetud pinda korrosiooni eest.

Metallide kõrgsageduskuumutamine (induktiivne) on üheks kõrgema tootlikkusega kuumutusmeetodiks ja leiab laialdast kasutamist terasdetailide termilisel töötlemisel, metallide sulatamisel ja jootmisel. Kõrgsagedusjootmise olemus seisneb selles, et detaili kuumutamist vajav osa asetatakse vahelduvasse magnetvälja, mida tekitab spetsiaalne masin- või lampgeneraatoriga toidetav induktor. Seejuures sidestub voolujuhi vahelduv magnetväli joodetava detaili väljaga. Tekib suure tugevusega pöörisvool (soojusefekt), mis kuumutab joodetavat detaili. Kõrgsagedusjootmisel on võimalik mõne sekundiga kuumutada detaili joodise sulamistemperatuurini. Seejuures tekkiv oksüdeerumine ja kaardumine on tühised. Selline kuumutamine võimaldab vahetult jälgida jooteprotsessi.

Kõrgsagedusjootmisel kasutatakse kõige enam lampgeneraatoreid väljundvõimsusega 10—60 kVA ja töösagedusega 200—600 kHz. Kõvasulamist plaatide jootmisel kasutatakse generaatorit väljundvõimsusega 6 kVA ja töösagedusega 200—250 kHz.

Joodetavad osad kuumutatakse induktoris, mis on valmistatud ümarast või ristkülikukujulisest vasktorust. Induktori kuju ja



Joon. 265. Induktorite tüübid ja jootmise näited: *a* — ühekeeruline silmusinduktor; *b* — mitmekeeruline silmusinduktor terade jootmiseks; *c* — näide detailide käsitsi perioodilise jootmise kohta (*1* — tugi; *2* — induktor; *3* — joodetavad detailid; *4* — joodis)

mõõtmed sõltuvad joodetava toote konstruktsioonist (joon. 265). Kitsa tsooni jootmiseks sobivad kõige paremini ühe keeruga induktorid. Mitme keeruga induktoreid kasutatakse suurte pindade kuumutamiseks. Kõrgsageduskuumutamisega on praktiliselt võimalik joota kõiki metalle. Ühe või teise joodise sobivust määratakse sel juhul katseliselt. Kõige universaalsemaks on vask-hõbejoodis tsingi või kaadmiumiga. Kõrgsagedusjootmisel kasutatakse tavalisi räbusteid: pehmejoodistega jootmisel tsinkkloriidilahust või kampolit, kõvajoodistega jootmisel booraksit jt.

Kõrgsagedusjootmisel sõltub kvaliteet pinna ettevalmistamisest ja puhtusest. Ühendatavad pinnad rasvatustatakse ning puhastatakse mehaaniliselt või keemiliselt mustusest, oksiididest, kattekiledest ja tagist. Seejärel kaetakse jootekohad räbustiga, õmbluse kohale asetatakse joodis ning selliselt koostatuna asetatakse induktorisse, kus toimub jootmine. Kõik kõrgsagedusjootmise viisid võib jagada kolme põhigruppi:

1) käsitsi perioodiline jootmine detaili fikseerimise või mittefikseerimisega induktoris;

2) poolautomaatne perioodiline jootmine detaili fikseerimisega induktoris;

3) automaatne pidev jootmine.

Kõige lihtsamaks kõrgsagedusjootmise viisiks on see, kui detailid asetatakse käsitsi ühekaupa induktorisse ning vool lülitatakse sisse ja välja jalapedaali abil (joonis 265, *c*).

96. LIIMLIITED

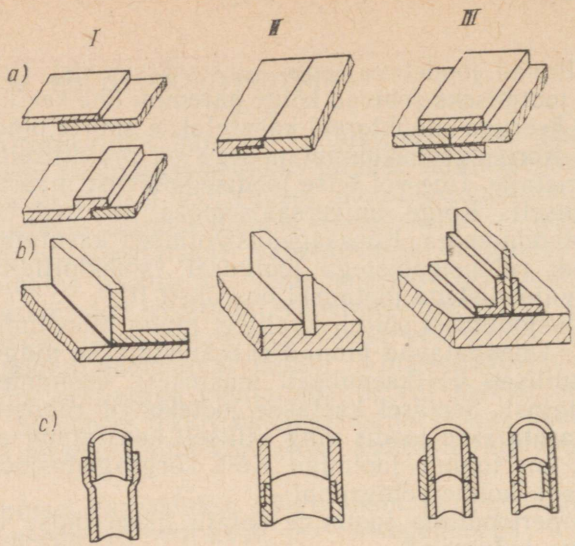
Liimimine, kui mitteliikuvate ja -lahtivõetavate ühenduste saamise viis on viimasel ajal laialdaselt levinud. Eriti kiiresti juurutatakse metallkonstruktsioonide liimimist lennukite, rakettide jt. ehitamisel. Peamiselt liimitakse plastmasse, klaasi, keraamikat, kergeid sulameid (alumiiniumi- ja magneesiumisulameid), harvemini süsinik- ja roostekindlaid teraseid, titaani jt.

Liimimise eelisteks on liimitud detailide sile välispind, liite kõrge hermeetilisus (tagab liim), kokkuhoid kaalus, väike tööjõukulu ja madal omahind — eriti õhukeseseinaliste konstruktsioonide puhul, ühendatavais elementides ei ole nõrgestavaid kohti nagu neediaugud jne.

Liimliiteid võib moodustada väga erinevalt (joon. 266). Enamlevinud on ülekatteliide ja liited katteelemendiga (plaat, puks jne.). Kasutatakse ka teistsuguseid konstruktsioone.

Liimimise tehnoloogia on lihtne, kergesti mehhaniseeritav ja automatiseeritav.

Õhukeste mittemetallist detailide tugev ühendamine on sageli võimalik ainult liimimise teel. Väga laialdaselt kasutatakse liimimisel karbinoolliimi, eriti kaliibrite ja koostamisrakiste liitmisel



Joon. 266. Liimliited: *a* — tasapinnalised; *b* — nurkliited; *c* — silindrilised
I — ülekatteliide; *II* — astmikliide; *III* — põkkliide

ning vahetatavate nugade kinnitamisel lõikeriistade külge jt. Detailide neetimise, keevitamise või jootmise asemel kasutatakse tihti liime БФ-2, БФ-4, ВК-32-ЭМ jt., kusjuures liimitud liide ei jää tugevuselt alla teistele ühendusviisidele. Kõige tugevamaid liiteid saab teras-, duralumiinium- ja malmdetailide liimimisel. Nii on piduriklotsidele pidurilindi liimimine neetimisest efektiivsem. Pidurilintide liimimist piduriklotside külge kasutatakse laialdaselt auto-traktoritööstuses. Liimiga ВС-10-М liimitakse metalle ja plastmasse, duralumiiniumi ning mitmeid terasemarke klaastekstoliidiga (tüübid КАСТ, 911, 911а, 911с jt.). Sellised liited on väga tugevad ja veekindlad.

Mittemetalsete materjalide liimimiseks metalli külge kasutatakse mitmesuguseid kuumuskindlaid liimimarke ИПЭ-9; БФК-9; ЭФ-9; К-10; К-105 jt.

Kui võrrelda kontaktkeevis- ja liimliidete tugevust, siis selgub liimimise suur eelis ja perspektiivsus masinadetailide liitmisel. Liimliite mehaaniline tugevus sõltub liimi margist ja kvaliteedist, liimitavate pindade kvaliteedist, nende tihedast liibumisest, liimikihi paksusest ja ühtlasest jaotamisest, aga samuti temperatuurirežiimi täitmisest.

Detailide liimimise tehnoloogiline protsess, sõltumata konstruktsioonidest, liimitavate materjalide ja liimimarkide erinevusest, koosneb järgmistest etappidest:

1) pinna ettevalmistamine liimimiseks;
2) pindade katmine liimiga;

3) pindade seistalaskmine pärast liimiga katmist;
4) liimitavate detailide ühendamine, liimimine etteantud temperatuuri ja rõhu juures, järgneva seistalaskmisega;
5) liite puhastamine liimijääkidest ja tugevuse kontrollimine.

Pindade ettevalmistamine liimimiseks seisneb nende omavahelises sobitamises, puhastamises tolmust ja rasvast ning vajaliku kareduse andmisest. Näiteks alumiiniumisulamid rasvatustatakse atsetoonis või töödeldakse happevannides, kus üheaegselt rasvatustamisega toimub pinna söövitamine. Happevannis töötlemine annab sellele lisaks veel kareda pinna.

Liimliite kvaliteet sõltub suurel määral pindade liimiga katmisest. Liimid võivad olla vedelad, pastakujulised või valmistatud liimivate kilede näol. Liimimisel on otstarbekad just need liimikiled, mis ei vaja spetsiaalset abinõud liimikihi paksuse reguleerimiseks. Häid tulemusi saab, kui liim kantakse pindadele pihustusseadme abil. Kuid sageli kaetakse liimitav pind käsitsi pintsli või pahtlilabidaga. Kõigil juhtudel tuleb liimiga katta ühes kindlas suunas, et õhumullid ei satuks liimikihti.

Lahusteid sisaldavaid liime tuleb pärast pinnale kandmist lasta seista. Enne pressimist on vaja liimil seista lahtiselt, et eemalduksid liimi niiskus ja lenduvad ained; seismisel omandab liim vajaliku tiheduse, vähenevad sisepinged, liimliite kahanemine ja ühes sellega tõenäosus sisepragude tekkimiseks .

Liimitavate detailide koostamine toimub spetsiaalsete rakiste ja seadmete abil. Koostamisrakises peab säilima liimiga kaetud detailide omavaheline õige asend, mis fikseeritakse kinnitusmehhanismide abil.

Peamisteks seadmeteks liimimisel on hüdraulilised või pneumaatilised pressid, vaakuumseadmed jne.

