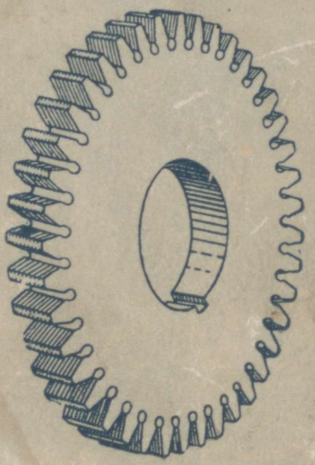
M. JEGOROV JA V. DEMENTJEV

MASINAEHITUSE TEHNOLOOGIA



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS · TALLINN

M. JEGOROV JA V. DEMENTJEV

MASINAEHITUSE TEHNOLOOGIA

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1950

Lubatud NSV Liidu Kõrgema Hariduse Ministeeriumi poolt õppevahendina kasutamiseks masinaehituse kõrgemates õppeasutistes ja tehnikumides.

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
8199



TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE PROJEKTIMISE PÕHIMÕTTED JA PÕHIMÕISTED.

Tehnoloogilise protsessi põhimõisted ja talle esitatavad nõuded.

Tehnoloogilise protsessi all mõistetakse materjali või pooltoote kuju või oleku järkjärgulist muutmist detaili või toote lõpliku kuju ja kvaliteedi saamise eesmärgil.

Üksikute detailide töötlemise tehnoloogiline protsess on kogu masina (toote) valmistamiseks rakendatava tootmisprotsessi üheks järguks. Ta ise jaguneb järgmisteks järkudeks:

1) eeltoodete valmistamine valamise, sepistamise, stantsimise või valtsitud materjali lõikamise teel;

2) eeltoodete töötlemine metalli lõiketöötlemise pinkidel lõplike mõõdetega ja kujuga detailide saamise eesmärgil;

3) detailide käsitsi töötlemine ja kohale sobitamine lukksepa poolt; massilisel tootmisel pole seda tarvis, sest piirikaliibrite kasutamise tõttu saavutatakse detailide asendatavus pinkidel töötlemisega; seerialisel tootmisel kasutatakse seda töötlemisviisi vähesel määral, individuaalsel tootmisel aga laialdaselt;

4) sõlmede ja komplektide kokkupanek: üksikute detailide ühendamine sõlmedeks ja sõlmede ühendamine komplektideks;

5) lõplik kokkupanek — kogu masina kokkupanek üheks tooteks;

6) masina reguleerimine ja proovimine;

7) masina värvimine.

(Tuleb märkida, et värvimist on otstarbekohane jagada mitmeks operatsiooniks, mida teostatakse tehnoloogilise protsessi eri järkudes: kruntimine, valamite pahteldamine ja esimene värvimine, töödeldud detailide värvimine, kogu masina lõplik värvimine.)

Tootmisprotsessi iga järgu teostamist kontrollitakse selle järgu toodangule esitatavate tehniliste nõudmiste täitmise suhtes.

Iga tootmisjärgu tehnoloogilise protsessi teostamisel kontrollitakse detailide ja toote valmistamise õigsust üksikute operatsioonide kaupa.

Kuna kogu masin koosneb lõiketöötlemise pinkidel töödeldavatest

detailidest, siis peab see töötlemine garanteerima detailidele kokkupanekul esitatavate nõuete täitmist pinna puhtuse, töötlemise täpsuse, telgjoonte ja pindade vastastikuse asendi, kontuuride õigsuse jne. suhtes. Detailide töötlemise tehnoloogilist protsessi tuleb koostada ja teostada selliselt, et oleksid täidetud nõuded, mis garanteerivad kokkupandud masinate korralikku tööd.

Tehnoloogiliste protsesside projektimise eesmärgiks on ratsionaalseima ja ökonoomilisema töötlemisviisi saamine.

Tehnoloogilisele protsessile esitatavad p õ h i n õ u d e d seisavad selles, et töötlemisprotsess teostuks pingi, lõikeriistade ja rakiste poolt lubatavate tehniliste võimaluste õige ja täielikema ärakasutamise teel antud pingil lubatava kasulikema lõikerežiimi juures.

Pingi kasutamine peab olema täielikem töötlemisaja, pingi tootlikkuse ja võimsuse suhtes. Pingiaja parema kasutamise eesmärgil tuleb püüda selle poole, et pink töötaks võimalikult pidevalt, ilma peatusteta abitöödeks, ilma seisakuteta mistahes põhjusel ja vastava kasulikema lõikerežiimiga. Pingi tootlikkuse täielikuma ärakasutamise otstarbel on tarvis ühelt poolt valida pink, mille tootlikkus vastaks tootmismahule, s. o. tootmisprogrammi ulatusele, ja teiselt poolt on vaja pingile kindlustada õigeaegset ja küllaldast tööd. Pingi võimsuse ärakasutamine peab olema võimalikult täielik, milleks iga töö jaoks tuleb valida töödeldava detaili gabariidile vastav pink ja töötlemine teostada sellise lõikerežiimi juures (lõikekiirus, ettenihe, lõikesügavus), kus laastu võtmiseks kasutatav võimsus teral maksimaalselt läheneks pingi mootori võimsusele (muidugi tuleb selle juures arvestada pingi kasutegurit). Eriti on tarvis seda püüda koorimistöödel, mille puhul on võimalik ära kasutada pingi täisvõimsust, millest lähtudes on arvutatud ka pingi konstruktsioon. Puhtal töötlemisel ja silumisel ei ole alati võimalik seda nõudmist täita, sest lõikerežiimi valik oleneb vajalikust töötlemise täpsusest ja puhtuse astmest.

Seadmestiku täielikuma ärakasutamise ja töö maksimaalse tootlikkuse saavutamise eesmärgil on vajalik pingi, lõikeriistade ja rakiste kõigi tehniliste võimaluste rakendamise kõrval erilist tähelepanu pöörata töökoha ratsionaalsele organiseerimisele. Töökoha organiseerimine peab kindlustama pingi ja töölise katkestamatut tööd, s. t. peavad olema kõrvaldatud töökatkestused ja ajakulu, mida põhjustavad liigne liikumine ja käimine, materjalide, lõikeriistade, rakiste mitteõigeaegne kohaletoimetamine, remont ebasobival ajal, tööliste, materjalide ja lõikeriistade ebasobiv asetus jne.

T ö ö k o h a r a t s i o n a a l n e o r g a n i s e e r i m i n e näeb ette vastavat eelnevat töö ja töökoha ettevalmistust, õigeaegset ja täpset töökoha teenindamist tööprotsessi jooksul ja tema täiuslikemat planeerimist.

Töökoha ettevalmistus ja tema teenindamine seisab järgmises tegevuses:

1) materjalid, eeltooted, tööriistad ja rakised tuleb töökohale toimetada varakult, enne töö algust, töötakistuste vältimiseks;

2) pingi korrastamine tuleb teostada enne töö algust, kusjuures massilisel ja suurseerialisel tootmisel pingi korrastamist teostab eritööline, individuaal- ja väikeseerialisel tootmisel aga pingiltöötaja ise;

3) töökatkestuste vältimiseks peab töökoha varustamine lõikeriistadega, nende vahetamine ja teritamine teostuma tööprotsessis õigeaegselt selleks määratud eritööliste poolt;

4) vajalik tööliste instrueerimine enne töö algust ja töö teostamise ajal, samuti ka juhtiva personali poolt juhiste andmine peab olema õigeaegne ega tohi tööd takistada;

5) töödeldud detailide transporti tuleb teostada regulaarselt ja takistusteta, pingiltöötaja tööd katkestamata ja teda töös segamata;

6) töödeldud detailide kontrolli tuleb teostada pingiltöötaja tööd katkestamata;

7) seadmestiku ülevaatamist, kontrolli ja remonti tuleb teostada regulaarselt, varem kindlaksmääratud tähtaegadel ja kindla aja jooksul selleks, et pingi normaalne töö ei oleks väljaspool neid tähtaegu takistatud ja nii tööline kui ka pink ei oleks tööst eemaldatud.

Töökoha ratsionaalne planeerimine, s.t. töölise enese, pingi, materjali, lõikeriistade ja rakiste omavaheline asetus oleneb teostatava töö iseloomust ja töö organiseerimise vormist; ta peab rahuldama järgmisi tingimusi:

1) tööline ei pea tegema tööprotsessis liigseid liigutusi ja käikusid;

2) ei tohi esineda töökoha koostuselementide ebaratsionaalsest asetusest tingitud ajakadusid ja töölise väsitamist;

3) mitmesuguste manipulatsioonide teostamise juures töö jooksul ei tohi töölisel olla ebamugav;

4) lõikeriistad, joonestis, instruktsioonikaart jne. peavad töö katkestuste vältimiseks asuma töölise käe ulatuses;

5) lõikeriistad peavad olema jaotatud rühmadesse ja igale lõikeriistale peab olema määratud oma koht;

6) sellise töö organiseerimisviisi juures, kus detailid antakse pingilt pingile partiide kaupa või kus detailid ootavad töötlemist pingi läheduses, tuleb töölise tegevuse kitsendamise vältimiseks jätta pingi juures küllalt ruumi ootavate detailide ajutiseks paigutamiseks;

7) töökoha kõikide elementide vastastikune asend peab vastavate seadeldiste kaudu kindlustama töölise ohutust töö teostamisel;

8) peavad olema kindlustatud soodsad sanitaar-tehnilised töötamistingimused õhu, valguse, soojuse, puhtuse jne. mõttes;

9) mitmel pingil töötamise puhul peab pinkide asend olema selline,

mille juures kuluks minimaalselt aega ühe pingi juurest teise juurde käimiseks.

Tuleb silmas pidada, et mida ratsionaalsemalt on organiseeritud töökoht, s. t. mida paremini on teostatud töökoha ettevalmistamine, teenindamine, planeerimine ja sisustamine, seda väiksem on ebatootlik ajakulu ja seda suurem seadmestiku kasutamise aste ning seda kõrgem töötootlikkus.

Tootmisviisid ja nende tehnoloogiliste protsesside iseloomustus.

Tootmisülesande uurimise alusel, olenevalt ökonoomilistest ja tehnilistest tingimustest, võib iga tootmist arvata ühte või teise rühma. Kõiki mitmekesiseid tootmisviise saab vastavalt nende iseloomule jaotada kolme põhirühma: individuaal-, seerialine ja massiline tootmine. Igaüks neist tootmisviisidest nõuab vastavat tsehhi töö organiseerimist ja iga tootmisviisi tehnoloogilisel protsessil on talle omased iseloomustavad erinevused.

Seerialine tootmine omab oma iseloomult keskset kohta individuaal- ja massilise tootmise vahel.

Individuaaltootmiseks nimetatakse sellist tootmist, kus tooteid valmistatakse üksikeksemplaridena, mis oma konstruktsioonilt või mõõteilt on mitmekesised; nende toodete valmistamise kordumine on haruldane või puudub üldse. See tootmisviis haarab toodete eri-ilmelisi tüüpe ja ta peab olema üsna painduv, kiiresti ja kergesti kohandatav mitmekesiste tellimuste täitmiseks.

Selleks otstarbeks peab tehasel olema käsutada universaalse seadmestiku komplekt, mis kindlustab erisuguste toodete valmistamist. Seadmestiku komplekt peab olema valitud nii, et oleks võimalik kasutada mitmesuguseid töötlemisviise ja seadmestiku üksuste omavaheline suhe kindlustaks tehase kindlat läbilaskevõimet.

Selle tootmisviisi juures on detailide töötlemise tehnoloogilisel protsessil tihendatud iseloom, s. t. selline iseloom, kus samal pingil teostatakse mitu operatsiooni ning erineva konstruktsiooniga ja erinevatest materjalidest detailide täielik töötlemine toimub sageli ühel pingil. Pingil teostatavate tööde mitmekesisuse tõttu osutub paratamatuks teostada pingi ettevalmistust ja korrastamist iga üksiku töö jaoks, mis loomulikult vähendab tema kasutamise aega tegeliku, kasuliku töö jaoks, s. t. pingi tehnoloogilise aja osatähtsus üldises ajanormis väheneb.

Seejuures on individuaaltootmise juures vajalikud üldise iseloomuga lõikeriistad, mis võimaldavad teostada metalli töötlemise tüüpilisi operatsioone. Arvestades töödeldavate detailide mitmekesisust ei ole selle

juures võimalik kasutada spetsiaalseid lõikeriistu; treiterad, freesid, hööritsad jne. peavad olema normaaltüüpi.

Samuti ei saa kasutada sel juhul detailide töötlemisel erirakiseid ja -konduktoreid, sest nende valmistamise kulud on küllalt suured ja üksikdetailide juures ei osutu nende kasutamine tasuvaks. Kasutamist leiavad ainult üldise iseloomuga rakised, s. t. sellised, mida saab kasutada paljudel erijuhtudel (kruustangid, nurgikud, alusplaadid, lünetid, normaalsete läbimõõtudega tornid jne.).

Individuaaltootmise juures kasutatavad mõõteriistad peavad olema samuti üldise iseloomuga, nad peavad võimaldama mõõta erisuguse suurusega mõõteid; kasutamisel on nihkkaliibrid, mikromeetrid jne.

Valmistatavate toodete eri-ilmelisus, enam-vähem sarnaste konstruktsioonide tootmisele tuleku ebareeglipärasus, erinevad nõuded masinale detailide töötlemise täpsuse, kasutatavate materjalide kvaliteedi ja sordi suhtes kui ka vajaduse tõttu koondada mitmesuguseid operatsioone tüüpilisele seadmestikule — kõik see nõuab erilisi tingimusi tehase tagajärjekaks töötamiseks. Nende tingimuste hulka kuuluvad järgmised: suure plaani-jaotusosakonna olemasolu, milles on küllaldane arv kvalifitseeritud töötajaid ja mis on suuteline kiiresti töökodade tööd ümber organiseerima ja olemasolevaid tootmisvahendeid kohandama mitmekesise ilmega toodangu väljalaskmiseks; mitmekesiste materjalide varu ja nende hoidmiseks suurte laduruumide olemasolu; kõrge kvalifikatsiooniga tööliste ja tehnilise personali omamine, kellel on küllaldasi universaalseid teadmisi ja töökogemusi mitmesugustelt masinaehitusharudelt.

Toodud individuaaltootmise negatiivsed iseärasused tõstavad märgatavalt individuaaltootmise tehaste poolt väljalastavate toodete hinda. Antud toodangu vajaduse ja mineku tõus koos nomenklatuuri samaaegse vähendamisega võimaldab individuaaltootmiselt üle minna seerialisele tootmisele.

Seerialiseks tootmiseks nimetatakse sellist tootmisviisi, mille juures tooteid valmistatakse partiide ehk seeriate kaupa, mis koosnevad samanimelistest, konstruktsioonilt samatüübilistest ja mõõdetelt ühesugustest toodetest, mille tootmine toimub samaaegselt.

Selle tootmisviisi põhiprintsiibiks on kogu partii töötlemine ja kokkumonteerimine tervikuna. Vastavalt toodete arvule partiis, nende iseloomule, töötlemiseks vajalikule tööhulgale ja seeriate korduvusele aasta jooksul tuntakse väikeseerialist, keskseerialist ja suurseerialist tootmist.

Keskmiste mõõdetega masinate puhul võime orienteeruvateks suurusteks võtta järgmise arvu masinaid seerias:

väikeseerialisel	tootmisel	on	masinaid seerias	5	kuni	25 tk.
keskseerialisel	„	„	„ „	25	„	100 „
suurseerialisel	„	„	„ „	üle		100 „

Seerialisel tootmisel peab masina konstruktsioon olema välja kujunenud, sest konstruktsiooni muudatused juba tootmisesse antud toote seeria juures võivad põhjustada tootmisprotsessi suuremat ümberkorraldamist, mis tekitab raskusi tootmise plaanimisel.

Toote detailid peavad olema normaliseeritud. Normaliseeritud ehk normaalseks nimetatakse sellist detaili, millel on täpselt kindlaksmääratud konstruktsioon ja mõõted, on valmistatud kindlast materjalist, mis vastab kehtivatele tehnilistele tingimustele ja on kasutatav antud tüüpi toote juures. Selliste detailide suuruste arv peab olema piiratud ja võimalikult minimaalne selleks, et saavutada suuremat ökonoomilist ja tootmisefekti.

Töötlemise tehnoloogiline plaan ja meetod peavad olema selle tootmisviisi juures hoolikalt ja detailselt välja töötatud. Tarvitusele tuleb võtta diferentsitud töötlemisviis, s. o. kogu töötlemine tuleb jagada üksikuteks operatsioonideks ja need kinnistada kindlatele pinkidele, kusjuures iga pink teostab ainult piiratud arvu operatsioone. Pinkide valikul põhidetailide töötlemiseks tuleb teostada nende spetsialiseerimine antud masinatüübi tootmiseks sellisel määral, et oleks võimalik üleminek ühelt seerialt teisele, konstruktiivselt eelmisest erinevale seeriale või üleminek ühelt masinatüübilt temaga sarnase ja talle lähedase masinatüübi tootmisele.

Ülejäänud detailide töötlemiseks kasutatakse universaalseadmestikku, kusjuures tuleb laialdaselt kasutada spetsialiseeritud rakiseid üksikute töötlemisoperatsioonide teostamisel ühel või teisel pingil, kindla detaili jaoks määratud konduktoreid puurimisel, antud operatsioone kergendavaid ja kiirendavaid eri lõikeriistu ja lõpuks tuleb kasutada erimõõteriistu — šabloone ja kaliibreid, mis kindlustavad detailide asendatavust. Seerialise tootmise juures on võimalik kõike seda kasutada küllaldasel määral selle tõttu, et samade detailide valmistamise protsessi korduvuse juures nimetatud vahendite kasutamine annab sellise tehno-ökonoomilise efekti, mis kuhjaga tasub nende muretsemiseks tehtud kulud.

Igal üksikul juhul tuleb spetsialiseeritud pingi valikul või küllalt kalli rakise ja lõikeriista valmistamisel toimetada nende kasutamisele võtmisest saadava kasu ja nende valmistamise kulude võrdlemist.

Seerialisel tootmisel võib töölispersonal olla väiksema kvalifikatsiooniga kui individuaaltootmisel, mis on tingitud töö suuremast spetsialiseerimisest ja erirakiste ning -lõikeriistade kasutamisest.

Plaani-jaotusosakonna töö seerialisel tootmisel omandab suure tähtsuse: kõikide töökoja tööde plaan antud ajavahemiku kohta peab

olema koostatud selgelt ja kindlalt; detailide ja kogu toote valmistamise kord ja tähtajad peavad olema kindlaks määratud; kõik töökohad peavad olema õigeaegselt varustatud ja kindlustatud rakistega, materjaliga, joonestistega; peab olema kindlaks määratud seadmestiku võimalik koormus. See kõik nõuab plaani-jaotusosakonnalt hoolikat, täpset ja õigeaegset tööd, mille lõpp-eesmärgiks on detailide kiirema liikumise organiseerimine töökohtadelt töökohtadele vastavalt varem väljatöötatud plaanile.

Ökonoomiline efekt on seerialise tootmise juures märksa suurem kui individuaaltootmise juures; toodangu hind alaneb, kuna seadmestiku ärakasutamine on parem, nii seadmestiku kui ka tööliste tootlikkus on suurem ja tööliste kvalifikatsioon võib olla madalam.

Kaasaegses masinaehituses on seerialine tootmine levinumaks tootmisviisiks, millega tuleb kõige sagedamini kokku puutuda üldises kui ka keskmises masinaehituses.

Massiliseks tootmiseks nimetatakse sellist tootmisviisi, kus küllaldaselt suure arvu samasuguste toodete valmistamine toimub alaliselt korduvate samade operatsioonide teostamisega vastavatel töökohtadel.

Massiline tootmine võib olla kahesugune.

a) Massiline vooltootmine ehk massiline tootmine pidevvoolusel. Siin teostatud toodete pidev liikumine töökohalt töökohale, milliste paigutus vastab nende töökohtadele kinnistatud tehnoloogilise protsessi operatsioonide järjestusele. Neid operatsioone teostatakse töökohtadel kindlate ühesuguste ajavahemikkude jooksul, mida nimetatakse tempoks.

b) Massiline läbivvoolusel tootmine. Siin teostuvad tehnoloogilised operatsioonid samuti kindlatel töökohtadel, mis on paigutatud operatsioonide teostamise järjekorras, üksikute operatsioonide läbiviimise ajad aga ei ole ühesugused, mille tõttu toodete liikumine toimub vahedega.

Massiline tootmine on seerialisele tootmisele järgnev arenemisaste ja teda tuleb lugeda täiuslikemaks tootmise vormiks. Ta on võimalik ja tasuv küllaldaselt suure hulga samasuguste toodete valmistamisel.

Massilise tootmise juures peab töötlemise tehnoloogiline plaan ja meetodid olema väga hoolikalt ja täpselt arvutatud ja kindlaks määratud. Detailide töötlemise ja montaaži kogu protsess jaotatakse lihtsaimateks (elementaarseiks) operatsioonideks, kusjuures detailide või kogu toote viibimise aeg töökohal peab olema alati ühesugune. Kõik operatsioonid, nii töötlemise kui ka montaaži operatsioonid, kinnista-

takse kindlale pingile ja kindlale töökohale; iga pink ja töökoht teostab ühte kindlat, võimalikult lihtsat operatsiooni.

Pinkide valikul väljendub siin suurim spetsialiseerumine; kasutamisel on kitsalt spetsialiseeritud pingid, kuna iga pink on määratud samasuguste detailide juures ühe teatud operatsiooni teostamiseks. Seoses sellega peavad ka rakised ja lõikeriistad olema rangelt kohandatud selle operatsiooni teostamiseks, s. t. nad on kitsalt spetsialiseeritud ja kõlbavad ainult selle operatsiooni teostamiseks. Sageli on selline erirakis pingi orgaaniliseks osaks ja ilma temata ei tee pink üldse mingisugust tööd.

Käesoleval ajal esineb tootmise dünaamilisuse säilitamise eesmärgil kitsalt spetsialiseeritud pinkide kasutamisest loobumise tendents ja töötlemise protsessi diferentsimise kõrval lihtsaimateks operatsioonideks püütakse seal, kus see olenevalt detailist on võimalik, kasutada operatsioonide kontsentreerimist, mida teostatakse automaat- ja agregaatpinkidel. Seal teostuvad mitu operatsiooni samaaegselt ja masinaaja kulu on väike. Selliste pinkide kasutamisele võtmine teostub praegu järjest suuremal määral.

Mõõteriistadena, mis kindlustavad detailide asendatavust kui massilise tootmise põhitingimust, kasutatakse piirikaliibreid.

Kuna massilise tootmise juures esineb suurimal määral töötlemisprotsessi jaotamine kindlatel pinkidel teostatavateks üksikoperatsioonideks, siis on vajalik omada märgatavat arvu piirikaliibreid ja šabloone detailide mõõdete kontrollimiseks vahepealsete operatsioonide teostamisel. Nende muretsemine tasub end täiel määral, sest lihtsuse, käepärasuse ja kiiruse mõttes (vajaliku täpsuse juures) osutub odavaimaks mõõtmisviisiks mõõtmine kaliibrite ja šabloonide abil.

Massilise tootmise juures omab eriti suurt tähtsust kogu tootmise tehniline organiseerimine, eriti aga konstruktsioonibüroo.

Toote konstruktsioon tervikuna, samuti ka üksikute detailide ja elementide konstruktsioon peab olema lõplikult, täpselt ja üksikasjaliselt välja töötatud sellisel määral, et toode kõigis oma üksikosades tunnistataks standardseks kui mitte üleriigiliselt, siis vähemalt antud tootmisharu ulatuses. Konstruktsiooni iga muudatus tingib tehnoloogilise protsessi ümberorganiseerimist. Vaatamata sellele teostatakse (ja peabki teostatama) aja jooksul massiliselt toodetavate toodete juures konstruktiivseid muudatusi, mille eesmärgiks on toote täiustamine ja tema ekspluatatsiooniliste omaduste parandamine või mis on tingitud tehnoloogilise iseloomuga nõuetest. Seoses sellega teostub tehnoloogilise protsessi ümberorganiseerimine.

Samuti peavad olema ka rakised üksikasjaliselt välja töötatud ja igal pingil kontrollitud. Oma funktsioonide puudulik täitmine rakiste poolt, ebatäpsus, raskused nende kasutamisel, puudulik konstruktsiooni

usaldatavus, saadavate tulemuste ebaühtlus — see kõik peegeldub tehnoloogilise protsessi käigus. Kuna igal pingil teostatava operatsiooni aeg on aga täpselt kindlaks määratud, siis iga väikseimgi takistus kutsub esile tööseisakuid.

Massilise tootmise tehniline organiseerimine peab olema väga kõrgel täiuslikkuse astmel. Nagu juba eespool märgitud, peab tehnoloogiline protsess olema täpselt ja üksikasjaliselt läbi töötatud nii töötlemise meetodite osas kui ka ajaliselt. Seadmestik peab olema valitud, arvutatud ja paigutatud selliselt, et tema arv, kvaliteet, kompleksus ja läbilaskevõime vastaksid vajalikule toodangu hulgale. Kogu tootmisprotsessi organiseerimine peab olema täpne.

Tehniline kontroll omab eriti suurt tähtsust massilisel tootmisel, sest valmistatavate toodete puudulik kontroll ja mitteõigeaegne kõlbmatute detailide väljapraakimine häirivad ja desorganiseerivad kogu tootmisprotsessi.

Materjalidega, pooltoodetega, lõikeriistadega, abiseadistega jne. varustamise organiseerimine peab seisma vajalikul kõrgusel. Tootmist tuleb varustada kõige vajalikuga õigeaegselt, küllaldasel määral ja vastavas kvaliteedis.

Vaatamata suurtele esialgsetele kapitalikulutustele massilise tootmise organiseerimisel on selle juures tootmistehniline ja ökonoomiline efekt õieti organiseeritud ettevõttes tavaliselt suurem kui individuaal- ja seerialisel tootmisel.

Toodangu omahind alaneb tunduvalt, käibevahendite ringlus kiireneb mitmekordselt, toodete valmistamine ja tellimuste täitmine kiireneb, toodangu hulk suureneb, transpordikulud vähenevad, samuti ka ladude pindalad jne.

Peale massilise tootmise juures saavutatava tehno-ökonoomilise efekti omab see tootmisviis veel üht suurt väärtust: suurima töö mehhaniseerimise ja tootmisprotsessi diferentsimise tõttu elementaarseteks operatsioonideks on võimalik kasutada madala kvalifikatsiooniga tööjõudu.

Tehnoloogilise protsessi põhitegurid.

Detaili valmistamise tehnoloogilise protsessi läbitöötamine (või, teisiti öeldes, tehnoloogilise protsessi projektimine) seisab järgmiste tehnoloogilise protsessi põhitegurite kindlaksmääramises:

1) detailide partii suuruse määramine — seerialisel tootmisel;

2) eeltoodete liigi valik ja nende mõõdete määramine;

3) detailide töötlemise diferentsitud plaani koostamine, kus on näidatud tootmisoperatsioonide järjekord, samuti nende detailide pinna töötlemise meetodite määramine;

4) seadmestiku, rakiste, lõikeriistade ja mõõteriistade tüüpide valik ja vajaliku hulga määramine kavandatud töötlemise teostamiseks;
5) töödeldavate pindade suuruse määramine;
6) lõikerežiimi valik valitud pingil;
7) töötlemise ajanormi määramine;
8) töö kvalifikatsiooni määramine.

Seerialise tootmise ja massilise tootmise juures üksikute detailide töötlemise tehnoloogilised protsessid töötatakse detailselt läbi, kindlaks määrates kõik loeteldud tegurid, millest koosneb tehnoloogiline protsess.

Individuaaltootmise juures ei töötata tehnoloogilisi protsesse nii detailselt läbi. Siin koostatakse ainult tootmisprotsessi skemaatiline plaan; selles märgitakse operatsioonide järjekord ja antakse töötlemiseks vajalik ligikaudne aeg, kuna majanduslikult ei ole otstarbekohane teostada selliste detailide töötlemisprotsesside põhjalikku läbitöötamist, mis tootmises ei kordu.

Mingi toote valmistamise tehnoloogilise protsessi läbitöötamisel koostatakse igale detailile, mis on selle toote osaks, eraldi tehnoloogilised kaardid mehaanilise töötlemise, lukksepatöö ja toote kokkumonteerimise jaoks.

Mehaanilise töötlemise kaardil peavad olema kõik detailisse puutuvad andmed ja kirjeldatud kõik tehnoloogilisse protsessi kuuluvad tegurid. Tehnoloogilisel kaardil peab olema joonestatud detaili skits, millel on näidatud detaili lõplikud mõõted ja töödeldavad pinnad on märgitud järjekorra numbritega.

Kaartidel on kindel kuju vastavate lahtritega, kuhu kantakse kõik detailisse ja tema töötlemise tehnoloogilisse protsessi puutuvad andmed. Töödeldava detaili kohta peab olema märgitud:

1) toote nimetus;
2) detaili nimetus;
3) detaili number;
4) detaili joonestise number;
5) valatud detaili puhul mudeli number;
6) detaili materjali nimetus ja mark;
7) eeltoote liik (valam, sepis, valtsitud materjal) ja eeltoote mõõted (kui eeltoode on valtsitud materjalist);
8) toorkaal (eeltootel) ja puhaskaal (valmisdetailil);
9) toote aastane toodang;
10) detailide arv ühe toote jaoks;
11) detailide aastane toodang;
12) detailide arv partiis.

Kõik need töödeldavasse detaili puutuvad andmed märgitakse kaardi ülemisse ossa.

Tehnoloogilise protsessi osas peavad kaardil olema kirjeldatud järgmised põhitegurid:

1) detaili töötlemise plaan ja viis koos operatsioonideks, ülesseadeiks ja siirdeiks jaotamisega ning töödeldava pinna numbri märkimisega;

2) ülesseadmise pinna (baasi) valik;

3) pingi iseloomustus: tema nimi, tootja tehas, tüüp, mark ja pingi põhimõõted;

4) rakise nimetus; kui kasutatakse normaalrakist, siis märgitakse kaardil tema nimi (kruustangid, lünett, nurgik, torn jne.); kui on tarvilik erirakis, siis märgitakse kaardile — «erirakis»;

5) lõikeriista iseloomustus; lõikeriista nimetus ja mõõted, materjali sort ja mark, millest on lõikeriist valmistatud;

6) üheaegselt töödeldavate detailide arv;

7) ühe töölise poolt samaaegselt teenindavate pinkide arv;

8) mõõteriista nimetus;

9) töödeldava pinna arvutusmõõted (läbimõõt ja pikkus või laius ja pikkus);

10) töötlusvaru;

11) metalli lõikamise režiim: lõikesügavus, ettenihe, lõikekiirus, pöörete ja käikude arv, terakäikude arv;

12) töötlemise aeg elementide kaupa: ettevalmistus-lõpetamis-, põhi- (tehnoloogiline) ja abiaeg, töökoha teenindamise ja füüsiliste vajaduste rahuldamise aeg, tükiaeg ja kalkulatsiooniaeg;

13) töö kvalifikatsioon (kategooria).

Töötlemise kaardile tuleb paigutada ka tabel resultatiivsete andmetega ühe toote jaoks vajalike detailide arvu kohta; selle asukoht on kaardi ülemises osas.

Selles tabelis märgitakse iga operatsiooni kohta nende järjekorra numbrite järjekorras vajaliku pingi nimetus koos lühikese iseloomustusega (tüüp, mõõted), pingi-minutite arv, mis väljendab antud operatsiooni ülesaega ühe toote jaoks vajalike detailide töötlemisel, töölise eriala, tema kategooria, inim-minutite arv antud operatsiooni teostamisel toote jaoks vajaliku arvu detailide juures. Pingi-minutite ja inim-minutite arvud on võrdsed kui üks inimene töötab ühel pingil. Kui aga tööline töötab kahel pingil korraga, siis inim-minutite arv ühe toote kohta on pingi-minutite arvust kaks korda väiksem.

See tabel, nagu pärast näeme, kergendab pingi koormuse ja tööjõu arvutamist.

Kasutatavad töötlemise kaartide vormid on tavaliselt kõik sarnased; erinevused seisavad ainult kaardile märgitavate andmete väiksemas või suuremas põhjalikkuses. Töötlemise kaardi vorm, mis kajastab kõiki tehnoloogilise protsessi tegureid ja sisaldab detaili kohta vajalikke and-

Tabel 1.

Tehase nimetus

Mehaanikatöökoda

Eeltoote ja valmistoote ühendatud skits, kuhu on märgitud töötlusvaru suurused ja detaili põhimõõted

Resultatiivsete andmete tabel toote kohta

Järjekorra nr.			Operatsiooni, üleseade, siirde kirjeldus	Siirete skitsid	Üleseade pinna (baasi) nr.	Töödeldava pinna nr.	Pingi		Rakis	Lõikerilist	Mõõterilist	Samaaegselt töödeldavate detailide arv	Ühe töölise poolt teenindatavate pinkide arv	Töötlemise mõõted mm							
operatsiooni	üleseade	siirde					nimetus ja põhimõõted	tehas-valmistaja, tüüp või mark						Läbimõõdus		pikkuses	laiuses	eeljooks ja ülejooks	arvestuspiikkus või -laius	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	alates 15	kuni 16	17	18	19	20	

Operatsiooni nr.	Pinkide nimetused	Pinkide mark	Pinkide põhimõõted	Pingi-minutite arv ühele tootele	Eriala	Kvalifikatsiooni liik	Jnim-minutite arv ühele tootele

Mehaanikatöökoda

Toote nimetus		Detaili nr..... töötlemise kaart
Detaili nimetus		
Joonestise nr.....	Mudeli nr.....	Tükkide arv toote kohta
Materjal	Eeltoote liik ja mõõted	Tooreskaal kg / Puhaskaal kg
Toodete aastane toodang	Detailide aastane toodang	Detailide arv partiis
Koostas	Kuupäev / Kontrollis	Kuupäev

Töötlusvaru ühele küljele mm	Töö režiim						Vajalik võimsus töörlista lõikeserval HJ	Töötlemise aeg minutites						
	lõikestigavus t mm	terakäikude arv i	lõikekiirus v m/min.	pöörete või kaksikkäikude arv n	Ettenihe mm: pöördele või kaksikkäigule s_o	Ettenihe mm: minutis s_m		ettevalmistus-lõpetamisaeg partii ja tüki kohta t_{e-l}	põhiaeg (tehnoloogiline) t_p	abiaeg t_a	tehnilise ja organisatsioonilise teeninindamise ja füü. siiste vajaduste rahuldamise aeg t_{tf}	ühe detaili töötlemise aeg kokku: tüki kohta t_{tk}	ühe detaili töötlemise aeg kokku: kalkuleeritud tüki kohta t_k	töö kategooria
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35

Tabel 2.

Toote nimetus			Detaili nimetus		
1	Detaili nr. nomenklatuuri järgi		5	Tagavaradetailide arv	
2	Joonestiste nr-d		6		
3	Detailide arv ühe toote kohta		7	Üldine aastaprogramm	
4	Detailide arv põhiprogrammi järgi		8	Detailide arv partiis	
			9	Partiide arv	

Operatsioonid		Ühe töölise poolt teenindavate pinkide arv	Ühel pingil samaaegselt töödeldavate detailide arv	Ettevalmistus-lõpetamisaeg partii kohta	Ajakulu operatsioonide järgi					
					Detaili kohta minutites		Toote kohta minutites		Aastaprogrammi kohta tundides	
					pingi kohta				tükiaeg pingi kohta	töölise kohta
Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus				põhiaeg	tükiaeg	põhiaeg	tükiaeg		

Tabel 2 (järg)

Detaili nr.			Töötlemise kaart nr. Lisalehtede arv
10	Eeltoote gabariitmõõted		Tehas
11	Materjal ja selle iseloomustus		Töökoda
			Koostas Kuupäev
			Kontrollis
12	Detaili kaal kg	toores puhas	Kinnitas

Pingi iseloomustus			Pingi nr. plaanis	Töölise kvalifikatsioon		Vahetuste arv ja tööaja aastane fond		
Tehase-valmistaja nimetus, mark	Tüüp ja põhimõõted	Kaardi nr.		Eriala	Kategooria	Vahetuste arv	Aastane tööaja fond seadmestiku kohta	Aastane tööaja fond töölise kohta

meid, kuid selle juures on küllalt kompaktne, on toodud tabelis 1. Sellele kaardile paigutatakse ka siirete skitsid, mis illustreerivad detaili asendit ja kinnitust töötlemisel, lõikeriista asendit ja tüüpi, kasutatavat rakist ja töödeldavat pinda. Ülemisse ossa on paigutatud tabel nende resultatiivsete andmetega, mis on küllaldased pinkide koormatuse ja tööjõu arvutamiseks.

Töötlemise kaardile paigutatava lühikese resultatiivsete andmete tabeli asemel koostatakse kõikide andmete täielikuma kokkuvõtte saamiseks erikaart, kuhu koondatakse täielikumalt kõik tehnoloogilised andmed operatsioonide kohta (tabel 2). Selle kokkuvõttekaardi juurde lisatakse töötlemise kaardid, mis on analoogilised tabelis 1 toodud kaardiga.

Juhul, kui tehnoloogilisi protsesse ei töötata detailselt läbi, vaid piirdutakse marsruut-operatsioonide järjekorra ja loetelu kindlaksmääramisega, märkides selle juures kavandatud operatsioonideks vajalikud pingid, rakised, lõikeriistad ja töölised, samuti võrdluse, analoogia või ligikaudsete arvutuste teel määratud töötlemise aeg, koostatakse lihtsustatud tehnoloogilised kaardid; sellise kaardi vorm on toodud tabelis 3.

Tabel 3.

Järjekorra nr.	Detallide nr.	Joonestiste nr.	Detailide nimetused	Detailide arv toote kohta	Operatsiooni nimetus	Pink		Aeg			Rakised	Lõikeriistad	Mõõteriist	Töölise kvalifikatsioon	
						Nimetus, tehasvalmistaja, mark	Põhimõõted	põhiaeg (min.)	üldine (min.)	Toodete üldine arv tunnis				Erlala	Kategooria
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Massilise tootmise ja seerialise tootmise tingimustes koostatakse täienduseks operatsioonide kaardile veel instruktsioonikaardid. Iga operatsiooni kohta tuleb koostada eraldi selline kaart. Temas kirjeldatakse üksikasjaliselt, kuidas tuleb teostada töötlemist iga siirde ulatuses, kuidas häälestada pinki ja lõikeriistu, missuguseid võtteid tuleb teostada pingi juhtimisel, missuguste režiimidega tuleb töödelda, missugune ajanorm on töötlemiseks määratud jne. Need kaardid on varus-

tatud töötlemist illustreerivate skitsidega, pingi häälestamise skeemidega, pingi juhtimise võtteid selgitavate skeemidega. Instruktsioonikaartidel võib olla mitmesugune kuju, mis oleneb töötlemise protsessisse puutuvate andmete suuremast või väiksemast täiuslikkusest. Mõnikord koosnevad need kaardid peamiselt pingi häälestamis- ja töötlemisprotsessi illustreerivatest skitsidest, mis on varustatud lühikeste kirjalike seletustega, mida, missuguste lõikerežiimide ja ajanormide juures tuleb teostada. Ühes suuremas tehases kasutatava instruktsioonikaardi näide on toodud tabelis 4.

Partii suurus.

Nagu juba märkisime, on seerialise tootmise iseärasuseks toodetavate esemete valmistamine samaaegselt tööss elastavate partiide (seeriate) kaupa. Tehno-ökonoomilise iseloomuga paremused, milliseid omab seerialine tootmine individuaaltootmisega võrreldes, tekivad selle tõttu, et iga toodete partii läbib tootmise kui ka montaaži tervikuna. Selle tõttu esineb operatsioonide märgatav kordumine, mille juures on kasulik kasutada erirakiseid, erilõikeriistu ja erimõõteriistu, pealegi jaguneb operatsioonide kordumise juures pingi korrastamise ja häälestamise kulu korduvalt toodetavate detailide hulgale.

Kaardile märgitav partii suurus määratakse olenevalt mitmesugustest teguritest: väljalastavate toodete nomenklatuuri mitmekesisusest ja iga tüüpi toodete aastatoodangust, toodete vajalikust perioodilise väljalaske hulgast (tellimise täitmise tähtajast), väljalastava toodangu kompleksusest, detailide töötlemise ja masina kokkumonteerimise vältusest, pinkide korrastamise keerukusest, vältusest ning kuludest ja materjali tagavarast.

Detailide partii suuruse valikul tekib küsimus, kuivõrd otstarbekohane ja tasuv on teda võtta suuruses, mis ületab teatud kindlal ajavahemikul vajalike detailide arvu, kuna nende valmistamisel kulutatud materjal ja neisse paigutatud käibevahendid ei oma pikema aja jooksul käivet. Teiselt poolt on teada, et detailide arvu suurenemisel partiis ühele detailile langev tootmise ettevalmistuse kulu väheneb. Partii suurus peab olema järelikult selline, et nende tegurite väärtus oleks kõige soodsam, s. t. et ühelt poolt detailide tootmiseks kasutatud materjal ja käibevahendid realiseeritaks võimalikult kiiremini ja et teiselt poolt ühele detailile langev pingi korrastamise kulu oleks minimaalne. Nendele tingimustele vastavat partiid (seeriat) nimetatakse optimaalseks.

Detailide pikaaegne laos hoidmine põhjustab liigset materjalide hulga vajadust ja suurendab rahaliste vahendite vajadust ning lõpetamata tootmise ulatust. Kui lähtuda ainult nendest kaalutlustest, siis

	Instruktsiooni kaart	Detaili nimetus		Detaili nr.
Töökoda		Operatsiooni nimetus		Operatsiooni nr.
Osakond				

Materjali mark	Eeltoote liik	Eeltoote kaal	Tõmbetugevus	Eeltoote kõvadus	Jahutus

Pingi nr.	Nimetus	Firma	Mudel	Võimsus

Muudatused		

Mõõteriistad

Siirde nr.	nimetus ja mõõted	arv	nr.

R a k i s

nimetus	arv	nr.

Siirde nr.	Abitööriistad			Lõikeriistad				Muudatused
	nimetus ja mõõted	arv	nr.	nimetus ja mõõted	arv	nr.	püsivus	

Jrk. nr.	Töövõtte nimetus	Aeg	Muudatused	Jrk. nr.	Töövõtte nimetus	Aeg	Muudatused

Tükiaeg

Samaaegselt töödeldavate toodete arv	Masinaaeg	Käsitsiaeg	Masinakäsitsiaeg	Puhkus	Kaod	Korrastamine	Kokku

Ettevalmistus-lõpetamisaeg partii kohta		Töönorm vahetuse kohta		Ajanorm tüki kohta		Töö kategooria		Tüki hind		100 tüki hind	

Järjekorra nr.	Siirete nimetus	Töötlemise pikkus *L*	Lõikeriista lähendamine ja sisselõikumine *e*	Töötlemise läbimõõt *D*	Töötlemise laius *B*	Lõikesügavus *t*	Ettenihe *s*	Pöörete arv *n*	Lõikekiirus *v*	Aeg *T*

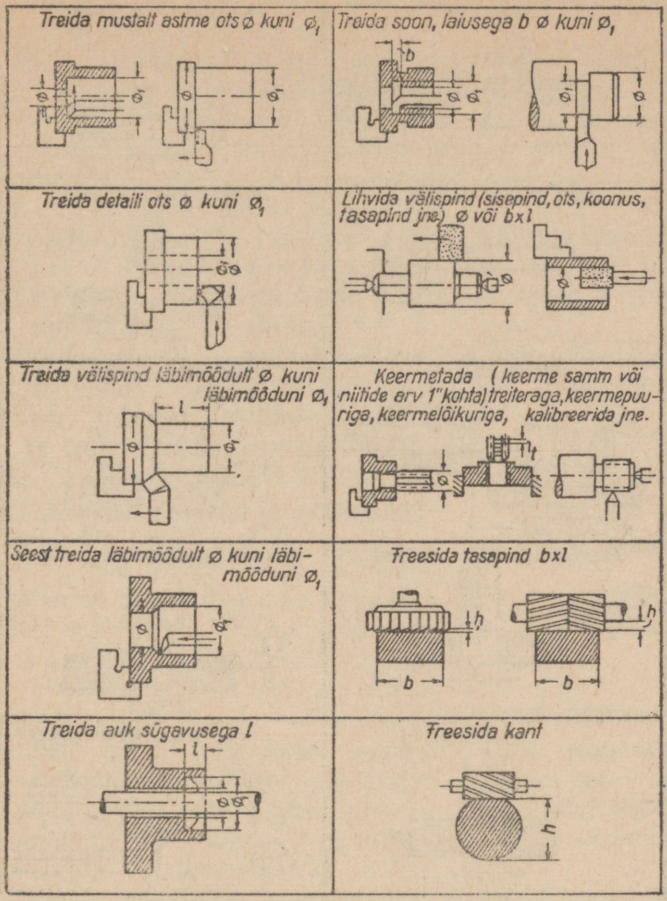
on kõige soodsamaks olukorraks see, kui detailide arv partiis on võetud selline, mida vajab montaažitöökoda korraga kokkumonteeritavate masinate jaoks; selle juures peab partii valmissaamise tähtaeg olema selline, et oleks kindlustatud detailide lattu jõudmine just selleks momendiks, kui detailide tagavara on montaažitöökoja poolt lõplikult ära kasutatud, ja uuesti saabunud detailid lähevad siis kohe montaažitöökotta. Teiselt poolt aga on ühele detailile langev pingi korrastamise kulu seda väiksem, mida suurem on detailide arv partiis. Viimane asjaolu on üldiselt määrava tähtsusega. Materjalide defitsiitsuse juures aga on tal väiksem tähtsus kui käibematerjali suurendatud vajadusel ja sel juhul tuleb partii suurus määrata ulatuses, mis kindlustab häireteta kokkumonteerimist ja tähtaegset toodangu väljalaskmist.

Partii optimaalse suuruse määramiseks leidub kirjanduses mitu eri autori poolt esitatud valemit, kuid nad ei anna küllalt rahuldavaid tulemusi. Nende valemite kasutamisel tuleb silmas pidada, et nad määravad partii suurust toodetesse investeeritud vahendite protsentuaalse kasvamise seisukohalt, s. t. lähtudes sellest, et ühele detailile langeva pingi korrastamise maksumuse ja toodetesse investeeritud vahendite protsentide (detailide laos hoidmise ajast olenevalt) summa oleks minimaalne. Niisiis vaadeldakse nendes valemites materjali tema maksumuse seisukohalt, aga mitte tema kiirema ja otstarbekohasema ärakasutamise seisukohalt, ja seetõttu on need valemid enamikul juhtudel meile vastuvõtmatud.

Seetõttu määratakse praktiliselt detailide partii suurus (detailide arv, mida toodetakse samaaegselt), arvestades montaažitöökoja läbilaskevõimet, ulatuses, mis kindlustab häireteta kokkumonteerimist. Montaažitöökoja läbilaskevõime määratakse lähtudes aastaprogrammist, s. o. toodete arvust, mis kuulub väljastamisele kogu aasta jooksul ühesuguste partiidena. Vahepealses laos tagavaraks hoitavate ja häireteta kokkumonteerimist kindlustavate detailide arv oleneb tootmise liigist ja töö organiseerimise kvaliteedist töökodades. Normaalseks võib lugeda järgmisi detailide tagavarasid vahepealses laos: massilise tootmise juures — 3—5 päeva vajadus, seerialise tootmise juures — kuni 12 päeva vajadus, kusjuures kõikide detailide tagavara ei tarvitse olla ühesugune: suurtel detailidel väiksem, väikestel detailidel suurem, muidugi näidatud vajaduse piirides. Mida paremini on organiseeritud töö töökodades, seda väiksem võib olla tagavara. Juhindudes neist kaalutlustest määratakse praktikas partii suurus.

Detaili töötlemise plaan ja viis.

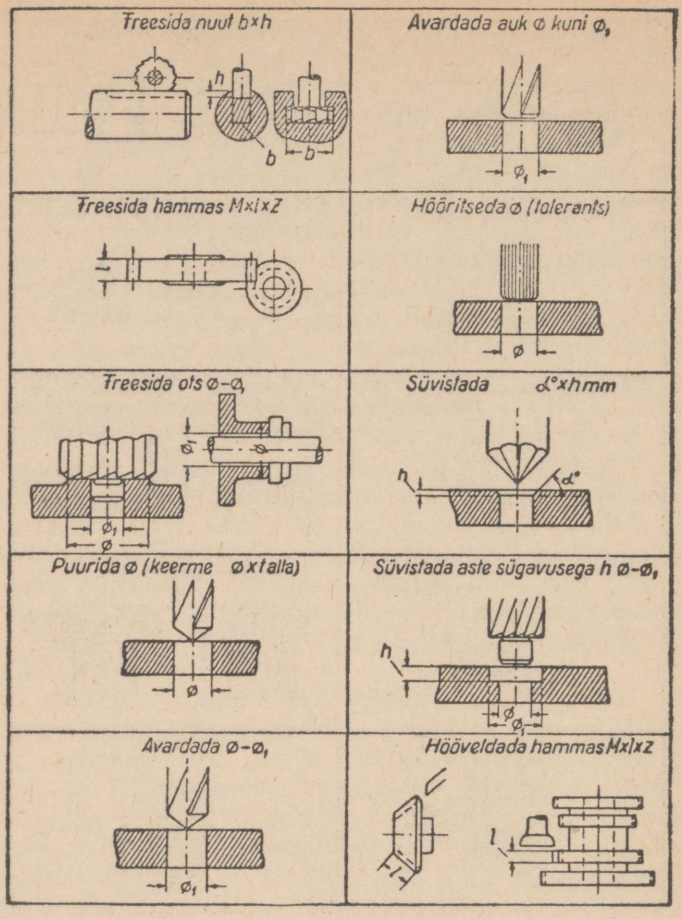
Töötlemisprotsessi otstarbekohaseima teostamise eesmärgil koostatakse diferentsitud plaan, milles on näidatud, mida on tarvis teostada, missuguses järjekorras, millisel viisil ja missugusel detaili pinnal.



Joon. 1. Siirete skitsid koos töö nimetuse, detaili asendi ja kinnituse ning lõikeriista asendi näitamisega.

Seoses sellega jaotatakse (diferentsitakse) kogu töötlemise protsess üksikuteks operatsioonideks, ülesseadeiks ja siirdeiks.

Operatsiooniks nimetatakse mehaanilise töötlemise protsessi osa, mida teostatakse samal töökohal ja mis hõlmab kõiki töölise ja pingi järkjärgulisi teotsemisi detaili töötlemisel kuni järgmise detaili juurde ülemînekuni (samal pingil võib olla samaaegselt töötlemisel ka mitu detaili).



Joon. 2 Siirete skitsid koos töö nimetuse, detaili asendi ja kinnituse ning lõikeriista asendi näitamisega.

Võlli koorimine, näiteks, mida alguses teostatakse ühel otsal ja pärast võlli ümberpööramist — teisel, on üks operatsioon. Võlli koorimine, mida teostatakse ühel otsal kogu partii võllidel ja selle järel teisel otsal jällegi kogu partiil, koosneb kahest operatsioonist.

Operatsioon jaguneb ülesseadeiks ja siirdeiks.

Ülesseadeks nimetatakse detailile teatud asendi andmist koos tema kinnitamisega pingile, kusjuu-

res iga detaili ümberasetamist samal pingil loetakse uueks ülesseadeks.

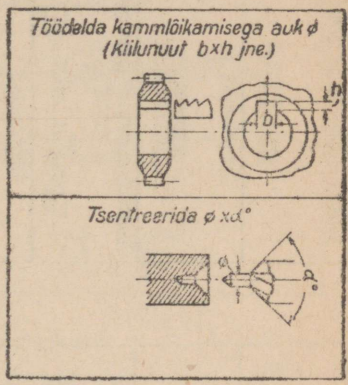
Nii näiteks on võlli kinnitamine treipingi tsentrite vahele — esimene ülesseade, võlli ümberpööramine teise otsa treimiseks — teine ülesseade. Detaili pööramine mingi nurga võrra on uus ülesseade, kusjuures on vajalik näidata detaili pööramise nurka kraadides — 90°, 45° jne.

Siirdeks nimetatakse operatsiooni osa, mille jooksul töödeldakse sama pinda (või mitut samaaegselt töödeldavat pinda) sama lõikeriistaga (või mitme lõikeriistaga samaaegselt) ja sama lõikerežiimiga. Ühe loeteldud teguri (lõikeriista, töötlemispinna, lõikerežiimi) muutmine teiste tegurite muutumatuse juures annab uue siirde.

Nii tekivad uued siirded töötlemisrežiimi, töötlemisviisi muutmisel või lõikeriista uuele pinnale üleviimise juures, näiteks: 1) treida ots, 2) koorida välisläbimõõdul, 3) siluda välisläbimõõdul jne.

Siire koosneb üksikutest terakäikudest.

Terakäik on siirde osa, mis haarab kogu tegevust, mis on seotud metalli ühe kihi mahavõtmisega sama lõikeriistaga samal töötlemispinnal ja sama töötlemisrežiimi juures.



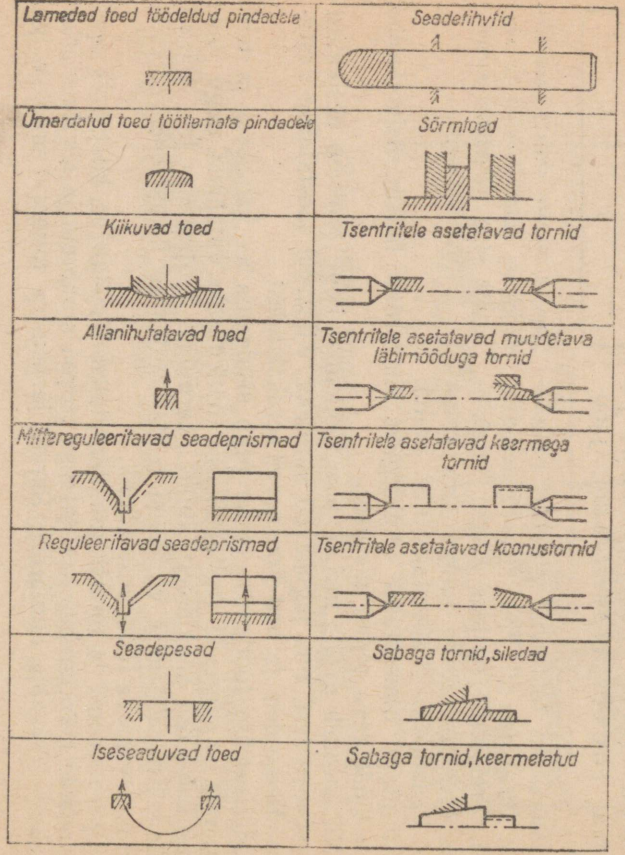
Joon. 3. Siirete skitsid koos töö nimetuse, detaili asendi ja kinnituse ning lõikeriista asendi näitamisega.

Pöördkehi töötlevail pinkidel mõistetakse terakäigu all lõikeriista katkematut tööd. Treipingil näiteks loeme terakäiguks tegevust, mille juures tera võtab ühe laastukihi katkestamatult maha. Höövelpingil nimetatakse terakäiguks ühekordset laastu mahavõtmist kogu töödeldava pinna ulatuses.

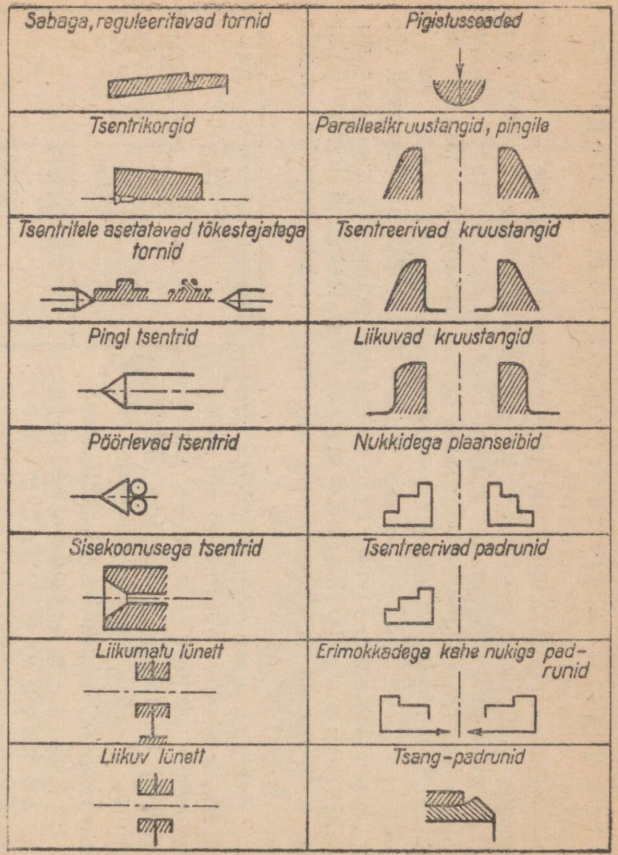
Nii koosneb detaili mehaanilise töötlemise kogu protsess üksikutest operatsioonidest, mis jagunevad siireteks; viimaseid teostatakse vastavates ülesseadeis ja nad koosnevad terakäikudest.

Mehaanilise töötlemise plaan peab sisaldama ka lukksepa- ja teisi töid, mis on edasiseks mehaaniliseks töötlemiseks vajalikud, nagu jootmine, kahe osa kokkukeerutamine, termiline töötlemine jne. Pärast mehaanilist töötlemist vajalikud teiste töötlemise liikide operatsioonid kantakse vastava töötlemise plaani.

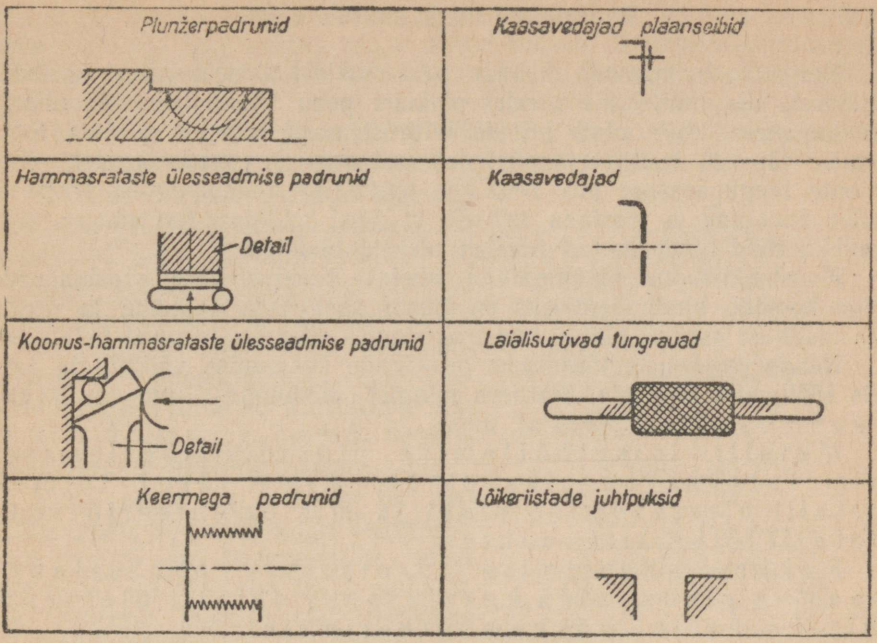
Operatsioonid ja siirded nummerdatakse järjekorras, kusjuures operatsioonide märkimiseks kasutatakse rooma numbreid ja siirete märkimiseks — araabia numbreid. Siirete järjekorra numbrid antakse iga



Joon. 4. Pinkide tarvikute leppemärgid.



Joon. 5. Pinkide tarvikute leppemärgid.



Joon. 6. Pinkide tarvikute leppemärgid.

operatsiooni jaoks eraldi, alates igakord ühest. Ülesseadeid märgitakse tähtedega, kusjuures iga operatsiooni juures märkimine algab alfabeedi esimese tähega. Terakäike ei nummerdata, antakse ainult nende arv.

Operatsioonide ja siirete numbrid ning ülesseadete tähised kantakse töötlemiskaartide vastavatesse lahtritesse.

Operatsioonid sõnastatakse lühidalt töötlemisviisi järgi, näiteks treimine, freesimine, puurimine, lihvimine jne. Siirdeid kirjeldatakse üksikasjaliselt koos töödeldava pinna nimetuse, järjekorra numbri või mõõdete näitamisega.

Tehnoloogilisest protsessist selgema ja täpsema kujutluse saamiseks illustreeritakse teda töötlemise siirete skitsidega, mille juures skemaatiliselt näidatakse detaili pingile kinnitamise viis, detaili, rakise, lõikeriista ja töötlemiskoha asend; viimased näidatakse jämedate või punaste joontega või numbritega. Iga siirde jaoks antakse eraldi skits, ta asub kaardi erilahtris siirde nimetuse kohal. Siirete graafiline kujutamine mitmesuguste töötlemisviiside juures koos detailide asendi ja kinnitusviisiga, lõikeriista asendi kujutamine, samuti pinkide tarvikute kujutamine, mida töötlemisel kasutatakse, on näidatud leppemärkidena joonistel 1—6.

Baaside mõiste ja baaside valik.

Kuna masin koosneb mehaanilistel pinkidel töödeldavatest üksikdetailidest, siis töötlemine nendel pinkidel peab kindlustama detailidele kokkupanekul esitatavate nõuete täitmist, nagu pindade puhtust, töötlemise täpsust, telgede ja pindade vastastikuse asendi täpsust, piirjoonte reeglipärasust jne. Detailide töötlemise tehnoloogilist protsessi tuleb koostada ja teostada selliselt, et need kokkupandud masina korralikku tööd kindlustavad nõuded oleksid täidetud.

Konstruktsiooni kinemaatilist ahelat moodustavate masinaosade õige koostöö kindlustamiseks on tarvis saavutada detailide ja nende vastastikust asendit üldises konstruktsioonis määravate mõõdete täpsust.

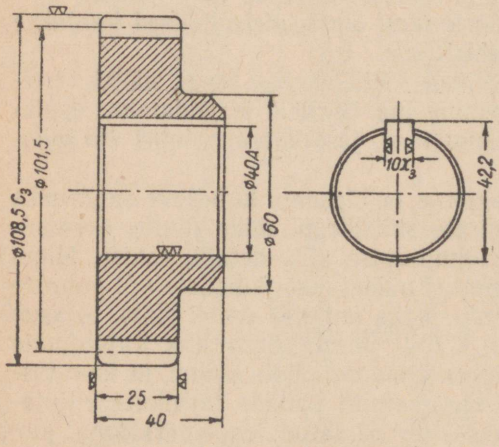
Nende tingimuste täitmiseks on vigade kasvamise vältimiseks tarvis töötlemist teostada lähtudes mingist põhipinnast, mis on ülesseade baasiks (põhipind, alus).

Metalli lõiketöötlemise pinkidel töötlemisel nimetatakse baasiks pinda, mille järgi toimub detaili ülesseadmine pinki ja mis orienteerib seda detaili lõikeriista suhtes.

Kokkumonteerimise protsessis nimetatakse baasiks pinda, mida kasutatakse detaili ülesseadmiseks masina kokkumonteerimisel.

Ülesseade baasid jagunevad põhi- ja abibaasideks.

Põhibaasiks nimetatakse sellist detaili pinda, mis on seotud kokkumonteeritud masinas selle detailiga koos töötava teise detailiga või avaldab mõju detaili töötamisele masinas.



Joon. 7. Kiiruste kasti hammasratas.

Näitena võib tuua pingi kiiruste kasti hammasratast (joon. 7), milles ava on põhibaasiks, kuna see pind on seotud võlliga; peale selle saavutatakse freestorni abil sellel baasil töötlemisel ava telje ja välise silindrilise pinna ning hammasratta jagamisringjoone telgede ühtelangemist, mis garanteerib hammasratta õiget töötamist kokkumonteeritud sõlmes.

Abibaasiks nimetatakse detaili pinda, mida kasutatakse ülesseadepinnana ja

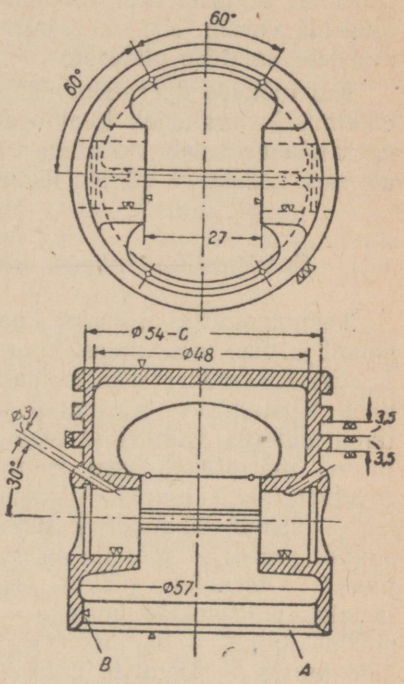
mis ei ole seotud kokkumonteeritud masinas antud detailiga koos töötava detailiga ega avalda mõju antud detaili töötamisele masinas. Abibaasi saamiseks tuleb teostada detaili töötlemisel täiendavaid operatsioone.

Abibaaside kasutamise näitena võib tuua kolvi töötlemisel selliste pindade kasutamist, nagu otspind *A* ja vööke *B* (joon. 8).

Baasideks kasutatavad pinnad võivad olla tasapinnalised, silindrilised, koonilised ja kõverpinnalised.

Suurimat töötlemistäpsust on võimalik saavutada siis, kui kogu töötlemise protsess teostub ühe ülesseadmisega ühel baasil, kuna iga uue ülesseadmisega võimalike nihkumiste tõttu tekivad telgede ja pindade vastastikuse asendi mõõdetes vead.

Kuna enamikul juhtudel on võimata teostada detaili kogu töötlemist ühel pingil ja paratamatult tuleb töötlemist jätkata teist tüüpi pinkidel, siis suurima täpsuse saavutamiseks tuleb kõik edasised ülesseadmised samal või mõnel teisel pingil teostada samal baasil. Selles seisabki baasi muutumatuse põhimõte, mis seisab selles, et kõikide töötlemise operatsioonide teostamisel tuleb kasutada sama baasi.



Joon. 8. Mootori kolb.

Kui töötlemise iseloomu tõttu ei ole võimalik kogu töötlemist teostada ühel ja samal baasil ja baasiks tuleb valida uus pind, siis tuleb uueks baasiks valida selline pind, millel on täpsed mõõted nende pindade suhtes, mis kõige rohkem mõjutavad detaili tööd kokkumonteeritud masinas.

Baas oma mõõdetelt peab kindlustama usaldatavat ja kindlat detaili kinnitust, nii et detail töötlemise ajal ei muudaks oma asendit. Baasipinnad peavad olema tugevad ega tohi deformeeruda metalli lõikamise juures tekkivate koormuste mõjul.

Detaili töötlemist tuleb alustada sellest pinnast, mida edasiselt kasutatakse seadebaasiks järgnevatele operatsioonidele. Seadebaasi töötlemiseks, s. t. esimese operatsiooni teostamiseks tuleb paratamatult baasiks valida töötlemata pind, mis aga peab olema puhas, sile ja tasane.

Pärast seadepinna töötlemist seatakse detail sellele pinnale üles ja see muutub edaspidise töötlemise baasiks. Edasi töödeldakse detaili teised pinnad sellises järjekorras, et alguses töödeldakse vähem täpsed pinnad, selle järel täpsemad. Mida täpsem peab olema pind, seda hiljem tuleb teda töödelda; viimaseks lõplikuks operatsiooniks peab olema selle pinna töötlemine, mis on kõige täpsem ja mis detaili töötamisel omab suurimat tähtsust; kui töötlemistingimustest olenevalt tuli seda pinda töödelda varem, siis on vajalik teda veelkordselt töödelda talle täpsete mõõdete andmise otstarbel.

Kui mõnede operatsioonide teostamisel on olemas võimalus praagi tekkimiseks materjali kvaliteedi või töötlemise raskuse tõttu, siis neid operatsioone tuleb teostada võimalikult varakult, töötlemisprotsessi alguses, selleks et vältida liigset tööd.

Seadmestiku, rakiste, lõikeriistade ja mõõteriistade valik.

Tehnoloogilise protsessi kaardi koostamisel, s. t. detaili töötlemise plaani ja viisi määramisel koos töötlemise jagamisega operatsioonideks ja siireteks, määratakse kindlaks ka see pink, millel vastav operatsioon tuleb teostamisele. Seejuures tuleb ära märkida pingi iseloomustus: tema nimetus, valmistaja tehas, tüüp, mark ja põhimõõted. Treipinkide juures märgitakse veel tsentrite kõrgus ja nendevaheline kaugus, revolverpinkide juures — spindliava läbimõõt, sisetreimise pinkide juures — spindli läbimõõt, karusselpinkidel — plaanseibi läbimõõt, freespinkide juures — töölaua pikkus ja laius, šepingite ja püsthöövelpinkide juures — terakäigu pikkus, pikihöövelpinkide juures — töölaua pikkus ja laius, puurpinkide juures — puurimise suurim läbimõõt, hambalõikepinkide juures — hammasratta läbimõõt ja moodul, ümarlihvimise pinkide juures — tsentrite kõrgus ja nendevaheline kaugus.

Tehnoloogilise protsessi projektimiseks on vajalikud täielikud andmed, mis pinki iseloomustavad: need andmed moodustavad pingi passi.

Pass annab pingi täieliku iseloomustuse, mis määrab tema tootmisvõime ja tehnilise seisukorra, kui pink on ekspluatatsioonis.

Iga pingi liigi passil on oma kindlaksmääratud kuju. Tutvumiseks toome käesoleva raamatu lõpus karusselpingi passi näite. Pingi passi puudumisel, mis esineb siis, kui koostatakse tehnoloogilise protsessi plaani uue pingi jaoks, kasutatakse vastava pingi valmistaja — tehase kataloogi andmeid.

P i n g i v a l i k u l mingi operatsiooni teostamiseks tuleb juhinduda järgmistest põhikaalutlustest:

1) pingi tootlikkus peab vastama aasta jooksul töötlemisele tulevate detailide arvule;

2) töötlemise maksumus peab olema ökonoomseim;
3) töötlemise aeg peab olema väikseim;
4) pingi kasutamine peab olema võimalikult täielikum nii võimsuse kui ka aja suhtes;
5) töötlemise täpsuse aste peab vastama tootele esitatavaile nõuetele;
6) pingi gabariitmõõted peavad vastama töödeldavate toodete mõõdetele;
7) arvestada tuleb ka pingi hinda;
8) tuleb kasutada peamiselt kodumaal toodetud pinke;
9) tuleb arvestada ühe või teise pingi muretsemise reaalseid võimalusi.

Tehnoloogilise protsessi ökonoomikas on üsna suure tähtsusega pingi tootlikkus, kuna sellest oleneb toote omahind. Omahind koosneb materjali hinnast, töötasust ja kaudsetest kuludest, mille hulka kuulub teiste kuluparagrahvide kõrval ka seadmestiku amortisatsioon. Kuna amortisatsiooni arvestatakse seadmestiku hinna protsentides, siis järeldub sellest, et seadmestiku hind mõjutab ka toote omahinda.

Pinki tuleb võimalikult täielikult ära kasutada nii tema tehniliste võimete kui ka ajalise koormamise suhtes. Mõnikord on siiski kasulik kasutada kõrge tootmisvõimega pinki ka siis, kui tema ajaline koormus ei ole suur, kuna töötasu tema kasutamisel on märgatavalt väiksem ja töötlemise maksumus kõigi teiste kaudsete kulude kõrval on madalam, vaatamata sellele et pink ei ole täielikult koormatud.

Pingi valikut tuleb teostada vastavalt töödeldava toote mõõdetele ja töötlemise iseloomule pingi võimsuse võimalikult täieliku ärakasutamise eesmärgil. Selleks on vajalik, et laastuvõtmiseks kasutatav võimsus maksimaalselt läheneks pingi võimsusele.

Pingi tüübi valikut mõjutab suurel määral ka nõutav töötlemise täpsus. Mida täpsem on töö, seda täiuslikum peab olema pink, tema hind on suurem, töötlemisaeg on pikem, töölise kvalifikatsioon kõrgem ja järelikult on kogu töötlemise maksumus suurem. Selle tõttu peab detaili täpsus o l e n e m a a i n u l t konstruktsioonist ja vastama töötingimustele. Puudulik täpsus võib vähendada masina kvaliteeti, kuna liigne täpsus teeb masina kalliks, ja seal, kus konstruktsiooni iseloomu kohaselt ei ole tarvilik, annab isegi negatiivse tulemuse: toodang ajaühikus väheneb ja tema hind suureneb.

Nagu nähtub eeltoodust, on pingi valiku juures otsustavaks teguriks töötlemisprotsessi ökonoomsus, mis aga siiski peab olema kooskõlas detaili vajaliku täpsusega.

Selle tõttu tuleb küsimuse lahendamisel, missugust pinki kasutada antud operatsiooni teostamisel, kui seda on võimalik teha mitut tüüpi pinkidel, võrrelda töötlemise kasulikkust nende pinkide kasutamisel. Selle juures saab kasutada kriteeriumina järgmisi tegureid: 1) töötle-

mise aeg, 2) pingi tootlikkus, 3) ekspluatatsioonikulude suurus, 4) töötlemise omamaksumus, 5) aeg, mille jooksul kallim pink end ära tasub.

Töötlemise aeg — tükiaeg (ühe tüki töötlemiseks kulutatav aeg) on esimeseks kriteeriumiks, mida kasutatakse pingi valiku teostamisel tehnoloogilise protsessi läbitöötamisel.

Töötlemise aeg on üheks peamiseks teguriks, mis määrab selle maksumust; valiku võimalusel kahe pingi vahel tuleb valida see pink, mis kindlustab teatud töötlemistingimuste täitmist lühema töötlemise aja jooksul.

See on lihtsaim, kiireim ja levinuim viis. Ta annab aga ainult ligikaudse lahenduse, mis ei ole täpne ega ka lõplik. Asi seisab selles, et töötlemise aeg on ainult üheks omahinnale mõjuvaks teguriks ja teiste tegurite mõju võib osutuda ülekaalus olevaks.

Ühe tüki antud pingil töötlemise (ühe või mitme operatsiooni täieliku teostamise) omamaksumus koosneb tööpalgast ja tsehhi üldkuludest. Tööpalk väljendub ajaühiku palga ja töötlemise aja (tükiaja) korrutisena.

Sellest järgneb:

1) tööpalk töötlemise teostamise eest võib ühel võrreldavatest pinkidest olla suurem, kui tema tükiaeg on suurem, tööpalk ajaühiku kohta aga on mõlemal pingil ühesugune, s. t. kui võrreldavatel pinkidel vajatakse sama kvalifikatsiooniga töölist;

2) tööpalk töötlemise teostamise eest võib ühel võrreldavatest pinkidest olla suurem, kui tükiaeg mõlemal pingil on sama, tööpalk ajaühiku eest aga ühel pingil on suurem, s. t. kui võrreldavatel pinkidel vajatakse erineva kvalifikatsiooniga töölisi;

3) tööpalk töötlemise teostamise eest võib ühel võrreldavatest pinkidest olla suurem, kui tükiaeg ühel pingil on väiksem, tööpalk ajaühiku eest aga on märgatavalt suurem, s. t. kui sellel pingil töötava töölise kvalifikatsioon peab olema märgatavalt suurem kui teisel pingil töötajal.

Nagu selgub, ei näita tükiaja suurus veel seda, missugusel pingil töötaja tööpalk tuleb väiksem.

Peale selle on pingi tüübist olenevad ka tsehhi lisakulud, nagu see selgub nende kulude koostisest. Üldkulude hulka, mis kuuluvad detaili töötlemise omamaksumuse koostisesse, loetakse: seadmestiku (pinkide ja rakiste) amortisatsioon, kulutused lõikeriistadele (teritamise kulud ja amortisatsioon), elektrienergia kulu (või kütuse kulu termilise töötlemise juures), tööpalga sotsiaalsed juurdehindlused (sotsiaalkindlustus, mahaarvamised tehase komiteele jne.), teised tsehhi üldkulud: kulutused abimaterjalidele, abitööliste palk, administratiiv-tehnilise personali ja arvestusala töötajate palk, kütus, valgustus, täiendavad töötasud jne. (detaili töötlemise omamaksumuse küsimust käsitellakse XIX peatükis).

Nii ei saa töötlemise aja kestus anda lõplikku ja täpset lahendust

küsimusele, missugusel pingil kahest võrreldavast on töötlemine kasulikum. See saab olla ainult esimeseks ligikaudseks lahenduseks. Vaatamata sellele piirdutakse sageli kasulikema töötlemise meetodi küsimuse lahendamisel detaili töötlemise aja võrdlemisega kahe vaatluse all oleva meetodi juures. Nagu nähtub eeltoodud kaalutlustest, ei anna selline võrdlemine päris täpset kujutlust ühe või teise meetodi ökonoomsusest, kuna peale töötlemise aja mõjub töötlemise omamaksumusele veel rida teisi tegureid. Need tegurid on: seadmestiku, lõikeriistade ja rakiste hind, töölise kvalifikatsioon, elektrienergia kulu ja tsehhi üldkulud, mis olenevad toodud teguritest. Vaatamata oma ebatäpsusele on võrdlemine töötlemise aja järgi küllaltki levinud ühe või teise töötlemismeetodi ligikaudse hindamise viisiks.

Pingi tootlikkus ajaühikus väljendub selles ajaühikus väljalastavate detailide arvus.

Kuna pingi tootlikkus oleneb ainult tükiajast, siis ühe või teise pingi valiku kohta saab see kriteerium anda, eeltoodut arvestades, ainult ligikaudse lahenduse.

Ühe või teise pingi valik ekspluatatsiooniliste kulude võrdlemise teel seisab selles, et arvutatakse iga kõne all oleva pingi kohta aasta jooksul tootmisprogrammi teostamisel tehtavad ekspluatatsioonilised kulud. Nende kulude hulka kuuluvad: tööpalk, pingi amortisatsioon, kulutused lõikeriistadele, elektrienergiale, sotsiaalkindlustusele ja teised tsehhikulud. Kui on tarvis arvestada ühe või teise pingi muretsemiseks vajalike vahendite kulutust, siis tuleb kulude poolele kanda ka teatud protsent kulutatud vahenditest, mis võib oluliselt mõjutada küsimuse lahendust.

Pingi valiku kõige õigemaks kriteeriumiks on valitavatel pinkidel töötlemise omamaksumuse võrdlemine. See viis on kõige täpsem, kuid ta nõuab kõige pikemaid arvutusi. Siin on tarvis täielikult arvutada tööpalk ja tsehhi üldkulud, mis on tehnoloogilise protsessi projektimisel sageli raskendatud.

Omamaksumuse täpne arvutus on vajalik eriti siis, kui võrreldakse tööd pinkidel, mis nõuavad suurt korrastamist, mille hinda tuleb arvestada. Eriti tähtis on see automaatidel töötamisel.

Sel juhul tuleb teostada täpseimad võrdlevad arvutused. Selleks tuleb teada mitte ainult töötlemise ajanormi, vaid ka tsehhi üldkulusid iga võrreldava pingi kohta, mis mõnikord tekitab raskusi.

Tuleb märkida, et detaili töötlemise ökonoomsuse võrdlemist ühe või teise pingi kasutamisel võib teostada töötlemise omamaksumusest lähtudes ainult tingimusel, et eeltoote liik mõlema pingi kasutamisel on sama. Kui aga võrreldavatel pinkidel tuleb kasutada eri liiki eeltooteid, siis detaili töötlemise ökonoomsuse võrdlemist tuleb teostada läh-

tudes detaili omamaksumusest, s. t. arvutada materjali hinda, töötlemise tööpalka ja tsehhi üldkulusid kummalgi pingil töötamise jaoks eraldi.

Kui kahel küllaldaselt koormatud pingil töötlemise tulemuste võrdlemisel osutub üks pink hinnalt kallimaks, kuid selle juures tootlikumaks, siis võib pingi valiku küsimust lahendada lähtudes sellest ajast, mille jooksul pingi kallim hind end tasub temal töötlemise väiksema maksumuse arvel.

Seadmestiku valikul tuleb arvesse võtta ka pingiehituse arengus valitsevaid uuemaid voolusid ja vastavalt sellele kasutada ühte või teist tüüpi pinke.

Kaasaegse tööpinkide ehituse peamiseks ja põhimiseks ülesandeks on suurima aja, materjali ja vahendite kokkuhoiu ning töötlemistäpsuse saavutamine. Hästikonstrueeritud pink peab vastama järgmistele tingimustele:

1) olema võimalikult suurema tootlikkusega;

2) võimaldama töötlemist suurimate lõikekiirustega, kusjuures pink peab olema vastupidav ega tohi väriseda;

3) pingi konstruktsioon peab olema kõikides oma osades arvutatud täisvõimsusele ja küllaldaselt usaldatav;

4) lõikeriista jahutamine peab olema küllaldane ja käepärane;

5) pingi töötlemise täpsus peab olema kõrge;

6) pink peab suutma töödelda mitut liiki ja mitme kvaliteediga materjali, kusjuures ühe materjali töötlemiselt teise materjali töötlemisele üleminek peab toimuma kiirelt ja lihtsalt;

7) pingi töötamisel vajalikud käsitsitalitused peavad olema vähendatud miinimumini;

8) pingi käsitsemine mitte kõrge kvalifikatsiooniga töölise poolt peab olema lihtne ja kerge;

9) pingi hind ei tohi olla kõrge.

Arvestades kaasaegse pingiehituse arengu ideid ja püüdes detailide valmistamisel saada suurimat majanduslikku efekti, tuleb selgetel, silmanähtavatel juhtudel küsimust kaaluda lihtsalt oma kogemuste alusel, kahtlastel ja sellist hindamist mitte võimaldavatel juhtudel aga määrata vastavate arvutustega missugust pinki kasutada: kas näiteks lihtsat treipinki või revolverpinki, harilikku treipinki või mitme teraga treipinki, revolverpinki või poolautomaati, automaati või poolautomaati.

Kaasaegsed revolverpingid osutuvad kasulikeks vastavate esemete valmistamisel juba siis, kui nende arv on 6—10 või isegi vähem, tingimusel, et ühe ülesseade juures on võimalik töödelda vähemalt kahe lõikeriistaga.

Pikkade astmeliste võllide ja silindriliste esemete töötlemisel, mis võimaldavad samaaegset töötlemist mitme lõiketeraga, on eelistatavam mitme teraga pink. Suure arvu tihvtide, kruvide, poltide, mutrite ja

teiste väikeste lihtsate detailide valmistamisel on otstarbekohane kasutada poolautomaate või automaate, kui arvutused tõestavad nendega saavutatavat majanduslikku efekti.

Kasutades rihmarataste ja hoorataste töötlemiseks karussellpinke on võimalik samaaegselt teostada põia välistreimist ja rummu sisetreimist. Neil on võimalik teostada ka mitme detaili samaaegset tasapinnalist töötlemist. Mõlemal juhul tekib kokkuhoid nii põhi- (masina-) kui ka abiajas.

Tasapinna töötlemisel tekib harilikult küsimus, missugust pinki kasutada: höövelpinki või freespinki.

Kõikideks juhtudeks kõlbavat üldist lahendust selle küsimuse juures anda ei saa. Igal üksikul juhul tuleb ühe või teise pingi valiku otsustamiseks arvestada töötlemise iseloomu ja nõutavat täpsust, detaili enese iseloomu, pingi ärakasutamise täiuslikkust, ja majanduslikku otstarbekohasust, mida on võimalik määrata arvutusega. Selleks on tarvis võrrelda kasutada mõeldavaid pinke nende töötlemistäpsuse, tootlikkuse ja töötlemise üldise majanduslikkuse seisukohalt olenevalt tootmise organisatsioonilistest vormidest.

Detaili töötlemise plaani koostamisel ja töötlemise meetodi määramisel tuleb samaaegselt pingi tüübi ja mõõdete valikuga määrata ära karakis[1], mis on vajalik kavastatud operatsiooni teostamiseks antud pingil.