Liimi kõvastumiseks on vajalik, et detailid oleksid kõrge surve all ja paigaldatud kindla temperatuurirežiimiga ahju. Selleks kasutatakse gaasiküttega, põletitega ja elektrikuumutusega ahje, kõrgsagedusseadmeid, kuumutamist infrapunaste kiirtega jt. Erinevatel liimidel kõigub temperatuurirežiim 25°-st kuni 250° C ja üle selle. Seisuaeg erinevatel liimidel ja liimitavatel materjalidel kõigub 5 min. kuni 30 tunnini ja üle selle.

Liimliite kontrollimisele ja katsetamisele tuleb pöörata suurt tähelepanu. Kõige sagedamini esinevaks defektiks liimimisel on nn. mitteliimumine (esinevad kohad, kus ei toimunud liimumist). Kõige kaasaegsemaks liite kontrollimismeetodiks on kontrollimine ultraheliseadmetega. Real juhtudel võib liimimise kvaliteeti kontrollida luubiga, kasutades spetsiaalselt valmistatud näidiseid.

Teatavat osa liimitud detailidest katsetatakse purunemisele. Liimimise kvaliteeti loetakse rahuldavaks, kui purunemine toimus piki detaili materjali, mitte aga piki liimimiskohta.

Tinatamiseks nimetatakse detailide (toodete) pindade katmist õhukese tina- või tina-pliijoodise kihiga. Tina või selle sulam kantakse metalli pinnale ja see moodustab tinakatte.

Metallesemeid tinatatakse rooste (korrosiooni) eest kaitsmiseks, pindade ettevalmistamiseks pehmejoodistega jootmiseks ning babiidi valamiseks laagriliudadele. Vasest valmistatud esemed, eriti toidunõud ja katlad, oksüdeeruvad ja kattuvad rohelise oksiidikihiga; niisuguses nõus valmistatud toit ei ole söödav, sest oksiidid on mürgised. Kuna tina ei hapendu, siis kasutatakse seda konservipurkide, laua- ja kööginõude ning teiste toiduainete hoidmiseks ja transportimiseks mõeldud esemete kaitsmiseks korrosiooni eest. Tina kasutatakse ka raadioaparatuuri kontaktide kaitsmiseks oksüdeerumise eest, kaablite kaitsmiseks kummist elektriisolatsiooni kihis esineva väävli eest jne. Tinakatted on väga plastsed ning kannatavad hästi valtsimist, stantsimist ja tõmbamist. Tinatatud detailid on ka hästi joodetavad.

Tina ja räbustite valimine. Toidukatelde ja -nõude tinatamiseks kasutatakse puhast tina margiga 01 ja 02. Enamik konservipurke on kaetud tinaga 01, mis sisaldab 99,9% puhast tina ja 0,1% lisandeid. Mark 02 sisaldab 99,5% tina ja 0,5% lisandeid ning sellega tinatatakse toiduvalmistamiseks kasutatavaid kööginõusid ja katlaid.

Kunstiesemete tinatamiseks kasutatakse valget läikivat tinatusjoodist, mis koosneb 90%-st tinast ja 10%-st vismutist. Vähem vastutusrikaste detailide tinatamiseks kasutatakse sulamit, mis koosneb viiest osast tinast ja kolmest osast pliist. Real juhtudel kasutatakse tinatamiseks tina-pliijoodiseid.

Pindade rasvatustamine ja oksiididest puhastamine toimub soolvõi väävelhappe vesilahuses söövitamisega. Et kaitsta puhastatud pindu oksüdeerumise eest, kaetakse need tsinkkloriidi lahusega ja raputatakse üle ammooniumkloriidi pulbriga.

Tinatamismeetodid. Pindu kaetakse tinaga kuumtinatamise ja galvaanilise või kontaktsadestuse teel. Kuumtinatatakse kahel viisil: kastetakse detailid sulatina vanni või hõõrutakse tina laiali mööda eelnevalt 220 ... 250° C-ni kuumutatud pinda.

Tina võib sadestuda kas happelistest või aluselistest elektrolüütidest. Happeliste elektrolüütide koostises on järgmised ained: tinasulfaat 40 ... 50 g/l, väävelhape 50 ... 80 g/l, naatriumsulfaat 50 g/l, tehniline fenool (karboolhape) või kresool 2 ... 10 g/l, tisleriliim 2 ... 3 g/l jt. Vanni töötemperatuur peab olema 15 ... ... 25° C.

Lukksepatööde praktikas kasutatakse detailide (toodete) tinatamiseks kõige enam kastmist tinavanni või tina laialihõõrumist. Tänu lihtsusele kasutatakse kuumtinatamist laialdaselt tööstusli-

kus tootmises, real juhtudel asendab see edukalt galvaanilist tinatamist.

Kuumtinatamise protsess koosneb detaili pinna ja tina ettevalmistamisest, tinatamisest ja tinatatud pinna lõplikust töötlemisest (kuivatamisest, poleerimisest jne.).

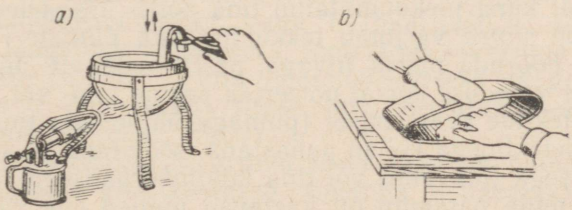
Pindade ettevalmistamine tinatamiseks seisneb nende hoolikas puhastamises mustusest, rasvadest ja oksiididest, mis takistavad tina ühtlast ja tugevat ühinemist tinatatava metalliga. Kasutatakse mehaanilist ja keemilist puhastamist.

Mehaaniline puhastamine seisneb detaili pinna läikimalöömises kaabitsate, viilide, abrasiivriide, mehaaniliste harjade jt. abil.

Pindade keemiline ettevalmistamine seisneb metalli pinna söövitamises hapetega. Terasest, vasest ja messingist detaile hoitakse tavaliselt 15...20 minutit 20...30%-lise väävelhappe vesilahuses. Vasest ja messingist detaile võib söövitada lahusega, mis sisaldab 10% väävelhapet, 5% kaaliumdikromaati ja 85% vett. Söövitamiseks kasutatakse klaasist, metallist või emaileeritud vanne jt.; söövitatavaid pindu hoitakse sellises lahuses 1,5...2 min.

Pärast söövitamist pestakse detail voolavas vees, pinnad puhastatakse märja liivaga, pestakse uuesti kuumas vees, pühitakse puhtaks ja kuivatatakse. Et kaitsta puhastatud pindu oksüdeerumise eest, kaetakse need tsinkkloriidi lahusega ja raputatakse üle ammooniumkloriidi pulbriga.

Tinatamisvõtted. Tinatamine tinavanni kastmisega seisneb selles, et tinatamiseks ettevalmistatud detail kastetakse alguses tsinkkloriidi vanni, võetakse sealt tangide, näpitsate või spetsiaalsete konksude abil välja ning kastetakse vahetult sulatina vanni, kus detaili hoitakse 2...3 min. (joon. 267, *a*). Seejärel võetakse tinatatud detail vannist välja ning raputatakse üleliigne tina maha. Kuni detail on kuum, hõõrutakse seda ammooniumkloriidiga kaetud takkudega, et saada ühtlast, poorideta ja siledat tinapinda. Pärast jahtumist pestakse detail



Joon. 267. Tinatamise võtted: *a* — tinatamine sissekastmisega; *b* — tinatamine laialihõõrumisega

vees ja kuivatatakse. Häid tulemusi annab kuivatamine saepuruga.

Vaatleme tinatamisprotsessi konkreetse näite varal. Oletame, et meil on vaja tinatada kolme kaheliitrilise paagi sise- ja välispinnad. Sellisel juhul koosneb tinatamine neljast etapist.

Esimene etapp — puhastatakse paagid ja valmistatakse rasvatustamiseks 10%-line naatriumhüdroksiidi (seebikivi) lahus. Kuumutatakse lahus 70...80° C-ni. Seejärel pannakse paagid ühekaupa või korraga rasvatustamisvanni ja hoitakse seal, sõltuvalt paakide mustusest, 15...20 min. Vannist võetud paagid pestakse ja kuivatatakse soojusallika kohal.

Teine etapp — raiutakse tina väikesteks tükkideks, pannakse vanni ja kuumutatakse sulamiseni.

Kolmas etapp — valmistatakse 5...7%-line soolhappe lahus, kuumutatakse see 35...40°-ni, pannakse paagid vanni ja hoitakse seal 30...40 min.

Pärast söövitamist pestakse paagid hoolikalt voolavas vees ja kuivatatakse.

Neljas etapp — valmistatakse räbusti (25%-line tsinkkloriidi lahus) ja pannakse paagid räbustisse. Seejärel võetakse need üksteise järel tsinkkloriidi vannist välja ja lastakse aeglaselt sulatina vanni. 2...3 minuti pärast võetakse paak vannist välja, raputatakse, hõõrutakse ammooniumkloriidiga kaetud takkudega, et eemaldada üleliigne tina ja saada ühtlane ning ilma poorideta sile pind. Pärast seda paagid pestakse ja kuivatatakse saepuruga.

Laialihõõrumisega tinatamisel kaetakse detaili ettevalmistatud pind tsinkkloriidi lahusega, raputatakse üle ammooniumkloriidi pulbriga ja kuumutatakse ühtlaselt jootelambi leegiga või puusöega köetaval ääsil. Kui tsinkkloriid hakkab keema, kantakse pinnale tinatükikesed või -pulber. Puutudes kokku kuumutatud detaili pinnaga, tina sulab ning ta hõõrutakse kohe ammooniumkloriidiga kaetud riidelapi või takuga laiali.

Tina tuleb hõõruda kiiresti, minnes üle ühelt kaetava pinna osalt teisele (joon. 267, *b*).

Tinatamisprotsessi käigus tuleb tähelepanelikult jälgida metalli kuumutamist, kuna ülekuumutatud tina põleb ära. Ülekuumutuse tunnuseks on sinise varjundi tekkimine tina pinnale. Tinatatud pindu tuleb hõõruda märja liivaga, pesta hoolikalt puhtas vees, kuivatada ja vajaduse korral poleerida pehme lapi- või flanelliga.

Tinatusdefektide avastamisel (pinnaga ühinemata tina, poorsus jne.) tuleb defektidega kohad puhastada, söövitada ja uuesti tinatada kastmisega tinavanni või tina laialihõõrumisega. Tuleb meeles pidada, mida paremini on kaetavad pinnad ette valmistatud, seda ühtlasem ja tugevam on tinakiht.

Liugelaagrite pöörlevate osade (võllide, telgede jt.) hõõrdumise vähendamiseks valmistatakse laagriliuad või ka terved laagrid antifriktsioonsetest materjalidest: malmist, pronksist jt. Suurte koormustega töötavate laagrite liuad kaetakse babiidiga.

Laagriliudade babiitkatte valamine koosneb kolmest operatsioonist: pinna ettevalmistamisest valamiseks, valamisest ja babiidiga kaetud laagrite kvaliteedi kontrollimisest.

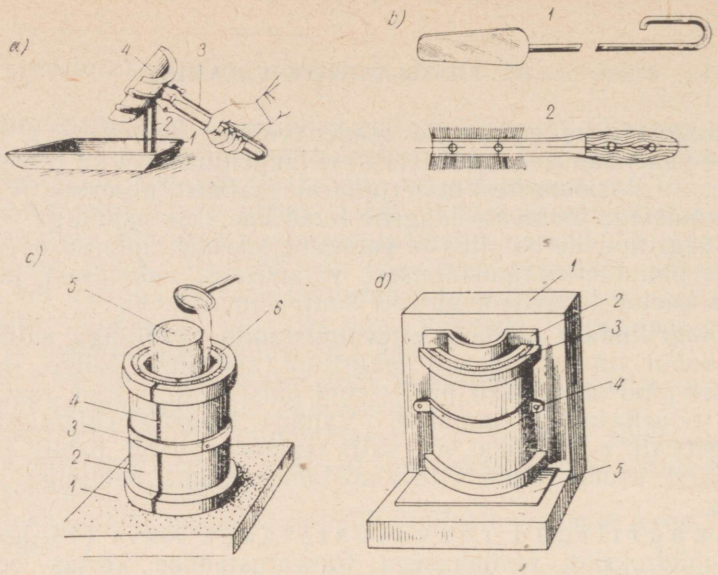
Laagriliudade pindade ettevalmistamine babiidiga valamiseks. Et babiit liituks tugevalt laagriliua sisepinna külge, on vaja, et see pind oleks hästi puhastatud mustusest, pestud, rasvatustatud, söövitatud ja tinatatud. Vanade laagrite valamisel tuleb kõigepealt eemaldada või välja sulatada vana babiit ja alles seejärel asuda pinna ettevalmistamisele uue babiidiga valamiseks.

Laagriliuad rasvatustatakse keeva 10%-lise naatriumhüdroksiidi vesilahusega. Rasvatustamise kestus on 2... ...3 min. Pärast seda pestakse laagriliuad alguses tulises, seejärel külmas voolavas vees, et täielikult eemaldada pinnalt leelise jäägid.

Pärast rasvatustamist söövitatakse laagreid 50%-lise soolhappe või 15%-lise väävelhappe vesilahuses. Söövitatakse keraamilistes või pliiga kaetud metallvannides. Söövitamise kestus sõltuvalt lahuse kangusest on 3...5 min. Söövitamise tagajärjel tekivad laagriliua pinnale üliväikesed konarused, mis soodustavad babiidi tugevamat liitumist laagriliua külge. Pärast söövitamist tuleb laagreid pesta kuumas 10%-lises naatriumhüdroksiidi lahuses, et eemaldada happejäägid, ning seejärel kuumas vees leelise jääkide kõrvaldamiseks. Hästi söövitatud ja pestud laagripind on ühtlase valge värvusega. Söövitatud ja pestud laagri sisepindu ei tohi katsuda käega.

Laagriliuad tinatatakse joodise ПОС-30 laialihõõrumisega või kastmisega sulajoodise vanni. Teist moodust kasutatakse peamiselt seeria- ja masstootmises. Tinatamisel laialihõõrumisega on vaja järgmised vahendid: joodisevarras, räbusti, ammooniumkloriidi pulber, vann *1* (joon. 268, *a*) koos toega *2*, tangid *3* laagriliua hoidmiseks, jootelamp laagriliua kuumutamiseks, tinatuslabidas *1* tina laialihõõrumiseks laagri pinnal ja asbesthari *2* (või takud) liigse tina eemaldamiseks tinatatud laagri pinnalt (joon. 268, *b*).

Seejärel asetatakse laagriliud toele nagu on näidatud joonisel 268, *a*, tinatatav pind kaetakse räbustiga ja hakatakse jootelambi leegiga laagrit kuumutama. Kui saavutatakse vajalik temperatuur, kantakse joodisevardaga laagriliua pinnale joodisekiht. Joodis hõõrutakse tinatuslabidaga ühtlaselt laiali; kohtadele, kus joodis maha jooksis pannakse uuesti räbustit ja kaetakse tinaga. Liigne



Joon. 268. Laagriliudade ettevalmistamine valamiseks ja valamine: *a* — liua ettevalmistamine tinatamiseks; *b* — labidas ja asbesthari joodise jaotamiseks tinatataval pinnal; *c* — liua ettevalmistamine valamiseks ja valamine; *d* — ühe laagripoole valamine vertikaalasendis

tina raputatakse laagriliualt maha ning tinatatud pinda hõõrutakse ammooniumkloriidiga kaetud taku või asbestharjaga.

Kulunud laagriliudadest on vaja vana babiit välja sulatada. Selleks kuumutatakse laagriliudu kas jootelambiga või ahjudes. Esimesel juhul asetatakse laagriliud spetsiaalse hoideklambriga vanni kohale ja kuumutatakse ühtlaselt jootelambi leegiga laagriliua tagumist pinda. Jootelambi leeki ei tohi suunata otse babiidile. Kui laagriliud on küllaldaselt kuumenenud, sulab babiit laagri puutepinnal ning kukub vanni.

Uue babiidi sulatamine laagriliudadesse valamiseks toimub kas metall- või süsi-grafiittiiglites. Et lühendada babiidi sulamisaega ja vähendada šlaki tekkimist, tuleb babiiditükid panna eelnevalt kuumutatud tiiglisse. Babiidi kuumutamine vajaliku temperatuurini peab toimuma võimalikult kiiresti. Sulababiidi pind kaetakse oksüdeerumise vältimiseks 20 ... 30 mm kuiva puusõe kihiga (5 ... 10 mm läbimõõduga tükikestest).

Valamise momendil peab babiidi temperatuur olema 50 ... ... 70° C kõrgem sulamistemperatuurist. See on vajalik babiidi voolavuse säilitamiseks temast külmema laagriliuaga kokkupuutumisel ning vormi heaks täitumiseks.

Töövõtted laagriliudade valamisel. Valamiseks ettevalmistatud laagriliuad *2* (joon. 268, *c*) ühendatakse komplekti. Laagrite kokkupuutepindade vahele pannakse kaks asbestist või plekist vahe-

riba *4*, et laagriliuad valamisel kokku ei sulaks. Seejärel kinnitatakse laagripooled klambriga *3*, asetatakse liivast alusele *1* või spetsiaalsesse kruustangidesse kinnitatud valamisrakisesse. Laagriauku pannakse puukork *5*, mille läbimõõt on 3...5 mm väiksem laagri siseläbimõõdust. Valamisrakise ja laagriliudade kõik pilud ja augud kaetakse savist vööga *6*, et takistada sulababiidi väljavoolamist valamisel. Seejärel valatakse babiit laagriliudadesse.

Laagrite valamiseks kasutatakse valulusikaid, mille maht peab olema küllaldane pidevaks valuks. Sulababiiti tuleb valada lühikese jämeda joana; pika ja peene joaga valamisel võivad jahtunud babiidis tekkida praod.

Iga kord enne lusika pistmist babiiditiiglisse tuleb söe- ja šlakikiht kõrvale lükata. Babiidi võtmisel peab jälgima, et lusikasse ei satuks söe- ja šlakiosakesi. Kui sellised osakesed peaksid siiski lusikasse sattuma, tuleb valada babiit laagriliudadesse nii, et šlakk ja süsi lusikasse jääksid. Kui babiit hakkab hanguma, tihendatakse teda haamrilöökidega.

Sageli tuleb lukksepal valada babiiti üksikutesse laagriliudadesse. Sellisel juhul asetatakse laagriliud horisontaalasendisse kahe plaadi vahele või vertikaalselt nurgikule. Klambriga kinnitõmmatud plaatide ja laagriliua otste vahele asetatakse asbesttihendid ning liua tühemikku metallkork, mille otsad toetuvad külgplaatide aukudesse. Korgi ja laagriliua vahele jääb pilu, mille paksus võrdub valatava babiidikihi paksusega.

Laagriliua vertikaalse asendi puhul kasutatakse korgi asemel metallist südamikku *2* (joon. 268, *d*), mida lukksepal on lihtne plekist valmistada. Laagriliua alla pannakse asbesttihend *5* ning laagriliud kinnitatakse klambriga *4* nurgiku *1* külge.

Valandi kvaliteedi kontrollimine. Valandi kvaliteeti kontrollitakse välise vaatluse ja kõla järgi. Laagriliua valatud pind peab olema sile, hõbedase värvusega, ilma mustade laikude ja kollaste täppideta. Laagriliua pinna kollane läige või kollane laik on babiidi ülekuumutuse tunnuseks. Kõlblikeks loetakse laagriliudu, kus pragude maht valatud babiidis ei ületa 5% üldmahust.

Kõla järgi kontrollimisel riputatakse laagriliud üles ja lüüakse kergelt haamriga — puhas metalne kõla tähendab, et babiit on laagriliuaga hästi ühinenud, klirisev või tuhm kõla aga seda, et ühinemine on mittetäielik.

99. OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD JOOTMISEL, TINATAMISEL JA LAAGRITE VALAMISEL.

Jootmine ja tinatamine on ohtlikud peamiselt selletõttu, et kasutatakse mürgiseid kemikaale (leeliseid ja happeid). Sattudes inimese kehale võivad happed ja leelised põhjustada mitmesuguse tugevusega keemilisi põletushaavu. 2. ja 3. astme põletushaavad

ei kasva kaua kinni ja on väga valusad. Happe sattumine silma võib põhjustada nägemisvõime kaotuse. Mürgised ja tervisele ohtlikud on ka hapete ja leeliste aurud.

Kuna happed ja leelised on väga ohtlikud, tuleb nendega töötamisel rangelt täita kõiki ohutustehnika eeskirju. Klaaspudeleid happe ja leelisega tuleb hoida puukastides või punutud korvides, millel on laastudest või paberist pehme vooderdis. Jootmisel kasutatakse tavaliselt ainult lahustatud happeid. Lahustamisel tuleb hapet vette valada peene joana, lahust pidevalt segades; **mingil juhul ei tohi valada vett happesse.** Vaja on teada selle eeskirja mõtet. Vee ühinemisel happega tekib äge keemiline reaktsioon, kus eraldub palju soojust. Kui happesse satub suur kogus vett, kuumeneb see silmapilkselt kõrge temperatuurini ja muutub auruks. Toimub plahvatus ja hape visatakse anumast välja. Kõige parem on lahuseid valmistada tõmbekappides või vabas õhus kerge tuule käes, mis viib happe mürgised aurud inimestest eemale.

Jootmisel tuleb alati kasutada tugevasti kuumutatud tööriista — jootekolbi. Jootekolvi puhastamisel ammooniumkloriidis eralduvad mürgised gaasid, mille sissehingamine on äärmiselt kahjulik. Jootmisel eraldub suures koguses kahjulikke hapete, leeliste ja ammooniumkloriidi aure; seetõttu peab ruumides, kus toimub jootmine, olema otsetõmbeventilatsioon.

Lukksepp peab olema ettevaatlik ka jootekolvi kuumutusseadmetega. Jootelampe ei tohi täita bensiini, gasoliini või mõne teise kergeltsüttiva vedelikuga. Selleks võib kasutada ainult petrooleumi. Petrooleum tuleb lampidesse valada eraldi ruumis. Petrooleumi ei tohi lampi valada üle kolmveerandi selle mahust. Ohtlik on lampi pumbata liiga palju õhku.

Jootelampi võib süüdata ainult spetsiaalselt selleks määratud ja kohandatud kohas, mis on kolmest küljest piiratud metallekraanide või tellistest seintega. Väga tähtis on, et süüdatava lambi ees oleks kaitseekraan, kuna mittekülllaldaselt kuumenenud petrooleum paiskub lambist välja põleva joana, mis võib tekitada töölistel põletushaavu või tulekahju.

Tinatamise või laagrite valamise ajal babiidiga on tegemist sulajoodise ja -babiidiga. Nendega ettevaatamatu ümberkäimine võib põhjustada raskeid põletushaavu. Vaja on kanda kaitsekindaid ja -prille.

Võimalike süttimiste kustutamiseks jootmise, tinatamise ja laagrite babiidiga valamise juures peab lukksepa töökoha lähedal olema tingimata tulekustuti ja liivakast.

XV PEATÜKK

TEHNOLOOGILINE PROTSESS

100. TEHNOLOOGILISE PROTSESSI MÕISTE

T o o t m i s p r o t s e s s on inimeste ja masinate tegevuse kogum materjali või pooltoodete muutmisel valmistoodanguks.

T e h n o l o o g i l i s e k s p r o t s e s s i k s nimetatakse materjali või pooltoote kuju, mõõtmete, pinnakaredust, pinna välisilme ja omaduste järkjärgulist muutmist töötlemisele saabumise momendist kuni valmisdetaili või -toodangu saamiseni.

Järelikult on tehnoloogiline protsess tootmisprotsessi üheks osaks.

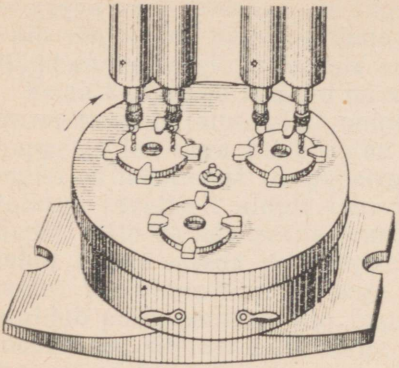
Masinatehastes kuulub tootmisprotsessi hulka rida tehnoloogilisi protsesse, näiteks valamine, sepistamine ja stantsimine, mehaaniline töötlemine, termiline töötlemine, pinnakatmine ja koostamine.

Teaduslikele ja praktilistele alustele rajatud meetodite ja võtete kogumit, mida kasutatakse materjali muutmiseks antud tootmise valmistoodanguks, nimetatakse selle tootmise t e h n o l o o g i a k s.

Tehnoloogiline protsess määrab kindlaks detailide töötlemise järjekorra ja töötlemisviisid; vajalikud seadmed; rakised ja tööriistad sõltuvalt valitud töötlemisviisist; töötlemisrežiimi ja -aja; detailide kvaliteedi kontrollimise vahendid ja meetodid.

Tehnoloogilise protsessi koostisosad. Iga detaili töötlemiseks on kindel tehnoloogiline protsess, mis omakorda koosneb reast operatsioonidest.

O p e r a t s i o o n — ühe või mitme detaili töötlemise tehnoloogilise protsessi terviklik osa, mida teeb pidevalt ühel töökohal kuni üleminekuni järgmise detaili töötlemisele üks tööline või brigaad. Kui näiteks lukksepale on ülesandeks tehtud detaili pind



Joon. 269. Aukude töötlemine kolmepositsioonilise pöördrakise abil

jäme- või peenviiliga üle viilida ja kisud servadelt eemaldada, siis kõik need kolm toimingut moodustavad ühe operatsiooni.

Sõltuvalt detailide partii suurusest, nende konstruktsioonist, antud ettevõtte tootmise organiseerimise tasemest ja tehnika kasutamisest võib operatsioon olla kompleksne või liigendatud. Näiteks individuaaltootmise korral koostab tihtipeale üks tööline ühel töökohal täielikult toote selleks ettenähtud detailidest, kusjuures see planeeritakse ja arvestatakse ühe operatsioonina. Suurseeria- ja masstootmises jaotatakse see töö terveks reaks väikesteks iseseisvateks operatsioonideks, mis tehakse erinevate tööliste poolt erinevatel töökohtadel.

Mida töömahukam ja keerulisem on operatsioon, seda kõrgem peab olema töölise kvalifikatsioon. Ja vastupidi, mida rohkem on töömahukas operatsioon liigendatud väikesteks, seda kõrgem on töö tootlikkus ja madalam detaili töötlemise maksumus. Suure operatsiooni tükeldamine võimaldab töölisel paremini kohaneda lihtsate ühesuguste töövõtetega ja kasutada spetsiaalseid abinõusid. Operatsioon jaotatakse koostisosadeks, mille arv ja koosseis muutub sõltuvalt nende täitmise viisidest ja mahust. Operatsiooni põhilisteks koostiselementideks on ülesseade, positsioon, siire, läbim ja võte.

S i i r e — operatsiooni osa, mida tehakse ilma tööriista vahetamata ja ilma töödeldava detaili ümberasetamiseta (tööpingil, kruustangides, rakises), kusjuures töötlemisrežiim on muutumatu.

Näiteks detaili pinda töödeldakse algul jämeviiliga, seejärel aga peenviiliga. Jämeviiliga töötlemine on siis esimeseks siirdeks, peenviiliga töötlemine aga teiseks siirdeks. Siire jaguneb omakorda läbimiteks.

Ü l e s s e a d e k s nimetatakse operatsiooni osa, mis sooritatakse detaili või grupi üheaegselt töödeldavate detailide ühe kinnitusega kruustangides, rakises või tööpingil.

P o s i t s i o o n i k s nimetatakse operatsiooni osa, mis sooritatakse tooriku ühe kinnitusega ja tema muutumatu asendiga pingi

tööorganite suhtes. Detaili positsioonilise töötlemise näiteks võib võtta aukude puurimise ja nende keermetamise operatsioonide tegemise kolmepositsioonilise pöördrakise abil, mis on kujutatud joonisel 269. Esimeses positsioonis detail kinnitatakse; pärast rakise pööramist teise positsiooni puuritakse augud ning detaili järgmises asendis toimub keermetamine.

Tehnilise normeerimise eesmärgil jaotatakse tööprotsess töövõteteks. Töövõte on töölise kindel terviklik tegevus (näiteks detaili kinnitamine kruustangide vahele, rauasae võtmine, saelehe asetamine märkjoone järgi õigesse kohta jne.).

Lähteandmed tehnoloogilise protsessi projekteerimiseks. Tehnoloogilise protsessi väljatöötamiseks on vajalikud järgmised andmed:

1) detaili joonis ja selle valmistamise tehnilised tingimused;
2) tooriku (valand, sepis jne.) joonis;
3) detailide (toodete) väljalaskeplaan aastas kuude lõikes;
4) andmed töökodades olevate seadmete kohta (passid, kataloogid, andmed töökohtade paigutuse ja koormatuse kohta).

Tehnoloogilise protsessi projekteerimisel kasutatakse ka teatmematerjale: operatsioonide töötlemisvarude ja tolerantside normaalid, tööriistade kataloogid, materjalide sortimentide standardid, normeerimisnormatiivid jne.

Õige ja ratsionaalse (otstarbeka) tehnoloogilise protsessi väljatöötamisel on eelnevalt vajalik igakülgselt tutvuda joonisega ja antud detailile esitatavate nõuetega (materjal, kuju, mõõtmed, töötlemistäpsus, pinnakaredus, termiline töötlemine jne.).

101. BAASID JA NENDE VALIK

Sõna baas tuleb kreekakeelsest sõnast *basis* — alus.