Kui vajatakse normaalrakist, mis on pingi tarvikuks[2] (kruustangid, lünett, nurgik jne.), siis antakse selle nimetus; kui aga antud operatsiooni teostamiseks vajatakse erirakist, siis märgitakse «erirakis» ja antakse tema konstruktsioonjoonestis. Tehnoloog annab rakise skeemi lähtudes töötlemise tingimustest ja nõudmistest, kuna konstruktor vormistab rakise konstruktiivselt üld- ja detailjoonestiste näol.

Tehnoloogilise protsessi läbitöötamisel tehnilise projekti järgus piirdutakse ainult rakise skeemiga, üldkujuga või märgitakse, mis liiki peab rakis olema. Tehnoloogilise protsessi lõplikul läbitöötamisel teostub rakise konstruktsiooni detailne projekteerimine. Tavaliselt toimub see tehase konstruktsioonibüroos.

Rakiseid kasutatakse töötlemisoperatsioonide teostamise kergendamiseks ja samaaegselt ka detailide pinki ülesseadmiseks ja kinnitamiseks.

Rakise kasutamine teeb üleliigseks märkimise enne pingil töötlemist ja selle jooksul. Märkimine on kallis operatsioon ja võib põhjustada ebatäpsusi, mis olenevad märkija individuaalseist omadusist. Rakiste kasutamine kindlustab töötlemise täpsuse ja selle juures ühesuguse kõikidele detailidele, mis garanteerib suurimal määral detailide asenda-

[1] Rakiseks nimetatakse töötlemisabinõu.

[2] Tarvikuks nimetatakse normaalrakist, mida vabrik annab pingile kaasa.

tavuse põhimõtte teostamist. Peale selle kergendab ja kiirendab rakiste kasutamine detailide pinki ülesseadmist ja seal kinnitamist, annab võimaluse ülesseadmist teostada suurema täpsusega ning sellega vähendab märgatavalt abiaega, mis mõnikord läheb väga suureks ja ületab põhiaja. Rakiste kasutamine võimaldab rakendada töötlemisel kõrgemat lõikerežiimi ja madalama kvalifikatsiooniga töölist.

Rakise kaasabil töödeldava detaili mõõdete vajaliku täpsuse saamiseks peab ka rakis ise olema valmistatud üsna täpselt, et töötlemise ebatäpsused ei kasvaks rakise detailide ebatäpsuse tõttu. Seoses sellega tuleb rakise mõõdete tolerantside määramisel anda kaks korda väiksemad mõõdetest kõrvalekaldumise piirid, kui see on lubatav töödeldava detaili juures. Detaili töötlemise vajalik täpsus on selle juures garanteeritud.

Väikeseerialises ja individuaaltootmises töötlemine teostub ilma rakisteta või universaaltüüpi rakistega, mis sageli on pingi tarvikuiks (universaal-jagamispead, pöördlauad jne.).

Suurseerialisel ja massilisel tootmisel osutub rakiste kasutamine obligatoorseks; igal üksikul juhul tuleb lahendada rakise konstruktsiooni küsimus ja küsimus selle kohta, mitme üheaegselt töödeldava eseme jaoks neid konstrueerida.

Suurseerialisel tootmisel ja massilisel tootmisel kasutatakse peamiselt erirakiseid, mis vähendavad abi- ja põhiaega suuremal määral kui universaalrakised ja võimaldavad samal ajal saavutada kõrgendatud täpsust. Tehnoloogiliste protsesside läbitöötamisel on tarvis kindlaks määrata rakise kasutamise majanduslikku otstarbekohasust ühe või teise operatsiooni teostamisel.

Selle küsimuse lahendamise meetodit käsitleme XVI peatükis.

Samaaegselt pingi ja rakise valikuga ühe või teise operatsiooni teostamiseks tuleb kindlaks määrata, missugust lõikeriista ja mõõteriista tuleb selle juures kasutada. Tuleb anda lõikeriista lühike iseloomustus: nimetada materjal, millest on lõikeriist valmistatud, lõikeriista nimetus ja mõõted, näiteks «silindriline frees Ø 75 mm, kiirlõiketerasest».

Ühte või teist tüüpi lõikeriista kasutamine oleneb valitud töötlemise meetodist. Kulutused lõikeriistadele moodustavad töötlemise maksumuse ühe osa (üldkulude koosseisus), mistõttu on tarvis püüda lõikeriista valikul vastavalt valitud töötlemise meetodile saavutada tema lõikeomaduste täielikumat ärakasutamist. Lõikeriista materjali valik (kas tavaline tööriistateras, kiirlõiketeras või kõvasulamid) oleneb töödeldavast metallist, nõutavast detaili pinna puhtusest ja lõikerežiimist.

Kulude kokkuhoiu otstarbel tuleb püüda asendada kallist kiirlõiketerast odavamate sortidega (asendajatega) seal, kus see töötlemise tingimuste tõttu on võimalik. Neil juhtudel, kui tehnoloogiliste tingimuste

tõttu ei ole võimalik töötlemine kõrgete lõikerežiimidega, ei ole otstarbekohane kasutada kiirlõiketerast ja see tuleb asendada tööriistaterasega. Kõvasulamitest valmistatud lõikeriist võimaldab seadmestiku tootlikkust märgatavalt tõsta ja selle tõttu tuleb kasutada neid seal, kus see töötlemise tingimuste seisukohalt on võimalik. Kõvasulami liik (pobediit, pobediit α, pobediit α-21, pobediit РЭ-8, stelliit, viidia, carbolloy jt.) tuleb valida olenevalt töödeldavast metallist ja töötlemise viisist, kuna erinevatel kõvasulamitel on erinevad lõikeomadused.[1]

Pobediiti ja pobediiti РЭ-8, samuti ka nende asendajat — reniksit — kasutatakse malmi, valatud terase, pronksi ja alumiiniumi töötlemisel.

Pobediiti РЭ-8 võib kasutada ka terase töötlemisel; ta kõlbab teistest paremini löökkoormusega töötamisel.

Pobediiti α kasutatakse terase silumisel, kuna pobediiti α-21 — tema koorimiseks ja silumiseks.

Tehnoloogiliste protsesside projektimisel tuleb lõikeriista kõrval kindlaks määrata ka mõõteriista tüüp, mida kasutatakse töötlemisprotsessis detailide mõõdete kontrolliks.

Individuaaltootmises, kus pingil töödeldavate detailide mõõted on üsna mitmesugused, kasutatakse üld-iseloomuga mõõteriistu, s. t. selliseid, millega saab kontrollida mitmesuguseid mõõteid. Sellisteks mõõteriistadeks on joonlauad, kroonsirklid, nihkkaliibrid, mikromeetrid, tastrid, sügavusemõõtjad jt. Seerialises ja massilises tootmises samade mõõdetega detailide kordumise juures kasutatakse kindlate mõõdetega erimõõteriistu — kaliibreid ja šabloone.

Töödeldavate pindade mõõdete määramine.

Antud pingil teostatava operatsiooni iga siirde kohta märgitakse töödeldava pinna mõõted — läbimõõt ja pikkus või laius ja pikkus. Nende mõõdete järgi arvutatakse selle siirde teostamiseks vajalik aeg, peale selle võib läbimõõdu ja pöörete arvu järgi arvutada lõikekiirust. Töödeldava pinna läbimõõt antakse suurimana, s. t. antakse läbimõõt, mis saadi eelneva töötlemisega, mille juures oli jäetud töötlusvaru järgnevaks töötlemiseks. Valmisvõlli läbimõõt olgu näiteks 60 mm, võlli eeltoote läbimõõt — 65 mm. Kui lõplikuks silumiseks jäetakse töötlusvaru 1 mm, siis peab võlli läbimõõt pärast koorimist olema 61 mm. Koorimisel on arvutusläbimõõduks 65 mm ja silumisel 61 mm. Antud lõikekiiruse juures arvutatakse pöörete arvud nende läbimõõtude järgi.

---

[1] NSV Liidus kasutatavate uuemate kõvasulamite liikide kohta vt. «Mašinostrojenije» 4. köide. Tõlke vast. toimetaja.

Hööveldamisel kaksikkäikude arvu määramiseks antud lõikekiiruse juures loetakse pikkuseks mõõde tööliikumise suunas, laiuseks sellele suunale risti olev mõõde.

Arvutuspikkus koosneb töödeldava pinna pikkusest ja tera eeljooksu ja ülejooksu pikkusest. Töödeldava pinna pikkus koosneb valmisdetaili pikkusest ja pikkuse töötlusvarust (kui viimane on olemas). Näiteks: pinna lõplik pikkus pärast detaili töötlemist on 200 mm, pikkuse töötlusvaru on 4 mm, tera eeljooksu ja ülejooksu pikkus — 20 mm, pinna arvutuspikkus on niisiis 200+4+20=224 mm.

Kui tuleb võtta proovilaastu, siis tuleb antud mõõtele veel juurde lisada proovilaastu võtmiseks vajalike terakäikude üldpikkus.

Üldkujul on töötlemise arvutuspikkuse jaoks kehtiv valem:

$$l = l_o + l_{sv} + l_{prl} \qquad (1)$$

või

$$l = l_l + l_{tv} + l_{sv} + l_{prl} \qquad (1a)$$

ja

$$l_o = l_l + l_{tv} ,$$

kus l on arvutuspikkus mm, l_o — töödeldava pinna pikkus mm, l_l — lõplik pikkus pärast töötlemist, l_{tv} — pikkuse töötlusvaru (kui selline on ette nähtud), l_{sv} — tera eel- ja ülejooksu pikkus, l_{prl} — proovilaastu võtmiseks vajalike terakäikude üldpikkus.

Tera eel- ja ülejooksu määramise viisi käsitleme edaspidi põhiaja (tehnoloogilise aja) arvutamise juures.

Proovilaastu võtmiseks vajalikuks terakäikude üldpikkuseks võetakse olenevalt kasutatavast mõõteriistast ja mõõdetavast pikkusest 5—8 mm, mõnikord ka 10 mm.

Metalli lõikerežiimi valik.

Tehnoloogilise protsessi tähtsaimaks teguriks on lõikerežiim, millega teostub töötlemine.

Metalli lõikerežiim koosneb järgmistest teda määravatest põhielementidest: lõikekiirusest v m/min. või pingi spindli pöörete arvust n pööret/min., ettenihkest s mm, lõikesügavusest t mm.

Lõikekiirus ja ettenihe muutuvad olenevalt:

a) lõiketera materjalist, kujust ja lõikeomadustest (tööriistaterasest pikitreimise tera, kiirlõiketerasest spiraalpuur jne.);

b) töödeldava materjali liigist ja ta omadustest (teras tõmbetugevusega 40—50 kg/mm² või 60—70 kg/mm², pehme või kõva malm jne.);

c) pingi liigist (treipink, hööveipink, freespink, puurpink jne.);

d) töötlemise viisist (treimine, pinna freesimine, keermetamine jne.);
e) töötlemise iseloomust (jämekoorimine, silumine);
f) lõikesügavusest;
g) pingi omadustest ja võimsusest;
h) töödeldava detaili kinnitamise kindlusest ja jäikusest.

Lõikekiirust mõõdetakse meetrites minutis (m/min.); ta võrdub

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \qquad (2)$$

kus v on lõikekiirus m/min., d — töödeldava eseme läbimõõt mm, n — spindli pöörete arv minutis.

Antud lõikekiiruse juures määratakse spindli pöörete arv valemiga

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}. \qquad (3)$$

Pärast pöörete arvu arvutamist lõikekiiruse ja töödeldava detaili läbimõõdu järgi valitakse pingi passi abil sellele lähim tegelik spindli pöörete arv. Pingi passi puudumisel määratakse teoreetiline pöörete arv; viimasel juhul tuleb arvestada pöörete rea kordajat ja mitte muuta pöörete arvu läbimõõtude väikeste vahede juures, s. t. lõikerežiim peab väikeste läbimõõtude vahede juures olema erinevate lõikekiirustega ja püsiva pöörete arvuga.

Ettenihe ja lõikesügavus antakse millimeetrites. Ettenihe arvutatakse vastavalt pingi tüübile:

treipinkide ja revolverpinkide juures võetakse ettenihe spindli ühe pöörde kohta	s	mm/pöördele
pikihöövelpinkide juures — tera ettenihe pingi töölaua kaksikkäigu kohta	s	mm/käigule
šepingite juures — detaili ettenihe tera kaksikkäigu kohta	s	mm/käigule
freespinkide juures — eseme ettenihe freesi ühe hamba kohta	s	mm/hambale
minutis	s	mm/min.
puurpinkide juures — puuri ettenihe puuri ühe pöörde kohta	s	mm/pöördele
ümarlihvimispinkide juures tsentrite vahel lihvimisel piki-ettenihkega:		
käia piki-ettenihe detaili ühe pöörde kohta	s	mm/pöördele
käia risti-ettenihe ühe käia käigu kohta	s	mm/käigule
ümarlihvimispinkide juures käia risti-ettenihkega — risti-ettenihe detaili ühe pöörde kohta	s	mm/pöördele
siselihvimispinkide juures — risti-ettenihe töölaua ühe kaksikkäigu kohta	s	mm/käigule
tsentriteta lihvimispinkide kohta — piki-ettenihe minutis	s	mm/min.
karussell-tüüpi tasalihvimispinkide juures, mis töötavad käia küljega — käia vertikaal-ettenihe laua ühe pöörde kohta	s	mm/pöördele
tasalihvimispinkide juures, mis töötavad käia ümbermõõduga — käia risti-ettenihe detaili laiuses	s	mm/laiuses
käia vertikaal-ettenihe ühe käia käigu kohta	s	mm/käigule

Ettenihe on

$$s = \frac{q}{t}, \qquad (4)$$

kus s on ettenihe mm, q — laastu ristlõige mm², t — lõikesügavus mm.

Töötlemisel kujuneb terakäikude arv i olenevalt töötlusvarust; kui lõikesügavus iga terakäigu juures võetakse ühesugune, siis saame terakäikude arvu töötlusvaru jagamisel lõikesügavusega. Tuleb valida selline lõikesügavus, et terakäikude arv oleks võimalikult väike, sest selle juures töötlemine toimub kasulikumalt.

Lõikerežiimi põhielementide valik (lõikekiirus, ettenihe ja lõikesügavus) seisab nende kasulikemate suuruste määramises ja nimelt:

1) maksimaalse tehnoloogiliselt lubatava ettenihke valimises antud lõikesügavuse juures pingi täisvõimsuse ja lõikamise pöördemomendi võimalikult maksimaalse ärakasutamise otstarbel;

2) ökonoomse lõikekiiruse saavutamises vähima masina-aja juures lõikeriista ratsionaalseima kasutamise eesmärgil.

Jämeda koorimistöö juures saab neid mõlemaid tingimusi täielikult rahuldada ja nad on lõikerežiimi elementide valiku erandita tingimusteks.

Silumisel oleneb lõikerežiimi elementide valik vajalikust töötlemise täpsusest ja puhtusest.

Pingi ja lõiketera suurima majandusliku efekti saamise nõuet rahuldatakse ainult sel määral, kuidas see on võimalik nõutava töötlemise kvaliteedi juures.

Lõikekiirust, mille juures lõikeriist nürineb majanduslikult kasulikema aja jooksul, nimetatakse ökonoomiliseks lõikekiiruseks.

Aega, mille jooksul lõikeriist töötab teritamata, s. t. aega kahe teritamise vahel, nimetatakse lõikeriista püsivuseks.

Lõikeriista püsivust, mille juures tema lõikeomadusi kasutatakse majanduslikult kõige kasulikumalt, s. t. mille juures toote omamaksumus on kõige väiksem, nimetatakse lõikeriista ökonoomiliseks püsivuseks.

Püsivuseks suurima tootlikkuse juures nimetatakse sellist lõikeriista püsivust, mille juures saadakse suurimat tootlikkust.

Normaalsetes tootmistingimustes tuleb töötada lõikeriista ökonoomilise püsivuse juures. Püsivust suurima tootlikkuse juures kasutatakse neil juhtudel, kui on tarvis vastava aja jooksul anda suurimat arvu detaile, arvestamata töötlemise maksumust.

Praegu loetakse lõikeriista ökonoomiliseks püsivuseks 60 minutit. Mõnikord on kasulik, olenevalt töötingimustest, võtta nimetatust suurem või väiksem püsivus. Suuremat püsivust kasutatakse sellistel pinkidel töötlemise juures, mis nõuavad keerulist ja aeganõudvat lõikeriista seadmist, näiteks mitme teraga pinkidel, revolver- ja karussellpinkidel; väiksemat püsivust võib kasutada mõnikord väikese masinaaja (põhiaja) puhul, kui lõikeriista töötamise aeg on lühike, kiiruse ümberlülimine aga nõuab liigset ajakulu.

Lõikeriista püsivuse muutumisega muutub ka lõikekiirus: püsivuse suurenemisega lõikekiirus väheneb ja püsivuse vähenemisega lõikekiirus suureneb.

Lõikekiiruse, ettenihke ja lõikesügavuse vahelist olenevust väljendatakse valemitega, mis on koostatud suure arvu uurimuste ja katsete tulemusena. Praktilisteks otstarveteks tavaliselt lõikekiirust ja ettenihet ei arvutata valemite järgi, vaid kasutatakse valmis tabeleid ja diagramme, mis on nende valemite alusel koostatud. Seejuures nende suuruste määramine toimub allkirjeldatud korras. Olenevalt antud detaili töötlusvaru suurusest ja terakäikude arvust määratakse lõikesügavus, püüdes kogu töötlusvaru maha võtta 1—2 terakäiguga, jättes silumiseks 0,5—1,0 mm. Edasi määratakse ettenihe olenevalt valitud lõikesügavusest, töödeldavast materjalist ning tema omadustest ja valitud pingi mehhanismi poolt lubatavast lõikejõust. Ta peab olema maksimaalne ja töötlemise puhtuse mõttes tehnoloogiliselt lubatav. Põhiaja (masina-aja) väiksema kulutamise seisukohalt on kasulikum töötada suurte ettenihetega ja väiksemate lõikekiirustega, mille juures kasutatakse lõiketera ökonoomilist püsivust. Ettenihke suurusi aga piiritlevad töötlemise puhtuse nõue, detaili kinnituse tugevus ja pingi ettenihke mehhanismi tugevus.

Antud lõikesügavuse ja ettenihke järgi määratakse lubatav lõikekiirus.

Selle järel tuleb teostada kontrolli (valemite, tabelite või diagrammide abil), kuivõrd vastavad valitud lõikerežiimi elemendid valitud pingi võimsusele. Eriti tähtis on see jämedatel koorimistöödel, kui on võimalik võtta maksimaalse ristlõikega laastu ja selliselt pingi täisvõimsust ära kasutada.

Töötlemise ajanormi määramine.

Eespool märkisime, et tehnoloogilist protsessi moodustavate põhitegurite hulka kuulub ka detaili töötlemiseks kuluv aeg. Ta on töö eest tasumise tehniliseks ajanormiks, samuti ka detaili hinna kalkuleerimise ja tsehhis vajaliku pinkide arvu määramise aluseks.

Tehnilise ajanormi all tuleb mõista detaili töötlemiseks vajalikku tööaega teatud organisatsioonilis-tehniliste tingimuste juures vastavalt pingi ekspluatatsioonilistele võimetele ja kaasaegse eesrindliku tehnika tasemele vastavate ja stahaanovlaste eesrindlikke tootmiskogemusi arvestavate töömeetodite kasutamisel.

Ajanormi määramisel tuleb silmas pidada järgmisi põhimõtteid:

1) pingil töötaja ei pea teostama selliseid töid, mida saab teha abitööline; need tööd ei pea kuuluma töölise normisse;

2) töökoha organiseerimisel tuleb ette näha, et materjalide, lõikeriistade, rakiste, joonestiste ja töökäskude töökohale toimetamise ja ka nende äraandmise töö lõpetamisel viivad läbi abitöölised;

3) lõikeriistade teritamine peab olema tsentraliseeritud, pingil töötaja ei terita neid ega raiska selleks aega; lõikeriist vahetatakse teatud aja möödumisel (sundsüsteem) või pingil töötaja nõudmisel; teritatud lõikeriistad toimetatakse töökohale valmiskujul; tööline ei raiska aega nende saamiseks jaotuspunktist;

4) ajanormisse ei pea kuuluma need töövõtted, mida saab teostada samaaegselt pingi tööga, s. t. on masina-aja poolt kaetud;

5) ajanormisse ei pea kuuluma ka ajakaod igasuguste organisatsiooniliste häirete tõttu, kuna viimased on täiesti lubamatuks nähtuseks; nende häirete hulka kuuluvad elektrivoolu katkestused, takistused materjali, rakiste, lõikeriistade töökohale toimetamises, takistused transpordis, töökäsu saamise ja töö äraandmise ootamine, mootori rikked jne.; ühe sõnaga, peab olema ette nähtud katkestamatu ja õigeaegne töökoha teenindamine tööks kõige vajalikuga;

6) ajanormisse ei kuulu aeg, mida kulutatakse praagitud detailide parandamiseks või nende asemele uute valmistamiseks;

7) ajanormi määramisel tuleb arvestada antud tehases normaalselt kehtivaid töötlusvarusid, materjali normaalsorti ja kvaliteeti, vastavat ja korras pinki;

8) ajanorm tuleb määrata normaalse töötamise jaoks; mingisuguseid ajakadusid, kas töölisest olenevaid või mitte-olenevaid, ei tule arvestada;

9) ajanormid tuleb määrata kasulikemate lõikerežiimide alusel;

10) ajanormid määratakse lähtudes mitme detaili samaaegse töötlemise ratsionaalsest rakendamisest, samaaegsest mitme teraga töötlemisest ja, kus see on võimalik, ühe töölise mitmel pingil töötamisest;

11) ajakulu kätepesemiseks, eririietusse riietumiseks ja lahtiriietumiseks ei ole lubatav, kuna kõik see peab olema toimetatud enne tööle asumist või pärast töö lõpetamist. Tööpalk tuuakse töölisele pingi juurde või makstakse välja väljaspool tööaega.

Tüki ajanorm koosneb pingitööde juures järgmistest osadest:

1) põhi- ehk tehnoloogilisest ajast,
2) abiajast,
3) töökoha teenindamise ajast,
4) puhkuseks ja füüsiliste tarviduste rahuldamiseks kuluvatest töökatkestustest.

Põhi- ja abiaeg moodustavad kokku operatiivse tööaja ehk operatiivse aja.

Kui ajanorm antakse ühe tüki valmistamiseks, siis nimetatakse teda tüki ajanormiks.

Peale selle nähakse ette ettevalmistus-lõpetamisaeg, mis ei kuulu tüki ajanormisse ja määratakse eraldi kogu detailide partiile; selle juures ei olene ettevalmistus-lõpetamise aeg partii suurusest.

Nii koosneb ühe tüki üldine kalkulatsiooniaeg tükiajast ja ühele tükile langevast ettevalmistus-lõpetamise ajast.

Põhiaeg (tehnoloogiline aeg) on aeg, mille jooksul toimub laastuvõtmine, s. t. toimub detaili kuju, mõõdete ja välimuse muutmine. Kui see protsess teostub ainult pingil ilma töölise otsese kaastegevuseta, siis on see masina-aeg; kui aga laastuvõtmine toimub pingil töölise poolt lõiketera liikumise otsese juhtimisega või detaili ümberpaigutamisega töölise poolt käsitsi, siis on tegemist masina-käsitsitöö ajaga.

Põhiaja hulka kuulub aeg, mis kulub tera tagasiviimiseks ja reversiivkäiguks (höövelpinkide juures), freesi sisenemiseks ja väljumiseks, proovilaastu võtmiseks. Selle tõttu võetakse põhiaja arvutamisel arvutuspikkuseks pikkus valemi (1) järgi, arvesse võttes kõiki neid töövõtteid.

Abiaja hulka kuulub aeg käsitsi töövõteteks, mis on vajalikud pingi, rakiste, lõikeriistade ja detaili käsitsemiseks ja mõõtmiseks töötlemise ajal. Need võtted korduvad iga detaili juures või teatud arvu detailide järel.

Abiajasse kuulub:

a) pingi juhtimise aeg — käivitamine, peatamine, lõikekiiruse ja ettenihke muutmine jne.;
b) lõikeriista ümberpaigutamise aeg;
c) detaili pinki asetamise ja kinnitamise ning pingist mahavõtmise aeg;
d) lõiketera kohaleasetamise ja kinnitamise ning mahavõtmise aeg töö jooksul;
e) detaili mõõtmise võtete peale kuluv aeg.

Töökoha teenindamine jaguneb tehniliseks ja organisatsiooniliseks, selle tõttu ka töökoha teenindamise aeg jaguneb töökoha

tehnilise teenindamise ajaks ja töökoha organisatsioonilise teenindamise ajaks.

Töökoha tehnilise teenindamise aeg sisaldab pingil töötaja poolt töökoha hooldamiseks kulutatavat aega antud tööprotsessis ja siia kuulub:

a) pingi korrastamisele ja reguleerimisele kuluv aeg töö jooksul;

b) nürinenud lõikeriista vahetamiseks kuluv aeg;

c) lõikeriista luisuga teritamine või käia teemandiga õgvendamine töökäigus;

d) laastu eemaldamine tööprotsessis.

Töökoha organisatsioonilise teenindamise aeg sisaldab töökoha teenindamiseks kuluvat aega vahetuse jooksul ja siia kuulub:

a) lõike- ja mõõteriistade käepäraselt asetamine vahetuse alguses ja ärakoristamine vahetuse lõpul;

b) pingi puhastamisele ja õlitamisele kuluv aeg.

Töökoha tehnilise teenindamise aeg oleneb otseselt põhiajast (tehnoloogilisest ajast) ja selle tõttu teda arvutatakse protsentides põhiajast ja taandatakse ühele detailile.

Seerialises tootmises võib tüki ajanormi arvutuse lihtsustamiseks töökoha tehnilise teenindamise aega arvutada protsentides operatiivsest ajast. Selleks on tarvis välja selgitada normaalne suhe põhiaja ja töökoha tehnilise teenindamise aja vahel antud tootmisala ja seadmestiku kohta ja töökoha tehnilise teenindamise aeg ümber arvutada põhiaja protsentidest operatiivse aja protsentidesse.

Organisatsiooniline töökoha teenindamise aeg arvutatakse protsentides operatiivsest ajast.

Puhkuseks ja füüsiliste tarviduste rahuldamiseks kuluvate töökatkestuste aega saab määrata ainult tootmistingimuste ja antud pingil töötamise tingimuste poolt reglementeeritavates piirides. Puhkuseks kuluvate töökatkestuste aega arvestatakse normis ainult raskete ja väsitavate tööde juures, kuna pingitöö normidesse viiakse teda ainult erandjuhtudel. Üldiselt nähakse pingitöö normides ette ainult aega füüsiliste tarviduste rahuldamiseks 2% ulatuses operatiivsest ajast.

Ettevalmistus-lõpetamise aeg, nagu me juba märkisime, määratakse detailide partii kohta ja tüki ajanormisse ei kuulu; ta lülitatakse kalkulatsiooniajasse.

Ettevalmistus-lõpetamise aja hulka kuulub:

a) tööga tutvumise ja joonestise lugemise aeg;

b) pingi ettevalmistamise ja korrastamise aeg, lõikeriistade ja rakiste ettevalmistamise aeg antud detailide partii töötlemiseks, lõike-

riistade ja rakise pinki asetamise ja pärast kogu partii töötlemist pingist äravõtmise aeg;

c) detailide äraandmise aeg, kui äraandmine ja kontroll toimub pingi juures ja pingil töötaja osavõtul.

Massilisel tootmisel ei kuulu ettevalmistus-lõpetamise aeg pingil töötaja ajanormisse, kuna pingi korrastamine teostub eriliste korrastajate poolt ja kogu töö ettevalmistus teostatakse algusest kuni lõpuni enne vahetuse algust eritööliste poolt; suurseerialisel tootmisel, mis on tehnoloogilise protsessi organiseerimiselt lähedane massilisele tootmisele, on pingil töötaja poolt kulutatav ettevalmistus-lõpetamise aeg väike; väikeseerialisel ja individuaaltootmisel võib pingil töötaja poolt kulutatav ettevalmistus-lõpetamise aeg tõusta küllalt suureks.

Tüki ajanormi saab väljendada järgmise valemi abil:

$$t_t = t_p + t_a + t_{tt} + t_f \,, \qquad (5)$$

kus t_t on tüki ajanorm minutites; t_p — põhiaeg (tehnoloogiline) minutites; t_a — abiaeg minutites; t_{tt} — töökoha teenindamise aeg minutites; t_f — füüsiliste tarviduste rahuldamiseks kuluv töökatkestuste aeg minutites.

Kuna töökoha teenindamise aeg koosneb töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ajast, siis valemit (5) võib kirjutada järgneval kujul:

$$t_t = t_p + t_a + t_{ttt} + t_{ott} + t_f \,, \qquad (6)$$

kus t_{ttt} on töökoha tehnilise teenindamise aeg minutites ja t_{ott} — töökoha organisatsioonilise teenindamise aeg minutites. Ülejäänud tähistused on endised.

Operatiivne aeg on

$$t_{op} = t_p + t_a \,.$$

Antud detailide partii töötlemise ajanorm väljendub järgmise võrrandiga:

$$T_n = t_t \,.\, n + T_{el} \,, \qquad (7)$$

kus T_n on detailide kogu partii töötlemise ajanorm minutites; n — tükkide arv partiis; T_{el} — ettevalmistus-lõpetamise aeg kogu partii kohta.

Üldise kalkulatsiooniaja norm ühe tüki kohta tuletatakse valemist (7) ja ta on:

$$t_k = \frac{T_n}{n} = t_t + \frac{T_{el}}{n} \,, \qquad (8)$$

kus t_k on kalkulatsiooni ajanorm ühe tüki kohta minutites.

Nagu juba märkisime, arvutatakse töökoha tehnilise teenindamise aeg protsentides tehnoloogilisest põhiajast, töökoha organisatsioonilise teenindamise aeg — protsentides operatiivsest ajast.

Käsiteldust lähtudes võib kirjutada üldise tüki ajanormi valemit (6) alljärgneval kujul:

$$t_t = t_p + t_a + t_p \cdot \frac{\alpha}{100} + (t_p + t_a)\frac{\beta}{100} + (t_p + t_a)\frac{\gamma}{100}$$

või

$$t_t = t_p + t_a + t_p \cdot \frac{\alpha}{100} + (t_p + t_a)\left(\frac{\beta + \gamma}{100}\right), \qquad (9)$$

kus t_t on tüki ajanorm minutites; t_p — põhiaeg (tehnoloogiline); t_a abiaeg minutites; α — töökoha tehnilise teenindamise aja protsendimäär põhiajast; β — töökoha organisatsioonilise teenindamise aja protsendimäär operatiivsest ajast; γ — füüsilisteks tarvidusteks kuluvate töökatkestuste aja protsendimäär operatiivsest ajast.

Eespool märkisime, et tüki ajanormi arvutuse lihtsustamiseks võib töökoha tehnilise teenindamise aega arvutada ka protsentides operatiivsest ajast (mitte põhiajast). Sel juhul võtab valem (9) alljärgneva kuju:

$$t_t = t_p + t_a + (t_p + t_a)\frac{\alpha'}{100} + (t_p + t_a)\frac{\beta}{100} + (t_p + t_a)\frac{\gamma}{100}$$

või

$$t_t = (t_p + t_a)\left(1 + \frac{\alpha' + \beta + \gamma}{100}\right), \qquad (10)$$

kus α' on töökoha teenindamise tehnilise aja protsendimäär operatiivsest ajast.

Viimane valem (10) on tüki ajanormi arvutamise aluseks.

Pingitöö jaoks antakse töölisele norm ajanormina ühe tüki töötlemiseks või töönormina vahetuse kohta, mis näitab, mitu tükki tuleb töödelda tunnis või vahetuses.

Vahetuses valmistatavate tükkide arvuna väljendatud töönormi määramiseks tuleb vahetuse tööaeg jagada tüki ajanormiga.

Keskmine töönorm tükkides väljendub järgmise valemiga:

$$N = \frac{480}{t_t}, \qquad (11)$$

kus N on töönorm tükkides vahetuses; 480 — minutite arv vahetuses.

Mitme detaili samast eeltootest samaaegsel töötlemisel (kolvirõngad ühest hülsist) määratakse aeg ühele detailile (toodud näites

ühele rõngale) kogu eeltoote töötlemiseks vajaliku aja jagamisega samaaegselt töödeldavate detailide arvuga.

Aja elementide arvutamine teostatakse järgmiselt:

1) määratakse ettevalmistus-lõpetamise aeg kogu partiile;
2) arvutatakse põhiaeg (tehnoloogiline);
3) määratakse abiaeg;
4) arvutatakse töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ja füüsiliste tarviduste rahuldamiseks kuluvad ajad.

Vastavalt valemile (10) võib viimased aja elemendid võtta teatud protsendina operatiivsest ajast.

Ettevalmistus-lõpetamise aja määramine.

Üksikute tööd ettevalmistavate ja seda lõpetavate tegevuste kestus teatud töötlemisoperatsiooni teostamisel määratakse käigusolevate protsesside kronometreerimise teel või võetakse, nagu see toimub projektimisel, läbitöötatud ja tabelitesse koondatud katselistel andmetel. Ettevalmistus-lõpetamise aega mõjutavad töö iseloom, pingi ja rakiste keerulikkus, detaili pinki kinnitamise viis ja tsehhi töö organiseerimine. Tuleb püüda selle mittetootliku aja maksimaalse vähendamise poole. Tema vähendamine võimaldab seadmestiku paremat ärakasutamist, kuna seadmestik ettevalmistus-lõpetamise tööde jooksul seisab ja ei tooda. Pingil töötaja tuleb vabastada sellistest töödest, mida saavad teha abitöölised. Massilise tootmise juures teostatakse pingi korrastamist ja töökoha ettevalmistamist erikorrastajate ja abitööliste poolt enne vahetuse algust ja selleks kuluv aeg ei kuulu pingil töötaja normisse. Suurseerialisel tootmisel, mis oma tehnoloogilise protsessi organiseerimisviisilt on lähedane massilisele tootmisele, võib pingil töötaja poolt kulutatav ettevalmistus-lõpetamise aeg olla väike. Individuaalse ja väikeseerialise tootmise juures toimub pingi korrastamine pingil töötaja enese poolt ja selleks kulutatav aeg võib olla küllalt suur.

Ettevalmistus-lõpetamise aja normi määramisel tuleb ette näha sellist töökoha organiseerimise vormi, mille juures materjalid, lõikeriistad, rakised, joonestised ja töökäsud toimetatakse töötajale töökohale kätte.

Ettevalmistus-lõpetamise aja määramisel tuleb kasutada kehtivaid normatiive, mis on välja töötatud paljude tehaste ja projektivate organisatsioonide kogemuste alusel. Ettevalmistus-lõpetamise aja normatiivid on enamiku pinkide jaoks (treipingid, karusellpingid, sisetreimispingid, revolverpingid, plaantreimispingid, vertikaal- ja radiaalpuurpingid, piki-freespingid ja piki-höövelpingid) koostatud selliselt, et nad summeeruvad kolmest suurusest:

a) ajast, mis oleneb detaili pinki ülesseadmise viisist;

b) joonestisega tutvumise ja lõikeriista pinki ülesseadmise ja äravõtmise ajast;

c) täiendava rakisega töötamise ajast või pingi erilise korrastamise ajast, mis on tingitud tehnoloogilisest protsessist.

Kõikide teiste pinkide juures on joonestisega tutvumise aeg võetud püsiva suurusena ja koos lõikeriista pinki ülesseadmise ja pingilt äravõtmise ajaga lisatakse juurde punktis «a» märgitud ajale. Nii koosneb ettevalmistus-lõpetamise aeg sel juhul ainult kahest suurusest (punktid «a» ja «c»).

Põhiaja (tehnoloogilise aja) määramine.

Põhiaega (tehnoloogilist aega) arvutatakse, nagu eespool märkisime, teoreetiliselt. Võttes lõikerežiimi elemendid tabelitest või diagrammidest, arvutatakse eespool toodud kaalutluste alusel pingil töötlemise aeg. Selleks kasutatakse valemit, mis osutub õigeks kõikide töötlemisviiside jaoks, tema kuju aga muutub vastavalt ühele või teisele töötlemisviisile. Teda tuletatakse lihtsatel kaalutlustel ja ta on

$$t_p = \frac{l \cdot i}{n \cdot s}, \qquad (12)$$

kus t_p on põhiaeg (tehnoloogiline aeg) minutites; l — töötlemise arvutuspikkus mm ettenihke suunas; s — lõiketera ettenihe mm pealiikumise pöördele või kaksikkäigule (lõikeliikumine); n — spindli pöörete arv minutis pöörleva pealiikumisega pinkidel ja kaksikkäikude arv minutis sirgjoonelise peatööliikumisega pinkidel; i — terakäikude arv.

Treimistööde põhiaeg; antud pöörete arvu ja ettenihke juures jääb valem (12) muutumatuks. Sel juhul on s tera ettenihe mm spindli ühe pöörde kohta, n — spindli pöörete arv minutis, l — silindrilise välis- või sisetreimise arvutuspikkus mm ettenihke suunas [valemi (1) järgi].

Kui on antud lõikekiirus, siis võib aega väljendada otseses olenevuses temast järgmist võrrandit kasutades:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000},$$

kus v on lõikekiirus m/min., d — töödeldava eseme läbimõõt; n — spindli pöörete arv minutis.

Sellest võrrandist saame spindli pöörete arvu

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} .$$

Asetades n väärtuse valemisse (12) saame:

$$t_p = \frac{\pi \cdot d \cdot l \cdot i}{v \cdot s \cdot 1000} . \qquad (13)$$

Plaantreimise juures, kui on tegemist õõnessilindrite treimisega, on töötlemise pikkuseks välimise läbimõõdu d_v ja sisemise läbimõõdu d_s pool vahet, s. t.:

$$l = \frac{d_v - d_s}{2} . \qquad (14)$$

Asetades l väärtuse valemisse (12) saame õõnsate silindriliste esemete plaantreimise jaoks põhiaja valemi

$$t_p = \frac{(d_v - d_s)\ i}{2n \cdot s} . \qquad (15)$$

Otstreimise juures võrdub töötlemise pikkus töödeldava eseme poole läbimõõduga, s. t.:

$$l = \frac{d}{2} .$$

Sel juhul võtab põhivalem (12) järgmise kuju:

$$t_p = \frac{d \cdot i}{2n \cdot s} . \qquad (16)$$

Põhiaeg hööveldamistööde juures piki-höövelpingil. Nagu eespool märkisime, tähistab l valemis (12) töötlemise pikkust ettenihke suunas. Kuna höövelpingil on ettenihe suunatud hööveldamise suunaga risti, siis sel juhul tähistab l hööveldamise laiust, mis koosneb töödeldava pinna laiusest ja tera külgmiste tühikäikude laiusest. Valemil (12) on siis järgmine kuju:

$$t_p = \frac{(b + b_1) \cdot i}{n \cdot s} , \qquad (17)$$

kus t_p on põhiaeg minutites; b — hööveldatava pinna laius mm; b_1 — tera külgmiste tühikäikude laius mm; i — terakäikude arv; n — töölaua kaksikkäikude arv minutis; s — tera ettenihe mm/kaksikkäigule.

Kaksikkäikude arvu saab määrata lähtudes töölaua käigu pikkusest. Kirjutame töölaua tööliikumise kiiruse valemi:

$$v_{tk} = \frac{L(1 + m) \cdot n}{1000}, \qquad (18)$$

kus $_{tk}$ on töölaua kiirus m/min.; L — töölaua käigu pikkus mm, mis koosneb hööveldatava pinna pikkusest pluss tera eeljooks ja järeljooks; m — töökäigu kiiruse suhe tühikäigu kiirusega; n — kaksikkäikude arv minutis.

Valemist (18) saame kaksikkäikude arvu minutis:

$$n = \frac{v_{tk} \cdot 1000}{L(1 + m)}. \qquad (19)$$

Asetades n väärtuse sellest valemist valemisse (17) saame

$$t_p = \frac{(b + b_1) \cdot L(1 + m) \cdot i}{v_{tk} \cdot 1000 \cdot s}. \qquad (20)$$

Ettenihe s võetakse tabelist või arvutatakse valemist

$$s = \frac{q}{t},$$

kus q on laastu ristlõige — võetakse pingi passist või tabelitest; t on lõikesügavus.

Tera külgmistele tühikäikudele võetakse 2—5 mm. Tera eeljooksuks ja ülejooksuks (pikisuunas), mis kuuluvad pikkusesse L, võetakse piki-höövelpinkidel järgmised suurused:

hööveldamise	pikkuse	juures	kuni	2 000	mm	. . . . .	kuni	200	mm
„	„	„	2 000	— 4 000	„	. . . . .	200	— 300	„
„	„	„	4 000	— 6 000	„	. . . . .	300	— 375	„
„	„	„	6 000	—10 000	„	. . . . .	375	— 450	„

Kaksikkäikude arv n võetakse arvutamise lihtsustamiseks sageli töölaua keskmise kiiruse järgi (keskmine töölaua töö- ja tühikäigu suhtes), mis aga, peab ütlema, teeb põhiaja arvutamise ebatäpseks. Sel juhul

$$n = \frac{v_k \cdot 1000}{2 \cdot L},$$

kus v_k on keskmine töölaua liikumise kiirus mm/min.; L — töölaua käigu pikkus mm, mis koosneb hööveldatava pinna pikkusest pluss tera eeljooks ja ülejooks.

Põhiaja määramise valem šepingite juures omab valemiga (17) identset kuju:

$$t_p = \frac{(b + b_1) \cdot i}{n \cdot s},$$

kus t_p on põhiaeg minutites; b — hööveldatava pinna laius mm; b_1 — tera külgmiste tühikäikude laius mm; i — terakäikude arv kogu töötlusvaru mahahööveldamiseks; n — tera kaksikkäikude arv minutis; s — töölaua ettenihe tera kaksikkäigu kohta mm.

Kaksikkäikude arv n ja ettenihe s määratakse samade valemitega, nagu piki-höövelpingi juures.

Tera eeljooks ja ülejooks (pikisuunas), mis on suuruse L osadeks, võetakse šepingite juures järgmises suuruses:

terakäigu	pikkuse	juures	kuni	100 mm	. . . . .	35 mm
„	„	„	100 —	200 „	. . . . .	50 „
„	„	„	200 —	300 „	. . . . .	60 „
„	„	„	üle	300 „	. . . . .	75 „

Külgmiste tühikäikude laiuseks b_1 võetakse samuti 2—5 mm.

Põhiaeg freestmistööde juures.

Põhiaeg silindrilise ja otsfreesimise juures määratakse valemiga, mis on sisuliselt valemiga (12) sarnane, kuid väljendub muudetud kujul:

$$t_p = \frac{l \cdot i}{s_m}, \qquad (21)$$

kus t_p on põhiaeg minutites; l — freesiga töötlemise arvutuspikkus mm; i — freesi käikude arv mm; s_m — ettenihe minutis.

Arvutuspikkuse saame valemi abil

$$l = l_t + l_{eü} + l_{pr},$$

kus l_t on töödeldava pinna pikkus mm; $l_{eü}$ — freesi eeljooksu ja ülejooksu pikkus mm; l_{pr} — freesikäikude üldine pikkus proovilaastude võtmisel mm.

Freesi eeljooksu ja ülejooksu pikkus $l_{eü}$ võrdub

$$l_{eü} = \delta + \gamma,$$

kus δ on freesi eeljooks mm; γ — freesi ülejooks mm; tavaliselt võetakse selleks 2—5 mm, vastavalt freesi läbimõõdule.

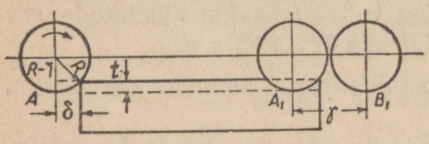
TRÜ Raamatukogu

Freesi eeljooksu suuruseks on vastavalt joonisele 9:

$$\delta = \sqrt{R^2 - (R-t)^2} = \sqrt{R^2 - R^2 + 2Rt - t^2}$$

või

$$\delta = \sqrt{D \cdot t - t^2} = \sqrt{t(D-t)}, \qquad (22)$$



Joon. 9. Freesi teekonna skeem detaili töötlemisel.

kus t on freesimise sügavus mm, D — freesi läbimõõt mm.

Harilikult võetakse δ eelnevalt koostatud tabelite järgi.

Otsfreesimise puhul on freesi eeljooks võrdne

$$\delta = 0{,}5\left(D - \sqrt{D^2 - b^2}\right), \qquad (23)$$

kus D on freesi läbimõõt mm ja b — freesimise laius mm.

l_{pr} suurust, mis väljendab proovilaastude võtmiseks vajalikku freesikäikude üldpikkust, arvestatakse sel juhul, kui töötlemisel võetakse proovilaaste; kui neid ei võeta, siis l_{pr} ei arvestata.

Ettenihke suurust minutis võib arvutada järgmiselt:

$$s_m = s_z \cdot z \cdot n, \qquad (24)$$

kus s_z on ettenihe freesi ühe hamba kohta mm, z — freesi hammaste arv, n — freesi pöörete arv minutis.

Niisiis, asetades valemisse (21) toodud l ja s_m väärtused, võib seda valemit väljendada kahel kujul:

proovilaastude puudumisel:

$$t_p = \frac{(l_t + \delta + \gamma) \cdot i}{s_m} = \frac{(l_t + \delta + \gamma) \cdot i}{s_z \cdot z \cdot n}; \qquad (25)$$

proovilaastude võtmisel:

$$t_p = \frac{(l_t + \delta + \gamma + l_{pr}) \cdot i}{s_m} = \frac{(l_t + \delta + \gamma + l_{pr}) \cdot i}{s_z \cdot z \cdot n}. \qquad (26)$$

Põhiaega ümarfreesimise juures töölaua ringettenihkega määratakse valemiga

$$t_p = \frac{l + \delta}{s_m} \cdot i, \qquad (27)$$

kus l on freesimise pikkus mm; δ — freesi eeljooks; s_m — ettenihe minutis; i — freesikäikude arv.

Täisringjoone pikkuses freesimisel

$$l = \pi \cdot D,$$

kus D on freesitava pinna läbimõõt mm.

Põhiaeg kiilunuutide freesimisel ühe freesikäiguga:

a) mõlemast otsast lahtine kiilunuut:

$$t_p = \frac{l + 0{,}5 \cdot D}{s_{pm}}; \tag{28}$$

b) mõlemast otsast kinnine kiilunuut:

$$t_p = \frac{h}{s_{vm}} + \frac{l - D}{s_{pm}}; \tag{29}$$

c) ühest otsast kinnine kiilunuut:

$$t_p = \frac{l}{s_{pm}}. \tag{30}$$

Põhiaeg kiilunuutide freesimisel pendel-ettenihkega pinkidel mitme freesikäiguga:

a) mõlemast otsast lahtine kiilunuut:

$$t_p = \frac{(l + 0{,}5\,D)}{s_{pm}} \cdot i; \tag{31}$$

b) mõlemast otsast kinnine kiilunuut:

$$t_p = \frac{(l - D)}{s_{pm}} \cdot i; \tag{32}$$

c) ühest otsast kinnine kiilunuut:

$$t_p = \frac{l}{s_{pm}} \cdot i. \tag{33}$$

Tähistused valemites (28), (29), (30), (31), (32) ja (33) on järgmised; l — kiilunuudi pikkus mm; D — freesi läbimõõt mm; s_{pm} — piki-ettenihe mm/min.; h — freesi lõikesügavus iga freesikäigu jooksul mm; s_{vm} — vertikaal-ettenihe mm/min.; i — freesikäikude arv.

$$s_{pm} = s_z \cdot z \cdot n,$$

kus s_z on ettenihe freesi ühe hamba kohta mm; z — freesi hammaste arv; n — freesi pöörete arv minutis.

Põhiaeg aukude töötlemisel puuriga, süvipuuriga ja hõõritsaga määratakse sama üldise valemi (12) järgi:

$$t_p = \frac{l \cdot i}{n \cdot s},$$

kus l on lõikeriista käigu pikkus mm; n — lõikeriista või eseme pöörete arv minutis; s — ettenihe ühe pöörde kohta; i — lõikeriista käikude arv.

Puurimisel, süvistamisel ja hõõritsemisel koosneb lõikeriista käigu pikkus töödeldava augu pikkusest ja lõikeriista eeljooksu pikkusest. Nende tööde liikide kohta väljendub põhiaja valem järgmiselt:

$$t_p = \frac{(l_t + \delta) \cdot i}{n \cdot s}, \qquad (34)$$

kus l_t on töödeldava augu pikkus mm; δ — lõikeriista eeljooksu pikkus mm; n — lõikeriista või eseme pöörete arv minutis; s — ettenihe mm/pöördele; i — lõikeriista käikude arv.

Eeljooksu pikkus δ määratakse valemiga

$$\delta = \frac{D}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \qquad (35)$$

kus D on puuri läbimõõt mm, α — puuri tipunurk.

Tabelis 5 on toodud puuride, süvipuuride ja hõõritsate eeljooksu suurused; nad on määratud arvutuse teel, lisades praktilistel kaalutlustel juurde 2—5 mm.

Tabel 5.

Puuride, süvipuuride ja hõõritsate eeljooks δ mm.

Lõikeriista nimetus	Lõikeriista läbimõõt mm							
	2—4	5—8	10—14	16—20	22—26	28—32	35—45	50—60
Spiraalpuurid	2	3—4	5—6	7—8	9—10	11—12	13—15	17—20
Süvipuurid	—	—	3	3	5	5	5	6
Silindrilised hõõritsad .	10	15	18	22	26	32	38	45

Lihvimistööde põhiaeg.

Põhiaeg välisel ümarlihvimisel tsentrite vahel käia piki-ettenihkega määratakse valemiga

$$t_p = \frac{l \cdot a}{n \cdot s \cdot s_r} \cdot k, \qquad (36)$$

kus l on lihvitava pinna pikkus mm; a — radiaalne töötlusvaru mm; n — detaili pöörete arv minutis; s — piki-ettenihe mm detaili ühe pöörde kohta; s_r — käia risti-ettenihe mm ühe käiakäigu kohta (lõikesügavus); k — tegur, mis oleneb lihvimise täpsusest (tema suurus on antud tabelis 6).

Tabel 6.

Lihvimise täpsusest olenev tegur k.

Lihvimise täpsus mm	k
0,10—0,25	1,10
0,07—0,10	1,25
0,04—0,07	1,40
0,02—0,04	1,70
Kaliibrite ja kontrollplaadi järgi töötamisel	2,00

Piki-ettenihke s suurus (detaili ühe pöörde kohta) mm võetakse käia laiuse osades järgmiselt:

malmi jaoks:	koorimisel kuni 0,8 käia laiusest silumisel 0,4—0,3 „ „
toorterase, karastatud ja termiliselt töödeldud terase ning pronksi jaoks:	koorimisel kuni 0,7 käia laiusest silumisel 0,25—0,3 „ „

Põhiaeg välisel ümarlihvimisel ketta risti-ettenihkega määratakse valemiga

$$t_p = \frac{a}{n \cdot s_p} \cdot k, \qquad (37)$$

kus a on radiaalne töötlusvaru mm; n — pöörete arv minutis; s_p — risti-ettenihe mm detaili ühe pöörde kohta (lõikesügavus); k — lihvimise täpsusest olenev tegur (tabeli 6 järgi).

Põhiaeg siselihvimisel käia piki-ettenihkega määratakse järgmiste valemite abil:

$$t_p = \frac{a}{n_{kk} \cdot s_{kk}} \cdot k; \qquad (38)$$

$$n_{kk} = \frac{v_p \cdot 1000}{2L}, \qquad (39)$$

kus a on radiaalne töötlusvaru mm; n_{kk} — töölaua kaksikkäikude arv minutis; s_{kk} — risti-ettenihe mm töölaua kaksikkäigu kohta (lõikesügavus); v_p — töölaua pikikäigu kiirus m/min.; L — töölaua käigu pikkus mm; k — lihvimise täpsusest olenev tegur (tabeli 6 järgi).

Põhiaeg pikkade detailide tsentriteta lihvimisel ühesuunalise ettenihkega määratakse valemite järgi:

$$t_p = \frac{l + B}{s_m} \cdot i; \tag{40}$$

$$s_m = \pi \cdot D_r \cdot n_r \cdot \sin\alpha \cdot \mu, \tag{41}$$

kus l on lihvitava pinna pikkus mm; B — käia laius mm; i — käikude arv; s_m — piki-ettenihe mm/min.; D_r — reguleeriva ketta läbimõõt mm; n_r — reguleeriva ketta pöörete arv minutis; α — reguleeriva ketta pöördenurk kraadides; μ — libisemistegur.

Põhiaeg tasalihvimisel käia küljega karusselltüüpi pinkidel määratakse järgmise valemiga:

$$t_p = \frac{a}{s_v \cdot n} \cdot k, \tag{42}$$

kus a on töötlusvaru külje kohta mm; s_v — käia vertikaalne ettenihe töölaua ühe pöörde kohta mm; n — töölaua pöörete arv minutis; k — lihvimise täpsusest olenev tegur (tab. 6).

Põhiaeg käia küljega lihvimisel pikitüüpi pinkidel (lihvitava pinna laius on käia läbimõõdust väiksem) määratakse valemiga

$$t_p = \frac{L \cdot a}{v_{pk} \cdot 1000 \cdot s_v} \cdot k, \tag{43}$$

kus L on töölaua käigu pikkus mm; a — töötlusvaru külje kohta mm; v_{pk} — töölaua pikikäigu kiirus m/min.; s_v — käia vertikaalne ettenihe mm töölaua käigu kohta; k — lihvimise täpsusest olenev tegur (tab. 6).

Põhiaeg käia piirdega lihvimisel pikitüüpi pinkidel määratakse valemiga

$$t_p = \frac{b \cdot a}{s_r \cdot s_v \cdot n_{kk}} \cdot k, \tag{44}$$

$$n_{kk} = \frac{v_{pk} \cdot 1000}{2L},$$

kus b on lihvitava pinna laius mm; a — töötlusvaru külje kohta mm; s_r — käia risti-ettenihe detaili laiuses mm; s_v — käia vertikaalne

ettenihe töölaua käigu kohta mm (lõikesügavus); n_{kk} — töölaua kaksikkäikude arv minutis; k — lihvimistäpsusest olenev tegur (tab. 6); v_{pk} — töölaua pikikäigu kiirus m/min.; L — töölaua käigu pikkus mm.

Käia risti-ettenihe detaili laiuses s_r võetakse käia laiuse osades, nagu eespool märgitud.

Põhiaeg hambalõikamistöödel.

Põhiaeg silindriliste hammasrataste freesimisel kettakujulise moodulfreesiga frees- ja hambafreespinkidel määratakse valemiga

$$t_p = \frac{(b+\delta)\cdot z}{s_m} + \frac{(b+\delta)\cdot z}{v_{tk}} + \tau \cdot z, \qquad (45)$$

kus b on hamba pikkus mm; δ — freesi eeljooks mm; z — hammasratta hammaste arv; s_m — ettenihe mm minutis töökäigu ajal; v_{tk} — töölaua tagasikäigu kiirus mm/min.; τ — jagamise teostamiseks kulutatav aeg ühe hamba kohta minutites.

Eeljooks δ määratakse valemiga

$$\delta = \cos\alpha \sqrt{t\,(D-t)}, \qquad (46)$$

kus D on freesi läbimõõt mm; t — lõikesügavus mm; α — hammasratta hamba kaldenurk.

Põhiaeg sirgete ja spiraalhammastega silindriliste hammasrataste freesimiseks Pfauter-tüüpi hambafreespinkidel määratakse valemiga

$$t_p = \frac{(b+\delta)\cdot z}{s\cdot n\cdot i}, \qquad (47)$$

kus b on hamba pikkus mm; δ — freesi eeljooks mm; z — hammasratta hammaste arv; s — ettenihe mm detaili ühe pöörde kohta; n — freesi pöörete arv minutis; i — freesi käikude arv.

Freesi eeljooks δ määratakse valemiga

$$\delta = \cos\varphi \sqrt{t\,(D-t)} + 1{,}5\,\mathrm{tg}\,\varphi \left(M\sqrt{z} + t\right), \qquad (48)$$

kus φ on freesi seadenurk kraadides; t — lõikesügavus mm; D — freesi läbimõõt mm; M — hamba moodul; z — hammasratta hammaste arv.

Põhiaeg tiguhammasrataste freesimisel Pfauter-tüüpi hambafreespinkidel määratakse valemiga

$$t_p = \frac{3 \cdot M \cdot z}{s \cdot n \cdot i}, \qquad (49)$$

kus M on hamba moodul; z — hammasratta hammaste arv; s — radiaal-ettenihe mm detaili ühe pöörde kohta; n — freesi pöörete arv minutis; i — freesi käikude arv.

Põhiaeg hammasrataste hööveldamisel Fellow-tüüpi hambahöövelpinkidel määratakse valemiga

$$t_p = \frac{t \cdot z}{s \cdot n} \cdot i + \frac{h}{s_1 \cdot n}, \qquad (50)$$

kus t on lõigatava hammasratta hambasamm ($t = 3{,}14\ M$; M — moodul); z — hammasratta hammaste arv; s — hammasratta ring-ettenihe mm lõikeriista kaksikkäigu kohta; i — hammasratta töötlemiseks vajalik rullumiste arv; h — radiaalse nihkumise suurus mm; s_1 — radiaal-ettenihe mm lõikeriista kaksikkäigu kohta; n — lõikeriista kaksikkäikude arv minutis.

Põhiaeg hammasrataste hööveldamisel MAAG-tüüpi hambahöövelpinkidel määratakse valemiga

$$t_p = t_t + t_r = (z + z_1) \cdot \frac{n_1}{n} + z \cdot \tau, \qquad (51)$$

kus t_t on töökäigu aeg minutites; t_r — reverseerimiskäigu aeg min.; z — hammasratta hammaste arv; z_1 — ülejooksu hammaste arv; n_1 — kammikäikude arv hamba kohta; n — kaksikkäikude arv minutis; τ — reverseerimisaeg ühe hamba kohta.

Ülejooksu hammaste arv võetakse olenevalt töödeldava hammasratta hammaste arvust:

kui z on	7	kuni	48,	siis z_1	võetakse	2,5—4,5
„ z „	48	—	220,	„ z_1	„	5,0—8,0
„ z „	üle		220,	„ z_1	„	üle 9.0

Põhiaeg koonushammasrataste töötlemiseks Heidenreich-Garbecki tüüpi rullumis-höövelpinkidel määratakse valemiga

$$t_p = t_m + t_r; \qquad (52)$$

$$t_m = \frac{3{,}14 \cdot M \cdot (z + 1{,}4)\,\alpha^\circ \cdot z}{360^\circ\, s_m}, \qquad (53)$$

kus t_m on kogu hammasratta töötlemise masina-aeg minutites; t_r — reverseerimise ja jagamise aeg kogu hammasratta kohta minutites;

M — töödeldavate hammaste moodul mm; z — hammasratta hammaste arv; α° — hammasratta pöördumise nurk (kraadides) ühe hamba töötlemise jooksul; s_m — rullumise ettenihe mm/min.

Põhiaeg šeevingprotsessi juures määratakse järgmise valemiga:

$$t_p = \frac{L \cdot z \cdot h}{n \cdot s_p \cdot z_š \cdot s_v \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \qquad (54)$$

kus t_p on põhiaeg minutites; L — töötlemise pikkus mm, mis võrdub hamba pikkusega pluss eeljooks ja ülejooks (viimastele võetakse 10 mm); z — hammasratta hammaste arv; h — šeevingprotsessi töötlusvaru mm; n — šeeveri pöörete arv minutis; s_p — piki-ettenihe mm hammasratta pöörde kohta; $z_š$ — šeeveri hammaste arv; s_v — vertikaal-ettenihe mm ühe töölaua käigu kohta; α — hambumisnurk.

Keermetamise põhiaeg.

Põhiaeg profiilteraga või keermekammiga keermetamisel määratakse valemiga

$$t_p = \frac{(l + \delta) \cdot i \cdot g}{s \cdot n}, \qquad (55)$$

kus l on keerme pikkus detailil mm; δ — tera ülejooksu suurus mm; s — keermesamm mm (ettenihe ühe pöörde kohta); n — pöörete arv minutis; i — terakäikude arv; g — keermekäikude arv.

Põhiaeg keermetamiseks ketasfreesiga keermefreespinkidel määratakse valemiga

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3, \qquad (56)$$

kus t_1 on esimese freesikäigu aeg min.; t_2 — teise freesikäigu aeg min.; t_3 — kolmanda freesikäigu aeg min.

Keermetamise aeg igale freesikäigule määratakse eraldi sellepärast, et lõikesügavus, ettenihe minutis ja freesi eeljooks igaühe jaoks nendest on erinev.

Ühe freesikäigu aeg t_1, t_2, t_3 määratakse järgmise valemiga:

$$t_p = \frac{(l + \delta) \cdot \pi \cdot d}{s_k \cdot \cos \alpha \cdot s_m} \cdot g, \qquad (57)$$

kus l on keermetise pikkus mm; δ — freesi eeljooksu suurus mm; d — keermetatava detaili välisläbimõõt mm; s_k — keermesamm mm; α — keermeniidi kaldenurk detaili vertikaaltelje suhtes kraadides; s_m — ettenihe mm/min. keermetatava detaili välisümbermõõdul; g — keermekäikude arv.

Ketasfreesi eeljooksu saab määrata ligikaudselt järgmise valemiga:

$$\delta = \sqrt{t(D-t)}, \qquad (58)$$

kus t on keerme sügavus mm; D — freesi läbimõõt mm.

Põhiaeg keermetamiseks rühmfreesiga keermefreespinkidel määratakse alljärgneva valemiga, mis on tuletatud valemist (57); selle juures on arvestatud, et detail teeb ühe pöörde ja eeljooksu tegur on 1,2; freesikäikude arv ja keermekäikude arv on rühmfreesiga töötamisel üks. Sel juhul kujuneb põhiaja arvutamise valem järgmiseks:

$$t_p = \frac{1{,}2 \cdot \pi \cdot d}{s_m}, \qquad (59)$$

kus t_p on põhiaeg minutites; d — keermetatava detaili läbimõõt mm; s_m — ettenihe mm/min. detaili välisümbermõõdul.

Ettenihke mm/min. saame valemist

$$s_m = s_z \cdot z \cdot n,$$

kus s_z on ettenihe mm freesi ühe hamba kohta keermetatava detaili välisümbermõõdul; z — freesi hammaste arv; n — pöörete arv minutis.

Põhiaeg kammlõikamisega töötlemisel määratakse järgmise valemiga:

$$t_p = \frac{L}{1000 \cdot v_t} + \frac{L}{1000 \cdot v_r} + \frac{L}{1000}\left(\frac{1}{v_t} + \frac{1}{v_r}\right), \qquad (60)$$

kus t_p — põhiaeg minutites;
L — lõikekammi töötava osa pikkus mm;
v_t — lõikekiirus (töökäigul) m/min.;
v_r — reversiivkäigu kiirus m/min.

Reversiivkäigu kiirus võetakse 2—3 korda töökäigu kiirusest suurem.

Põhiaeg hoonimisel määratakse valemitega:

$$t_p = \frac{n_1}{n_2}; \qquad (61)$$

$$n_2 = \frac{v_1 \cdot 1000}{2 \cdot s}; \qquad (62)$$

$$s = L + 2 \cdot k - m, \qquad (63)$$

kus t_p — põhiaeg minutites;
n_1 — hooni kaksikkäikude arv, mis vajalik töötlusvaru maha-

võtmiseks (aukude puhul malmist detailides n_1 on 60—100, terasdetailides 400—500);

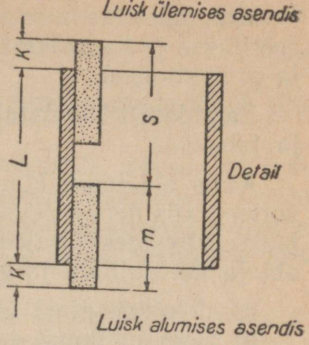
v_1 — edasi-tagasi liikumise kiirus (12—15 m/min.);

s — hooni käik mm (joon. 10);

L — töödeldava augu sügavus mm;

k — hooni eel- ja ülejooks mm (võetakse 12—25 mm);

m — karborundumluisu pikkus mm (75—100 mm).



Joon. 10. Pea käigu määramine hooningprotsessis.

Põhiaeg ketassaega materjali lõikamisel (püsiva ettenihkega) määratakse valemiga

$$t_p = \frac{h+\delta+\gamma}{s_t} + \frac{h+\delta+\gamma}{s_r}$$

või

$$t_p = \frac{L}{s_t} + \frac{L}{s_r} = L\left(\frac{1}{s_t} + \frac{1}{s_r}\right), \qquad (64)$$

kus h on lõigatava materjali paksus mm; δ — sae eeljooks mm; γ — sae ülejooksu suurus mm; s_t — ettenihe töökäigul mm/min.; s_r — reversiivkäigu kiirus mm/min.

Eeljooksu suurus oleneb lõigatava materjali kujust ja mõõdetest ning võetakse varemkoostatud tabelitest. Ümarmaterjali juures eeljooksu e^i ole.

Ülejooksu suurus võetakse vastavalt sae läbimõõdule 3—10 mm.

Reversiivkäigu kiirus on keskmiselt 2000 mm/min.

Muutuva ettenihkega saagide põhiaega võib lugeda praktiliselt küllaldase täpsusega võrdseks püsiva ettenihkega saagide põhiajaga.

Abiaja määramine.

Detaili valmistamise juures teostatavate abitööde vältust, mis kuulub abiaja koostisesse, määratakse samuti, nagu ettevalmistus-lõpetamise aega, kehtivate tööprotsesside kronometreerimise teel või määratakse «kogemuslikel andmeil». Abiaja suurust, nagu ka ettevalmistus-lõpetamise aja suurust on tarvis püüda maksimaalselt vähendada, kui otseselt masinatööks mitteminevat aega.

Kronometreerimise materjalid ja kogemuslikud andmed süstematiseeritakse ja kantakse tabelitesse, mida kasutataksegi tehase praktikas ja projektimisel.

Laialdaselt kasutatakse ka projektivate organisatsioonide materjale ja tabeleid.

Kuna abiajasse kuulub märgatav arv mitmekesiseid tegevusi ja võtteid, siis nende aegade normatiivid koondatakse üksikute tegevuste jaoks rühmadesse vastavalt nende iseloomule. Nii koostatakse eraldi abiaja normatiivid järgmistele rühmadele:

a) detailide pinki ülesseadmisele ja mahavõtmisele;
b) pingi juhtimise ja lõikeriista vahetamise võtetele;
c) lõikesügavusele seadmisele;
d) töödeldud pindade mõõtmise võtetele.

Detailide pinki ülesseadmise ja mahavõtmise abiaega määratakse peamiselt olenevalt detailide kaalust ja pikkusest; üksikuil juhtudel tuleb arvestada ka detaili kinnitusviisi, vajadust teostada ülesseadmise kontrolli jne.

Pingi juhtimiseks minevat abiaega määratakse olenevalt pingi konstruktiivseist iseärasustest ja pingi üksikosade ümberpaigutuse pikkusest.

Lõikesügavuse seadmisele minev abiaeg antakse mitmesuguste töötlemisviiside ja liikide jaoks, kusjuures selle aja sisse kuulub kõikide võtete aeg, mis on vajalikud proovilaastu võtmiseks, nagu pingi käivitamine ja peatamine, ettenihke sisse- ja väljalülitamine, supordi ümberpaigutamine ja mõõtmised.

Laastuvõtmiseks kuluv aeg ei kuulu abiaja hulka, ta arvatakse, nagu eespool märgitud, põhiaja (tehnoloogilise aja) hulka, mille määramisel arvutuspikkuse arvutuses arvestatakse proovilaastude võtmiseks kuluvat terakäigu pikkust (valem 1).

Töödeldavate pindade mõõtmiseks kasutatavate võtete teostamiseks minev abiaeg näeb ette kõikidele mõõtmisvõtetele kuluvat aega universaal- ja erimõõteriistade kasutamisel:

a) võtta mõõteriist ja viia detaili juurde;
b) mõõta detaili ja eelnevalt seada mõõteriist õigele mõõtele, kui seda on vastavalt mõõteriista konstruktsioonile tarvis;
c) lugeda mõõtmise tulemus;
d) asetada mõõteriist oma kohale.

Abiaeg arvutatakse summaliselt tehnoloogilise protsessi iga siirde kohta.

Töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ja teiste tarviduste rahuldamiseks kuluva aja määramine.

Selle aja täpne määramine on üsna raske mitmesuguste tööde tingimuste ja iseloomu mitmekesisuse tõttu.

Nende aegade koostisesse kuuluvate teotsemiste vältus määratakse kronometreerimise teel või «kogemuslikel andmeil». Nende materjalide alusel koostatakse tabelid ja graafikud, arvutatakse nende protsent põhiajast ja operatiivsest ajast, ja nende järgi teostatakse siis juurdearvutlused normiajale.

Nagu eespool oli märgitud, arvutatakse töökoha tehnilise teenindamise aega protsentides põhiajast (või normi arvutuse lihtsustamise mõttes operatiivsest ajast). Protsendimäär kõigub 1 kuni 7%, vastavalt pingi tüübile ja suurusele.

Töökoha organisatsioonilise teenindamise aeg arvutatakse protsentides operatiivsest ajast. Protsendimäär kõigub 1 kuni 2,7% olenevalt pingi tüübist ja suurusest.

Töökoha tehnilise teenindamise aeg protsentides põhiajast ja organisatsioonilise teenindamise aeg protsentides operatiivsest ajast pinkide eritüüpide ja suuruste kohta on toodud tabelis 7 (kinnitatud normatiivide kohaselt).

Füüsiliste vajaduste rahuldamiseks ettenähtud aeg võetakse 2,5% operatiivsest ajast. Töötlemise ajanormi määramisel lisatakse füüsiliste vajaduste rahuldamiseks minev aeg töökoha teenindamise ajale juurde.

Töökatkestuste aega puhkuseks määratakse pingi tööde juures, nagu me juba märkisime, erandlikel juhtudel, kui töö on füüsiliselt raske ja väsitav. Ajanormis nähakse harilikult ette ainult füüsiliste vajaduste rahuldamiseks kuluv aeg märgitud ulatuses.

Ajanormi arvutamisel leitakse töökoha teenindamise ja füüsiliste vajaduste rahuldamiseks kuluv aeg ja liidetakse tehnoloogilise protsessi operatsioonide kaupa.

Nagu eespool märgitud, võib seerialise tootmise juures ajanormi arvutamise lihtsustamiseks arvutada töökoha tehnilise teenindamise aega protsentides mitte põhiajast, vaid operatiivsest ajast. Selleks on tarvis selgitada antud tootmisviisi ja seadmestiku jaoks normaalne suhe põhiaja ja abiaja vahel ja tabelis 7 antud töökoha tehnilise teenindamise aja protsendid põhiajast ümber arvutada protsentideks operatiivsest ajast (s. t. põhiaja ja abiaja summast).

Seerialise tootmise juures on põhiaeg ja abiaeg sageli peaaegu võrdsed, s. t. nende suhe on ligikaudu 1 : 1. Praktiliselt küllaldase täpsusega võib võtta seda suhet aluseks töökoha tehnilise teenindamise aja ümberarvutamisel seerialise tootmise juures.

Tabel 7.

Töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise aeg.

Järjekorra nr.	Pinkide nimetus	Pinkide põhimõõted		Töökoha tehnilise teenindamise aeg % % põhiajast	Töökoha organisatsioonilise teenindamise aeg % % operatiivsest ajast
1	Tsentritega treipingid	Tsentrite kõrgus mm kuni	200	2,5	1,4
2			300	3,0	1,5
3			400	3,5	1,6
4			500	3,5	1,7
5	Karuselltreipingid	Töölaua läbimõõt mm kuni	1000	3,0	1.4
6			1500	3,0	1,5
7			2000	3,5	1,6
8			3000	3,5	1,7
9	Sisetreimise pingid	Spindli läbimõõt mm kuni	80	3,0	1,7
10			110	3,0	1,9
11			150	3,5	2,0
12	Plaantreipingid	Plaanseibi läbimõõt mm kuni	1500	2,0	1,2
13			2000	2,0	1,2
14			2500	2,5	1,4
15	Revolverpingid	Spindli ava läbimõõt mm kuni	22	2,5	1,5
16			60	3,0	1,6
17			110	3,5	1,7
18	Vertikaal-puurpingid	Suurim puuritava augu läbimõõt mm kuni	35	1,0	1,0
19			55	1,0	1,1
20			80	1,5	1,2
21	Radiaal-puurpingid		35	1,0	1,2
22			55	1,0	1,4
23			80	1.5	1,5
24	Vertikaal- ja horisontaal-freespingid	Töölaua pikkus mm	1000	1,5	1,2
25			1500	2,0	1,4
26			2000	2,5	1,5

Tabel 7 (järg).

Järjekorra nr.	Pinkide nimetus	Pinkide põhimõõted		Töökoha tehnilise teeninda-mise aeg % % põhiajast	Töökoha organisatsioonilise teeninda-mise aeg % % operatiivsest ajast
27	Piki-freespingid	Töölaua pikkus mm kuni	1500	2,0	1,5
28			2500	2,5	1,7
29			4000	3,0	2,1
30	Piki-höövelpingid	Töölaua pikkus mm kuni	2500	2,5	1,7
31			5000	3,0	2,0
32			8000	3,5	2,7
33	Šepingid	Liuguri käigu suurim pikkus mm kuni	500	1,5	1,2
34			800	2,0	1,5
35	Püst-höövelpingid		300	1,5	1,2
36			500	2,0	1,5
37	Ümarlihvimise pingid	Tsentrite kõrgus mm kuni	200	6,0	1,7
38			300	7,0	2,2
39	Siselihvimise pingid	Lihvitava ava suurim läbimõõt mm kuni	200	6,0	2,2
40			400	7,0	2,7
41	Tasalihvimise pingid, pikitüüpi, käia piirdega töötavad	Töölaua pikkus mm kuni	1000	5,0	1,7
42			1500	6,0	1,9
43	Tasalihvimise pingid, pikitüüpi, käia küljega töötavad		1000	2,0	1,7
44			1500	2,5	1,9
45			2500	3,0	2,2
46	Tasalihvimise pingid, karussell-tüüpi, käia piirdega töötavad	Töölaua läbimõõt mm kuni	800	5,0	2,0
47	Tasalihvimise pingid, karussell-tüüpi, käia küljega töötavad		600	2,0	1,7
48			1000	2,5	2,2
49	Hambalõikepingid	—	—	3,0	1,7
50	Tsentreerimispingid	—	—	2,0	1,2
51	Kammlõike-pingid	—	—	2,0	1,4
52	Poldilõike-pingid	—	—	2,0	1,2
53	Ketassaed	—	—	1,5	1,2

Kui põhiaeg suhtub abiajasse nagu 1 : 1 (ligikaudu), siis tabelis 7 toodud töökoha tehnilise teenindamise aja protsendid (põhiajast) tuleb jagada kahega, et saada protsendid operatiivsest ajast. Teise põhiaja ja abiaja suhte juures muutuvad ka vastavalt tabelis toodud protsendid.

Ajanormi arvutamise lihtsustamise eesmärgil võib määrata töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ning füüsiliste vajaduste rahuldamise aega summaarse protsendina. Selleks on tarvis liita töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ja füüsiliste vajaduste rahuldamise aja protsendid operatiivsest ajast. Sellise liitmise tulemused on toodud tabelis 8, milles on antud töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ning füüsiliste vajaduste rahuldamiseks kuluva aja protsent operatiivsest ajast, kusjuures põhiaja ja abiaja suhtena on võetud 1 : 1. Seda tabelit saab kasutada seerialise tootmise juures ainult selle suhte (ligikaudu) olemasolu puhul. Tabelist nähtub, et töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ning füüsiliste vajaduste rahuldamiseks kuluva aja kestus (suhte 1 : 1 juures) kõigub kõikide pingitüüpide juures piirides 3,5—6,5% operatiivsest ajast. Erandi moodustavad ainult mõned lihvimispinkide tüübid, mille juures see aeg küünib kuni 8,2%-ni. Nende hulka kuuluvad ümarlihvimise, siselihvimise ja pikitüüpi tasalihvimise pingid, mis töötavad käia piirdega (suurte mõõdetega käi). Tabelist 8 nähtub samuti, et valdava enamuse pingitüüpide juures töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ning füüsiliste vajaduste rahuldamiseks kuluva aja summaarne protsent asub 4—6% piirides, millest järeldub, et protsendi selliseid suurusi võib kasutada keskmistena.

Nagu juba märkisime, arvutatakse töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ning füüsiliste vajaduste rahuldamiseks kuluv aeg iga töötlemisoperatsiooni kohta eraldi.

Töö kvalifikatsiooni määramine.

Ajanormi määramisel antud operatsiooni teostamiseks valitud pingil määratakse kindlaks ka töö kvalifikatsiooniliik kvalifikatsiooni käsiraamatu järgi. Normitava operatsiooni õigesse kvalifikatsiooniliiki viimisel, samuti ka õige ajanormi määramisel on suur tähtsus palgafondi efektiivse kasutamise mõttes. Tunnusmärkide järgi, mis näitavad ettevalmistust, teadmisi, kogemusi ja iseseisva töötamise võimet, määratakse töölise kvalifikatsiooniliik.

Mida rohkem nõuab antud töö teostamine teadmisi, kogemusi ja iseseisvust, seda kõrgemasse kvalifikatsiooniliiki määratakse töö ja seda kõrgem peab olema ka töö teostaja kvalifikatsiooniliik.

Individuaaltootmisel, kus universaaltüüpi pinkidel valmistatakse mitmesuguseid detaile üksikute eksemplaridena ja kus on nõutavad

Tabel 8.

Töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ning füüsiliste vajaduste rahuldamise summaarne aeg.

Järjekorra nr.	Pinkide nimetus	Pinkide põhimõõted		Töökoha tehniliseks ja organisatsioonilise teenindamiseks ning füüsiliste vajaduste rahuldamiseks kuluv summaarne aeg %% operatiivsest ajast
1	Tsentritega treipingid	Tsentrite kõrgus mm kuni	200	4,6
2			300	5,0
3			400	5,3
4			500	5,4
5	Karussell-treipingid	Töölaua läbimõõt mm kuni	1000	4,9
6			1500	5,0
7			2000	5,3
8			3000	5,4
9	Sisetreimise pingid	Spindli läbimõõt mm kuni	80	5,2
10			110	5,4
11			150	5,7
12	Plaantreimise pingid	Plaanseibi läbimõõt mm kuni	1500	4,2
13			2000	4,2
14			2500	4,6
15	Revolverpingid	Spindli ava läbimõõt mm kuni	22	4,7
16			60	5,1
17			110	5,4
18	Vertikaal-puurpingid	Puuritava augu suurim läbimõõt mm kuni	35	3,5
19			55	3,6
20			80	4,0
21	Radiaal-puurpingid		35	3,7
22			55	3,9
23			80	4,2
24	Vertikaal- ja horisontaal-freespingid	Töölaua pikkus mm kuni	1000	4,0
25			1500	4,4
26			2000	4,7

Tabel 8 (järg).

Järjekorra nr.	Pinkide nimetus	Pinkide põhimõõted		Töökoha tehniliseks ja organisatsiooniliseks teenindamiseks ning füüsiliste vajaduste rahuldamiseks kuluv summaarne aeg %% operatiivsest ajast
27	Piki-freespingid	Töölaua pikkus mm kuni	1500	4,5
28			2500	5,0
29			4000	5,6
30	Piki-höövelpingid	Töölaua pikkus mm kuni	2500	5,0
31			5000	5,5
32			8000	6,5
33	Šepingid	Liuguri käigu suurim pikkus mm kuni	500	4,0
34			800	4,5
35	Püst-höövelpingid		300	4,0
36			500	4,5
37	Ümarlihvimise pingid	Tsentrite kõrgus mm kuni	200	6,7
38			300	7,7
39	Siselihvimise pingid	Lihvitava ava suurim läbimõõt mm kuni	200	7,2
40			400	8,2
41	Tasalihvimise pingid, pikitüüpi, käia piirdega töötavad	Pikkus mm kuni	1000	6,2
42			1500	6,9
43	Tasalihvimise pingid, pikitüüpi, käia küljega töötavad		1000	4,7
44			1500	5,1
45			2500	5,7
46	Tasalihvimise pingid, karussell-tüüpi, käia piirdega töötavad	Laua läbimõõt mm kuni	800	6,5
47	Tasalihvimise pingid, karussell-tüüpi, käia otsaga töötavad		600	4,7
48			1000	5,5
49	Hambalõikepingid	—	—	5,2
50	Tsentreerimispingid	—	—	4,2
51	Kammlõike-pingid	—	—	4,4
52	Poldilõike-pingid	—	—	4,2
53	Ketassaed	—	—	4,0

pinkide korrastamise, detaili ja lõikeriista pinki ülesseadmise, mõõteriista kasutamise oskused ja iseseisev töötamine, peab töölise kvalifikatsioon olema ka kõrgem.

Seerialisel tootmisel, kus esineb operatsioonide kordumine ühel ja samal pingil, töö on spetsialiseeritud ja kus kasutatakse erirakiseid ja lõikeriistu, võib töölise kvalifikatsioon olla madalam.

Massilisel tootmisel on võimalik tootmise kõrge mehhaniseerimise astme, töötlemise protsessi elementaarseteks operatsioonideks jaotamise, automaatide kasutamise ja kitsa spetsialiseerimise tõttu kasutada madala kvalifikatsiooniga tööjõudu.

Alltoodud tariifivõrgus on kaheksa kvalifikatsiooni liiki, milliste juures palkade suhe väljendub tariifiteguriga, mis annab vastava kvalifikatsiooniliigi suhte esimese liigiga.

Palgamäär määratakse kindlaks esimese kvalifikatsiooniliigi jaoks; teiste liikide palgamäärad saadakse esimese liigi palga korrutamise teel vastava teguriga.

Normitava töö liigitamine ühte või teise kvalifikatsiooniliiki toimub tariifi-kvalifikatsiooni käsiraamatu järgi.

Tariifivõrk.

Tariifiliik	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tariifitegur	1,0	1,2	1,45	1,75	2,1	2,5	3,0	3,6
Suhe liikide vahel . .	—	1,2	1,208	1,207	1,2	1,19	1,2	1,2

Seadmestiku ja töö produktiivsuse tõstmise põhilised viisid.

Seadmestiku ja töö produktiivsuse tõstmise põhiliste viiside hulka kuuluvad alljärgnevad.

1. Töökoha ratsionaalne organiseerimine, mis näeb ette töö ja töökoha vastava eelneva ettevalmistuse, töökoha õigeaegse ja täpse teenindamise tööprotsessis ja tema täiuslikema planeerimise ning sisu.

2. Kasulikemate lõikerežiimide kasutamine, mille juures saavutatakse pinkide maksimaalset ärakasutamist nii võimsuse kui ka aja poolest ja ökonoomseimat lõikeriistade ärakasutamist.

3. Erirakiste ja lõikeriistade kasutamine, mis kiirendab ja kergendab töötlemisprotsessi.

4. Abiaja maksimaalne vähendamine erirakiste kasutamise, pöördlaudade, magasinide jne. kasutamise, pinkide automatiseerimise, detailide kontrolli mehhaniseerimise teel.

5. Kõvasulamitest lõikeriistade kasutamine, mis võimaldavad kõrgendatud lõikerežiime.

6. Mitme lõikeriista kasutamine mitme pinna samaaegseks töötlemiseks.

7. Mitme detaili samaaegne töötlemine.

8. Mitmel pingil samaaegne töötamine ja erialade ühendamine.

Mitmel pingil töötamine.