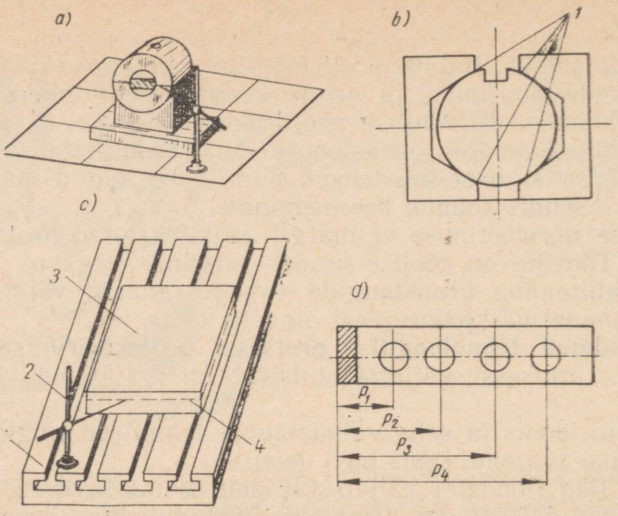
Masinaehituse tehnoloogias eristatakse konstruktori-, tehnoloogilisi ja montaažibaase.

K o n s t r u k t o r i b a a s i d e k s nimetatakse punkte ja jooni joonisel, millest lähtudes annab konstruktor pindade mõõtmed või määrab nende vastastikuse asendi. Enamikul detailide tööjoonistel võetakse konstruktoribaasideks need jooned, mis vastavad detaili asendile teiste antud sõlme või mehhanismi detailide suhtes määravatele pindadele.

Tööjoonisel peavad mõõtmed olema antud selliselt, et neid oleks kerge selle joonise järgi valmistatud detaili peal mõõta.

Enne kui hakatakse mingit detaili töötlema, tuleb läbi mõelda operatsioonide ja siirete järjekord, s. t. koostatakse töötlemisplaan. Esimeses järjekorras määratakse kindlaks tehnoloogilised baasid.

T e h n o l o o g i l i s e d b a a s i d jagunevad ülesseade- ja mõõtebaasideks.



Joon. 270. Baaspinnad: *a* — baaspind märkimisel; *b* — ülesseadebaasid võllile aukude puurimisel; *c* — kontrollbaas; *d* — mõõtebaas

Ülesseadebaasiks nimetatakse pindasid, millega töödeldav detail kinnitatakse kruustangide vahele või tööpinki. Lukksepatöödel on kruustangide vahele kinnitatava detaili ülesseadebaasiks seega kruustangide pakkidega kokkupuutuvad pinnad. Võlli sisse augu puurimisel kinnitatakse võll treitud välispinnaga kruustangide vahele. See pind ongi antud juhul baaspinnaks (joon. 270, *b*).

Individuaaltootmise tingimustes, kui spetsiaalsete rakiste (tööabinõude) kasutamine ei ole rentaabel (ökonoomne), kasutatakse detailide ülesseadmisel töötlemiseks rihtimist. Näiteks märgitud tasapinna töötlemisel asetatakse töödeldav detail *3* pingi töölauale *1* (joonis 270, *c*). Detaili vajalik asend saadakse risnuse *2* abil rihtimisega märkjoone *4* järgi. Sel juhul on ülesseadebaasiks mitte pingi töölauale toetuv detaili pind, vaid märkjoon *4*, mille järgi toimub detaili ülesrihtimine. Niisugust ülesseadebaasi nimetatakse kontrollbaasiks.

Mõõtebaasiks nimetatakse pindasid, millest toimub mõõtmete lugemine detaili mõõtmisel või märkimisel (joonis 270, *d*). Ülesseadebaas ühtib sageli mõõtebaasiga; nendel juhtudel mõõdetakse lähtudes ülesseadebaasist. Märkimisel asetatakse toorik baaspinnaga märkimisplaadile.

Koostamisbaasiks nimetatakse neid pindasid, mille järgi toimub detaili orienteerimine teiste koostatava masina detailide suhtes.

Ülesseadebaaside ja baaspindade valik toimub tehnoloogilise protsessi projekteerimise algul koos töötlemisviiside ja töötlemise

järjekorra kindlaksmääramisega. See on tehnoloogilise protsessi tähtsaim küsimus, mis määrab töötlemise tegeliku täpsuse, töödeldavate tasapindade vastastikuse asendi õigsuse, rakiste, lõike-, mõõte- ja abiriistade konstruktsiooni, töötlemisprotsessi tootlikkuse jne.

Algul määratakse detaili joonise järgi ülesseadebaas, millest lähtudes töötlemine läbi viiakse; seejärel tehakse kindlaks operatsioonide, siirete jne. järjekord töötlemisel.

Detaili täpseks ülesseadmiseks ja kindlaks kinnitamiseks rakisesse (tööabinõusse) peab ülesseadebaas olema küllaldaselt suurte mõõtmetega, omama vajalikku täpsust ja pinnapuhtust. Baaspindadena ei tohi näiteks kasutada selliseid pindasid, millel esinevad valukanalid või valupead, vormimiskasti ja pressvormi ühenduskohtadest tingitud õmblused jne.

102. DETAILIDE TÖÖTLEMISVIISI JA TÖÖTLEMISE JÄRJEKORRA VALIK

Ühe või teise juhu jaoks ratsionaalsema töötlemisviisi määramisel võetakse arvesse tootmise tüüp (individuaal-, seeria- või masstootmine), joonise ja tehniliste tingimustega määratud töötlemistäpsus ja pinnakaredus, samuti töödeldavate pindade ja detailide kuju ja mõõtmed.

Individuaaltootmise tingimustes kasutab lukksepp universaalseid kontrollmõõteriistu (joonlaud, välismõõdik, nurgik, nihkmõõdik jt.), töötab mehhaniseeritud käsimasinate, lihvmasinatega jne. Kui näiteks on vaja valmistada kolm kahepoolset mutrivõtit, siis töötleb lukksepp sepistatud toorikuid tehnoloogiaga kindlaks määratud järjekorras.

Teine asi on siis, kui selliseid võtmeid tuleb valmistada suurte partiidena. Sel juhul saab lukksepp toorikud kas stantsitud või valatud kujul. Antud juhul seisneb lukksepatöö viimistlemises ja kraadide eemaldamises. Käsitöö on siin suurel määral mehhaniseeritud, kasutatakse spetsiaalseid tööabinõusid ja tööriistu.

Masstootmist iseloomustab toodete valmistamine ja väljalaskmine vahetatavuse printsiibi alusel, seadmete asetamine tehnoloogilise protsessi järgi, töö organiseerimine pideva vooluna ja lihtsamate operatsioonide maksimaalne spetsialiseerimine.

Kindlaks määranud töötlemise järjekorra ja operatsioonide plaani, toimitakse järgmiselt. Esimeses järjekorras sooritatakse operatsioonid, millega kaasneb suure töötlemisvaru eemaldamine. Viimistlusoperatsioonid määratakse töötlemisprotsessi lõppu, selleks et kaitsta puhtalt töödeldud pindasid vigastamiste eest, vältida nende mõõtmete muutumist ja tagada detaili asendi õigsus teiste tasapindade suhtes.

Tehnoloogiliste protsesside väljatöötamisel individuaal- ja

väikeseeriatootmise tarvis valitakse peamiselt universaalsed rakised, mis sobivad mitmesuguste tüüpmõõtmetega detailide kinnitamiseks. Suurseeria- ja masstootmises kasutatakse spetsiaalseid, tihti mitmekohalisi, kiiresti toimivaid rakiseid, mis tagavad kõrge tööviljakuse. Näiteks suurtes kogustes valmistatavate detailide töötlemisel kruustangide vahel kulutatakse palju aega kruustangide mokkade lahti- ja kinnikeeramiseks. Sellisel juhul on otstarbekas kasutada pedaalkinnitiga mehhaniseeritud kruustange, näiteks pneumokruustange.

Detailide valmistamisel tuleb alati valida kõige sobivam lõike- ja mõõteriist. Näiteks, kui detaile ei ole palju ja nende täpsus ei ületa kolmanda täpsusklassi nõudeid, siis kasutatakse nende mõõtmiseks nihkmõõdikut; suure koguse ühesuguste detailide korral tuleb nende mõõtmiseks ja kontrollimiseks kasutada šabloone, kaliibreid ning isegi spetsiaalseid mõõteriistu ja aparaate, mis tagavad vajaliku mõõtmistäpsuse.

103. TEHNOLOOGILINE DOKUMENTATSIOON JA TEHNOLOOGILINE DISTSIPLIIN

Tehase peatehnoloogia- või tsehhi tehnoloogiaosakonna poolt väljatöötatud detailide töötlemise, sõlmede ja masinate koostamise tehnoloogiline protsess kirjutatakse erilistele kaartidele, mida nimetatakse tehnoloogilisteks kaartideks. Niisugused kaardid on põhiliseks tehnoloogiliseks dokumendiks. Sõltuvalt tootmistüübist (individuaal-, seeria- või masstootmine) on ka tehnoloogilised kaardid erinevad.

Individuaal-, vahel ka väikeseeriatootmise korral vormistatakse tehnoloogilised kaardid marsruudi järgi — marsruutkaardid, kus on loetletud kõik operatsioonid ja näidatud nende tegemise järjekord. Suurseeria- ja masstootmise puhul koostatakse tehnoloogilised kaardid antud detaili töötlemise igale operatsioonile. Niisugused operatsioonikaardid sisaldavad kõik vajalikud andmed detailide töötlemiseks või kontrollimiseks antud operatsioonil.

Tehnoloogilistele kaartidele kantakse andmed:

1) töödeldavast detailist;
2) detaili toorikust (materjal, millest toorik on valmistatud, sordimetalli mõõtmed, kui seda kasutati toorikuna jt.);
3) operatsioonide ja siirete nimetused ning järjekorranumbrid;
4) seadmestikust;
5) rakistest ja tööriistadest (nende nimetused, mõõtmed või šifrid);
6) töötlemisrežiimist;
7) töötlemiseks kuluva aja kohta elementide kaupa ja nende summa;
8) tööjärkudest operatsioonide kaupa.

Mehaanilise töötlemise ja lukksepatööde tehnoloogiliste protsesside väljatöötamisel valmistatakse sageli töötlemiseskiisid operatsioonide kaupa.