Mitme pingi teenindamiseks ühe töölise poolt on vajalik, et katkestamatu masina-aeg ühel pingil kataks täielikult teiste pinkide juures vajalike käsitsiteotsemise aja ja ka üksikute pinkide juures peatumiste ning ühe pingi juurest teise juurde mineku aja. Sellise töö ühendamise võimaluse täpseks selgitamiseks on tarvis ühendatavate pinkide tehnoloogiliste protsesside analüüsi alusel koostada töö tsüklogrammid. Need tsüklogrammid selgitavad välja pinkide teenindamise järjekorra ja selle aja, mida tööline kulutab tööks iga ülejäänud pingi juures sel ajal, kui üks pink töötab iseseisvalt (tema katkestamatu masina-aja jooksul).

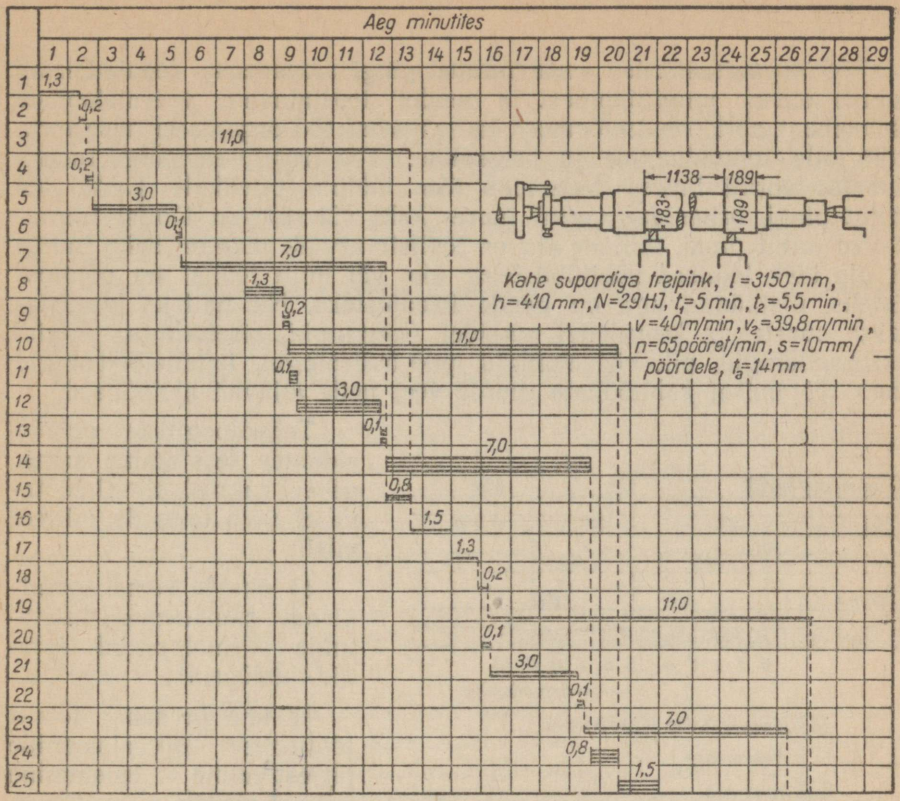
Kahel pingil töötamise näitlik tsüklogramm on toodud joonisel 11, mis käsitab vaguni esitelje keskkoha koorimist. Neljal pingil samaaegse töötamise tsüklogramm on toodud joonisel 12.

Pinkide valik, milliseid saab üks tööline samaaegselt teenindada, oleneb tehnoloogilise operatsiooni iseloomust, aja elementide omavahelisest suhtest, katkestamatu masina-aja absoluutsest suurusest (vältusest), käsitsitöö ja töölise ühe pingi juurest teise juurde käimiste hulgast ja sagedusest.

Samaaegne töö mitmel pingil teostub arusaadavalt kergemini rohkem automatiseeritud pinkide puhul, millede juures abiaeg on viidud miinimumini ja käsitsitöö on kõrvaldatud või on kasutatav minimaalsel määral. Selle tõttu on mitme universaalpingi teenindamisele üleminekul tarvis varustada neid pinke vastavate rakistega, tõkestajatega, automaatsete väljalülijatega ja teiste seadiste ning tarvikutega, mis vähendavad abiaega ja kõrvaldavad töölise käsitsitöö vajaduse.

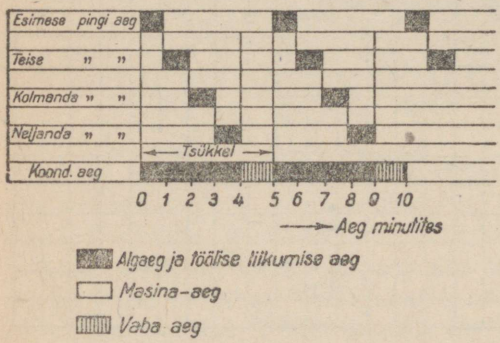
Mitme pingi töö ühendamisel peab olema enesestmõistetavalt pinkidel selline asetus, mis nõuab minimaalset ajakulu ühe pingi juurest teise juurde minekuks (1—3 sek.) ja mille juures pingi juhtimise seadmed asuksid lähimas kauguses ja käepäraseimas asendis.

Ratsionaalne töökoha organiseerimine on vajalikuks eeltingimuseks samaaegselt teenindatavate pinkide võimalikult täielikuks ärakasutamiseks ja töötava personali suurima tööproduktiivsuse saavutamiseks.



Joon. 11. Kahel kahe supordiga treipingil samaaegse töötamise tsüklogramm. Tööelementide nimetused: 1 — viia kraanaga telg esimese pingi juurde ja kinnitada ta pinki; 2 — lähendada 1. suport telje keskkoha vasakule osale ja seada tera vajalikule lõikesügavusele; 3 — 1. supordi terakäik; 4 — lähendada 2. suport hammasratta jaoks määratud astmele ja seada vajalikule lõikesügavusele; 5 — 2. supordi terakäik; 6 — lähendada 2. suport telje keskkoha paremale osale ja seada tera vajalikule lõikesügavusele; 7 — 2. supordi terakäik; 8 — viia telg kraanaga teise pingi juurde ja kinnitada ta pinki; 9 — lähendada 1. suport telje keskkoha vasakule osale ja seada tera vajalikule lõikesügavusele; 10 — 1. supordi terakäik; 11 — lähendada 2. suport hammasratta jaoks määratud astmele ja seada tera vajalikule lõikesügavusele; 12 — 2. supordi terakäik; 13 — 2. suport üle viia telje keskkohast paremale ja seada lõikesügavusele; 14 — 2. supordi terakäik; 15 — eemaldada esimese pingi 2. suport ja oodata 1. supordi töötamise lõppu; 16 — eemaldada 1. pingi 1. suport, kontrollida mõõdet, telg pingist kraanaga ära võtta; 17 — viia uus telg kraanaga esimese pingi juurde ja kinnitada ta pinki; 18 — lähendada 1. suport telje keskkoha vasakule osale ja seada tera lõikesügavusele; 19 — 1. supordi terakäik; 20 — lähendada 2. suport hammasrattale määratud astme juurde ja seada tera lõikesügavusele; 21 — 2. supordi terakäik; 22 — viia 2. suport üle telje keskkohast paremale ja seada tera lõikesügavusele; 23 — 2. supordi terakäik; 24 — eemaldada 2. pingi 2. suport ja oodata 1. supordi töötamise lõppu; 25 — eemaldada 2. pingi 1. suport, kontrollida mõõdet ja telg pingist kraanaga ära võtta.

Töö organiseerimise vorm mitme pingi samaaegse teenindamise juures oleneb pingitüüpidest ja nendel teostatavate operatsioonide iseloomust, abitööde iseloomust ja kestusest; töö organiseerimise vorm võib olla individuaalne ja brigaadne. Töö organiseerimise individuaalse vormi juures teenindab üks tööline täielikult kahte või mitut pinki, brigaadse vormi juures kaks või rohkem töölist teenindavad mitut pinki, millede arv on tööliste arvust suurem; selle juures ei ole kõik töölised põhitöölisteks: üks või mitu töölist on põhitöölisteks, ülejäänud aga on nende käealusteks. Nii näiteks kinnistatakse suurtel ja keerulistel pinkidel (treipingid, sisetreimise pingid, karussellpingid, piki-höövelpingid, piki-freespingid, hambalõikepingid jne.) töötamisel põhitööliste juurde veel neile alluvad abitöölised.



Joon. 12. Mitmel pingil töötamise tsüklogramm.

Tehnoloogiliste operatsioonide teostamine samaaegsel mitmel pingil töötamisel võib toimuda mitmel viisil:

a) ühe ja sama operatsiooni samaaegne teostamine mitmel pingil (pingid-dublöörid);

b) ühe ja sama detaili töötlemise operatsioonide järjestikuline teostamine mitmel pingil;

c) erinevate detailide eri operatsioonide teostamine mitmel pingil.

Mõningatel juhtudel on kahel või mitmel pingil töötamise organiseerimise vormiks pinkide jaotamine põhilisteks ja täiendavateks (abistavateks). Põhilisteks on need pingid, milledel teostatakse vastutavamad operatsioonid, mis vajavad suurt tähelepanu ja on väiksema katkestamatu masina-ajaga kui teised pingid. Täiendavatel pinkidel (abistavatel) teostatakse teiste detailide vähem vastutav töötlemine suure katkestamatu masina-ajaga, mis ei nõua pidevat jälgimist. Nii on nendel pinkidel töötamine täiendavaks põhilistel pinkidel töötamisele.

Paljudes eesrindlikes tehastes saavutatud praktilised tulemused mitme pingi samaaegse teenindamise alal tõestavad mitmel pingil töötamise meetodi kõrget tehno-ökonoomilist efekti, mille tõttu on tarvilik seda meetodit juurutada tootmisesse senisest laiemalt vastavate tehnoloogiliste protsesside projektimise teel.

Tehnoloogilise protsessi tehno-ökonoomilise efektiivsuse hindamine.

Mingi detaili töötlemiseks projektitud tehnoloogilise protsessi tehno-ökonoomilise efektiivsuse määramise ja hindamise aluseks võivad olla järgmised suurused, mis on iseloomulikemaiks näitudeks:

1. Detaili omamaksumus, mis koosneb materjali hinnast, tootmistöö-palgast ja üldkuludest.
2. Detaili töötlemise omamaksumus, mis koosneb tootmistöö-palgast ja üldkuludest.
3. Detaili täieliku töötlemise tükiaja ja kalkulatsiooniaja normid.
4. Antud detaili kõikide operatsioonide põhiaeg (tehnoloogiline aeg).
5. Põhiaja tegur, mis iseloomustab töötlemisprotsessi mehhaniseerimise astet; ta võrdub põhiaja ja tükiaja suhtega.

Tuleb püüda selle poole, et seerialise tootmise juures see tegur ei oleks keskmiselt alla 0,6 ja massilisel tootmisel (vooltootmisel) — mitte alla 0,7; mida lähemal on see tegur ühele, seda efektiivsem on töötlemisprotsess.

6. Seadmestiku koormuse tegur, mis iseloomustab seadmestiku kasutamist ajas. Ta võrdub pinkide arvutusarvu ja tegeliku arvu suhtega.

On tarvis püüda, et seerialisel tootmisel see tegur keskmiselt ei oleks alla 0,85—0,90 ja massilisel (vool-) tootmisel mitte alla 0,75—0,80 ja võimalikult lähemal ühele mõlemal juhul. Mida suurem ta on, seda parem on seadmestiku ärakasutamine.

Tehnoloogiliste kaartide koostamise juhend.

Tehnoloogilise protsessi projektimise põhilised juhised on nende kasutamise käepäraseks tegemise otstarbel kokkuvõetult toodud järgnevas tehnoloogiliste kaartide koostamise juhendis. Detailide kinnitamise, lõikeriistade asendi ja pingi tarvikute jaoks tehnoloogilistel kaartidel kasutatavad graafilised leppemärgid olid toodud juba eespool.

Töötlemise kaartide koostamise juhend mehaanilise tsehhide jaoks.

1. Toote töötlemise tehnoloogilise protsessi väljatöötamisel koostatakse igale detailile erikaart mehaanilise töötlemise ja erikaart lukksepatööde jaoks.
2. Töötlemise kaardile joonestatakse (lisatakse juurde) eeltoote ja valmistoote ühistatud skits, millel näidatakse töötlusvarud,

detaili põhimõõted ja märgitakse töödeldavad pinnad järjekorra numbritega.

3. Töötlemise kaartidel täidetakse joonestise järgi kõik detaili iseloomustavad lahtrid: toote nimetus, detaili nimetus, detaili nr., detaili joonestise nr., mudeli nr., kui detaili eeltoode valatakse, materjali nimetus, tema mark, iseloomustus OCT järgi, tema kõvadus Brinelli järgi või tõmbetugevus, eeltoote liik ja mõõted, toor- ja puhaskaal, toodete aastane väljalase, detailide arv tootes, detailide aastane väljalase, sisse arvatud ka tagavaradetailid, detailide arv partiis, kaardi koostanud ja kontrollinud isikute allkirjad ja kuupäevad.

4. Töötlemise kaardi lahtrisse «Operatsioonide ja siirete nimetused» kantakse detaili mehaanilise töötlemise plaan, kusjuures ta sisaldab ka vahepealseid lukksepa- ja teisi töid, mis on edasiseks mehaaniliseks töötlemiseks vajalikud (märkimine, jootmine, laagrite valamine jne.); lõplikud lukksepa operatsioonid kantakse lukksepatöödekokkupaneku erikaartidele.

5. Detailide mehaanilise töötlemise plaan jaotatakse operatsioonideks, ülesseadeiks ja siireteks.

Kui detail valmistatakse sordimaterjalist, siis tuleb töötlemisprotsessi lülida ka eeltootmise operatsioonid.

6. Operatsioone märgitakse rooma numbritega, siirdeid — araabia numbritega ja ülesseadeid suurte tähtedega, need tähistused kantakse töötlemise kaardi vastavatesse lahtritesse («Operatsioonide, ülesseadete ja siirete nimetused»). Siirete järjekorra numbrid on iga operatsiooni kohta eraldi ja algavad alati ühest.

7. Lahtris «Operatsioonide, ülesseadete ja siirete nimetused» märgitakse lühidalt operatsiooni nimetus töötlemise liigi järgi (näiteks treimine, puurimine, freesimine jne.), iga siiret kirjeldatakse põhjalikult, ära märkides ka töödeldava pinna numbrit. Pärast operatsiooni märkimist kantakse sisse «Detail üles seada». Edasi kirjutatakse kaardile siirete ja ülesseadete nimetused töötlemise järjekorras. Viimase siirde järel kirjutatakse «Detail pingist maha võtta».

8. Siirete kirjelduse kohal tuuakse vastavas lahtris nende siirete skitšid detaili kinnituse, lõikeriista asendi ja töötlemise koha skemaatilise leppelise märkimisega; töötlemise koht märgitakse jämeda joonega või värvilise (punase) joonega või numbriga.

9. Lahtris «Ülesseade pind» näidatakse antud siirde juures töötlemise baasina kasutatavat pinda numbriga (või mõne teise leppemärgiga).

10. Lahtrisse «Töödeldav pind» kantakse antud siirde juures töödeldava pinna number (või mõni teine leppemärk).

11. Pingi kohta antakse nimetus, mõõted, tüüp ja tehase-valmistaja nimi.

Lahtrisse «Nimetus ja põhimõõted» kantakse pingi nimetus töötlemise liigi järgi, näiteks: treipink, freespink, vertikaal-puurpink jne., samuti ka pingi põhimõõted: treipinkide juures — tsentrite kõrgus ja nendevaheline kaugus, freespinkide juures — töölaua laius ja pikkus, vertikaal-puurpinkide juures — puuri suurim läbimõõt jne.

Lahtrisse «Tehas-valmistaja, tüüp või mark» kantakse tehase nimetus, mis valmistab antud pinke, näiteks tehas «Krasnõi Proletari», samuti ka pingi tüüp või mark, näiteks tüüp 1D62.

Pingid valitakse kataloogide ja passide järgi. Uued kodumaised pingid — Pinkideehituse Peavalitsuse kataloogide ja andmete järgi, sisseveetavad — Pinkide Importkeskuse ja välismaiste firmade kataloogide järgi; vanad pingid tehase enese pinkide pargist pingi passide ja teiste tehase andmete järgi.

12. Lahtrisse «Rakis» kantakse lühendatult kõik antud operatsioonide teostamiseks vajalikud rakised, näiteks: konduktor, erirakis jne.

Lahtrisse «Lõikeriist» kantakse vajaliku lõikeriista nimetus ja mõõted, tema materjali sort ja mark, näiteks spiraalpuur Ø 40 mm kiirlõiketerasest OCT 40 jne.

Lahtrisse «Mõõteriist» kantakse vajaliku mõõteriista nimetus koos lühikese iseloomustusega, s. o. põhimõõdetega ja mõõteriista täpsusega, näiteks: piirikaliiber 50 A_3, indikaator 0,01, nihkkaliiber 200 jne.

13. Lahtrisse «Samaaegselt töödeldavate detailide arv» kantakse nende detailide arv, mida asetatakse korraga pinki ja korraga töödeldakse.

14. Lahtrisse «Ühe töölise poolt teenindatavate pinkide arv» kantakse pinkide arv, mida samaaegse töö protsessis teenindab üks tööline.

15. Detaili töödeldavate pindade mõõted kantakse selleks reservitud lahtritesse vastavalt detaili ja lõikeriista tööliikumisele: pöörleva liikumisega pinkide puhul — läbimõõt ja pikkus, sirgjoonelise liikumisega pinkide juures — pikkus ja laius. Töödeldava detaili läbimõõt, mis on vajalik pöörete arvu leidmiseks antud lõikekiiruse juures, antakse suurima töötlemise mõõtena (detaili eeltoote või eelneva siirde läbimõõt), s. t. antakse läbimõõt pärast juba toimunud töötlemist, mille juures jäeti töötlusvaru järgnevaks töötlemiseks. Näiteks: võlli valmisläbimõõt on 50 mm, võlli eeltoote läbimõõt — 55 mm. Kui jätta lõplikuks puhastöötlemiseks 1 mm, siis on võlli läbimõõt pärast koorimist 51 mm. Siit saame koorimisel arvutusläbimõõduks 55 mm ja puhastöötlemisel — 51 mm.

Detaili pikkus, mis on vajalik kaksikkäikude arvu määramiseks hööveldamisel, antakse höövelpingi tööliikumise suunas, laius aga ettenihke suunas.

Lahtritesse «Töödelda läbimõõdus alates mõõtelt mm kuni mõõteni mm» kantakse augu või võlli algläbimõõt ja läbimõõt pärast antud töötlemist. Lahtris «Pikkuses» näidatakse töötlemise pikkus (terakäigu pikkus), lahtris «Laiuses» näidatakse töödeldava pinna laius.

Lahtrisse «Eeljooks ja ülejooks» kantakse lõikeriista eeljooksu ja ülejooksu suurused, mis määratakse vastavalt töötlemise liigile kas arvutuse teel või võetakse normatiivide järgi.

Töötlemise arvutuspikkuse saamiseks, mis kantakse lahtrisse «Arvutuspikkus või -laius», tuleb liita töödeldava pinna pikkusega, mis sisaldab juba töötlusvaru pikkuse (kui selline on olemas), lõiketera eeljooksu ja ülejooksu suurused ning proovilaastu võtmiseks vajalikkude terakäikude üldine pikkus. Näiteks: puhas mõõde joonestise järgi on 100 mm, koos töötlusvaruga pikkuses — 102 mm, lõiketera eel- ja ülejooksuks lisatakse 10 mm, proovilaastu võtmiseks 5 mm, arvutuspikkus on 117 mm.

16. Lahtrisse «Töötlusvaru ühele küljele mm» kantakse töötlusvaru suurus detaili ühe külje kohta enne antud siirde algust.

Esimese siirde puhul võetakse eeltoote skitsil märgitud töötlusvaru suurus normaalsete töötlusvarude normatiiv-tabelitest. Iga järgneva siirde jaoks on töötlusvaru suurus võrdne esialgse töötlusvaruga miinus kõikide eelnevate siirete lõikesügavuste summa.

17. Lõikerežiim võetakse masinaehituses kasutatavate kinnitatud andmete järgi. Lõikerežiimi valikul peab ette nägema võimalikult täielikumat pingi võimsuse ja kõige ökonoomsemat lõikeriista ärakasutamist.

Vastavates lahtrites näidatakse lõikerežiimi elemendid: lõikesügavus t, terakäikude arv i, lõikekiirus v, pöörete arv n või kaksikkäikude arv, ettenihe pöördele või kaksikkäigule s, või ettenihe minutis s_m.

Lõikesügavus t määratakse olenevalt töötlusvarust, pingi võimsusest ja töödeldava detaili mõõdetest. Vastavasse lahtrisse kantakse lõikesügavus antud siirde jaoks.

Antud siirde jaoks jäetud töötlusvaru mahavõtmiseks vajalik terakäikude arv antud lõikesügavuse juures peab olema võimalikult väike.

Lõikekiirusena näidatakse arvutuslõikekiirus m/min.; ta määratakse välistreimisel ja otsatreimisel detaili välise läbimõõdu järgi ja sisetreimisel töödeldud läbimõõdu järgi.

Pöörete arv määratakse olenevalt läbimõõdust ja lõikekiirusest:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi d},$$

kus v on m/min. ja d — mm. Pöörete arv võetakse passist lähim või ka teoreetiline. Viimasel juhul on tarvis arvestada pöörete arvude rea kordajat ja pöörete arvu mitte muuta läbimõõtude väikeste vahede juures; sel juhul lõikerežiim on püsiva pöörete arvuga ja muutuva lõikekiirusega.

Näide: Võlli astme koorimine, kui astme läbimõõt on 45 mm ja $v = 30$ m/min.

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi d} = \frac{30 \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 45} = 212 \text{ pööret/min.}$$

Sama võlli teise astme koorimine, mille läbimõõt on 40 mm, teostub sama pöörete arvu juures (212 pööret/min.), lõikekiirus aga on selle juures teine.

$$v = \frac{\pi d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 40 \cdot 212}{1000} = 26{,}6 \text{ m/min.}$$

Õigema lahenduse saamiseks tuleb igal üksikul juhul kontrollida, kas on kasulikum jätkata töötlemist sama pöörete arvu juures või tuleks lülida sisse järgmine pöörete aste, s. t. kulutada «abiaega». Sama on maksev ka ettenihke muutmise kohta.

Puurimisel ja freesimisel arvutatakse lõikekiirus lõikeriista välise läbimõõdu järgi. Kokkupandud freeside juures võetakse lõikekiirus olenevalt suurima freesi läbimõõdust.

Piki-höövelpinkide juures on lõikekiiruseks töölaua liikumise kiirus töökäigu ajal.

Kulissajamiga šepingite ja püst-höövelpinkide juures võetakse lõikekiirusena lõiketera keskmine kiirus töökäigu jooksul.

Hammasratta hammaste freesimisel ketas- või tigufreesiga töötavatel pinkidel määratakse lõikekiirus freesi läbimõõdu järgi.

Sirgjoonelise tööliikumisega hambalõikepinkidel näidatakse lõikekiirus, mis määratakse lõikeriista kaksikkäikude arvu järgi.

Kuna lihvimistööde juures lõikekiirus ei ole põhiaja määramise valemi otseseks liikmeks, siis põhiaja määramisel on tarvis teada detaili või käia pöörlemise kiirust või sirgjoonelise liikumise kiirust, ja lahtrisse «Lõikekiirus» kantakse kaks kiirust, mis on teineteisest kaldjoonega eraldatud: ülespoole käia pöörlemise kiirus, allapoole — käia või detaili pöörlemise või sirgjoonelise liikumise kiirus.

Sellest lähtudes täidetakse see lahter kaartidel järgmiselt: üles, joone peale kirjutatakse kõikide lihvimistööde puhul käia pöörle-

mise kiirus m/sek., joone alla kirjutatakse tsentritega ümarlihvimispinkidel töötamisel töödeldava detaili ringkiirus m/min., siselihvimisel — töölaua piki-ettenihe m/min., tasalihvimisel töölaua sirgjoonelisel ettenihkel — laua kiirus m/min., pöörleval töölaual tasalihvimisel — töölaual asetseva detaili laua tsentrist kaugeimal oleva punkti ringkiirus m/min.

Lahtrisse «Pöörete või kaksikkäikude arv» kantakse pingi passide olemasolu puhul tegelik pöörete või kaksikkäikude arv, millele vastavalt on näidatud lõikekiirus; pingi passi puudumisel — pöörete või kaksikkäikude teoreetiline arv minutis, mis vastab näidatud lõikekiirusele.

Ettenihe märgitakse olenevalt pingitüübist kas millimeetrites spindli ühe pöörde, töölaua (või lõikeriista) kaksikkäigu, lõikeriista ühe pöörde, detaili ühe pöörde, töölaua ühe pöörde või terakäigu kohta või millimeetrit minutis.

Ettenihe määratakse instruktiivsete materjalide andmeil. Treipinkide ja revolverpinkide juures antakse tera ettenihe millimeetrites spindli ühe pöörde kohta. Piki-höövelpinkidel hööveldamisel antakse tera ettenihe mm töölaua ühe kaksikkäigu kohta. Šepingitel hööveldamisel antakse detaili ettenihe mm liuguri ühe kaksikkäigu kohta. Puurimistööde juures antakse ettenihe mm puuri ühe pöörde kohta.

Freesimistööde juures antakse ettenihe mm freesi ühe pöörde kohta või mm minutis. Ettenihke freesi pöörde kohta saame hamba kohta antud ettenihke korrutamisel freesi hammaste arvuga, ettenihke minutis saame hamba kohta antud ettenihke korrutamisel freesi hammaste arvuga ja pöörete arvuga minutis.

Nuudifreesidega kiilunuutide freesimisel antakse vertikaal- ja piki-ettenihe, lahtri ruuduke jagatakse diagonaaljoonega, joone peale kirjutatakse vertikaal-ettenihe ja joone alla — piki-ettenihe. Fellowtüüpi hambahöövelpinkidel antakse radiaal-ettenihe diagonaaljoone peal ja ring-ettenihe (rullumis-ettenihe) — joone all.

Tigufreesidega töötavate hambalõikepinkide juures antakse freesi ettenihe mm laua või detaili ühe pöörde kohta.

Tsentrite vahel välisel ümarlihvimisel antakse piki-ettenihe detaili ühe pöörde kohta.

Sise- ja tasalihvimisel antakse risti-ettenihe ühe pöörde või töölaua kaksikkäigu kohta. Nende pinkide juures korratakse lahtris «Ettenihe» samu suurusi, mis asuvad lahtris «Lõikesügavus».

Ettenihke mm/min. saame pöörde või töölaua kaksikkäigu antud ettenihke korrutamisel pöörete arvuga või kaksikkäikude arvuga minutis.

18. Lahtrisse «Vajalik võimsus lõikeriistal» kantakse võimsus lõikeriistal HJ, mida kasutatakse antud siirdel. Võimsuse arvutamist

teostatakse instruktiivsete materjalide andmeil. Võimsust võib arvutada mitte kõikide siirete jaoks, vaid ainult koormatutele. Kui samaaegselt töötab mitu lõikeriista (revolverpinkidel, mitme teraga pinkidel ja nendetaolistel), siis antakse koguvõimsus kõikide lõikeriistade kohta.

19. Ettevalmistus-lõpetamise aeg võetakse kogu partii kohta. Tema suurus, mis on võetud tabelist kogu partii kohta, jagatakse tükkide arvuga partiis; selliselt saadud suurus annab aja ühe detaili kohta. See kirjutatakse kogu operatsiooni kohta murru näol, mille lugejaks on aeg partii kohta ja nimetajaks — detailide arv partiis.

Näide: Ettevalmistus-lõpetamise aeg kogu partiile on 40 min., partii suurus — 10 detaili. Lahtrisse kirjutatakse operatsiooni alguses: 40/10.

20. Töötlemise tükiaeg koosneb järgmistest aja elementidest: põhiajast, abiajast, töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ajast ja füüsiliste vajaduste rahuldamise ajast. Iga ajaelemendi ja tükiaja suurus kantakse kaardi vastavasse lahtrisse.

Valemite järgi arvutatud põhiaeg kantakse kaardile iga siirde kohta eraldi.

21. Abiaeg, mis sisaldab detaili, pingi ja lõikeriista juures kõigiks käsitsiteostatud abivõteteks kulunud aega, samuti ka mõõtmiseks kulunud aega, kantakse kaardile iga siirde kohta eraldi. Tema suurus leitakse tabelite abil.

Märkus p. 20 ja 21 kohta. Kui ühe siirde juures töötab mitu lõikeriista, näiteks revolverpinkidel, karusellpinkidel jne. töötamisel, siis nende lõikeriistade töötamise aeg, mis kattub teiste lõikeriistade töötamisega, asetatakse sulgudesse. Pärast kõikide operatsiooni koostisesse kuuluvate siirete loendamist tõmmatakse joon alla ja kirjutatakse kõikide siirete abiaegade ja põhiaegade summa joone alla. Selle juures summeeritakse sulgudesse mitte-paigutatud ajad.

22. Töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise aeg ja aeg füüsiliste vajaduste rahuldamiseks näidatakse töötlemise kaardil kogu operatsiooni kohta. Tema suurus saadakse tabelitest vastava protsendina.

23. Antud detaili tükiaeg kogu operatsiooni kohta antakse kokkuvõtte real. Selleks kirjutatakse vastavatesse lahtritesse: antud operatsiooni kõikide siirete põhiaegade summa, kõikide siirete abiaegade summa, töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ning füüsiliste vajaduste rahuldamise aeg kogu operatsiooni kohta (arvutatud näidatud protsendi järgi) ja kõikide ajaelementide üldine summa kogu operatsiooni kohta, s. t. tükiaeg.

24. Järgmisesse lahtrisse kirjutatakse kalkulatsiooniaeg, mis saadakse tükiaja ja tüki kohta arvutatud ettevalmistus-lõpetamise aja liitmisel (kui viimase aeg esineb).

25. Mitme detaili samaaegse töötlemise puhul (näiteks kolvirõngaste töötlemine hülsist) saadakse ühele detailile langev aeg — tükiaeg või kalkulatsiooniaeg — eeltoote töötlemise üldise ajasumma (tüki- või kalkulatsiooniaja) jagamisega samaaegselt töödeldavate ja samast eeltootest saadavate detailide arvuga.

26. Antud operatsiooni teostamiseks kasutatava töölise kvalifikatsiooniliik kantakse lahtrisse «Töö kvalifikatsiooniliik». Kvalifikatsiooniliik määratakse kvalifikatsiooni käsiraamatu järgi.

27. Pärast töötlemise täieliku plaani koostamist ja kõikidele operatsioonidele kuluvate aegade määramist täidetakse resultatiivsete andmete tabel; resultatiivsed andmed arvutatakse ühele tootele vajalike detailide arvu kohta.

Lahtrisse «Operatsiooni nr.» kirjutatakse operatsiooni numbrid selles järjekorras, nagu nad esinevad töötlemise kaardil.

Lahtrisse «Pingid, nimetused, mark ja põhimõõted» kantakse iga operatsiooni kohta andmed sellisel kujul, nagu nad esinevad kaardil.

Lahtrisse «Pingi-minuteid ühele tootele» kantakse operatsioonile kuluv aeg summaarselt antud detaili koguarvu kohta, mis on vajalik toote (masina) valmistamisel. Individuaal- ja seerialise tootmise juures võetakse tüki-kalkulatsiooniaeg, massilise tootmise juures — tükiaeg.

Lahtritesse «Eriala» ja «Kvalifikatsiooni liik» kantakse antud operatsiooni teostamiseks vajaliku töölise eriala ja kvalifikatsiooniliik.

Lahtris «Inim-minuteid ühele tootele» näidatakse ühe operatsiooni summaarne aeg (tüki-kalkulatsiooniaeg või tükiaeg, olenevalt tootmisliigist) antud detaili koguarvu kohta, mida vajatakse ühe toote (masina) jaoks, s. t. sama aeg, mis kantakse lahtrisse «Pingi-minuteid ühele tootele». Kui aga üks tööline teenindab mitut pinki, siis sellesse lahtrisse kantakse operatsioonile kuluva koguaja jagatis teenindatavate pinkide arvuga.

II. EELTOODETE VALIK JA ETTEVALMISTUS. TÖÖTLUSVARUD.

Detailide eeltooteina võivad esineda: 1) malm-, teras- või värviliste metallide valamid; 2) sepised ja soojalt stantsitud eeltooted; 3) valtsitud materjalist — terasest, rauast ja värvilistest metallidest eeltooted.

Selle või teise eeltoote liigi valik oleneb detailide konstruktsioonist, nende otstarbest, nende töötingimustest kokkumonteeritud masinas, nende koormamisest.

Profiildetailid, mida ei koormata löökkoormusega, tõmbega ja paindega, valmistatakse tavaliselt malmvalamitena. Profiildetailid,

mis peavad kandma suuri pingeid masinais, mis töötavad raskeis tingimusis, valmistatakse terasvalamitena. Malmist valatakse pinkide kered, raamid, plaadid, karpide kered, karterid, laagrite kered, rihmarattad, hoorattad jne.; väiksematest detailidest — äärikud, puksid, kronsteinid, hammasrattad jne.

Eeltooteid sepistatud ja stantsitud kujul kasutatakse detailide juures, mis töötavad peamiselt paindele, tõmbele, väändele ja on oma erinevates osades tugevasti erinevate ristlõigetega. Sepiste valmistamisel püütakse saada detaili lõplikule kujule lähedast kuju. Valmisdetailiga liiga suure geomeetrilise sarnasuse saamine teeb sepise kalliks ja ei ole ka vajalik, kuna detailile lõpliku kuju andmine toimub metalli lõiketöötlemise pinkidel.

Vormsepiseid saadakse vormis sepistamisel. Vormis sepistamist kasutatakse suurseerialisel ja massilisel tootmisel, tal on suuri eeliseid võrreldes tavalise sepistamisega. Vormsepistamisel saadakse ühtlasem metalli struktuur, mille tõttu metall on tugevam. Vormsepistamisel saadakse mõõteid, mis kõige rohkem lähenevad detaili lõplikele mõõdetele; mõnel juhul kasutatakse vormsepiseid ilma edasise töötlemiseta või vähese töötlemisega. Vormsepiste valmistamisel kasutatakse materjali paremini ja hoitakse teda kokku. Vormsepiste valmistamine toimub palju kiiremini ja vajab väiksema kvalifikatsiooniga töölisi, kui vaba sepistamine. Vormsepise hind tuleb vabasepise hinnast odavam.

Valtsitud materjalist (ümmargusest, neljakandilisest, kuuekandilisest) eeltooteid kasutatakse detailide juures, mis oma kujult liginevad ühele neist materjali liikidest, kui ei ole suuri erinevusi detaili ristlõigete üksikute kohtade vahel ning kui on võimalik vältida selle juures suure hulga metalli mahavõtmist. Välja arvatud võllid, on valtsitud materjalist valmistatavate detailide mõõted võrdlemisi väikesed.

Igasugune eeltoode valmistatakse teatud töötlusvaruga detaili lõplikele mõõdetele. See töötlusvaru võetakse lõplike mõõdete saamiseks mehaanilise töötlemise juures maha. Neil detaili pindadel, mida ei töödelda, ei ole töötlusvaru.

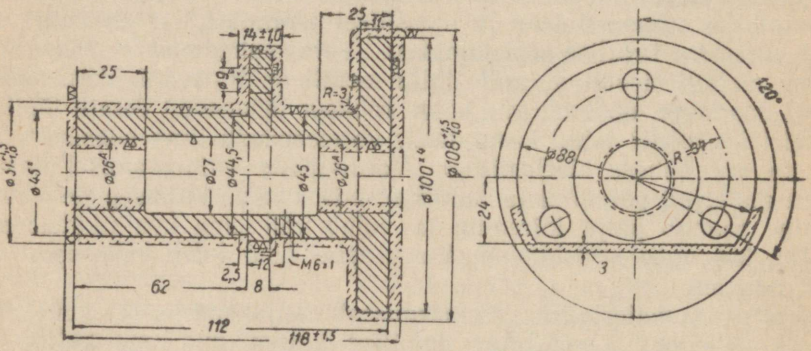
Näidetena on toodud joonistel 13—16 mõned eeltooted (valam, sepis, vormsepis ja profiilmaterjal). Nendelt joonistelt nähtub, et töödeldud detaili piirjooned on kujutatud eeltoote piirjoonte sisse; mõõdete vahe annab töötlusvaru, s. t. selle metallikihi, mis kuulub mehaanilise töötlemise teel mahavõtmisele.

Töötlusvaru peab olema sellise suurusega, mis tagaks antud detaili juures vajalikku mehaanilist töötlemist; sellist töötlusvaru nimetatakse *normaalseks*. Normaalsete töötlusvarude määramine on tehno-ökonoomilises suhtes tähtis küsimus.

Liiga suured töötlusvarud põhjustavad liigseid kulusid detaili valmistamisel ja tõstavad sellega omamaksumust. Detaili omamaksumus koosneb kolmest põhielemendist: materjali hinnast, töötlemise tööpalgast ja üldkuludest.

Töötlusvaru suurendamisel tõuseb eeltoote kaal, materjali on tarvis rohkem, järelikult ka eeltoote ja koos sellega ka valmisdetaili hind tõuseb.

Liigsete töötlusvarude mahavõtmine suurendab töötlemise aega, ja kuna tööliste palk on võrdeline ajaga, siis ka nende palk liigse töötlusvaruga eeltoote töötlemisel tõuseb. Selle tõttu on otstarbekohane töötlemise aja kokkuhoiu mõttes anda sellised töötlusvarud,



Joon. 13. Malmpuks (valam).

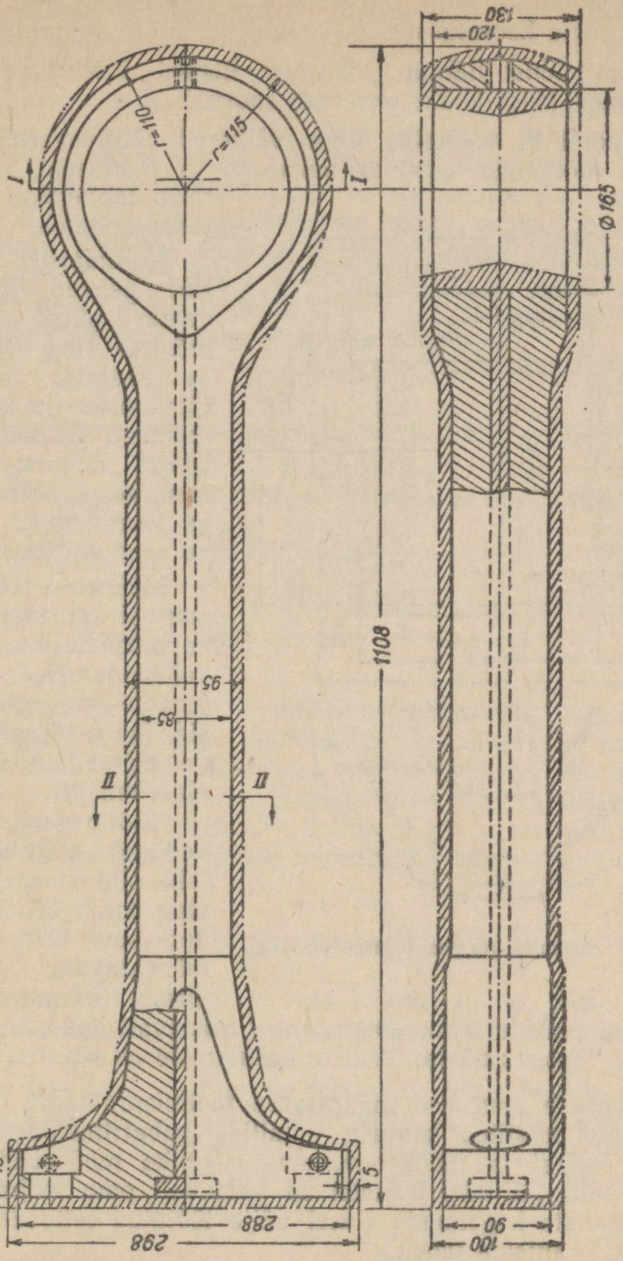
mida saab maha võtta ühe terakäiguga. Keskmise suurusega pinkidel võib ühe terakäiguga maha võtta kuni 6 mm radiaalselt.

Detaili omamaksumuse koostisesse kuuluvad üldkulud väljenduvad tööpalgale juurdearvatavas kindlaksmääratud protsendis. Tööpalga suurenemisega suurenevad järelikult ka üldkulud.

Teiste üldkulude hulgas võib tähelepanu juhtida suurendatud kulutustele lõikeriistade osas suurendatud töötlusvarude olemasolu puhul. See asjaolu seletub sellega, et suurendatud töötlusvarude juures tuleb liigne materjal maha võtta mitme terakäiguga, mille tõttu suureneb põhiaeg ja koos sellega ka kogu tööaeg.

Samuti nõuavad liigsed töötlusvarud lõikesügavuse suurenemise tõttu pingi võimsuse tõstmist ja koos sellega suurendavad elektrienergia kulu. Selle tulemusena suurenevad üldkulud.

Liigsed töötlusvarud suurendavad transpordikulusid, kuna eeltoote kaal ja mahavõetava laastu kaal suurenevad. Samuti suurenevad

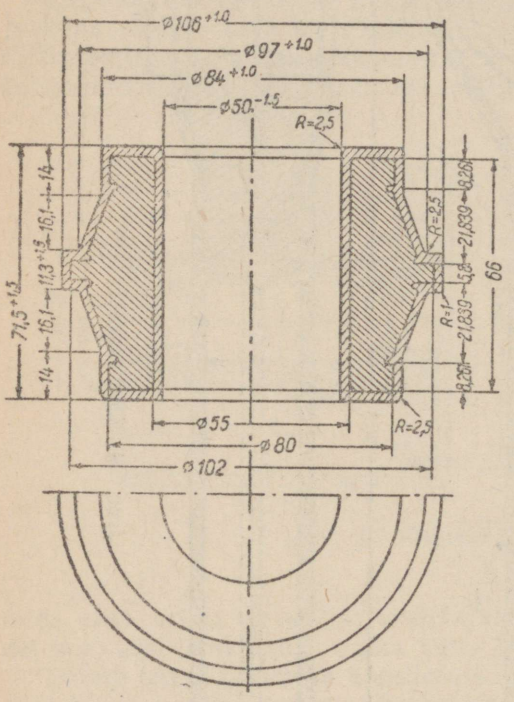


Joon. 14. Keps (sepis).

pinkide remondikulud, kuna liigse materjali mahavõtmiseks peab pink töötama suurema koormusega, mis põhjustab pingi suuremat kulumist.