Õigesti koostatud tehnoloogiline protsess kindlustab seadmestiku, tööriistade ja rakiste kõige täielikuma ärakasutamise. Niisuguse tehnoloogilise protsessi puhul toimub töötlemine kõige optimaalsemate režiimidega.

Tehnoloogiliste kaartide tähtsus tootmises on väga suur. Need on lähtedokumentideks tootmise ettevalmistamisel, töö planeerimisel, jaotamisel ja organiseerimisel tsehhis ning tehases, tootmise varustamisel materjalide, toorikute, rakiste ja tööriistadega. Tehnoloogiliste protsesside juhtimisega tegelevad ettevõtte, tsehhi, osakonna tootmisorganid. Tehnoloogilised kaardid on tööjuhisteks nii meistrile kui ka töölisele.

Tehnoloogilistele kaartidele vormistatud tehnoloogiliste protsesside kõrvalekaldumatut ja ranget täitmist nimetatakse *tehnoloogiliseks distsipliiniks*. Tehnoloogiline kaart on tootmise põhidokumendiks ja seal märgitu on kohustuslik kõikidele isikutele, kes võtavad osa detailide valmistamisest, sõlmede ja masinate koostamisest.

Tehnoloogilise distsipliini all mõistetakse mitte ainult tehnoloogilistes kaartides ettenähtud töötlemise plaanist ja järjekorrast kinnipidamist, vaid ka kõikide tehniliste tingimuste täitmist. Range tehnoloogiline distsipliin kindlustab tootmise normaalse käigu, toodangu kõrge kvaliteedi, selle vahetatavuse, kõrge töötootlikkuse, praagi vähenemise ja toodete omahinna alanemise.

Tehnoloogilisele distsipliinile omistatakse meie maal eriti suurt tähtsust ja selle rikkumine on keelatud. Kord väljatöötatud tehnoloogiline protsess aga ei kujuta endast midagi muutumatut või puutumatut, see peab pidevalt uue tehnika ja tootmise eesrindliku tehnoloogia baasil täiustuma. Detailide valmistamisel võib nende töötlemine toimuda mitmesugusel viisil ja mitmesuguste tööriistadega, täiesti erikujuliste mehhaniseeritud seadmete ja rakiste abil. Kui hästi ja kiiresti see või teine operatsioon ka ei toimuks, ometi on alati võimalik välja mõelda veel paremat, veel suurema tootlikkusega töötlemisviisi, s. t. veel progressiivsemat tehnoloogilist protsessi.

Tehnika kaasaegse taseme juures omab erilist tähtsust teaduse loominguline side tootmisega — novaatorite, ratsionaliseerijate ja leiutajate osa, kes aitavad palju kaasa tehnoloogiliste protsesside täiustamisele. Kuid vajalikke parandusi (muudatusi) tehnoloogilistesse kaartidesse võivad sisse viia ainult ettevõtte tehnoloogilise teenistuse töötajad. Seepärast loetakse omavolilist tehnoloogia muutmist töölise, meistri jt. poolt tehnoloogilise distsipliini rikkumiseks.

104. LUKKSEPA TÖÖRIISTADE VALMISTAMISE TEHNOLOOGILINE PROTSESS

Pärast põhiliste võtete ja operatsioonide selgeks õppimist tuleb neid lukksepa tööks vajalikke võtteid kinnistada terve rea komplekstööde tegemisega (tehtavate tööde keerukus peab pidevalt kasvama). Komplekstööde hulka kuulub detailide ja toodete valmistamine, mille käigus teeb lukksepp rea operatsioone, näiteks märkimine, puurimine, viilimine, neetimine jt. Niisuguste tööde hulka kuulub lukksepa tööriista valmistamine, samuti ka üksikute sõlmede ja masinaelementide valmistamine.

Komplekstöid peab tegema jooniste ja tehnoloogiliste kaartide järgi ranges vastavuses tehnilistes tingimustes esitatud nõuetele.

Õppe-tehnoloogilised protsessid lukksepa tööriistade valmistamiseks on olemas igas kutsekoolis ning neid tulebki kasutada märgitud tööde tegemisel.

Lisa

LUKKSEPATÖÖDE OHUTUSTEHNIKA INSTRUKTSIOON

Lukksepa tootmistegevus nõuab tööde erineva iseloomu ja erisuguste tingimuste tõttu erilist tähelepanelikkust, töötamisel kasutatavate seadmete igakülgset tundmist.

Tootmisülesannete täitmisel tuleb lukksepal kasutada mitmesuguseid tööriistu (mehhaniseeritud, elektrilised, pneumaatilised), samuti tööpinke puurimiseks, teritus- ja teisteks töödeks, mitmesuguseid rakiseid, mehhanisme ning tõste- ja transpordivahendeid.

Tööde iseloom nõuab lukksepalt ohutustehnika reeglite head tundmist ja nendest ranget kinnipidamist.

Iga lukksepp peab hästi teadma ja rangelt täitma kõiki nõudeid, mis on toodud antud ohutustehnika instruktsioonis, administratsioon aga peab tagama töökoha koos kõige vajalikuga ja normaalsed töötingimused ohutuks töötamiseks.

OHUTUSTEHNIKA ÜLDNÕUDED

1. Uue (tundmatu) töö saamisel tuleb nõuda meistrilt täiendavat instruktaaži ohutustehnika osas.

2. Töötamisel peab olema tähelepanelik, ei tohi tegelda kõrvaliste asjadega ega ajada juttu, samuti ei tohi segada teisi.

3. Tehase territooriumil (hoovis, hoones, juurdepääsuteedel) tuleb täita järgmisi reegleid:

a) peab olema tähelepanelik elektrikraanade ja liikuva transpordi juhtide poolt antavate signaalide suhtes ja täitma neid;

b) ei tohi olla tõstetava koorma all;

c) ei tohi läbipääsudeks kasutada kohtasid, kus läbipääsu pole ette nähtud, ega ületada teed liikuva transpordi ees;

d) ei tohi konveiereid ega rullteid ületada selleks mitte määratud kohtades ega ka nende alt läbi ronida, ei tohi ilma loata minna piirestuse taha;

e) ei tohi puutuda elektriseadmeid, klemme, elektrijuhtmeid ja üldvalgustuse armatuuri ega avada elektrikappide uksi;

f) mitte käivitada ega seisata (välja arvatud avariiolukord) masinaid, tööpinke ja mehhanisme, millel töötamine ei ole tsehhi administratsiooni poolt lubatud.

4. Trauma puhul katkestada töö, teatada sellest meistrile ja pöörduda medpunkti.

Meister või teda asendav isik peab kohe sellest teatama tsehhi administratsioonile, selleks et õigeaegselt koostataks toimunud õnnetusjuhtumi kohta akt ja võetaks kasutusele abinõud, mis väldiksid selliste õnnetuste kordumise.

Nõuded enne töö alustamist

1. Tööriietus tuleb korda seada: käised randme kohalt tihedalt kinni siduda, nööpida või üle küünarnuki keerata; lipsu, rätiku või patside otsad riietega varjata; korrastada riietus selliselt, et ei esineks lipendavaid osi; juuksed asetada tihedalt liibuva peakatte alla.

Töötamine kergetes jalanõudes (tuhvlid, sandaalid) on keelatud.

2. Töökoht tuleb tähelepanelikult üle vaadata, korda seada, eemaldada sealt kõik tööd segavad kõrvalised esemed.

Tööriistad ja detailid asetada selliselt, et oleks välditud liigsete liigutuste tegemine ning tagatud ohutu töötamine.

Hoida oma töökoht puhas ja korras.

3. Kontrollida tööriistade, rakiste ja individuaalkaitsevahendite (kaitseprillid, kummikindad jne.) olemasolu ning korrasolekut.

Töötamisel kasutada ainult korrasolevaid tööriistu ja rakiseid.

4. Käsitööriistadega töötamisel tuleb jälgida, et käsitööriist rahuldaks järgmisi nõudeid:

a) lukksepa- ja sepavasarate laubad peavad olema kergelt kumera pinnaga, vasarad peavad kindlalt varte otsas asetsema ja olema kinnitatud kiskudega teraskiilude abil;

b) kõik tööriistad, millel on teritatud otsad käepidemete jaoks (viilid, kaabitsad jne.), peavad olema varustatud tööriista mõõtmetele vastavate käepidemetega ja käepidemete lõhenemist takistavate terasrõngastega;

c) raiumise tööriistade (meislid, ristmeislid jne.) lõikeosal ei tohi esineda täkkeid ega teravaid kidasid löögiosal;

d) mutrivõtmed peavad vastama mutrite ja poldipeade mõõtmetele ning ei tohi esineda pragusid ega muljumisi; keelatud on vahetükkide kasutamine võtme mokkade ja mutri servade vahel ning mutrivõtme pikendamine torude või teiste hoobade abil (kui seda ei näe ette mutrivõtme konstruktsioon).

Reguleeritavate mutrivõtmete liikuvad osad ei tohi olla lõtkudega.

5. Tööriistade kandmiseks töökohta tuleb teha spetsiaalne kott või kast; tööriistade kandmine taskutes on keelatud.

6. Kontrollida, et töökoha valgustus oleks küllaldane ja ei pimestaks silmi.

Tööpinkidel ja -laudadel on keelatud kasutada kohalikuks valgustuseks pinget üle 36 V.

7. Kui on vaja kasutada kantavat elektrilampi, kontrollida, kas lambil on kaitsevõrk, kas juhe ja isolatsioon on terved. Pinge kantavate lampide puhul ei tohi olla üle 12 V.

8. Talidega töötamisel kontrollida nende korrasolekut, tõsta koorem natuke maast lahti ja veenduda piduri, tropi ja keti usaldatavuses.

Talide ülesseadmise koha peab näitama meister või brigadir, tali võib kinnitada alles pärast meistri või brigadiri poolt selleks antud luba. Erilist tähelepanu tuleb pöörata talide kinnitamise tugevusele.