Nagu käsiteldust nähtub, tõstavad liigsed töötlusvarud detaili omamaksumuse kõigi kolme elemendi suurust.

Teiselt poolt ei võimalda liiga väikesed töötlusvarud teostada mehaanilist töötlemist vajaliku täpsuseni ja puhtuseni, mille tõttu tekib töötlemisel praaki ja toode kallineb.



Joon. 15. Sisemine rõngas (vormsepis).

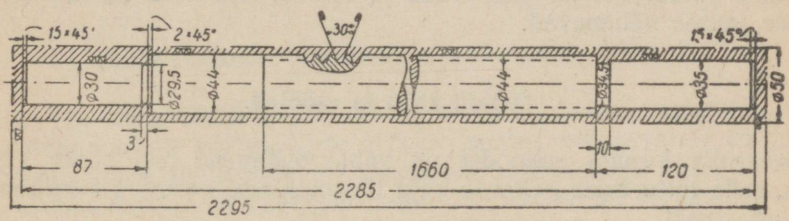
Normaalsed töötlusvarud peavad kindlustama vastava pinna kvaliteedi ja puhtuse ning detaili täpsuse saamist mehaanilisel töötlemisel ja samal ajal annavad ka metalli kokkuhoidu, vähendavad töötlemise aega, omamaksumust ja suurendavad seadmestiku produktiivsust.

Määrates töötlusvarude suurusi on tarvis näidata ka mõõdete lubatavad kõrvalekaldumised, s. t. eeltoodete mõõdete tolerantsid, kuna täpsete mõõdetega eeltoodete saamine ei ole võimalik.

Töötlusvarude lubatavad kõrvalekaldumised ei tohi olla suurte kõikumistega, kuna eeltoodete mõõdete suur erinevus tekitab märgatavaid raskusi tootmises. Sel puhul tuleb sageli teostada pinkide ümberkorrastamist vastavalt eeltoote mõõdetele, väheneb töö täpsus rakistes, rakiste kasutamine on piiratud jne.

Töötlusvarude suurused määratakse tootmispraktikas mitmel viisil: olenevalt detailide kaalust, detailide gabariitmõõdetest, konstruktiivsest kujust ja mõõdetest, detaili ristlõike mõõdetest ja töötlemise täpsusest. Paljudel tehastel on vastavalt oma tootmise iseloomule pikaajaliste kogemuste alusel välja töötatud eeltoodete töötlusvarude ja tolerantside tabelid.

Töötlusvarude määramisel välditakse mõnikord täpsete eeltoodete saamist, andes neile küllalt suured töötlusvarud ja arvestades, et liigse metalli kõrvaldamine metalli lõiketöötlemise pinkidel on kasulikum. Sellised kaalutlused võivad esineda üksikutel juhtudel tootmise väikese ulatuse juures. Täpseim küsimuse lahendus saadakse ainult vastavate majanduslike arvutuste tulemusena, võrreldes detaili maksumust mitmesuguste eeltoodete liikide juures. Kaasaegse seerialise või massilise iseloomuga tootmise juures esineb kindel ja täiesti otstarbekohane tendents vähendada maksimaalselt töötlusvarusid ja saada väikseimat mehaanilist töötlemist vajavaid eeltooteid, samuti ka tendents saada selliseid detaile, milliseid ei oleks tarvis mehaaniliselt töödelda metalli lõiketöötlemise pinkidel.



Joon. 16. Kruvi eeltoode profiilmaterjalist.

Töötlusvarude ja eeltoodete mõõdete tolerantside suurused olenevad reast tegureist, millede mõjumise aste on erinevatel juhtudel erinev. Põhitegureiks on järgmised: a) eeltoote materjal, b) detaili kuju ja tema mõõted, c) eeltoote iseloom ja tema valmistamise viis, d) nõuded mehaanilise töötlemise kohta, e) pinna puhtuse ning kvaliteedi ja detaili mõõdete täpsuse tehnilised tingimused.

Eeltoote materjal.

Eeltoote materjalina võib esineda valatud malm, teras või värvilised metallid, sepistatud või vormsepistatud legeeritud või süsinikteras.

Valamise teel saadud detailide pinnal on kõva koorik. Lõikeriista normaalseks tööks on vajalik, et lõikesügavus oleks valami kõva pinnakooriku paksusest suurem, vastavalt millele tuleb määrata ka töötlusvaru. Valukooriku paksus on mitmesugune: ta oleneb materjalist, valami suurusest ja valamise viisist.

Sepiste valmistamisel tekib nende pinnale tagikord, mis kulutab töötlemisel tugevasti lõikeriista. Mõnikord on see kord niivõrd kõva,

et lõikeriist ei suuda teda üldse töödelda. Selle tõttu on tarvis lõikesügavus võtta tagikihi paksusest suurem. Süsinikteraste töötlemisel osutub lõikesügavus 1,5—2 mm küllaldaseks tagikihi kõrvaldamiseks, legeeritud teraste juures peab lõikesügavus olema mitte väiksem kui 2 mm ja mitte suurem kui 5 mm.

Vormsepiste juures on pinnakiht süsinikuvaene ja ka rikutud, mille tõttu teda tuleb töötlemisel kõrvaldada. Selle kihi paksus on mitmesugune: legeeritud terastest vormsepiste juures 0,5—2 mm, süsinikteraste juures 0,5—2,5 mm, olenevalt detaili mõõdetest ja kujust ning eespoolnimetatud teistest teguritest.

Metalli plonnidest valmistatud sepiste töötlusvarud peavad olema suuremad kui valtsitud materjalist valmistatud sepiste juures, kuna plonnide pinnal võivad olla praod ja mullid, mis oma mõõdetelt valtsimise juures vähenevad.

Detaili kuju ja mõõted.

Keeruka kujuga eeltoodet on vabasepistamise teel raske valmistada, selle tõttu tuleb eeltoote kuju lihtsustamise eesmärgil suurendada töötlusvarusid.

Keeruka kujuga vormsepiste juures on materjali jaotus raskendatud, mille tõttu võivad tekkida materjalis defektid, sellepärast tuleb selliste vormsepiste juures suurendada töötlusvaru.

Keeruka kujuga valamite juures tuleb enam-vähem ühtlase jahtumise huvides teha paksematest ristlõigetest õhukeste juurde üleminekud sujuvad, mitte lubades järske vahesid ristlõigetes; see nõue põhjustab suuremaid töötlusvarusid.

Suurte sepiste valmistamisel tuleb arvestada metalli ruumala kahanemist, mis suurte esemete juures on märgatavate mõõdetega; selle tõttu nende detailide töötlusvaru peab olema suurendatud.

Eeltoote iseloom ja tema valmistusviis.

Iseloomu ja valmistusviisi järgi tuntakse järgmisi eeltoote liike: valamid, sepised, vormsepised, eeltooted valtsitud materjalist. Valameid võib valmistada käsitsi- või masinvormimise teel, valamisega muldvormidesse, metallvormidesse või valamisega surve all.

Olenevalt eeltoote iseloomust ja valmistusviisist on töötlusvarude ja tolerantside suurused erisugused. Nii on käsitsi-vormimise teel saadud valami töötlusvaru masinvormimise teel saadud valami töötlusvarust suurem; samuti on ka muldvormis valmistatud valami töötlusvaru suurem kui metallvormis valmistatud valamil, surve all vala-

tud valamil on töötlusvaru väiksem kui metallvormides valatud valamitel.

Kui võrrelda sepiste ja vormsepiste töötlusvarusid, siis sepiste töötlusvarud on alati suuremad kui vormsepistel.

Valtsitud materjalist valmistatud eeltoodete töötlusvarud on väiksemad kui valatud, sepistatud või vormsepistatud eeltoodetel. Valtsitud materjalist eeltoodete töötlusvaru suurus peab kindlustama mehaanilisel töötlemisel vajalikku pinna täpsust ja puhtust. Mõningatel juhtudel tuleb eeltoodete töötlusvarusid suurendada mehaanilise töötlemise teostamiseks vajalike tingimuste loomiseks. Nii näiteks on pöördkehade töötlemiseks mõnikord tarvis jätta töötlusvaru tsentrite vahele ülesseadmiseks või suurendada eeltoote pikkust tema padrunisse kinnitamise võimaldamiseks.

Mehaanilisele töötlemisele esitatavad nõuded.

Üks või teine töötlemisviis võetakse kasutamisele vastavalt detailide pinna puhtuse või mõõdete täpsuse suhtes esitatavatele tingimustele. Mehaanilise töötlemise iga vahepealse operatsiooni jaoks on tarvis jätta töötlusvaru, mida võetakse maha ühe või mitme terakäiguga. Nii oleneb üldine töötlusvaru mehaanilise töötlemise viisidest, mida kasutatakse vastavalt tehnilistele tingimustele detaili valmistamiseks.

Kui detaili iseloomu kohaselt on nõutav termiline töötlemine, siis on tarvis silmas pidada, et termilisel töötlemisel detail veidi deformeerub ja tema mõõted muutuvad. Seoses sellega tuleb termilise töötlemise vajaduse korral suurendada töötlusvarusid mehaaniliseks töötlemiseks.

Detaili pinna puhtuse ja täpsuse ning mõõdete täpsuse tehnilised tingimused.

Detailile esitatavad nõuded, vastavalt tema vastuvõtmise tehnilistele tingimustele, tingivad töötlusvaru suuruse: mida kõrgemad on need nõuded, seda suurem peab olema töötlusvaru. Kui tehniliste tingimuste kohaselt on nõutav, et metalli pind peab olema puhas, ilma igasuguste defektideta, siis tuleb töötlusvaru suurendada olemasolevate defektide metalli pinnalt kõrvaldamiseks. Kui on nõutav, et pind oleks sile, siis tuleb anda selline töötlusvaru, mis võimaldab pärast koorimist teostada veel silumist. Kui detaili mõõted peavad olema töödeldud teatud tolerantside piirides täpselt, siis peab töötlusvaru kindlustama puhta töötlemise (silumise, lihvimise) teostamise võimaluse, milleks tuleb tema suurust suurendada.

Tabel 9.

Eeltoodete töötlusvarud (varbmaterjal, sepis, vormsepis, valam).

Eeltoote nimetus	Materjal	Pinnakihi töötlusvaru (külje kohta), mis võetakse maha lõikerliista esimese terakäiguga koorimisel mm	Üldine töötlusvaru külje kohta
Varbmaterjal	Teras	0,5	1—2
Sepis	Konstruktsiooniteras	1,5—4,0	2—5
	Legeeritud teras	2—4	3—6
Vormsepis	Konstruktsiooniteras	0,5—2,5	1—3,5
	Legeeritud teras	0,5—2,0	1—3
Valam	Malmvalam:		
	hall malm	1—4	2—6
	tempermalm	1—2	1,5—4,0
	Terasvalam	2—5	3—8
	Pronksvalam	1—3	2—5

Töötlusvarude suuruse määramine.

Nagu nähtub töötlusvaru suurusele mõjuvate tegurite vaatlemisest, peab normaalse töötlusvaru suurus olema selline, et mehaanilist töötlemist ja detaili pinna vajaliku puhtuse ning mõõdete täpsuse saavutamist saaks teostada viisil, mis vastab nende nõuete täitmisele.

Sellest järgneb, et töötlusvaru suurus oleneb pinnakihi paksusest, mida on tarvis maha võtta, ja mehaanilise töötlemise kõikide vaheoperatsioonide jaoks vajalike töötlusvarude suurusest. Kuna eeltoodetel on tolerantsid, mis annavad mõõdete kõrvalekaldeid nii positiivses kui ka negatiivses suunas, siis töötlusvaru üldise suuruse määramisel tuleb mõõtele lisada negatiivse kõrvalekalde suurus (kui selline kõrvalekaldumine on lubatud).

Nii koosneb normaalne töötlusvaru järgmistest suurustest: 1) koorimisel esimese terakäiguga mahavõtmisele kuuluvast pinnakihi paksusest; 2) mehaanilise töötlemise kõigi vahepealsete operatsioonide töötlusvarude summast; 3) eeltoote nimimõõdetest negatiivse kõrvalekaldumise suurusest.

Esimese koorimis-terakäiguga mahavõetava pinnakihi paksuseks vajalikku töötlusvaru ja üldist töötlusvaru saab määrata tabeli 9 andmetel.

Mehaanilise töötlemise vahepealseteks operatsioonideks vajalike töötlusvarude suurused võib võtta tabelitest 10—21.

Tabel 10.

Siluvtreimise töötlusvarud pärast koorimist, mm läbimõõdule.

Võllide läbimõõdud mm	Võlli pikkus mm		
	kuni 300	300 kuni 600	600 kuni 1200
6 kuni 18	0,5 kuni 0,7	0,7 kuni 1,0	—
18 „ 30	0,6 „ 0,8	0,8 „ 1,1	1,0 kuni 1,3
30 „ 50	0,8 „ 1,1	0,9 „ 1,2	1,0 „ 1,4
50 „ 120	1,0 „ 1,5	1,1 „ 1,6	1,2 „ 1,8
120 „ 180	1,2 „ 1,7	1,3 „ 1,8	1,4 „ 2,0
180 „ 300	1,4 „ 2,0	1,6 „ 2,2	1,8 „ 2,5

Kasutades tabelit 11 tuleb suuremaid arvusid kasutada pinna jämedal eeltöötlemisel ja väiksemaid — täpsel töötlemisel.

Tolerantsid eeltöötlemise jaoks võetakse:

koorivtreimisel 5. täpsusklassi järgi (OCT),
siluvtreimisel 4. täpsusklassi järgi (OCT),
kõrgendatud täpsusega siluvtreimisel 3. täpsusklassi järgi (OCT).

Tabel 11.

Piirilised töötlusvarud karastatud esemete ümarlihvimiseks tsentrites pärast treimist, mm läbimõõdule.

Toote nimi läbimõõt mm	Lihvimise pikkus mm							
	kuni 50	50—100	100—400	400—800	800—1200	1200—1600	1600—2000	üle 2000
3— 10	0,20—0,23	0,20— 0,30	0,25—0,35					
10— 18	0,25—0,30	0,25— 0,35	0,30—0,40					
18— 30	0,25—0,30	0,25— 0,40	0,30—0,45	0,35— 0,50				
30— 50	0,35—0,40	0,35— 0,50	0,40—0,55	0,45— 0,60	0,55—0,65			
50—120	0,40—0,45	0,40— 0,55	0,45—0,60	0,50— 0,65	0,60—0,75	0,70—0,85	0,75—0,95	0,80—1,00
120—180		0,50— 0,65	0,55—0,70	0,60— 0,75	0,65—0,80	0,75—0,90	0,80—1,00	0,80—1,00
180—260		0,55— 0,70	0,60—0,75	0,65— 0,80	0,70—0,85	0,80—0,95	0,85—1,05	0,90—1,10
260—360		0,60— 0,80	0,65—0,85	0,70— 0,90	0,80—1,00	0,85—1,05	0,90—1,10	0,95—1,15
üle 360		0,70— 0,90	0,80—1,00	0,85— 1,05	0,90—1,10	0,95—1,15	0,95—1,15	0,95—1,15

Kui enne termilist töötlemist toimub jämelihvimine, siis tuleb jäme- ja peenlihvimise summaarne töötlusvaru võtta tabelis 11 näidatud suurustest suurem. Sellest summaarsest töötlusvarust võetakse umbes 40% maha enne termilist töötlemist ja 60% pärast termilist töötlemist.

Tabel 12.

Piirilised töötlusvarud karastamata toodete ümarlihvimisel tsentrites (igasugune materjal), mm läbimõõdule.

Toote nimi-läbimõõt mm	Lihvimise pikkus mm							
	Kuni 50	50—100	100—400	400—800	800—1200	1200—1600	1600—2000	üle 2000
3— 10	0,15—0,17	0,15—0,25	0,20—0,30					
10— 18	0,20—0,23	0,20—0,30	0,20—0,30					
18— 30	0,20—0,23	0,20—0,35	0,20—0,35	0,25—0,40				
30— 50	0,25—0,28	0,25—0,40	0,25—0,40	0,30—0,45	0,40—0,55			
50—120	0,30—0,34	0,30—0,45	0,30—0,45	0,30—0,45	0,40—0,55	0,45—0,60	0,50—0,70	0,60—0,80
120—180		0,40—0,55	0,40—0,55	0,40—0,55	0,40—0,55	0,45—0,60	0,50—0,70	0,60—0,80
180—260		0,45—0,60	0,45—0,60	0,45—0,60	0,45—0,60	0,45—0,60	0,50—0,70	0,60—0,80
260—360		0,50—0,70	0,50—0,70	0,50—0,70	0,50—0,70	0,50—0,70	0,50—0,70	0,60—0,80
üle 360		0,60—0,80	0,60—0,80	0,60—0,80	0,60—0,80	0,60—0,80	0,60—0,80	0,60—0,80

Peenikeste esemete juures, kui esineb järsk üleminek läbimõõtudes, mis kutsub termilisel töötlemisel esile kaardumisi, tuleb võtta suurimad töötlusvarud.

Tabelist 12 on tarvis suuremad piirid võtta jämelihvimise jaoks ja väiksemad — täpseks lihvimiseks. Jämeda eeltöötlemise jaoks võetakse samad tolerantsid, nagu eelmises tabelis.

Tabel 13.

Piirilised töötlusvarud karastatud esemete tsentriteta ümarlihvimisel, mm läbimõõdule.

Toote nimiläbimõõt mm	Lihvimise pikkus mm					
	kuni 50	50—100	100—250	250—500	500—750	750—1000
1— 3	0,12—0,15	0,13—0,17	0,14—0,18	0,15—0,20	0,15—0,20	0,17—0,22
3— 10	0,15—0,20	0,17—0,22	0,20—0,25	0,22—0,27	0,25—0,30	0,25—0,30
10— 18	0,18—0,25	0,20—0,27	0,25—0,32	0,28—0,35	0,30—0,37	0,30—0,37
18— 30	0,20—0,30	0,23—0,33	0,28—0,38	0,32—0,42	0,35—0,45	0,35—0,45
30— 50	0,28—0,38	0,30—0,40	0,35—0,45	0,40—0,50	0,45—0,55	0,50—0,60
50—120	0,35—0,45	0,37—0,47	0,40—0,50	0,43—0,55	0,50—0,65	0,60—0,75
120—180	0,45—0,55	0,45—0,70	0,50—0,65	0,55—0,70	0,65—0,80	0,75—0,90

Töötlusvarud tsentriteta välisel ümarlihvimisel on antud tabelites 13 ja 14.

Tabel 14.

Piirilised töötlusvarud karastamata esemete tsentriteta ümarlihvimisel (igasugune materjal), mm läbimõõdule.

Toote nimiläbimõõt mm	Lihvimise pikkus mm					
	kuni 50	50—100	100—250	250—500	500—750	750—1000
1— 3	0,10—0,13	0,10—0,13	0,12—0,15	0,12—0,15	0,13—0,17	0,15—0,20
3— 10	0,13—0,17	0,13—0,18	0,15—0,20	0,17—0,22	0,20—0,25	0,20—0,25
10— 18	0,17—0,23	0,18—0,25	0,20—0,27	0,20—0,28	0,20—0,30	0,20—0,30
18— 30	0,20—0,28	0,20—0,30	0,22—0,32	0,23—0,33	0,25—0,35	0,30—0,40
30— 50	0,25—0,33	0,25—0,35	0,27—0,37	028—0,38	0,30—0,40	0,35—0,45
50—120	0,30—0,38	0,30—0,40	0,32—0,42	0,33—0,44	0,35—0,47	0,40—0,52
120—180	0,33—0,43	0,35—0,45	0,38—0,50	0,40—0,53	0,42—0,57	0,45—0,60

Neis tabelites on suuremad piirid jämeda eeltöötlemise jaoks, väiksemad piirid täpseks töötlemiseks.

Eeltöötlemisel võetakse tolerantsid:

koorimisel 5. täpsusklassi järgi (OCT),
silumisel 4. täpsusklassi järgi (OCT),
suurendatud täpsusega silumisel 3. täpsusklassi järgi (OCT).

Jämelihvimisel enne termilist töötlemist tuleb summaarset töötlusvaru jäme- ja täpsele lihvimisele suurendada 1,5 korda võrreldes tabeli 13 andmetega.

Peenikeste, läbimõõtude järsu üleminekuga toodete jaoks, mis võivad termilisel töötlemisel kaarduda, peab töötlusvarud tabelist 13 võtma suurimad.

Allpool toome töötlusvarude suuruste tabelid silumiseks treimisel, lihvimisel, aukude süvistamisel ja hõõritsemisel, silumiseks freesimisel ja tasalihvimisel ning kammlõikamisel (tabelid 15—21-a).

Tabel 15.

Keskmised silumise töötlusvarud pärast koorimist aukude treimisel, mm läbimõõdule.

Aukude läbimõõdud mm	Töötlusvaru mm
30 kuni 80	1,0 kuni 1,4
80 „ 180	1,4 „ 1,75
180 „ 300	1,75 „ 2,0

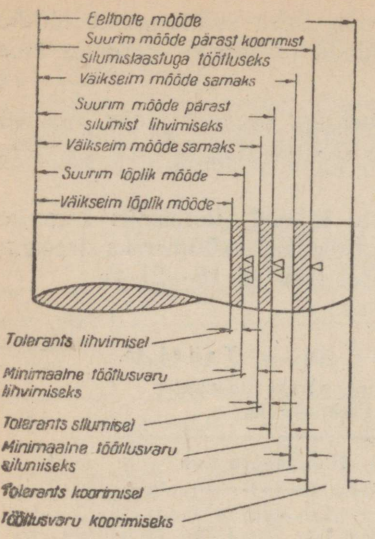
Käepärane on näitlikkuse mõttes kujutada töötlusvarusid mitmesugustel töötlemise järkudel graafiliste skeemide näol, nagu see on toodud joonistel 17 ja 18 (augu jaoks).

Eeltoote mõõteid nimetatakse vabadeks, kui nad kuuluvad töötlemata pindadele või töödeldavatele pindadele, mis ei ole teiste pindadega seotud. Eeltoodete mõõdete lubatavad kõrvalekalded töötlemisele mittekuuluvates kohtades ei olene eeltoote liigist ega tema valmistamise viisist.

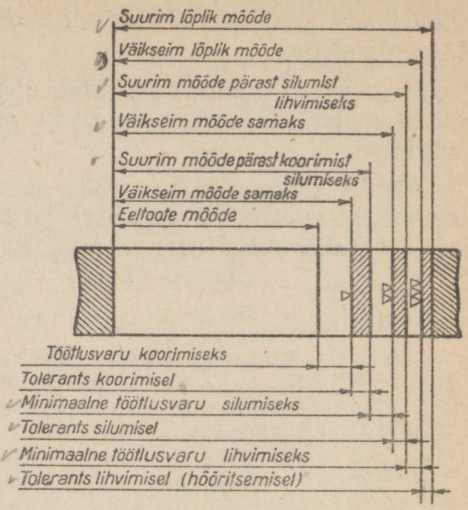
Tabel 16.

Piirilised töötlusvarud karastatud esemete siselihvimiseks pärast treimist, mm läbimõõdule.

Toote nimiläbimõõt mm	Lihvimise pikkus mm						
	kuni 10	10—25	25—50	50—100	100—150	150—200	200—300
3— 10	0,15—0,17	0,17—0,20	0,20—0,25				
10— 18	0,17—0,20	0,20—0,25	0,22—0,27	0,27—0,32			
18— 30	0,20—0,25	0,22—0,27	0,25—0,30	0,30—0,35	0,35—0,45		
30— 50	0,25—0,35	0,27—0,37	0,30—0,40	0,35—0,45	0,40—0,50	0,45—0,60	
50—120	0,35—0,40	0,35—0,45	0,40—0,50	0,45—0,55	0,50—0,65	0,55—0,70	0,60—0,75
120—180	0,40—0,50	0,40—0,50	0,45—0,55	0,50—0,60	0,60—0,75	0,65—0,80	0,75—0,90
180—260	0,45—0,55	0,45—0,55	0,50—0,65	0,55—0,70	0,60—0,80	0,70—0,90	0,75—0,95
260—360	0,55—0,65	0,55—0,65	0,60—0,75	0,65—0,80	0,70—0,90	0,80—1,00	0,85—1,05



Joon 17. Töötlusvarude asetuse skeem võlli töötlemise mitmesugustel järkudel.



Joon 18. Töötlusvarude asetuse skeem augu töötlemise mitmesugustel järkudel.

Tabel 17.

Piirilised töötlusvarud lihvimata esemete siselihvimiseks pärast treimist, (igasugune materjal), mm läbimõõdule.

Toote nimiläbimõõt mm	Lihvimise pikkus mm						
	kuni 10	10—25	25—50	50—100	100—150	150—200	200—300
3— 10	0,12—0,15	0,12—0,15	0,15—0,20				
10— 18	0,15—0,17	0,15—0,17	0,15—0,20	0,20—0,25			
18— 30	0,15—0,17	0,15—0,17	0,17—0,22	0,20 - 0,27	0,27—0,35		
30— 50	0,17—0,20	0,17—0,22	0,20—0,25	0,25—0,32	0,30—0,35	0,35—0,45	0,40—0,50
50 - 120	0,22—0,27	0,22—0,27	0,25—0,32	0,32—0,40	0,35—0,45	0,40—0,50	0,45—0,55
120—180	0,30—0,35	0,32—0,37	0,35—0,40	0,37—0,45	0,40—0,50	0,45—0,55	0,55—0,65
180—260	0,35—0,40	0,37—0,45	0,40—0,50	0,40—0,50	0,45—0,55	0,55—0,65	0,60—0,75
260—360	0,40—0,50	0,45—0,55	0,45—0,55	0,50—0,60	0,50—0,60	0,55—0,70	0,60—0,75

Eeltoodete ettevalmistus.

Eeltoodete ettevalmistus metalli lõiketöötlemise pinkidel töötlemiseks teostub samades tsehhides, kus eeltooteid valmistatakse. Ettevalmistus seisab selles, et eeltootele antakse selline kuju ja viiakse sellisesse seisukorda, mille juures on tema mehaaniline töötlemine võimalik. Ettevalmistus on olenevalt eeltoote liigist erineva iseloomuga.

Tabel 18.

Töötlusvaru süvistamisele, mm läbimõõdule.

Nimi-läbimõõdud mm	Töötlusvarud läbimõõdule mm
12 kuni 15	0,5
15 „ 18	0,5
18 „ 21	0,8
21 „ 30	1,3
30 „ 40	1,7
40 „ 50	2,7
50 „ 60	3,7

Tabel 19.

Töötlusvarud hööritsemiseks pärast puurimist, treimist ja süvistamist, mm läbimõõdule.

Augu läbimõõt mm	Töötlusvaru jäme-hööritsemiseks mm	Töötlusvaru puh-taks hööritsemiseks mm	Üldine töötlusvaru jäme- ja puhtaks hööritsemiseks mm
3— 6	0,15	0,05	0,20
6— 18	0,25	0,05	0,30
18— 30	0,30	0,10	0,40
30— 50	0,40	0,10	0,50
50— 75	0,45	0,15	0,60
75—100	0,65	0,15	0,80

Tabel 20.

Töötlusvarud pinna siluvfreesimiseks pärast koorivfreesimist, mm iga külje kohta.

Pinna laius mm	Pinna pikkus mm		
	kuni 100	100—300	300—600
Kuni 80	0,75—0,90	0,90—1.2	1,2—1,5
80—180	0,85—1,0	1,0 —1,3	1,4—1,7
180—300	1,0 —1,3	1,2 —1,5	1,5—2,0

Tabel 21.

Töötlusvarud lihvimiseks pärast siluvfreesimist, mm iga külje kohta[1].

Tasapinna laius mm	Tasapinna pikkus kuni 600 mm	
	Malm ja karastamata teras	Karastatud teras
Kuni 80	0,25 kuni 0,35	0,30 kuni 0,40
80 „ 180	0,35 „ 0,40	0,40 „ 0,45
180 „ 300	0,40 „ 0,45	0,45 „ 0,50

[1] Väiksemad mõõted tasapindadele pikkusega kuni 300 mm, suuremad — pikkuse puhul 300—600 mm.

Tabel 21-a.

Töötlusvarud kammlõikamiseks.

Pikkus mm	Läbimõõt mm				
	10—18	18—30	30—40	40—50	50—60
12— 60	0,6				
16— 50		0,7			
50—120		0,8			
16— 25			0,8		
25— 40			0,9		
40—120			1,0		
16— 25				0,9	
25— 45				1,0	
45—140				1,1	
25— 45					1,1
45—140					1,2

Valameid puhastatakse ja raiutakse pärast vormist väljavõtmist. Neid operatsioone teostatakse valamistsehhis. Valunagad, valamistulvad ja kõik ebatasasused, mis valamisel on tekkinud, kas raiutakse meisliga maha või puhastatakse viiliga või kõrvaldatakse pneumaatiliste meislite, ketassaagide või käia abil. Valamite puhastamist tema külge põlenud vormimullast teostatakse mitmesugusel viisil; käsitsi traatharjadega, pöörlevate traatharjadega, liivapuhumiskambrites, pöörlevatel laudadel liivajoas, pöörlevates trumlites, lihvimispinkidel, painduva võlli otsas asuva käia abil. Terasvalamid lõõmutatakse.

Hallist malmist valami kiirel jahtumisel tardub väline valami koorik kiiresti ja muutub valgeks malmiks. Selle kooriku kõvaduse vähendamiseks lõõmutatakse ka malmvalameid, mis parandab mehaanilise töötlemise tingimusi.

Eeltoodete (valamite, sepiste, valtsitud materjalist eeltoodete) oksüdeerumise ja roostega kattumise vältimiseks kaetakse nad värviga. Värv peab metalli pinnale hästi külge jääma ja mitte pragunema. Ta peab olema niiskuskindel ega tohi ise söövitada metalli.

Eeltoodete kauaaegsel hoidmisel tuleb värvikorda uuendada.

Värvidest kasutatakse sagedamini rauaookrit või pliimennikut. Rauaoksüüdid värvidena ei ole soovitavad, kuna nad ei kaitse metalli korrosiooni eest; vastupidi, nad isegi soodustavad seda. Parimaks värviks tuleb lugeda pliimennikut, mis jääb hästi metalli pinnale külge ega avalda sellele oksüdeerivat mõju. Mennik, andes linaõliga keemilise ühendi, moodustab metalli pinnal vastupidava kihi, mis ei lase läbi niiskust ega gaase. Enne pliimennikuga katmist tuleb metalli pind mustusest ja tagist hästi ära puhastada.

Eeltoodete käepäraseks hoidmiseks ja sorteerimiseks, kiireks töökohtadele toimetamiseks, samuti ka tsehhides ja ladudes segamini

ajamise vältimiseks tuleb neid vastavalt markeerida tehases kindlaksmääratud korras.

Markeerimist teostatakse mitmesuguste värvidega, leppemärkidega, tähtedega või numbritega, mis kantakse eeltootele kas värvidega või templitega.

Eeltoodete õigeaegne ja õige ettevalmistus kindlustab kiireimat ja ökonoomseimat töötlemist mehaanilistes tsehhides. Vajalikul viisil ettevalmistatud eeltooted antakse kas tsehhi lattu või otse pingile: nad ei nõua tsehhis mingisuguseid täiendavaid operatsioone enne töötlemist. Omades mehaaniliseks töötlemiseks sobiva seisukorra või kuju, on neid võimalik töödelda normaalsetes tingimustes, mis garanteerivad detaili määratud omamaksumust.

III. TOLERANTSID JA ISTUD. PINKIDEL TÖÖTLEMISE TÄPSUS.

Tolerantsid ja istud.

Detaili täpsusele esitatavad nõuded võivad olla väga mitmesugused; nad olenevad detaili kasutamisotstarbest masina konstruktsioonis ja nendest tehnilistest tingimustest, milledele peab vastama masin tervikuna. Ei ole vajadust valmistada täpselt selliste detailide pindu, mis ei puutu kokku teiste detailidega, näiteks tööpinkide aluste välispinnad, raamide välispinnad jne. Nende pindade mõõted võivad kõikuda suurtes piirides. Vastupidi, teise detailiga töötamisel kokkupuutuvad pinnad tuleb töödelda üsna täpselt. Kõrged nõuded detailide täpsuse suhtes aga vähendavad seadmestiku produktiivsust, tõstavad tootmisel praaki ja suurendavad märgatavalt detailide omamaksumust. Sellepärast tuleb suure töötlemistäpsuse nõudeid esitada ainult neil juhtudel, kui see on vajalik masina töötlemistingimuste tõttu, ja normaalselt piirduda selle täpsusega, mis on vajalik detaili normaalseks tööks kokkumonteeritud masinas. Mitteküllaldane täpsus vähendab masina kvaliteeti, kuna liigne täpsus teeb masina kalliks, ja juhtudel, kus seda ei ole tarvis konstruktsiooni iseloomu poolest, saavutatakse negatiivne efekt: sama perioodi jooksul toodetakse vähem ja hind on kallim.

Asendatavus.

Tavalistes tootmistingimustes ei ole võimalik töötlemisel saada ühesuguse täpsusega mõõteid. Selle tõttu lubatakse detailide mõõdete kõikumist teatud kindlates piirides, mis garanteerivad detailide asendatavust.

Asendatavateks detailideks nimetatakse selliseid detaile, mis sobivad oma kohale masinas ilma igasuguse järeltöötlemiseta ja mis töötavad selle juures nii, nagu see masina õigeks töötamiseks on vajalik. Asendatavusele esitatavaks põhinõudeks on see, et nad töötaksid masinas normaalselt ilma järeltöötlemiseta.

Asendatavuse põhimõtte tehno-ökonoomiline tähtsus on suur. Vabanedes käsitsi-töötlemisest, kõrvaldades vajaduse detaile kohale asetades käsitsi järel töödelda, mehhaniseerides kogu detailide valmistamisprotsessi, me lihtsustame, teeme odavamaks ja kiirendame tootmist. Detailide asendatavus võimaldab samuti kiiret, kerget ja odavat masinate remonti tema kasutamise ajal, kuna sel juhul ei ole vajadust vana ja kulunud või purunenud detaili uuega asendamisel mingisugust järeltöötlemist: uus detail asetatakse kohale ilma igasuguse sobitamiseta. Sellised masinad, nagu jalgratas, õmblusmasin, kirjutusmasin, mootorratas ja auto, levisid kiiresti ainult selle tõttu, et detailide vahetamine on teostatav suuremate raskusteta tarbija enese poolt.

Asendatavate detailide valmistamine lõplikes mõõdetes ja kujul mehaanilistel pinkidel võimaldab üksikute osade (või üksikute mehhanismide) valmistamist erinevates kohtades ja erinevatel aegadel, teostades kogu masina kokkumonteerimist eraldi erilistes kokkumonteerimistsehhides.

Peale selle ei nõua detailide töötlemine asendatavuse põhimõttel tootmisprotsessi lihtsustumise tõttu tööliselt kõrget kvalifikatsiooni.

Asendatavuse põhimõttel teostub töötlemine seerialise ja massilise tootmise juures, kus tootmisprotsesside korduvuse tõttu samade detailide valmistamisel selle põhimõtte teostamiseks vajalike tootmisvahendite soetamise kulud annavad sellise tehno-ökonoomilise efekti, mis neid kasuga ületab.

Tolerantsid.

Kuna kõikidel juhtudel ühesuguselt täpseid mõõteid saada ei ole võimalik, siis, nagu juba märgitud, lubatakse valmistada detaile, mis erinevad üksteisest mõõdetes teatud piiratud ulatuses; sellega kindlustatakse nende asendatavust. Nii võivad üksikud ühesugused detailid teatud määral omada erinevaid mõõteid, mis kõiguvad kindlates piirides — suurima piirimõõte ja väikseima piirimõõte vahel.

Vahet suurima ja väikseima piirimõõte vahel nimetatakse tolerantsiks. Tolerants määrab augu või võlli töötlemise täpsuse kõikumise (augu tolerants või võlli tolerants). Kui näiteks on tarvis töödelda auku, mille mõõde joonisel on 65 mm, siis suurim piirimõõde võib olla 65,030 mm ja väikseim — 65,000 mm;

nende mõõdete vahe, mis määrab nende suuruste kõikumise lubatavad piirid — 0,030 mm —, on töötlemise tolerantsiks.

Mõõdet, mis joonisel on märgitud täisarvuna (antud juhul 65 mm), nimetatakse nimimõõteks. Nimimõõde on põhiliseks arvutusmõõteks; ta saadakse võllile mõjuvate pingete (paine, vääne jne.) arvutuse tulemusena pärast arvutusel saadud teoreetiliste suuruste ümardamist täis-millimeetriteni.

Tegelik mõõde, mis saadi töötlemisel, asetseb kuskil suurima ja väikseima piirimõõte vahel. Tegelikuks mõõteks nimetatakse sellist mõõdet, mis saadakse otsesel mõõtmisel.

Hälbed.

Mingi piirimõõte ja nimimõõte vahet nimetatakse hälbeks.

Ülemiseks hälbeks nimetatakse vahet suurima piirimõõte ja nimimõõte vahel.

Alumiseks hälbeks nimetatakse vahet väikseima piirimõõte ja nimimõõte vahel.

Toodud näites on ülemiseks hälbeks 65,030 — 65 = 0,030 mm, alumine hälve on 65,000 — 65 = 0.

Kaliibrid.

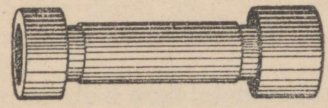
Toodetava detaili mõõdete piirimõõdete vahel asumise kindlaksmääramiseks kasutatakse piirikaliibreid. Neil on kaks piirimõõdet — ülemine ja alumine. Kaliibritega töötamine garanteerib toodetavate detailide asendatavust. Õige mõõte puhul peab üks kaliibri mõõde mahtuma mõõdetava detaili vastavasse kohta, teine mitte. Kaliibri kahe mõõte vahe määrab detaili töötlemise tolerantsi. Toodetava detaili tegelik mõõde peab asuma piirikaliibri mõõdete vahel.

Aukude mõõtmiseks kasutatakse joonisel 19 kujutatud piirikaliibreid. See koosneb kahest omavahel ühendatud silindrist, millest ühel on suurim piirimõõde ja teisel väikseim. Suurim ei tohi mahtuda auku, väikseim aga peab mahtuma ilma surveta. Aukude mõõtmiseks, mille läbimõõt on üle 100 mm, kasutatakse kaliibreid, mis on toodud joonisel 20.

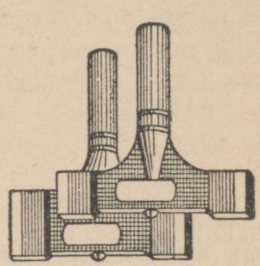
Võllide mõõtmiseks kasutatakse piirikaliibreid, mis on toodud joonistel 21 ja 22. Kaliibri ühest avast peab võll läbi minema, teisest mitte. Võlli piirikaliibrid võivad olla kahekülgsed, kus kumbki piirimõõde asub kaliibri eriotsal (joon. 21), või ühekülgsed, kus mõlemad piirimõõted asuvad samal otsal (joon. 22).

Kasutades piirikaliibreid, mis võimaldavad valmistada detaili teatud mõõdete piirides, on võimalik kõige odavamalt ja kiiremalt saada asendatavaid detaile, mille tulemusena saab teostada seerialist ja massilist tootmist.

Peale piirikaliibrite kasutatakse harukordsetel juhtudel ka normaalkaliibreid, mis omavad erinevalt piirikaliibrist ainult ühte

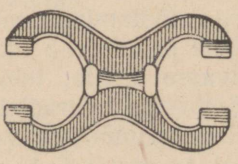


Joon. 19. Augu piirikaliiber.

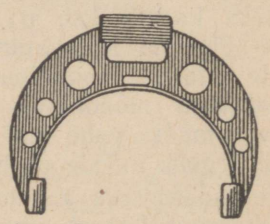


Joon. 20. Piirikaliiber aukude mõõtmiseks, milledel läbimõõt on üle 100 mm.

mõõdet ja on praktiliselt võimaliku täpsusega nimimõõtega ühte viidud. Valmistamisel peab eseme mõõde võimalikult suurema täpsusega kaliibri mõõtega kokku passima. Selline kokkupassimine on individuaalse iseloomuga; ta oleneb töötaja kogemustest ja tema suhtumisest töösse; töö täpsuse aste jääb määramatuks, saadud täpsuse hin-



Joon. 21. Kahekülgne piirikaliiber.



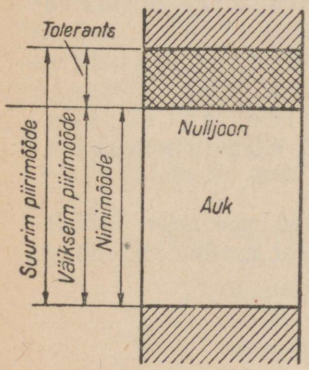
Joon. 22. Ühekülgne piirikaliiber.

damine on subjektiivne ega baseeru objektiivsel kriteeriumil, töö kontroll on raskendatud ja sageli tekivad arusaamatused töölise ja töö vastuvõtja vahel. Täiesti arusaadav on, et seerialisel ja massilisel tootmisel ei saa töö teostuda sellistes tingimustes ja eriti olukorras, kus ei ole teada, millise täpsusega valmistatakse detaile. Peale selle ei ole alati majanduslikult kasulik teostada täpset passimist ja püüda saada

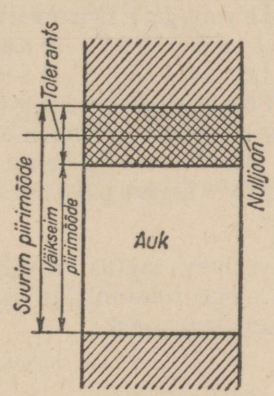
võimalikult suuremat täpsust. On vajalik omada võimalust määrata töö täpsust teatud piirides, mida saavutataksegi piirikaliibrite kasutamisel. Kaasajal ei kasutata tootmisel normaalkaliibreid; neid kasutatakse ainult kontrollkaliibritena tootmises kasutatavate piirikaliibrite mõõdete täpsuse kontrollimiseks.

Tolerantside asetuse süsteemid.

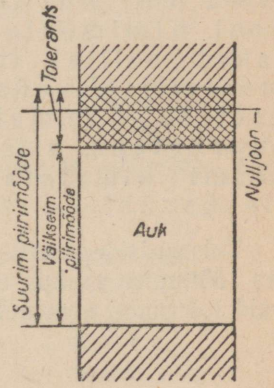
Tolerantsi suurus võib nimimõõte suhtes asetseda mitmeti. Tolerants võib nimimõõdet suurendada või vähendada, s. t. asuda ühel pool nimimõõdet (joon. 23); näiteks on nimimõõde 65 mm, suurim piirimõõde on 65,030 mm, väikseim piirimõõde — 65,000 mm; tolerants 0,030 mm asetseb siis ühel pool nimimõõtest. Sellist tolerantside



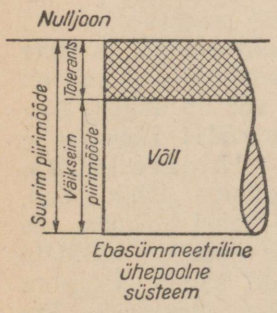
Joon. 23. Tolerantside ühepoolne ebasümmeetriline süsteem.

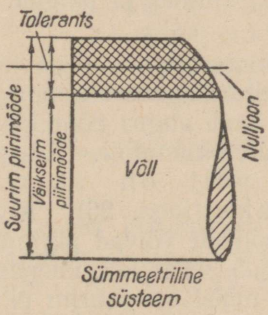


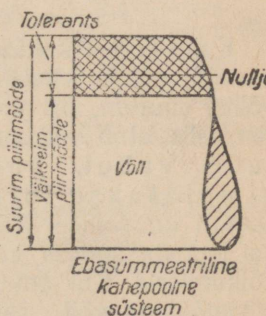
Joon. 24. Tolerantside sümmeetriline süsteem.



Joon 25. Tolerantside kahepoolne ebasümmeetriline süsteem.







asetuse süsteemi nimetatakse ühepoolseks ebasümmeetriliseks (kuna tolerants asetseb ebasümmeetriliselt nimimõõte suhtes ja asub temast ühel poolel). Tolerantside asetuse graafilises kujutuses nimetatakse nimimõõdete joont nulljooneks.

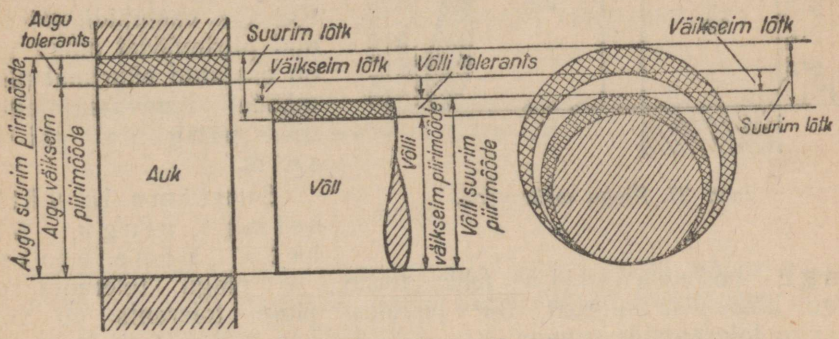
Sama tolerants võib asetseda ka mõlemal pool nimimõõtest, kusjuures ta võib asetseda mõlemal pool nimimõõtest võrdsete suurustena (joon. 24) või erinevate suurustena (joon. 25). Eeltoodud näite puhul võib tolerants 0,030 mm asetseda võrdselt kummalegi poole nimimõõtest (65 mm); siis läheb 0,015 mm nimimõõte suurendamiseks ja 0,015 mm nimimõõte vähendamiseks. Nii oleks suurim piirimõõde seejuures 65,015 mm ja väikseim — 64,985 mm. Sama tolerantsi suurust, 0,030 mm, saame asetada ka ebavõrdselt nimimõõte suhtes järgmiselt: 0,020 mm läheb nimimõõte suurendamiseks ja 0,010 mm selle vähendamiseks, s. t. et suurim piirimõõde on 65,020 mm ja väikseim — 64,990 mm. Kui tolerantsi suurus asetseb mõlemal pool nimimõõtest võrdsete osadena, siis nimetatakse sellist tolerantside asetussüsteemi sümmeetriliseks süsteemiks; kui aga tolerantsi suurus asetseb kummalgi pool nimimõõtest ebavõrdsete suurustena, siis sellist tolerantside asetussüsteemi nimetatakse kahepoolseks ebasümmeetriliseks süsteemiks.

Tolerantside suuruse erinev asetus ei mõju töö raskusele. Mõõdetes töötamise raskus ei olene tolerantside asetusest nimimõõte suhtes, vaid tolerantsi absoluutsest suurusest.

Lõtkud ja pingud.

Kahe detaili kokkumonteerimisel, mille juures üks on auk ja teine — võll, võime saada mitmesuguse iseloomuga ühenduse. Kui auk on võllist suurem, siis võll saab augus pöörelda; kui võll on august suurem, siis istub võll augus liikumatult. Augu ja võlli läbimõõtude vahet, kui võll on väiksema läbimõõduga, nimetatakse lõtkuks (joon. 26). Kuna aukude läbimõõdud, samuti ka võllide läbimõõdud võivad piirimõõdete vahel kõikuda, siis ka lõtkude suurus kõigub vastavalt ühendatavate detailide mõõdete kõikumisele. Kui auku, millel on suurim piirimõõde, satub väikseima piirimõõtega võll, siis saame suurima lõtku. Vastupidi, kui väikseima piirimõõtega auku satub suurima piirimõõtega võll, siis saame väikseima lõtku.

Suurima ja väikseima lõtku vahet nimetatakse lõtku tolerantsiks (ehk teisiti — lõtku tolerants on lõtku kõikumise suurus); sellest järeldus: lõtku tolerants on augu ja võlli tolerantside summa.



Joon. 26. Lõtku määramine.

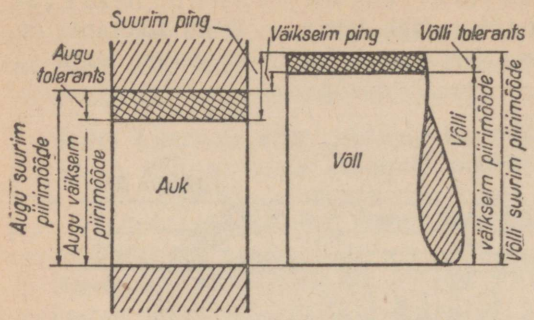
Võtame näiteks juhu, kui võll saab augus vabalt pöörelda. Olgu nimimõõteks 65 mm.

Augu suurim piirimõõde			65,030	mm
„ väikseim „			65,000	„
„ tolerants			0,030	„
võlli suurim piirimõõde			64,988	„
„ väikseim „			64,968	„
„ tolerants			0,020	„
suurim lõtk on	65,030 — 64,968	=	0,062	„
väikseim lõtk on	65,000 — 64,988	=	0,012	„
lõtku tolerants	0,062 — 0,012	=	0,050	„
või	0,030 + 0,020	=	0,050	„

Tegelik lõtk võrdub augu tegeliku läbimõõdu ja võlli tegeliku läbimõõdu vahega.

Kui võll peab istuma augus liikumatult, siis peab võlli läbimõõt olema augu läbimõõdust suurem. Kui võlli läbimõõt on augu läbimõõdust suurem, siis nende läbimõõtude vahet nimetatakse pinguks (joon. 27).

Kuna ka antud juhul võlli ja augu läbimõõdud võivad kõikuda piirimõõdete vahel, siis ka pingude suurused kõiguvad vastavalt ühenda-



Joon 27. Pingu määramine.

tavate detailide mõõdete kõikumisele. Kui suurimat piirimõõdet omav võll on asetatud väikseimat piirimõõdet omavasse auku, siis ping on suurim. Kui aga, vastupidi, väikseimat piirimõõdet omav võll on asetatud suurimat piirimõõdet omavasse auku, siis ping on väikseim.

Suurima ja väikseima pingu vahet nimetatakse pingu tolerantsiks (ehk teisiti — pingu tolerants on pingu kõikumise suurus). Siit järeldus: pingu tolerants on võlli ja augu tolerantside summa.

Näiteks võll, nimimõõtega 85 mm, peab omama liikumatut ühendust auguga. Selle saavutamiseks võivad olla meil järgmised mõõted:

võlli suurim piirimõõde		85,038 mm
„ väikseim „		85,023 „
„ tolerants		0,015 „
augu suurim piirimõõde		85,021 „
„ väikseim „		85,000 „
„ tolerants		0,021 „
suurim ping	85,038 — 85,000 =	0,038 „
väikseim ping	85,023 — 85,021 =	0,002 „
pingu tolerants	0,038 — 0,002 =	0,036 „
või	0,015 + 0,021 =	0,036 „

Tegelik ping on võlli ja augu tegelike läbimõõtude vahe.

Mõningatel juhtudel võib osutuda, et väikseim ping on negatiivse suurusega, s. t. võll osutus väiksema läbimõõduga kui auk, ja saime lõtku.

Näiteks:

võlli suurim piirimõõde		65,030 mm
„ väikseim „		65,010 „
„ tolerants		0,020 „
augu suurim piirimõõde		65,030 „
„ väikseim „		65,000 „
„ tolerants		0,030 „
suurim ping	65,030 — 65,000 =	0,030 „
väikseim ping	65,010 — 65,030 =	— 0,020 „
pingu tolerants	0,030—(—0,020) =	0,050 „
või	0,020 + 0,030 =	0,050 „

Tolerantside süsteemiks nimetatakse plaanikindlalt ülesehitatud tolerantside ja istude kogumikku.[1]

Tolerantside süsteem jaguneb:

1) süsteemi aluse järgi — augusüsteemiks ja võllisüsteemiks;
2) tolerantside suuruse järgi — mitmeks täpsusklassiks;
3) lõtkude ja pingude suuruste järgi — reaks istudeks.

Seoses nimetatud jaotusega määrame kindlaks istude, augusüsteemi ja võllisüsteemi ning täpsusklasside mõisted.

Istud.

Ühendades ühe ja sama nimimõõtega auku ja võlli, võime vastavalt lõtku ja pingu suurusele saada mitmesuguse iseloomuga ühendusi, mida nimetatakse istudeks.

«Ist määrab kahe teineteise sisse asetatud detaili ühenduse iseloomu ja kindlustab suuremal või väiksemal määral tegelike mõõdete vahe tõttu nende suhtelise liikumise vabaduse või nende liikumatu ühenduse kindluse.»[2]

Olenevalt sellest, kas esineb lõtk või ping, samuti ka olenevalt nende suurusest, võimaldab ist võllil augus vabalt liikuda või vastupidi, annab võlli ja augu liikumatu ühenduse. Seoses sellega jagunevad istud kahte põhirühma:

1) liikuvad istud, mis kindlustavad ühendatud detailide suhtelise liikumise töötamise ajal; sellise võimaluse kindlustavad lõtkud;

2) liikumatud istud, mille juures ühendatud detailid ei tohi teineteise suhtes liikuda töötamise ajal, mida kindlustab pingude olemasolu.

Kumbki neist põhirühmadest jaguneb reaks üksikuteks istudeks, mida iseloomustavad suuremad või väiksemad pingud (liikumatute istude puhul) või suuremad või väiksemad lõtkud (liikuvate istude puhul). Vastavalt nende iseloomule on antud neile ka nimetused. Asetades istud sellisesse järjekorda, et esimene ist liikumatute istude rühmas on suurima pinguga ja viimane ist liikuvate istude rühmas on suurima lõtkuga, saame rea, milles on kaksteist istu:

---

[1] OCT 1003.
[2] OCT 1002.

Liikumatud istud:

1) kuum-ist
2) press-ist
3) kergepress-ist
4) umb-ist
5) kinnis-ist
6) ping-ist
7) tihe-ist

Liikuvad istud:

1) liug-ist
2) liike-ist
3) käigu-ist
4) lahe-ist
5) lobe-ist

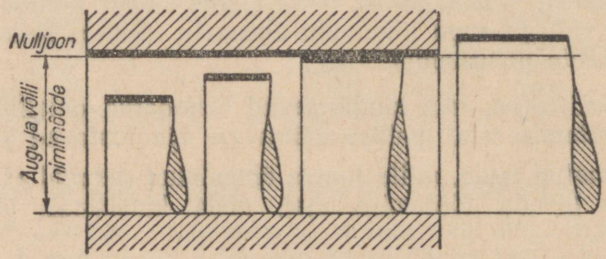
Liikuvate istude hulka kuulub ka liug-ist, mis oma iseloomult asub liikuvate ja liikumatute istude piiril; tema väikseim lõtk võrdub nulliga. Meie üleliidulises süsteemis on see ist asetatud liikuvate istude hulka sellepärast, et tal keskmiselt on lõtk.

Augusüsteem ja võllisüsteem.

Võlli ühendamisel auguga saab saavutada selle ühenduse mitmesugust iseloomu (s. t. saavutada mitmesuguseid istusid) kahel viisil:

1) augu piirimõõde jätta muutmatuks ja võlli mõõdet muuta olenevalt sellest, missuguse iseloomuga, s. o. missuguse istuga peab olema ühendus (joon. 28);

2) võlli piirimõõde jätta muutmatuks ja augu mõõdet muuta vastavalt valitud istule (joon. 29).



Joon. 28. Augusüsteem.

Esimesel viisil saadud ühendust nimetatakse augusüsteemiks, teisel viisil saadud ühendust — võllisüsteemiks.

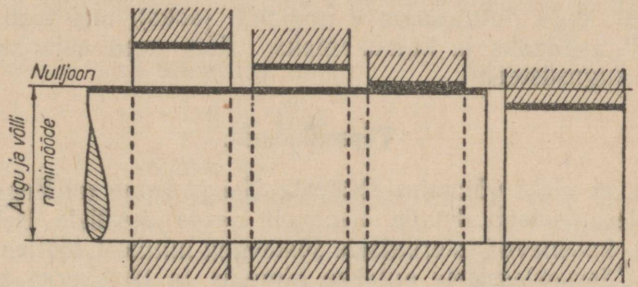
«Augusüsteemi iseloomustuseks on, et augu piirimõõted jäävad ühe ja sama nimimõõte juures kõikidele istudele ühes ja samas täpsusklassis samaks. Eri istud saadakse võlli piirimõõdete muutmise teel.»[1]

[1] OCT 1003.

«Võllisüsteemi iseloomustuseks on, et võlli piirimõõted ühe ja sama piirimõõte juures jäävad kõikidele istudele ühes ja samas täpsusklassis samaks. Eri istud saadakse augu piirimõõdete muutmise teel.»[1]

Nii siis augusüsteemis jääb augu piirimõõde antud täpsusklassi kõikide istude juures üheks ja samaks, kuna võlli piirimõõted võetakse vastavalt istudele mitmesugused. Augusüsteemis jääb järelikult antud suurusega augu mõõtmiseks kasutatav kaliiber kõikide sama klassi istude juures samaks, võlli kaliibrid aga erinevad vastavalt erinevatele istudele.

Võllisüsteemis aga vastupidi, võlli piirimõõde jääb samaks kõikide sama klassi istude juures, augu piirimõõde aga muutub vastavalt



Joon. 29. Võllisüsteem.

istule. Võllisüsteemis jääb antud suurusega võlli mõõtmiseks kasutatav kaliiber kõikide sama klassi istude juures samaks, augu kaliibrid aga on eri istude juures erinevad.

Augusüsteemis on põhidetailiks auk; võllisüsteemis on põhidetailiks võll.

Augusüsteemis on nimimõõde augu väikseimaks piirimõõteks, võllisüsteemis aga on nimimõõde suurimaks võlli piirimõõteks. Augusüsteemis on tolerants alati suunatud augu suurendamise suunas (esemesse); võllisüsteemis on võlli tolerants alati suunatud võlli vähendamise suunas (esemesse).

Tööstuses kasutatakse mõlemaid süsteeme, suurema levikuga on aga augusüsteem. Võllisüsteemi kasutatakse augusüsteemi kõrval tavaliselt mõningate toodete ühenduste juures, kus ta on mõnikord käepärasem; näiteks siis, kui ühel siledal võllil istub kaks või kolm detaili erinevate istudega. Võllisüsteemi kasutatakse transmissioonivõllide valmistamisel, põllutöömasinate valmistamisel ja teistes masina-

[1] OCT 1003.

ehituse harudes, kus esineb palju siledaid võlle, mis kannavad erinevate istudega neile asetatud detaile.

Augusüsteemi eelistatakse sel põhjusel, et tema kasutamisel väheneb augu töötlemise lõiketerade arv ja augu mõõtmiseks kasutatavate mõõteriistade arv, lihtsustub ja odavneb tootmisprotsess. Kokkuhoid augu töötlemise ja mõõtmise riistade valmistamise alal on eriti tähtis selle tõttu, et selleks vajalikud riistad (hõõritsad, kaliibrid jne.) on võrdlemisi kallid. Tootmisprotsessi paremused seisavad selles, et ümarlihvimise pinkidel saavutatakse raskusteta suur töötlemise täpsus; mitmekesiste mõõdetega võllide valmistamine sama nimimõõte juures ei tee tootmist kallimaks. Samal ajal aga tuleb mitmesuguste mõõdetega aukude valmistamiseks (erinevate tolerantside tõttu) sama nimimõõte juures töötlemisprotsessis vahetada hõõritsaid (milliseid peab pealegi olema suur kogu mitmesuguste mõõdete jaoks), mis teeb töötlemise loomulikult kallimaks ja keerukamaks. Kõik need asjaolud sunnivad eelistama augusüsteemi.

Täpsusklassid.

Selleks et oleks võimalus töödelda ühe ja sama mõõtega, kuid erinevate tolerantsidega detaile olenevalt nende detailide iseloomust ja ülesandest, koosnevad tolerantside süsteemid mitmest töötlemise täpsusklassist. Täpsusklassidele antakse nimetus ja järjekorra number; nii on esimene klass kõige täpsem (üsna täpne, väga täpne), teine klass on täpsete tööde jaoks (täpne), kolmas klass — keskmise või tavalise täpsusega tööde jaoks (keskmine), jämedamate ja lihtsamate tööde jaoks kasutatakse 4., 5., 6., 7., 8. ja 9. täpsusklassi vastavalt täpsuse vähenemisele. Täpsusklasside arv mitmesuguste tolerantside süsteemide juures on erinev. Meie — OCT — süsteemis on 9 täpsusklassi, kusjuures 6. täpsusklass ei ole ajutiselt kindlaks määratud. Saksa DIN-süsteemis on 4 täpsusklassi.

Iga täpsusklass haarab mitut istu; istude arv madalamates täpsusklassides on tavaliselt väiksem kui kõrgemates, lähtudes sellest, et suurel täpsuste graduatsioonil ei ole mõtet. Teine täpsusklass on põhiliseks ja ta sisaldab kõiki istusid. Selle klassi eriline tähtsus on veel sellega alla kriipsutatud, et joonistel ei märgita tema leppemärki.

Ühe või teise klassi täpsus saavutatakse erinevatel pinkidel erinevate viisidega (vt. allpool).

Tolerantsi ühik.

Hulgalised katsed näitasid, et esineb olenevus töödeldavate detailide läbimõõtude ja töötlemisel saadavate tolerantside vahel. On kindlaks määratud, et mõningate töötlemise põhiviiside juures saadavad tole-

rantsid suurenevad läbimõõdu suurenemisel vastavas olenevuses viimasest. Tuleb aga silmas pidada, et erinevate töötlemisviiside juures erinevatel pinkidel ei esine töödeldavate detailide läbimõõtude ja töötlemisel saadavate tolerantside vahel ühesugune seaduspärasus. Vaatamata sellele tuleb mitmesugustele läbimõõtudele tolerantside arvutamisel erinevates täpsusklassides kasutamisele võtta selline üldine seaduspärasus, mis teatud lähendusega vastaks töötlemisprotsesside reaalsetele tulemustele. See läbimõõdu ja tolerantsi vaheline seaduspärasus väljendub enamikus maades järgmise võrrandiga:

$$\delta = K \sqrt[3]{d}, \tag{65}$$

kus δ on detaili valmistamise ebatäpsuse tolerants mm; d — detaili läbimõõt; K — täpsusklassi ja eseme liiki (auk või võll) iseloomustav tegur.

Täpsuse mõõteks on tolerantsi ühik, mille suurus on OCT järgi

$$\delta = \sqrt[3]{d}, \tag{66}$$

kus d on mm ja δ — mikronites.

Mitmesugustes täpsusklassides võetakse augu ja võlli tolerantsiks võrdne tolerantsi ühikute arv, kusjuures 1., 2. ja 2a. täpsusklassis augu jaoks võetakse suurem arv tolerantsi ühikuid, kui võlli jaoks, sest augu täpne töötlemine on raskem kui võlli täpne töötlemine. Väiksema täpsusega klassides ei ole sellel olulist tähtsust, kuna valmistamisraskuses ei ole seal erilist vahet. Tabelis 22 on toodud OCT augusüsteemi täpsusklasside tolerantsi ühikute arv, 6. täpsusklass ei ole ajutiselt kindlaks määratud.

Tabel 22.

Augusüsteem.

Täpsusklass	Augu tolerantsi ühikute arv	Võlli tolerantsi ühikute arv
1	4,8	3,5
2	7,5	4,8[1]
2a	~11,6	~7,5
3	15	15[2]
3a	~30	~30
4	47,5	47,5
5	100	100
7	~190	~190
8	~300	~300
9	~475	~475

[1] Kuum-istu ja käigu-istuga võllidel 7,5 δ, lahe-istuga võllidel 10 δ ja lobe-istuga võllidel 12 δ .

[2] Käigu-istuga võllidel 19 δ, lobe-istuga võllidel 25 δ.

Lõtkude ja pingude suurusi arvutatakse sama seaduspärasuse järgi, nagu tolerantside suurusi. Lõtkude ja pingude ühik saadakse sama valemiga, välja arvatud 2. ja 3. täpsusklassi liike-istud, millede juures lõtkude suuruse muutumine toimub teise seaduspärasuse järgi ja kus lõtku ühikuna on kasutamisel suurus

$$\Delta = \sqrt{d}\,, \qquad (67)$$

kus d on mm ja Δ — mikronites.

DIN-süsteemis on tolerantsi ühikuna (ED) võetud 2. täpsusklassi järgi valmistatud võlli tolerantsi suurus, mis võrdub

$$1\,ED = 0{,}005\sqrt[3]{d}\,; \qquad (68)$$

lõtkude ja pingude suurused kõikide istude juures arvutatakse sama seaduspärasuse järgi, s. o. nad on võrdelised läbimõõdu kuupjuurega.

Tolerantside märkimine joonestistel.

Tolerantse märgitakse joonestisel kas otseselt arvudega või täheliste leppemärkidega.

Kui antakse arvulised suurused, siis näidatakse joonestisele piirimõõted (mm) täielikult või näidatakse nimimõõde ja tema juurde hälbed. Täielikult kirjutatakse piirimõõteid harva, kuna kolme kümnendkohaga arvud kuhjavad joonestise üle ja raskendavad selle lugemist. Enamalt jaolt märgitakse joonestisele nimimõõde ja selle juurde lubatavad hälbed; selle juures juhindutakse järgmistest reeglitest:

1) ülemine hälve kirjutatakse mõõtjoone peale, alumine hälve selle alla (joon. 30);

2) kui üks hälve on null, siis seda joonestisele ei märgita (joon. 31);

3) kui ülemine ja alumine hälve erinevad omavahel ainult märgi poolest, siis joonestisele märgitakse ainult üks absoluutne suurus märgiga $\pm$ (joon. 32);

4) kui detailid on joonestisel näidatud kokkupandud kujul, siis mõõdete hälbeid märgitakse murru kujul; lugejas mõõtjoone peal märgitakse augu hälve, nimetajas mõõtjoone all — võlli hälve; seejuures tuleb iga arvu ees märkida, millise detaili mõõdet see arv näitab (joon. 33).

Täheliste leppemärkide kasutamisel nimimõõdet märkivate arvude kõrvale asetatakse täht, mis tähistab tolerantsi.

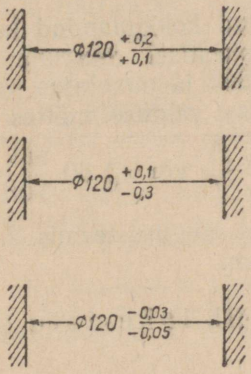
Eri maade, mõnikord isegi keskasutiste ja tehaste tolerantside

süsteemis kasutatakse hälvete tähistamiseks eri leppemärke. Järgnevalt toome hälvete täheliste tähistuste viisi OCT-süsteemis.

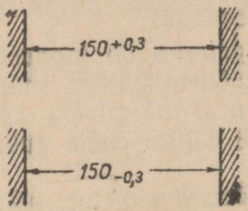
1) «Põhiaugu» (s. o. augusüsteemis augul) hälvet märgitakse tähega *A* ja tema juurde asetatakse indeks, mis näitab täpsusklassi; «põhivõlli» (s. o. võllisüsteemis võlli) märgitakse tähega *B* samuti täpsusklassi näitava indeksiga, näiteks:

Ø 150 A_3 tähendab 150 mm nimimõõtega põhiauku 3. klassi täpsusega;

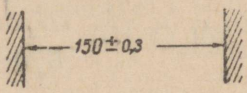
Ø 100 B_4 tähendab 4. klassi täpsusega ja 100 mm nimimõõtega põhivõlli;



Joon. 30. Hälvete märkimine.



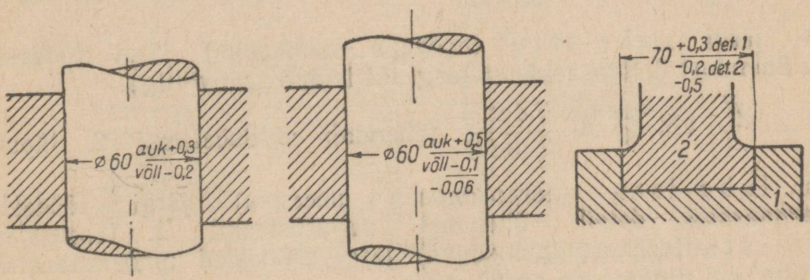
Joon. 31. Hälvete märkimine.



Jooe. 32. Hälvete märkimine.

Indeksit ei asetata 2. klassi täpsuse puhul, kuna see klass loetakse põhiklassiks, näiteks:

ø 125 *A* tähendab 2. klassi täpsusega põhiauku, mille nimimõõde on 125 mm.



Joon. 33. Hälvete märkimine.

2) Võlli hälbed augusüsteemis märgitakse joonisel leppemärkidega (tähelistega), mis vastavad vastavatele istudele ja täpsusklassidele (edaspidi anname leppemärgid kõikide istude jaoks).

Samal viisil märgitakse augu hälbed võllisüsteemis, näiteks:

Ø 150 *H* tähendab võlli augusüsteemis, kui nimimõõde kuulub võllile, mille nimimõõde on 150 mm 2. täpsusklassis p i n g - i s t u (напряженная посадка) jaoks; samal viisil märgitakse augu mõõdet võllisüsteemis, kui see mõõde kuulub augule;

100 X_3 tähendab võlli või auku (olenevalt sellest, millele kuulub mõõde), mille nimimõõde on 100 mm 3. täpsusklassis käigu-istu jaoks (ходовая посадка).

3) Kui detailid on joonestisel kujutatud kokkupandud kujul, siis detailide mõõdete hälbed märgitakse joonestisel murruna; lugejas mõõtjoone peal märgitakse augu hälbe tähis ja nimetajas mõõtjoone all — võlli tähis. Selle juures lubatakse selguse mõttes asetada tähise ette detaili nimetus, näiteks: $\varnothing\ 60\ \frac{A}{T}$ või $\varnothing\ 60\ \frac{\text{auk } A}{\text{võll } T}$

tähendab k i n n i s - i s t u (тугая посадка) augusüsteemis 2. täpsusklassis, kui ühenduse nimimõõde on 60 mm.

$\varnothing\ 150\ \frac{Ш_4}{B_4}$ või $\varnothing\ 150\ \frac{Ш_4 \text{ det. } 1}{B_4 \text{ det. } 2}$ tähendab l o b e - i s t u (широкоходовая посадка) 4. täpsusklassis võllisüsteemis nimimõõte juures 150 mm.

Detailide puhul, mis on joonestisel kujutatud kokkumonteeritud kujul, augu- ja võllisüsteemi istude kombinatsiooni või erinevate täpsusklasside istude kombinatsiooni kasutamisel märgitakse detailide mõõdete hälbed samal viisil, nagu eelneval juhul, näiteks:

$\varnothing\ 200\ \frac{Д}{B_3}$ või $\varnothing\ 200\ \frac{\text{auk } Д}{\text{võll } B_3}$ tähendab võllisüsteemi 2. täpsusklassi järgi l i i k e - i s t u (посадка движения) järgi töödeldud augu ühendust 3. täpsusklassi järgi töödeldud põhivõlliga.

$\varnothing\ 20\ \frac{Л}{Д}$ või $\varnothing\ 20\ \frac{Л \text{ det. } 1}{Д \text{ det.} 2}$ tähendab võllisüsteemi 2. täpsusklassi l a h e - i s t u (легкоходовая посадка) järgi töödeldud ümberhaarava detaili ühendust augusüsteemi 2. täpsusklassi l i i k e - i s t u (посадка движения) järgi töödeldud ümberhaaratava detailiga, kui nimimõõde on 20 mm.

4) Kui detailid on kujutatud joonestisel kokkumonteeritud kujul

ja hälvete leppemärgid kuuluvad ainult ühenduse ühele detailile, siis tähise ette asetatakse sõna «võll» või «auk», näiteks:

$\varnothing 40 \frac{}{\text{võll } T_1}$ tähendab võlli ühenduse mõõdet kuullaagriga, kus-

juures võlli töödeldakse hälbega võllisüsteemi 1. täpsusklassis umbistu (глухая посадка) jaoks nimimõõtega 40 mm.

Tolerantside ja istude OCT-süsteem.

Põhimõistete definitsioonid on siin antud üleliidulise standardi järgi (OCT 1001, 1002, 1003).

Tolerantsid. Hälbed (joon. 34).

a) Nimimõõde on põhiline arvutusmõõde.

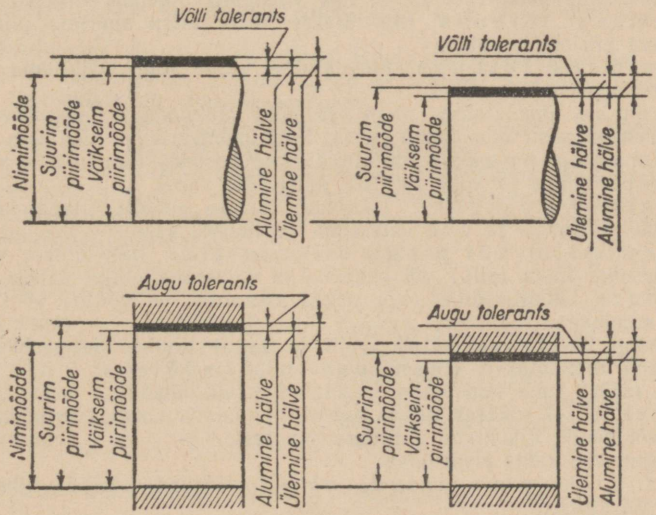
Märkus. Võllidele ja aukudele nimimõõdete määramisel on tarvis arvutusmõõted ümardada, valides neile ligemad mõõted normaalläbimõõtude reast OCT 34 järgi.

b) Tegelikuks mõõteks nimetatakse seda mõõdet, mis saadakse otsese mõõtmisega.

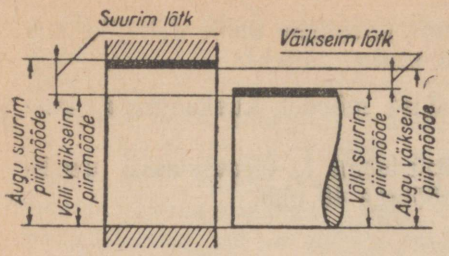
c) Piirimõõteiks nimetatakse mõõteid, millede vahel võib kõikuda tegelik mõõde.

Ühte neist nimetatakse suurimaks piirimõõteks ja teist — väikseimaks piirimõõteks.

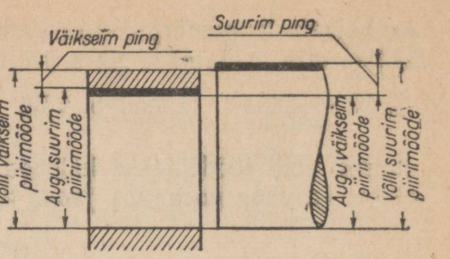
d) Tolerantsiks nimetatakse vahet suurima ja väikseima piirimõõte vahel.



Joon. 34. Tolerantsid ja hälbed (OCT järgi).



Joon. 35. Lõtkud (OCT järgi).



Joon. 36. Pingud (OCT järgi).

e) Ülemiseks hälbeks nimetatakse vahet suurima piirimõõte ja nimimõõte vahel.

Alumiseks hälbeks nimetatakse vahet väikseima piirimõõte ja nimimõõte vahel.

Tegelikuks hälbeks nimetatakse vahet tegeliku mõõte ja nimimõõte vahel.

f) Kahe detaili kokkumonteerimisel, milledest üks asetatakse teise sisse, eristatakse välist ümberhaaravat pinda ja sisemist ümberhaaratavat pinda.

Kokkupuutuvate pindade ühte mõõdet nimetatakse ümberhaaravaks mõõteks ja teist ümberhaaratavaks mõõteks.

Ümmarguste kehade ümberhaarav pind kannab üldnimetust — auk, ümberhaaratav pind — võll ja vastavad mõõted nimetusi — augu läbimõõt ja võlli läbimõõt.

Märkus. Edaspidi kõiki mõisteid ja definitsioone, mis määratakse kindlaks ümmarguste esemete jaoks, laiendatakse ka mitteümmargustele kehadele.

g) Lõtkuks (mitteümmarguste kehade juures piluks) nimetatakse augu ja võlli läbimõõtude positiivset vahet, mis võimaldab nende suhtelist liikumist.

Suurimaks lõtkuks nimetatakse vahet augu suurima piirimõõte ja võlli väikseima piirimõõte vahel.

Väikseimaks lõtkuks nimetatakse vahet augu väikseima piirimõõte ja võlli suurima piirimõõte vahel.

h) Pinguks nimetatakse augu ja võlli läbimõõtude negatiivset vahet enne kokkumonteerimist, mis annab pärast kokkumonteerimist liikumatu ühenduse.

Suurimaks pinguks (absoluutväärtuse poolest) nimetatakse vahet augu ja väikseima piirimõõte ja võlli suurima piirimõõte vahel.

Väikseimaks pinguks (absoluutväärtuse poolest) nimetatakse vahet augu suurima piirimõõte ja võlli väikseima piirimõõte vahel.

i) Lõtku (pilu) või pingu tolerantsiks nimetatakse vahet suurima ja väikseima lõtku (pilu) või suurima ja väikseima pingu vahel.

Järeldus. Lõtku (pilu) või pingu tolerants on võrdne võlli ja augu tolerantside summaga.

j) Kummagi ühendatava detaili (võlli ja augu) nimimõõde peab olema üks ja sama. Teda nimetatakse ühenduse nimimõõteks.

k) Ist määrb kahe teineteisesse asetatud detaili ühenduse iseloomu ja kindlustab ühel või teisel määral nende suhtelist liikumisvabadust tegelike mõõdete vahe arvel või nende liikumatu ühenduse kindlust.

Istud jagunevad kahte põhirühma:

1) vaba liikumise istud, mis võimaldavad detailide liikumist üksteise suhtes töötamisel;

2) liikumatud istud, mis kindlustavad ühendatud detailide liikumatust töötamisel.

Tolerantside süsteem. Täpsusklassid. Istude tüübid. Tähistused.

a) Tolerantside süsteemiks nimetatakse plaanikindlalt ülesehitatud tolerantside ja istude kogumit.

b) Tolerantside süsteem jaguneb: 1) süsteemi aluse järgi — augu- ja võllisüsteemiks, 2) tolerantside suuruse järgi — mitmeks täpsusklassiks ja 3) lõtkude ja pingude suuruse järgi — reaks istudeks.

c) Augusüsteemi (joon. 28) iseloomustab see, et temas on sama täpsusklassi kõikide istude jaoks augu piirimõõted samad, kui nimiläbimõõt jääb samaks. Mitmesugused istud saadakse võlli piirimõõdete vastava muutmise teel.

Augusüsteemis on nimimõõde väikseimaks augu piirimõõteks.

d) Võllisüsteemi (joon. 29) iseloomustab see, et temas on sama täpsusklassi kõikide istude jaoks võlli piirimõõted samad, kui nimiläbimõõt jääb samaks. Mitmesugused istud saadakse augu piirimõõdete vastava muutmise teel. Võllisüsteemis on nimimõõde võlli suurimaks piirimõõteks.

J ä r e l d u s. Mõlemad süsteemid on ebasümmeetriliselt piirilised, kusjuures augu tolerants augusüsteemis on suunatud alati augu suurendamise poole (esemesse) ja võlli tolerants võllisüsteemis — võlli vähendamise poole (esemesse).

e) Tolerantside graafilise kujutamise juures kasutatakse «nulljoone» mõistet. N u l l j o o n t kasutatakse lähtejoonena hälvete mõõtmiseks nimimõõtest, kusjuures augusüsteemis ta tähistab väikseima augu mõõdet ja võllisüsteemis — suurima võlli mõõdet.

f) Olenevalt lõtkude ja pingude tolerantside suurustest samade istude ja nimiläbimõõtude juures eristatakse mitmesuguse täpsusastmega istusid, mis rühmitatakse üksikutesse t ä p s u s k l a s s i d e s s e.

Mitme täpsusklassi kindlaksmääramise eesmärgiks on üksikute tootmisobjektide töötlemiseks lihtsaima seadmestiku ja lihtsaimate töötlemisviiside kasutamise võimaldamine.

Kõik täpsusklassid moodustavad kaks rühma.

g) Ühenduste jaoks, mille iseloom on igal juhul kindel, kasutatakse esimese rühma täpsusklasse, mida tähistatakse numbritega 1, 2, 3 — väheneva täpsusastme järjekorras.

Klasse tähistatakse araabia numbritega istude tähiste indeksitena.

M ä r k u s 1. Joonestamise hõlbustamiseks ei märgita 2. täpsusklassi indeksit «2», kuna 2. täpsusklass on suurima levikuga.

M ä r k u s 2. Lubatakse täpsusklasse tähistada ka araabia numbritega istu tähisega ühel real, neil juhtudel, kui see on käepärasem.

h) Ebatäpsemate ühenduste jaoks kasutatakse teise rühma täpsusklasse, mida tähistatakse numbritega 4, 5, 6 — väheneva täpsusastme järjekorras.

i) Istudel on järgmised nimetused ja tähistused (vähenevate pingude ja suurenevate lõtkude järjekorras):

Liikumatud istud		Liikuvad istud	
Kuum-ist (Горячая)	Гр	Liug-ist (Скользящая)	С
Press-ist [1] (Прессовая)	Пр	Liike-ist (Движения)	Д
Umb-ist (Глухая)	Г	Käigu-ist (Ходовая)	Х
Kinnis-ist (Тугая)	Т	Lahe-ist (Легкоходовая) . . .	Л
Ping-ist (Напряженная) . . .	Н	Lobe-ist (Широкоходовая) . .	Ш
Tihe-ist (Плотная)	П		

j) Augusüsteemi tähistatakse tähega A, võllisüsteemi — tähega B.

---

[1] Hiljem viidi 2. täpsusklassi veel kergepress-ist (легкопрессовая) — Пл 50.

Auku võllisüsteemis ja võlli augusüsteemis tähistatakse neile vastavate tolerantside ja täpsusklasside tähistega.

k) Üksikutel juhtudel, kui tehniliste ja majanduslike tingimuste tõttu ei ole võimalik süsteemi poolt ettekirjutatud tolerantse kasutada, lubatakse kasutada augusüsteemi ja võllisüsteemi istude üksikute elementide kombinatsiooni või erinevate täpsusklasside istude elementide kombinatsiooni.

l) Üksikutel, erandlikel juhtudel, kui see on küllaldaselt põhjendatud, lubatakse kasutada süsteemi mittekuuluvaid «individuaalseid» tolerantse.

m) Mistahes ühendusse mittekuuluvate või otseselt ühenduse iseloomule mittemõjuvate pindade mõõdete tolerantse nimetatakse vabade mõõdete tolerantsideks.

OCT-süsteemi iseloomustus.

OCT-süsteemi iseloomustavad järgmised asjaolud:

1) Põhivõllide ja -aukude süsteem on ebasümmeetriline ühekülgne.

2) Tolerantside süsteem tunnistab samaväärseks nii augusüsteemi kui ka võllisüsteemi.

3) Mõõtmiste normaaltemperatuuriks on võetud 20°.

4) Läbimõõtude suurused 1—500 mm on jaotatud 12 astmeks ja ühe astme piirides jääb iga istu tolerants muutumatuks.

5) Süsteemis on 10 täpsusklassi: 1, 2, 2a, 3, 3a, 4, 5, 7, 8, 9; 6. täpsusklass ei ole ajutiselt kehtiv. 2. täpsusklass on põhiklassiks.