9. Kui läheduses tehakse elektrikeevitustöid, tuleb administratsioonilt silmade ja inimeste kaitsmiseks ultravioletkiirte eest nõuda kaitsesirmide asetamist või tuleb kasutada spetsiaalseid kaitseprille.

10. Kui tööd tehakse elektrijuhtmete või -seadmete lähedal, siis tuleb elektrikuilt nõuda, et nad töötamise ajaks voolu välja lülitaksid; kui seda teha ei saa, siis peab tööde tegemise ajal tingimata kohal viibima meister või mehaanik; ohtlikud kohad peavad olema piiratud.

11. Tööpinkide ja mehhanismide liikuvate osade läheduses töötamisel tuleb nõuda ohtlike kohtade piirestamist.

12. Enne käial tööle asumist kontrollida selle korrasolekut ja veenduda, et:

a) kaitsekatted oleksid tugevasti käia külge kinnitatud;

b) tugi oleks õigesti asetatud, s. t. toe ja käiaketta töötava pinna vaheline kaugus peab olema väiksem kui pool töödeldava detaili paksusest ja mitte suurem kui 3 mm;

c) tugi asetseks selliselt, et detail puutuks käiakettaga kokku horisontaaltasapinnas, mis läbib ketta keskpunkti või mitte rohkem kui 10 mm sellest

kõrgemalt (toe ümberasetamine on lubatud ainult pärast käia täielikku seismajäämist);
d) käiaketas pöörleks ühtlaselt, ilma löökideta, ketta pinnas ei tohi olla pragusid;
e) käiaketas oleks tugevasti kinnitatud; äärikute ja käiaketta vahel peavad olema 0,5 ... 1 mm paksused tihendid (tihedast paberist, kartongist või kummist); tihendseibid peavad katma ääriku kogu survepinna ja ulatuma ääriku terve ümbermõõdu ulatuses väljapoole mitte vähem kui 1 mm võrra;
f) tolmu imev seade oleks töökorras ja tagaks töötamise ajal tolmu eemaldamise;
g) käial oleks korras liikuv kaitseekraan; kui ekraan puudub, tuleb kasutada kaitseprille.
Käiaketta teritamisel ja sisselülitamisel tuleb seista mitte otse ketta vastas, vaid vähe kõrval.
13. Käiadel töötamisel tuleb kontrollida, et käiad oleks maandatud.

Nõuded töötamise ajal

1. Töötamisel kruustangidega tuleb töödeldav detail kindlalt kinnitada.
2. Kruustangide käepideme allalaskmisel hoiduda viimase löögist vastu jalga ja selle eest, et käsi ei jääks käepideme ja kruustangide kruvi vahele.
3. Raskete detailide asetamisel kruustangide vahele tuleb olla ettevaatlik, et ei tekiks vigastusi detaili kukkumisel.
4. Tööde tegemisel, mis nõuavad detailide ühendamiseks või lahutamiseks sepavasarat ja väljalööjat, mida tuleb hoida pihtidega; väljalööja peab olema vasest või mõnest teisest pehmest metallist. Ei tohi seista otse sepavasara vastas, tuleb seista kõrval.
5. Metalli raiumisel meisliga tuleb kasutada mittepurunevate klaaside või võrguga kaitseprille. Läheduses olevate inimeste kaitseks tuleb asetada kaitsekilbid või võrk.
6. Kaabitsaga töötamisel tuleb teine ots katta spetsiaalse käepidemega.
7. Metalli tükeldamisel käsi- või masinsaega tuleb saeleht tugevasti kinnitada.
8. Selleks et metalli lõikamisel kääridega ei tekiks kraade tuleb kääride lõiketerade vahe reguleerida vajaliku lõtkuga, käärid ise peavad olema aga hästi teritatud.
9. Selleks et kontrollriistad, plaadid, joonlauad, kiilud ei kukuks maha, tuleb asetada nad töölauale või mõnda teise selleks ettenähtud kohta.
10. Leeklambiga töötamisel täita järgmisi reegleid:
a) kütusena ei tohi kasutada vedelikke, mis ei ole ette nähtud antud leeklambile;
b) kütust ei tohi leeklampi valada lahtise tule läheduses;
c) mitte pumbata leeklampi lubatavast rõhust rohkem õhku;
d) kütus peab enda alla võtma mitte rohkem kui $^3/_4$ leeklambi mahust;
e) leeklambi kork keerata tihedasti kuni lõpuni kinni;
f) vea avastamisel (kütuse leke, põleti keere laseb gaasi läbi jne.) katkestada kohe töö ja vahetada leeklamp.
11. Elektritööriistaga töötamisel:
a) tuleb tööriist maandada;
b) töötada kummikinnastes ja dielektrilistes kalossides või kummivaibal, kui tööpinge on kõrgem kui 36 V;
c) mitte lülitada elektritööriista jaotusseadmetega, kui puudub ohutu kontaktühendus;
d) kaitsta elektritööriista toitvat juhet mehaaniliste vigastuste eest;
e) elektritööriista tõstmisel (kandmisel) võtta käepidemest, mitte aga juhtmest;
f) elektritööriista rikkiminekul on parandamine ilma meistri loata keelatud;
g) lõikeriista ei tohi enne selle täielikku seismajäämist vahetada;

h) elektrienergia andmise katkemisel tuleb tööriist välja lülitada;
i) teisaldatava elektritööriistaga on kõrgemal kui 2,5 m (redelitel) töötamine keelatud;
j) trumlites, kateldes ja teistes metallkonstruktsioonides töötamisel on nende sisse trafode ja sageduse muundajate viimine keelatud.

12. Pneumoinstrumendiga töötamisel:
a) enne õhu sisselaskmist tuleb tööriista väljalendamise vältimiseks suruda viimane vastu töödeldavat pinda;
b) tööriista tuleb tõsta ja kanda käepidemest, mitte aga voolikust;
c) töö lõpetamisel või vaheaegadel tuleb õhukraan välja lülitada;
d) redelitel töötamine on keelatud;
e) pneumomeisliga töötamisel tuleb kasutada mittepurunevate klaaside või võrguga kaitseprille;
f) tööriista vahetamisel tuleb sulgeda õhukraan, voolikut õhu juurdevoolu katkestamiseks keerata, väänata ega kokku pigistada ei tohi;
g) suruõhujuga ei tohi suunata ei enda ega ka teiste peale, riiete puhastamine on suruõhuga samuti keelatud.

13. Metallitolmu ja -laaste ei tohi eemaldada suruõhuga, need tuleb ära pühkida ainult harja või pintsliga.

14. Plii, babiidi ja teiste värviliste metallide sulatamisel tuleb kasutada väljatõmbeventilatsiooni ja kaitseprille.

15. Ilma meistri eriloata ei tohi teha seadmete elektriosa mingisugust remonti ega ülevaatust; kui on vaja kokku ühendada ehk lahti võtta mõned otsad, ära võtta elektrimootor või mõned teised elektriseadmed, siis tuleb kutsuda elektrimontöör.

16. Detaile tuleb pesta pesemismasinates, detailide puhastamine suruõhuga peab toimuma kinnistes kambrites, mis omavad ventilatsiooni.

17. Detailid tuleb alustele ja riiulitele kindlalt asetada, töökohta ja vahekäike ei tohi nendega üle kuhjata. Virnade kõrgus ei tohi ületada väikeste detailide korral 0,5 m, keskmiste puhul 1 m ja suurtele 1,5 m.

18. Puurpinkidel töötamisel:
a) töödeldavad detailid tuleb kinnitada kindlalt;
b) lõikeriista kinnijäämise korral tuleb tööpink viivitamatult peatada;
c) väikesi detaile, kui neid ei saa tööpingi lauale või kruustangide vahele kinnitada, tuleb hoida tangidega, näpitsatega;
d) ei tohi kätega kinni võtta puurist, spindlist ega padrunist enne tööpingi täielikku peatumist;
e) kinnastes töötamine on keelatud;
f) laastusid võib eemaldada ainult konksu või harjaga.

19. Koormaid tõsta ainult nende troppidega, millel on märge nende katsetamise ja tõstevõime kohta.
Koormate tõstmisel on keelatud kasutada troppe, mille katsetamisaeg on aegunud, samuti ei ole lubatud tõsta koormaid, mis ületavad tõstevõime.

20. Troppimistöid tohib teha lukksepp ainult sel juhul, kui tal on vastav tõend, mis annab õiguse nende tööde tegemiseks.

21. Pikkade detailide, torude, võllide jne. töötlemisel tuleb olla ettevaatlik, sest need võivad põhjustada läheduses viibivate tööliste vigastusi.

22. Töötamisel tuleb kinni pidada isikliku hügieeni reeglitest:
a) käsi ei tohi pesta õli, emulsiooni ega petrooleumiga ning pühkida lappidega, kus võib olla laastusid;
b) ei tohi süüa töökohal;
c) puhtaid riideid ei tohi hoida töökohas;
d) pliiga, babiidiga jne. töötamisel tuleb töö lõpetamisel ja eriti enne söömist käed hoolikalt puhtaks pesta ja suu loputada.

Nõuded töö lõpetamisel.

1. Koristada detailid, materjalid ja tööriistad.
2. Töökoht korda seada.
3. Anda üle vahetus, teatada oma vahetustöölisele (paarimehele) või meistrile kõigist puudustest, mis avastati seadmete või tööriistade juures.
4. Pesta käed ja nägu sooja vee ja seebiga või käia duši all.

ERIREEGLID TÖÖTAMISEL KÕRGUSES

1. Kasutada terveid redeleid, käsipuude ja külglaudadega tugevaid tellinguid.
2. Tellingutel ja töölavadel võib tööle asuda alles pärast meistri käest loa saamist ja pärast tellingute hoolikat ülevaatust.
3. Materjalid asetatakse tellingutel kohtadesse, mis on määratud meistri poolt. Tellinguid ja töölavasid ei tohi ülekoormata (ei inimeste ega ka materjalidega).
4. Tööriistad ja väikesed detailid asetatakse vastavasse kasti või kotti.
5. Kui isolatsioonita elektrijuhtmed asetsevad tellingute ja töölavade läheduses, siis tuleb nõuda nende piirestamist või voolu väljalülitamist töötamise ajaks.
6. Töötamisel kohtades, kus liigub kraana või transport, tuleb nõuda kraana või transpordi liikumise piiramist või peatamist vastavalt tehases ettenähtud korrale.
7. Redelitele, tellingutele, töölavadele tõusmisel ja neilt laskumisel tuleb tööriistu hoida kastis või kotis. Kui tööriistad on küllaltki rasked, tuleb nende ülestõstmiseks ja allalaskmiseks kasutada trossi või köit.
8. Ei tohi esemeid alla visata. Kui lastakse midagi alla trossi või nööri abil, tuleb hoiatada all töötavaid inimesi.
9. Tellingute, töölavade lauad peavad olema kinnitatud naelte, poltide jt. abil. Omavoliliselt ei tohi tellingute ja töölavade laudu ümber asetada ega teha ilma meistri loata käike ühelt tellingute realt teisele.
10. Tellingute, töölavade ja treppide vigastustest või purunemise tunnustest teatada kohe meistrile.
11. Töö lõpetamisel kontrollida, kas töölavadele ja tellingutele pole jäänud tööriistu, detaile jms.
12. Töötamisel kasutada tervet ja tööks kohandatud teisaldatavat redelit, mitte koormata seda raskustega, kahekesi püsti seistes on redelil töötamine keelatud. Teisaldatav redel peab olema:
   a) tugev ja kerge;
   b) tugedega alumistes otstes, mis takistavad redeli libisemist mööda põrandat;
   c) sellise pikkusega, et töötamisel oleks redeli kaldenurk põranda suhtes mitte väiksem kui 60°.
13. Töötamisel teisaldataval redelil tuleb asetada see selliselt, et seda ei lükkaks pikali möödasõitev transport; seda peab jälgima vastav töötaja, kes peab asuma all.
14. Ilma tellingute ja töölavadeta kõrgel töötamisel tuleb kasutada spetsiaalset kaitsevööd, mille külge on kinnitatud kõrgel olevate tugevate konstruktsioonide külge seotud nöör või tross.
15. Vöö ja julgestusnööriga tuleb iga kolme kuu järel teha tugevuskatsed 15 minuti jooksul 300 kg raskusega, kusjuures nööri pikenemine ei tohi ületada 5% esialgsest pikkusest.

SISUKORD

Sissejuhatus 3

I peatükk. Lukksepatööd ja nende organiseerimine masinaehituse ettevõtetes 5

1. Lukksepatööde liigid ja nende ülesanne 6
2. Lukksepa töövahendid ja töökoha organiseerimine . . . 7
3. Lukksepa tööriistad ja kontrollmõõteriistad 16
4. Ohutus- ja tuletõrjetehnika 30

II peatükk. Märkimise mõiste. Tasapinnaline märkimine 39

5. Märkimise olemus ja selle ülesanne olenevalt tootmise iseloomust 39
6. Märkimise liigid 42
7. Märkimisel kasutatavad seadmed, tööriistad ja rakised . 42
8. Märkimise järjekord 54
9. Geomeetrilised konstruktsioonid tasapinnalisel märkimisel . 55
10. Tasapinnaline märkimine šablooni järgi 66
11. Märkimispraak ja selle vältimine 67
12. Ohutustehnika märkimisel 68

III peatükk. Metalli raiumine 69

13. Raiumise mõiste 69
14. Raiumisel kasutatavad tööriistad 73
15. Raiumise viisid 77
16. Raiumise mehhaniseerimine 82
17. Pneumaatiliste tööriistade hooldamine 84
18. Raiumispraak ja ohutustehnika eeskirjad 85

IV peatükk. Metalli õgvendamine ja painutamine 87

19. Metalli õgvendamine 87
20. Õgvendamisel kasutatavad seadmed, tööriistad ja rakised . 88
21. Latt-, leht- ja varbmaterjali ning karastatud toodete käsitsi ja masinaga õgvendamise võtted 90
22. Painutamise olemus ja liigid 97
23. Painutamisel kasutatavad seadmed, tööriistad ja rakised . 99
24. Erineva ristlõikega toorikute käsitsi ja mehhaniseeritud painutamise võtted 104
25. Õgvendamisel ja painutamisel tekkiva praagi liigid ja ohutustehnika eeskirjad 120

V peatükk. Metalli lõikamine 122
26. Lõikamise olemus ja selle mõiste 122
27. Lõikeriist ja lõikamisprotsessi elemendid 122
28. Metalli lõikamine käsisaega 124
29. Metalli lõikamine mehaaniliste saagidega 130
30. Metalli lõikamine kääridega 134
31. Metalli lõikamine mehaanilise ajamiga kääridega . . . 140
32. Metalli gaasiga lõikamine 143
33. Metalli elektriga lõikamise meetodid 144
34. Praak metalli lõikamisel ja ohutustehnika eeskirjad . . . 146

VI peatükk. Metalli viilimine 148
35. Üldmõisteid 148
36. Viilid, nende ehitus ja liigitus 148
37. Viilide valik, hooldamine ja nürinenud viilide taastamine . 153
38. Viiliga töötamise üldreeglid 157
39. Viilimise liigid 163
40. Detailide puhastamise ja viilimise mehhaniseerimine . . 174
41. Viilimispraak ja ohutustehnika eeskirjad 179

VII peatükk. Puurimine, avardamine ja hõõritsemine 181
42. Puurimisprotsess 181
43. Puurpingid 191
44. Puurpinkide universaalsed tööabinõud ja rakised . . . 195
45. Puurpingi häälestamine ja tööks ettevalmistamine . . . 199
46. Puurpinkidel tehtavad tööd 201
47. Käsi- ja mehaanilised puurmasinad 207
48. Aukude töötlemine elektrisäde- ja ultrahelimeetodil . . . 212
49. Puuride kiire kulumise ja purunemise põhjused 215
50. Puurimispraak ja selle vältimine 215
51. Aukude süvitamine ja avardamine 216
52. Hõõritsemine 218
53. Ohutustehnika eeskirjad puurimisel 225

VIII peatükk. Keermetamine 227
54. Keere ja selle elemendid 227
55. Lõikeriistad sisekeerme lõikamiseks 232
56. Puuri läbimõõdu valik keermetatavate aukude puurimiseks . 237
57. Lõikeriistad väliskeerme lõikamiseks 239
58. Pöörrauad ja klupid 241
59. Käsitsi keermetamise võtted 244
60. Keermetamise mehhaniseerimine 247
61. Keermetuspraak, selle põhjused ja vältimine 251

IX peatükk. Neetimine 253
62. Neetimine ja selle kasutamine 253
63. Needid ja neetliited 254
64. Neetimisel kasutatavad tööriistad ja rakised 256
65. Käsitsi ja mehhaniseeritud neetimise võtted 258
66. Neetimispraak, selle kõrvaldamine ja ohutustehnika eeskirjad 263

X peatükk. Ruumiline märkimine 265
67. Ruumilise märkimise iseärasused 265
68. Ruumilise märkimise riistad ja rakised 265
69. Märkimise võtted ja nende järjekord 269
70. Ruumilise märkimise viisid 273
71. Täpne märkimine 278

XI peatükk. Aukude viilimine ja sobitamine 280

72. Aukude viilimise ja sobitamise olemus 280
73. Ristkülikukujuliste ja kujuaukude viilimise võtted . . . 281
74. Sobitamisvõtted 283
75. Aukude viilimise ja sobitamise mehhaniseerimine . . . 284
76. Aukude viilimisel ja sobitamisel esinev praak ja selle vältimine 286

XII peatükk. Kaabitsemine 287

77. Kaabitsemine ja selle kasutamine 287
78. Kaabitsad ja rakised 288
79. Kaabitsemiseks ettevalmistamine 291
80. Kaabitsemisvõtted 294
81. Kaabitsemise täpsuse ja kvaliteedi kontrollimine 299
82. Kaabitsemise mehhaniseerimine 300
83. Kaabitsemispraak ja selle vältimine 303

XIII peatükk. Soveldamine 304

84. Üldandmeid soveldamisest 304
85. Soveldid ja abrasiivsoveldusmaterjalid 305
86. Soveldamisvõtted 306
87. Soveldamisprotsessi mehhaniseerimine 314
88. Soveldamispraak ja selle vältimine 317
89. Ohutustehnika eeskirjad soveldamisel 318

XIV peatükk. Jootmine, liimliited, tinatamine ja laagrite valamine 319

90. Jooteprotsessi olemus 319
91. Tööriistad, rakised ja kuumutusseadmed 321
92. Joodised ja räbustid 323
93. Jootmisvõtted 327
94. Alumiiniumi ja selle sulamite jootmine 330
95. Kõrgsagedusjootmine 332
96. Liimliited 333
97. Tinatamine 336
98. Liugelaagrite valamine 339
99. Ohutustehnika eeskirjad jootmisel, tinatamisel ja laagrite valamisel 341

XV peatükk. Tehnoloogiline protsess 343

100. Tehnoloogilise protsessi mõiste 343
101. Baasid ja nende valik 345
102. Detailide töötlemisviisi ja töötlemise järjekorra valik . . 347
103. Tehnoloogiline dokumentatsioon ja tehnoloogiline distsipliin 348
104. Lukksepa tööriistade valmistamise tehnoloogiline protsess . 349

Lisa. Lukksepatööde ohutustehnika instruktsioon 351

Николай Николаевич Кропивницкий. СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО (ОБЩИЙ КУРС СЛЕСАРНОГО ДЕЛА). Художественное оформление Э. Тали. На эстонском языке. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja P. Sarevet. Kunstiline toimetaja R. Tungla. Tehniline toimetaja M. Sein. Korrektor J. Nurme.

Laduda antud 14. II 1969. Trükkida antud 16. V 1969. Kohila Paberivabriku trükipaber nr. 2, 60×90/16. Trükipoognaid 22,5. Arvestuspoognaid 22,76. Trükiarv 8000. Tellimuse nr. 1797. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk tn. 2. Hind 90 kop.

90 kop.

A
30014

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00410585 6