6) Iga klass sisaldab mitu istu:

1. klassis on 8 istu (6 liikumatut ja 2 liikuvat):

Liikumatud		Liikuvad	
Press-ist 1	Пр 1_1	Liug-ist	C_1
Press-ist 2	Пр 2_1	Liike-ist	$Д_1$
Umb-ist	$Г_1$		
Kinnis-ist	$Т_1$		
Ping-ist	$Н_1$		
Tihe-ist	$П_1$		

2. klassis on 12 istu (7 liikumatut ja 5 liikuvat):

Liikumatud		Liikuvad	
Kuum-ist	Гр	Liug-ist	С
Press-ist	Пр	Liike-ist	Д
Kergepress-ist	Пл	Lahe-ist	Л
Umb-ist	Г	Käigu-ist	Х
Kinnis-ist	Т	Lobe-ist	III
Ping-ist	Н		
Tihe-ist	П		

2a. klassis on neli liikumatut istu ja üks liikuv. Need istud (nende tähistused on antud allpool) vastavad, olles 2. ja 3. klassi täpsuste vahepeal, järgnevatele ISA (standardimiskomiteede rahvusvaheline assotsiatsioon) istudele:

Umb-ist	Г2а	— H8/n7
Kinnis-ist	Т2а	— H8/m7
Ping-ist	Н2а	— H8/k7
Tihe-ist	П2а	— H8/j7
Liug-ist	С2а	— H8/h7

3. klassis on 6 istu (3 liikumatut ja 3 liikuvat):

Liikumatud		Liikuvad	
Press-ist 1	Пр 1_3	Liug-ist	$С_3$
Press-ist 2	Пр 2_3	Käigu-ist	$Х_3$
Press-ist 3	Пр 3_3	Lobe-ist	$Ш_3$

3. ja 4. klassi vahepealses klassis 3а on üks ist (liikuv):

Liug-ist C3a

(Sellele istule vastab ISA süsteemis ist H_{10}/h_{10}).

4. klassis on 5 istu (1 liikumatu ja 4 liikuvat):

Liikumatu		Liikuvad	
Press-ist	$Пр_4$	Liug-ist	$С_4$
		Käigu-ist	$Х_4$
		Lahe-ist	$Л_4$
		Lobe-ist	$Ш_4$

5. klassis on kaks istu (liikuvat):

Liug-ist . . . . . $С_5$
Käigu-ist . . . . . $Х_5$

7., 8. ja 9. klassis on igaühes üks liikuv-ist, millel ei ole erinimetust; augutolerantse tähistatakse A_7, A_8, A_9 ja võllitolerantse — B_7, B_8, B_9.

7) Tolerantsi ühikuks on

$$\delta = 1 \cdot \sqrt[3]{d},$$

kus d on läbimõõt mm, δ — mikronites.

Iga täpsusklassi jaoks on kindlaks määratud kindel arv augu- ja võllitolerantsi ühikuid.

Lõtkude ja pingude ühik saadakse sama valemi järgi, välja arvatud 2. ja 3. täpsusklassi liikuv-istud. Nende jaoks saab lõtku ühikud valemist

$$\Delta = 1 \cdot \sqrt{d},$$

kus d on läbimõõt mm, Δ — mikronites.

Press-istude juures väljendub keskmise pingu olenevus läbimõõdust valemiga

$$s_k = a \cdot d + b, \qquad (69)$$

kus s_k on keskmine ping mikronites; a — igale istule kindlaksmääratud arvtegur; d — läbimõõt mm; b — töötlemisjälgi arvestav alaline liige.

Töötlemise täpsus mitmesugustel pingitüüpidel.

Seoses sellega, et reaalsetes tootmistingimustes ei ole võimalik saada absoluutselt täpseid mõõteid ja töötlemistäpsus on erinev, olenevalt mitmesugustest teguritest, esineb keskmise ökonoomilise töötlemistäpsuse mõiste. Viimase all mõistetakse normaalsetes tootmistingimustes saadavat täpsust. Normaalsete tootmistingimuste all mõistame tööd korralikel pinkidel vajalike rakiste, heade lõikeriistade ja mõõteriistade kasutamisel, töö iseloomule vastava töölise kvalifikatsiooni ja normaalse ajakulu juures. Töötlemise täpsusele metalli lõiketöötlemise pinkidel mõjuvaid tegureid on palju ja neid kõiki täielikult arvestada ei ole sageli võimalik. Peamised nendest on järgmised:

1) pinkide ebatäpsus; selle põhjuseks võib olla pingi juhtpindade rikked või ebatäpsus, liigne «mäng» laagrites ja juhtpindadel, spindlite ovaalsus, telgede ristseisu või rööpsuse riknemine, pingi detailide ebaküllaldane jäikus ja selle tõttu tekkivad detailide deformatsioonid, käigukruvide rikked või ebatäpsus jne.;

2) detaili ebatäpne pinki või rakisesse ülesseadmine: detaili mitteküllaldane kinnituse tugevus, tema ebaõige asend spindli telje suhtes jne.;

3) lõikeriistadest tingitud ebatäpsus: ebaõige või ebatäpne pinki kinnitamine, ebatäpne valmistamine, kulumine töötamisel;

4) mõõtmise vead mõõteriista ebaõige kasutamise tõttu, tema enese ebatäpsuse tõttu, temperatuuri mõjul jne.;

5) toote deformeerumine töötlemise ajal sisepingete kõrvaldumise tulemusena pärast väliskooriku mahavõtmist;

6) pinna seisukord pärast töötlemist, millest olenevalt tekivad mõõtmiste ebatäpsused;

7) töö teostaja vead.

Töötlemistäpsuse vajalik aste kooskõlas ühe või teise täpsusklassi nõuetega saavutatakse erinevatel pinkidel erinevatel viisidel. Vaatleme, kuidas valmistatakse auku igas klassis nõutava täpsusega.

Aukude töötlemise täpsus 2. täpsusklassi järgi saadakse silumishõõritsatega, lihvimisega, sobitamisel, hooning-protsessi ja superfiniš-protsessi abil. Samal viisil võib saada ka 1. klassi täpsust hoolika tööga täiesti korras olevatel kulumata pinkidel.

Aukude töötlemine 3. täpsusklassi järgi toimub puurimise teel sellele järgneva hõõritsemisega silumishõõritsaga; samasugust täpsust saab ka korralikul treipingil silumisteraga hoolika töö tulemusena. Loomulikult võib saada sama täpsust ökonoomsemalt lihvimise teel, kui töötlemise iseloom seda võimaldab.

4. klassi täpsusega auku saab valmistada silumisteraga treipingil või revolverpingil töötades, samuti ka konduktori abil puurides.

5. klassi täpsusega augu saame puurimise või treimise teel (silumisteraga) kõikidel selleks kasutatavatel pinkidel, hulka arvatud ka automaadid, mis sellist operatsiooni teostavad.

2. klassi täpsusega võllide valmistamiseks kasutatakse üldreeglina lihvimist pärast eelnevat töötlemist treipingil või revolverpingil. Sama täpsust võib saada ka lihvimist kasutamata silumisteraga treipingil või revolverpingil treides, kui seda tööd teostab küllalt kõrge kvalifikatsiooniga tööline.

1. klassi täpsuse saame lihvimise teel, alguses jämelihvimisega, millele järgneb peenlihvimine.

Võllide töötlemine 3. täpsusklassi järgi toimub korralikel treipinkidel silumisteraga, kusjuures läbipaindumiste vältimiseks tuleb kasutada lünette. Suurtööstuses on siiski ökonoomsem lihvimise teel töötlemine.

4. klassi täpsusega võllide töötlemist teostatakse treipinkidel, revolver- ja automaatpinkidel silumisteradega.

5. täpsusklassi järgi töötlemist võib teostada trei- ja revolverpinkidel, kasutamata selle juures erirakiseid. Pikkade võllide töötlemisel tuleb siiski kasutada silumisteraga töötlemisel lünette.

Katseliste andmete alusel saab tuletada ökonoomilise täpsuse keskmisi suurusi erinevatele töötlemisviisidele.

Tabel 23.

Võllide töötlemise keskmine ökonoomiline täpsus mm võlli läbimõõdule.

Võllide läbimõõt	Eeltreimine			Lõplik treimine			Peenlihvimine		
	Võllide pikkus								
	kuni 100	100—600	600—1200	kuni 100	100—600	600—1200	kuni 100	100—600	600—1200
Kuni 30	0,18	0,25	0,35	0,07	0,12	0,18	0,02	0,03	0,04
30— 80	0,25	0,35	0,45	0,12	0,15	0,20	0,03	0,05	0,04
80—180	0,35	0,40	0,50	0,15	0,20	0,25	0,04	0,05	0,05
180—300	0,40	0,50	0,60	0,22	0,25	0,30	0,05	0,05	0,05

Tabel 24.

Aukude töötlemise keskmine ökonoomiline täpsus mm augu läbimõõdule.

Läbimõõt	Lõiketeraga või süvispuuriga töötlemine (koorimine)	Lõiketeraga või süvispuuriga silumine	Puurimine		Jämehõõritsemine või jämelihvimine	Peenhõõritsemine või peenlihvimine	Teemantsisetreimine
			konduktorita	konduktori järgi			
Kuni 30	Kuni 0,20	0,10	0,15—0,25	0,06—0,20	0,03—0,05	0,012—0,030	—
30— 80	0,30	0,15	0,35	0,30	0,05—0,07	0,030—0,040	0,010
80—180	0,40	0,20	—		0,08	0,050	0,010—0,020
180—300	0,50	0,25	—		0,10	0,060	0,025

Tabelis 23 on toodud võllide töötlemise ökonoomilise täpsuse keskmised suurused, tabelis 24 — samad aukude töötlemiseks, tabelis 25 — tasapindade töötlemiseks, tabelis 26 — ots-tasapindade töötlemiseks, tabelis 27 — rööpsete tasapindade töötlemiseks ja tabelis 28 — hammasrataste töötlemiseks MAAG'i menetlusel.

Tabel 25.

Tasapinna töötlemise keskmine ökonoomiline täpsus.

Tasapinna pikkus mm	Eelfreesimine ja -hööveldamine	Lõplik freesimine ja -hööveldamine	Lihvimine
	Tasapinna laius kuni 300 mm		
Kuni 100	0,25	0,12	0,03
100— 500	0,40	0,18	0,03—0,08
500—1000	0,50	0,25	0,05—0,10

Tabel 26.

Ots-tasapindade töötlemise keskmine ökonoomiline täpsus mm (töödeldud rööpselt tasapinnalt mõõtmisel).

Läbimõõt	Töötlemise täpsus		
	koorimisel	silumisel	lihvimisel
Kuni 100	0,18	0,08	0,025
100—300	0,30	0,15	0,035
300—600	0,50	0,25	0,045

Tabel 27.

Rööpsete tasapindade töötlemise keskmine ökonoomiline täpsus mm samaaegsel freesimisel ketasfreesidega.

Pindade laius	Pindade kõrgus	
	kuni 75	kuni 150
Kuni 100	0,07	0,10
100—300	0,10	0,12

Tabel 28.

Hammasrataste valmistamise täpsus MAAG'i meetodil.

	Karastamata hööveldatud hammasrattad			Karastatud ja lihvitud hammasrattad		
	väga täpsed	täpsed	keskmise täpsusega	väga täpsed	täpsed	keskmise täpsusega
Sammu viga mm . .	0,010	0,012	0,015	0,006	0,008	0,010
Jaotusringi ekstsentrilisus mm . . .	0,015	0,020	0,030	0,015	0,015	0,020
Hambaküljе profiili viga mm	0,008	0,010	0,020	0,003	0,005	0,008

Rakiste tähtsus töötlemise täpsuseks.

Detailide täpseks töötlemiseks on seerialise ja massilise tootmise juures laialdaselt kasutatavatel rakistel suur tähtsus.

Töötlemisel rakiste kasutamise juures langeb ära kallis, vigu tekitav ja töölise individuaalsetest omadustest olenev operatsioon — märkimine. Rakiste kasutamine kindlustab töötlemise täpsust, mis on ühtlane kõikide nende abil töödeldavate detailide jaoks; selle tõttu on paremini kindlustatud asendatavuse põhimõtte teostamine. Peale selle kiirendab rakiste kasutamine detailide pinki ülesseadmist ja vähendab detaili mõõtmiste aega, mis võimaldab vähendada abiaega; viimane võib mõnikord tõusta üsna suureks ja ületada põhiaega.

Rakiste abil töödeldavate detailide mõõdete vajaliku täpsuse saamiseks on vajalik, et rakis ise oleks valmistatud üsna täpselt ja et ebatäpsuste kasvamine töötlemisel ei toimuks rakise üksikute elementide ebatäpsuse tõttu. Seoses sellega on rakise mõõdete tolerantside määramisel vajalik anda sellised hälvete piirid, mis on detaili vastavatest hälvete piiridest kaks korda väiksemad. Detaili töötlemise vajalik täpsus on selle juures kindlustatud.

Töötlemise meetodi valik.

Töötlemise meetodi valik oleneb sellest täpsusest, mida nõutakse antud detaililt. Eespool oli toodud, missuguse meetodiga on võimalik saavutada ühte või teist täpsusastet (klassi). Valides vastavalt sellele töötlemismeetodit, ei tule kahe silma vahele jätta ka selle meetodi majanduslikku otstarbekohasust. Juhtudel, kui ei nõuta täpset töötlemist ja võib piirduda ebatäpsemaga, ei ole vajadust kasutada täpseid töötlemismeetodeid, kuna see teeb detaili töötlemise ainult kallimaks.

Täpseima töötlemise põhimeetodiks (kuigi mitte ainukeseks) on lihvimine, mille abil saadakse võrdlemisi lihtsalt ja ökonoomselt 2. klassi täpsus ja hoolika töö juures ka 1. klassi täpsus. Lihvimise peamiseks eeliseks tera abil töötlemise ees on asjaolu, et lihvimisel on võimalik võtta väga õhukest laastu ja sellega viia detail vajaliku mõõteni. Teraga töötlemisel ei saa laastu paksus olla nii väike, kui lihvimisel, kuna tera ei suuda võtta laastu alla teatud paksust ja ainult libiseb üle töödeldava pinna.

Teraga töötlemise täpsusele mõjub ka tera kulumine, mille suuruse võime võtta võrdelisena töödeldava pinna mõõdetega.

Treipingil teraga töötlemisel esineb ebatäpsus, mida ei saa olla lihvimispingil: treipingi spindlikasti tsenter pöörleb koos esemega ja kui tsenter on ebatäpne (ovaalne), siis treitava võlli ristlõike keskpunkt ei lange ühte tsentreerimisaugu teljega ja teiste tsentrite vahele ülesseadmisel osutub võll ekstsentriliseks. Kuna lihvimispingil mõlemad tsentrid on liikumatud, siis selline ebatäpsus ei saa esineda.

Treipingil töötlemisel ei saa kunagi nii siledat pinda, kui pärast lihvimist; see suurendab samuti ebatäpsust.

Eeltoodust saab järeldada, et lihvimispingil töötlemine on alati otstarbekohaseks peentöötlemiseks.

Täpsete mõõdete saamine hööveldamise või freesimise teel on samuti raskem kui tasalihvimisel, kuna ka siin ei saa laastu paksus olla liiga väike. Lihvimist saab kasutada ka selliste profiiltööde juures, nagu keermetamine, hammaste töötlemine, millede täpsus on kokkumonteeritud mehhanismi töötamisel suure tähtsusega.

Peale lihvimise on võimalik küllaldaselt kõrget töötlemise täpsust saavutada ka teiste laialdaselt levinud viisidega, nagu näiteks hõõritsate ja lõikekammide abil, teemanttreimise teel, hooning-, laping- ja superfiniš-protsessi abil. Hooningprotsess seisab selles, et pinda töödeldakse kuni vajalike mõõdeteni ja poleeritakse mitme smirgelluisu abil, mis on kinnitatud silindrilisel pinnal teatud kaugusele üksteisest ja tiirlevad augus selle pinna telje ümber, liikudes samaaegselt ka edasi-tagasi piki seda telge.

Soveldamise meetodit, nagu teada, kasutatakse tööriistade valmistamisel. Teda hakati kasutama masinaehituses (autoehituses) mootori silindri sisepinna lõplikuks töötlemiseks, milleks kasutatakse eripinke. Arvestades seda, et see meetod on võrdlemisi aeglane ja kallis, hakati teda asendama produktiivsema ja täpsuse suhtes häid tulemusi andva hooning-protsessiga.

Mitmesuguste töötlemismeetoditega saavutatavat töötlemise täpsust võime skemaatiliselt kujutada sellises järjestuses:

väikeste mõõdetega detailide siluvtreimisega ja sellele järgneva smirgelriidega puhastamisega saavutatav täpsus on 0,02 mm;

täpse lihvimisega saavutatav täpsus on 0,005 mm (5 μ);

eriti täpse töö puhul võib lihvimise teel saavutatav täpsus tõusta 0,0025 mm (2,5 μ);

soveldamise meetodiga saavutatav täpsus on 0,0005 mm (0,5 μ), mis on tehaste instrumentaaltöökodades piiriliseks täpsuseks;

Johansoni plaadikeste töötlemisel, mõõdetega kuni 25 mm klass AA, saavutab nimetatud firma täpsuse mitte alla 0,05 μ.

IV. EELTOOTMISE OPERATSIOONID VARBADE JA VÕLLIDE JUURES.

Väikestes ja keskmistes mehaanikatsehhides teostuvad eeltootmise operatsioonid eeltootmise osakonnas, mis sageli asub tsehhi lao juures. Suurte mehaaniliste tsehhide puhul eraldatakse eeltootmise osakond omaette tsehhiks, mis teenindab kogu tehast.

Eeltootmise tsehhis või osakonnas õgvendatakse, kooritakse, lõigatakse ja tsentreeritakse valtsitud materjali varbade ja võllide näol. Eeltootmise operatsioone teostatakse ka sepiste ja vormsepiste juures, kus freesitakse ja tsentreeritakse otspinnad, kooritakse ja toimub aukude eeltreimine.

Varbade ja võllide juures teostatakse eeltootmise operatsioone tavaliselt järgmises järjestuses:

1) õgvendamine; 2) tsentriteta koorimine; 3) lõikamine; 4) detaili tsentreerimine; juhul, kui varb on määratud edasiseks töötlemiseks revolverpingil või automaatidel, teda ei tsentreerita; 5) kontroll.

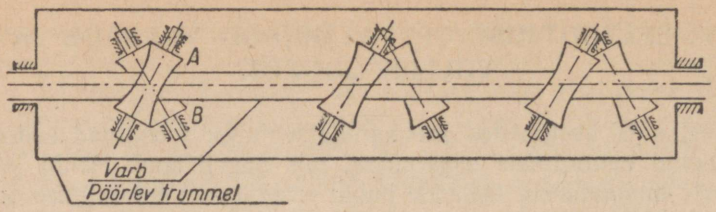
Õgvendamine.

Varbu ja võlle on tarvis õgvendada nende deformeerumise tõttu peamiselt transportimisel.

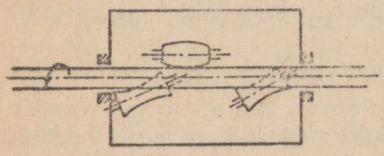
Varbade ja võllide õgvendamine eeltootmise osakonnas toimub enamikul juhtudel erilistel õgvenduspinkidel. Väikestes eeltootmise osakondades teostatakse õgvendamist sageli ka käsitsi.

Mehaanikatsehhides teostatakse õgvendamist sageli käsi-spindelpresside, hüdrauliliste, pneumaatiliste ja friktsioonpresside abil, milledest kolm viimast on kasutamisel peamiselt auto- ja traktoritööstuses. Võlle kontrollitakse tsentrite vahel ja selle juures määratakse kindlaks kohad, mis tuleb õgvendada; pärast seda teostub õgvendamine prismadel. Pressidel õgvendamine on üsna lihtne operatsioon, selle tõttu kirjeldame ainult õgvendamist õgvenduspingil.

Õgvenduspink. Tehas «Proletari» valmistab varbade ja võllide õgvenduspinke materjalile läbimõõduga 15 kuni 80 mm. Õgvendamine teostub kuue rulli abil, mille pinnad on nõgusad ja mis on paigutatud malejärjekorras (joon. 37). Varva ettenihe teostatakse kahe esimese rulli A ja B abil, mis asetsevad kohakuti. Kõik kuus rulli on paigutatud trumlisse, mis pöörleb varva ümber. Trummel saab oma pöörleva liikumise mootorilt üle kiiruste kasti ja teostab ettenihet 4,5 kuni 7,5 m/min., olenevalt pöörete arvust. Enne trumlisse sisenemist kinnitatakse varb erihoidjasse, mis liigub rullidel. Olenevalt varva läbi-



Joon. 37. Õgvenduspingi skeem.



Joon. 38. Kolme rulliga õgvenduspingi skeem.

paindumistest ja nõutavast sirgusest ning pinna puhtusest lastakse ta trumlist 2 kuni 6 korda läbi.

Kodumaistes tehastes leidub peale kirjeldatud pingi veel õgvenduspinke kolme rulliga, mis asuvad liikumatus trumlis ja annavad pöörlemise varvale (joon. 38). Väiksema arvu rullide tõttu on selle pingi produktiivsus eelmise pingi produktiivsusest väiksem.

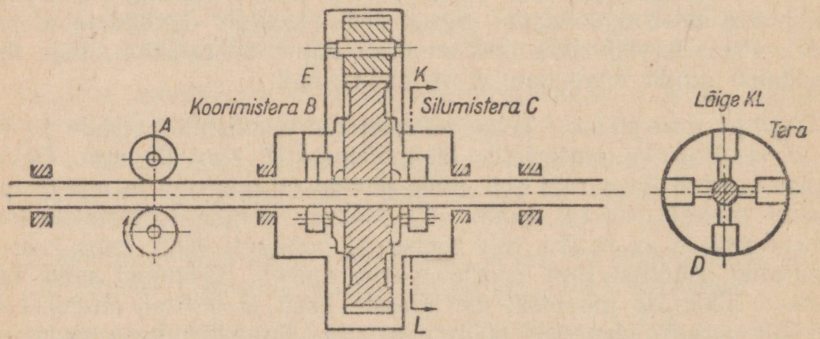
3 kuni 20 mm läbimõõduga varbade õgvendamiseks kasutatakse väikesi, ühe rullide paariga õgvenduspinke.

Koorimine.

Pikkade varbade ja võllide koorimiseks kasutatakse laialdaselt tsentriteta koorimispinke, mida valmistab tehas «Proletari».

Need pingid kõlbavad materjali koorimiseks läbimõõduga 15 kuni 50 mm ja 25 kuni 80 mm ning pikkusega kuni 7 m.

Pingid töötavad järgmiselt (joon. 39). Elektrimootorilt antakse liikumine kiiruste kasti kaudu tsentraalsele hammasrattale *E*, mis pöö-



Joon. 39 Tsentriteta koorimispingi skeem.

rab kahte terapead. Vasakpoolne terapea teostab tera *B* abil jämeda koorimise, parempoolne aga teraga *C* — poolpuhta koorimise. Tugivarvad *D* kaitsevad kooritavat varba läbipaindumise eest, mis tekiks tera radiaalse surve tõttu. Varva ettenihe teostub kahe tigurattakujulise erirulli abil, millel on hammaste asemel raie. Rullide *A* pöörete arvu muutmine võimaldab saada kolm varva ettenihet terapea ühe pöörde kohta, suurusega 3,3, 4,2 ja 5,8 mm, mis spindli pöörete juures 53, 70, 90 ja 120 pööret minutis annab ettenihke 175 kuni 580 mm/min. Pingi produktiivsus on 5 kuni 24 m tunnis.

Lõikamine.

Varbade ja võllide lõikamist teostatakse mehaaniliste lehtsaagidega, ketassaagidega, lintsaagidega, friktsioonsaagidega, elektri-friktsioonsaagidega, lihvimiskäiadega ja mahalõikepinkidel. Mehaanikatsehhides teostatakse lõikamist mõnikord ka freespinkidel läbilõikefreesidega.

Varbade lõikamist pressidega ja kääridega teostatakse peamiselt sepikodade eeltootmise osakondades.

Lehtmaterjali lõigatakse tavaliselt mitmesuguse konstruktsiooniga kääridega, nagu käsikääridega, toolkääridega, giljotiinkääridega ja rullkääridega.

Mehaanilised lehtsaed jagunevad väheproduktiivseiks ja kõrgelt produktiivseiks. Väheproduktiivsetel saagidel liigub saeleht edasi-tagasi teatud surve all. Tema lõikehambad on suunatud ainult lõikamise suunas ja tagasikäigul nad sama surve all ei lõika, vaid ainult hõõruvad vastu metalli ja kuluvad kiiresti. Kaasaegsete kõrge produktiivsusega saagide juures on teostatud mõned uuendused: survet saelehele reguleeritakse raskuse või õlipumba abil, tagasikäigul tõstetakse saeleht materjalilt üles ja ta ei hõõru vastu materjali, millega välditakse saelehe kiiret kulumist.

Lehtsaagide põhiparemuseks on odavus, teenindamise lihtsus (üks tööline saab teenindada 5—6 saagi), saadakse kitsas saetee — 1,5—2 mm, järelikult on materjali kadu väike.

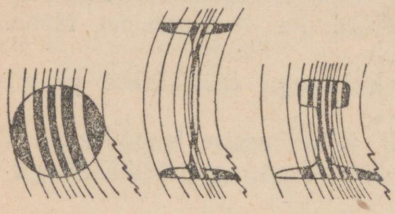
Puudustest, peale väikese produktiivsuse, võiks nimetada seda, et lehtsaag annab mõnikord viltuse läbilõike, mis viib peaaegu nullini kitsa saetee paremused, kuna pärast lõikamist tuleb otspinda uuesti õgvendada.

Terase ja malmi lõikamise kiirus on 10—30 m/min., olenevalt kõvadusest, ja ettenihe 0,05—0,25 mm/kaksikkäigule.

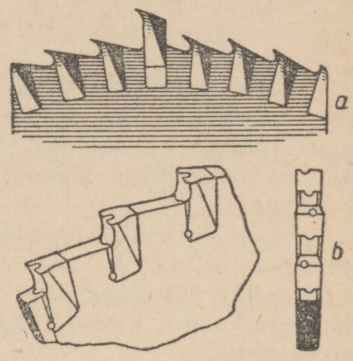
Ketassaed kujutavad enesest hambulisi kettaid, mis on väga sarnased õhukese freesiga. Neid saage kasutatakse laialdaselt valtsitud

materjali, nagu võllid, varvad ja mitmesuguse profiiliga talad, lõikamiseks.

T-raua, I-raua, [-raua lõikamisel muutub ristlõige kogu aja vastavalt sae liikumisele sügavusse, mille tõttu ühtlase ettenihke juures toimuvad järsud pingi koormuse muutused. Need muutused mitte ainult ei kajastu pingi töös, vaid kutsuvad tema üksikutes osades esile ka tugevaid pingeid. Selliste nähtuste vältimise ainukeseks viisiks on ettenihke teostamine vastavalt ristlõike pinna suurusele antud momendil selliselt, et pink töötaks kogu aja ühtlase survega saele, s. t. muutuva ettenihkega (joon. 40).



Joon. 40. Ketassae ettenihke muutmine seoses lõigatava materjali ristlõike muutumisega.



Joon. 41. Kõrge produktiivsusega ketassaag sissepandavate kiirlõiketerasest hammastega.

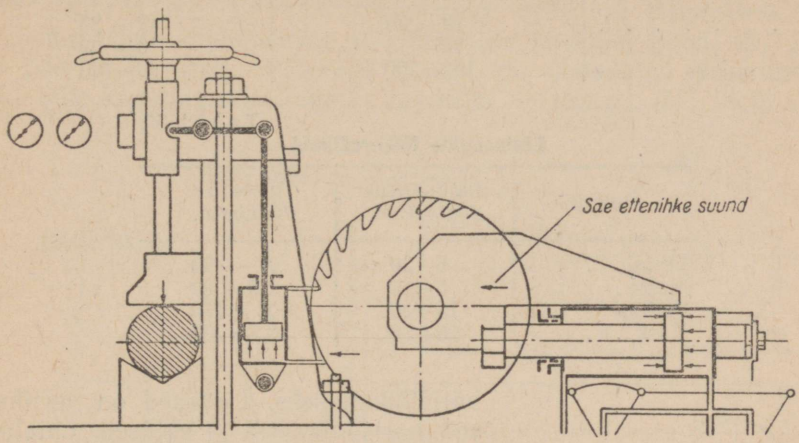
Kuna suure läbimõõduga saagide valmistamine kiirlõiketerasest on tülikas ja läheb kalliks, siis käesoleval ajal valmistatakse saed süsinikterasest kettaga ja sissepandavate kiirlõiketerasest hammastega (joon. 41).

Uuemad saed varustatakse hüdraulilise ettenihkega ja hüdrauliliste kinnitusvahenditega. Sellise sae konstruktiivne skeem on toodud joonisel 42.

Hüdraulilise ettenihke süsteemi paremus, võrreldes mehaanilise süsteemiga, seisab selles, et ta võimaldab ettenihke kiirust täpselt reguleerida ja töö toimub rahulikumalt.

Saetee laiuse vähenemisega väheneb ka lõikamise aeg ja lõigatava materjali kadu, mille tõttu on kasulik töötada väiksemate sae läbimõõtudega. Siit järgneb, et iga pingi jaoks on otstarbekohane omada ketassaagide komplekti; see võimaldab laiendada lõikekiiruste piirkonda, millega saavutatakse pingi paremat ärakasutamist.

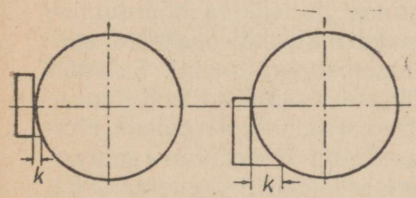
Lõigatava materjali asend saeketta suhtes mõjutab kõigepealt sae eeljooksu suurust (joon. 43). Väikseim eeljooksu suurus k saadakse siis, kui sae ja materjali telgjooned satuvad ühte. Eeljooksu k suurenemisega suureneb ka lõikamise põhiaeg ja selle tulemusena suureneb üldine



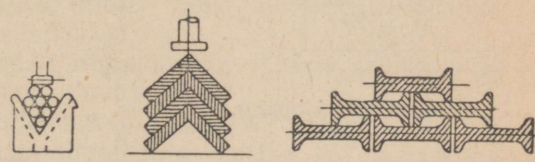
Joon. 42. Hüdraulilise ettenihkega ja hüdrauliliste kinnitusvahenditega varustatud ketassae konstruktiivne skeem.

ajakulu, mis vähendab produktiivsust. Materjali ratsionaalset kokkupanekut lõikamiseks näitab joonis 44. Ketassaagide lõikekiirused on toodud tabelis 29.

Ettenihe ühe hamba kohta kõigub 0,02 kuni 0,2 mm olenevalt võimsusest, sae läbimõõdust, hamba sammust, saetee laiusest ja materjalist.



Joon 43. Lõigatava materjali asetusskeem saeketta suhtes.



Joon. 44. Materjali ratsionaalne kokkupanek ketassaega lõikamiseks.

L i n t s a e d. Lintsaage kasutatakse peamiselt värviliste metallide lõikamiseks (vask, messing, alumiinium jt.). Neil on lõputu lindi kuju, mille paksus on 1,0—1,5 mm. Materjali kaod lõikamisel on väikesed. Lintsaage kasutatakse ka väntvõllide, kepsude ja teiste masinaosade

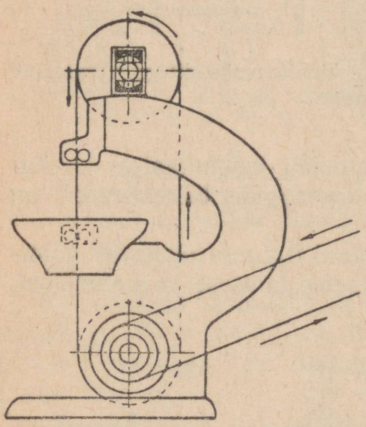
Ketassaagide lõikekiirused m/min. Tabel 29.

Töödeldav materjal	Sae hammaste materjal	
	kiirlõiketeras	tööriistateras
Teras	18— 30	12— 20
Malm	10— 13	8— 9
Messing, pronks . . .	160—200	60—180

Tabel 30.

Lintsaagide lõikerežiimid.

Materjal	Lõikekiirus m/min.	Ettenihe mm/min.
Teras	6—20	1 — 90
Malm	5—12	1,6— 90
Pronks . . .	15—30	2 —110
Vask	25—50	3,7—200



Joon. 45. Lintsaag.

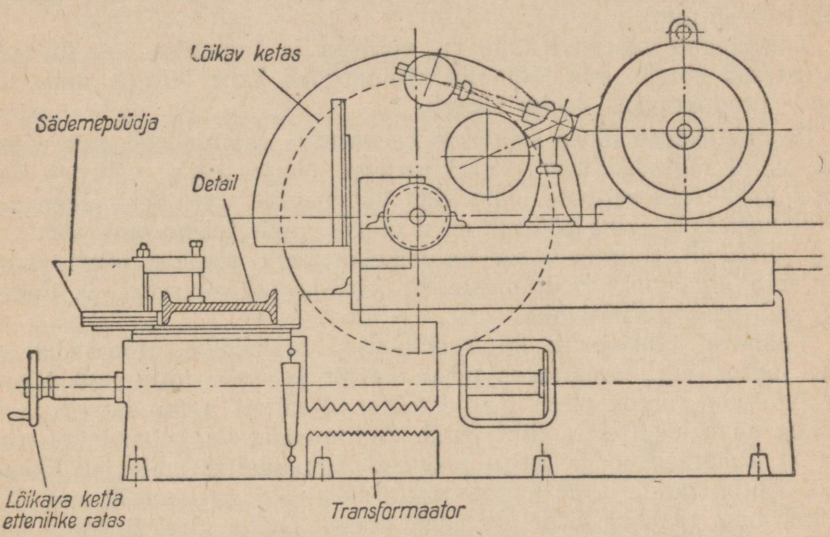
väljalõikamiseks. Lintsaed on vertikaalsed, horisontaalsed ja kaldsed. Laialdast levikut lintsaagidel ei ole nende saelintide kalliduse tõttu. Lintsaagide lõikerežiimid on toodud tabelis 30. Saag ise on kujutatud joonisel 45.

Friktsioonsaed (hammasteta saed). Friktsioonsaeks ehk hammasteta saeks nimetatakse õhukest terasketast, mis saab pöörlemise elektrimootorilt; ketta ettenihe teostub lõigatava materjali suunas ja tekkiva hõõrdumise tõttu soojenevad materjali osakesed saetee kohal sulamistemperatuurini. Sulanud metall kõrvaldatakse saeteest ketta enese poolt, kusjuures viimane ei soojene õhk- ja vesijahutuse tõttu. Hõõrdumise suurendamiseks kaetakse saeleht peene raidega, mis küll veidi suurendab saetee laiust, selle eest aga ketas pöörleb vabamalt. Friktsioonsaagide lõikekiirus on 100—140 m/sek. Ketta ettenihe võib teostuda käsitsi või mehaaniliselt ja on 200—500 mm/min. Friktsioonsaagide mõõted on: läbimõõt 300 kuni 1300 mm ja paksus 1,5 kuni 8 mm.

Need saed töötavad väga kiiresti. Näiteks tala normaalprofiiliga 450 mm lõikab saag läbi 50 sekundiga, nurkraua 160×100 mm — 25 sekundiga. Friktsioonsaagide põhimiseks puuduseks on see, et nad

nõuavad neid teenivalt mootorilt suurt võimsust, mis peab olema 5—6 korda suurem kui ketassaagidel. Nii näiteks vajab 600 mm läbimõõduga friktsioonsaag elektrimootorit võimsusega 40 HJ. Friktsioonsaega võib lõigata karastatud detaile, mida ei saa teha harilike saagidega.

Elektriline friktsioonsaag. Selle sae tööprotsess teostub hammasteta friktsioonsae ja voltakaare koostööl (joon. 46). Saag, mis pöörleb kiirusega 120—150 m/sek., on ühendatud elektrienergia allika ühe klemmiga ja lõigatav materjal — teisega. Nii tekib volta-



Joon. 46. Elektrilise friktsioonsae skeem.

kaar. Metall sulab saetees, pöörlev ketas ainult kõrvaldab sulanud metalli.

Läbilõike kohal metalli struktuur muutub õige vähe ja saadav pind on küllaldaselt sile ja puhas.

Metallilõikamine lihviskäiaga. Käiaga metalli lõikamist teostatakse ühe käiguga. Valitakse elastne käi paksusega 2—3 mm nii, et metalli kadu lõikamisel on väike. Käia pöörlemise kiirus on 80—100 m/sek. ja ettenihe 5 mm/sek. Lõikamise pinke ehitatakse käiadele läbimõõduga kuni 300—400 mm ja neid kasutatakse varbade lõikamiseks läbimõõduga kuni 100 mm. On võimalik lõigata ka suure läbimõõduga torusid, selle juures tuleb neid pöörata ümber telje. Käiaga lõikamine toimub küllalt kiiresti; nii näiteks varba, läbimõõduga 40—50 mm, suudab käi läbi lõigata 5—6 sekundiga, nurkraua 30×30×3 mm — 3 sekundiga.

Mahalõikepingid. Mahalõikepinke kasutatakse ümmarguste, kuuekandiliste ja neile taoliste varbade ja võllide lõikamiseks, mis kuuluvad edasitöötlemisele teistel pinkidel. Mahalõikepinkidel saab lõigata ka torusid.

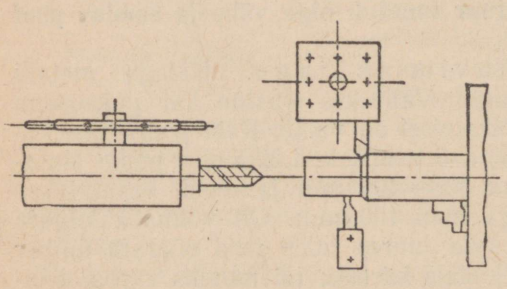
Mahalõikepinkide väärtuseks on nende suur produktiivsus, pingi enese lihtsus ja odavus, samuti ka lõikeriista odavus. Mahalõiketeri on lihtsam ja odavam valmistada, kui teisi materjali lõikamiseks kasutatavaid lõikeriistade liike (saelehti, lintsaage, ketassaage, lihvimiskäiu). Mahalõikepingi puuduseks on küllalt suur materjali kadu läbilõike kohal (3—5 mm).

Tähelepanu väärivad kahe — eesmise ja tagumise — supordiga varustatud pingid, mis töötavad samaaegselt kahe teraga, mille tõttu nende produktiivsus veelgi tõuseb.

Produktiivsuse tõusu saadakse ka vastava seadise abil, mis võimaldab pingil töötada püsiva lõikekiirusega. Nagu teada, väheneb lõikamisel lõikekiirus eeltoote läbimõõdu vähenemise tõttu tera lähenemisel pöörlemisteljele sama pöörete arvu juures, mille tulemusena töötlemise aeg järelikult suureneb. Püsiva lõikekiirusega pinkidel pingi pöörete arv tera liginemisel pöörlemisteljele järk-järgult suureneb ja lõikekiirus jääb peaaegu püsivaks.

Väärivad tähelepanu ka vertikaalsed mahalõike-automaadid, millede juures varb asetatakse pinki ülevalt ja selle tõttu nad võtavad tsehhis vähe ruumi. Need pingid töötavad täiesti automaatselt ja üks tööline saab käsitseda mitut pinki. Automaadid on kohandatud ainult täpselt kalibreeritud ja kogu pikkuses õgvendatud materjali lõikamiseks. Automaatidel saab lõigata varbu läbimõõduga kuni 20 mm. Varb langeb oma raskuse tõttu vastavale alusele, mille järel ta kinni pigistatakse; selle järel ligineb suport, milles asuv tera teostabki mahalõikamise.

Mahalõike-trei-puurpingid. Eeltootmise tsehhides kasutatakse sageli mahalõike-trei-puurpinke eelkoorimiseks, sisetreimiseks, mahalõikamiseks ja puurimiseks. Liikuvasse tagumisse tsenterpukki asetatakse tavaliselt spiraalpuur (joon. 47). Tagumine suport on eseme varvast mahalõikamiseks. Samasugustel pinkidel toimub ka sepiste ja vormsepiste eeltöötlemine (hammasrattad, suured mutrid jne.). Levinumad on Ordžonikidze-nime-



Joon. 47. Lõikeriistade asend mahalõike-trei-puurpingil.

lise tehase pingid tüüp 141. Selle pingi võimsus on 5,2 ja 7,8 HJ ja sellel on võimalik töödelda varbu läbimõõduga kuni 100 mm.

Mahalõikamine teistel pinkidel. Peale nimetatud mahalõikamise viiside saab seda teostada ka tavalisel treipingil, höövelpingil, püst-höövelpingil ja horisontaal-freespingil. Kõik viimatimainitud viisid on vähem produktiivsed ja eeltootmise tsehhides ja osakondades ei leia kasutamist, küll aga mehaanika-tsehhides. Sagedamini esineb mahalõikamine horisontaal-freespingil mahalõike-freesidega.

Tsentreerimine.

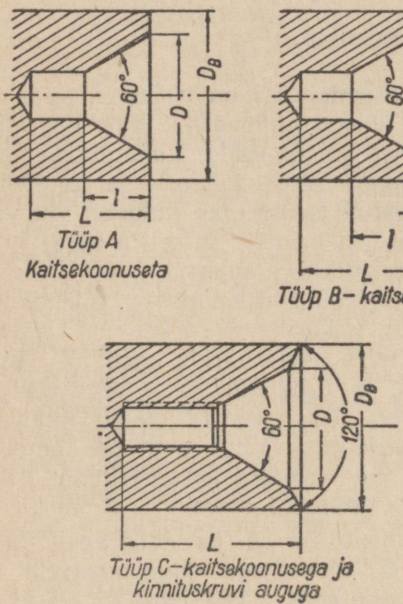
Võllide töötlemise peamiseks operatsiooniks on treimine, mida teostatakse peamiselt tsentrite vahel. Tsentrid on baasiks reale operatsioonidele: kooriv- ja siluvtreimisele, keermetamisele, kiilunuutide freesimisele, lihvimisele jne., samuti aga ka õgvendamisele ja kontrollimisele. Remonttöödel kasutatakse säilinud tsentriauke kulunud või vigastatud kaelte treimisel, õgvendamisel, poleerimisel ja teiste tööde juures. Selliste lõikeriistade tsentriaugud, nagu keermepuurid, puurid, süvipuurid, hõõritsad jne., on vajalikud mitte ainult töötlemiseks, vaid ka kontrollimiseks, teritamiseks jne. nende lõikeriistade töötamise kestusel. Sellise tsentriaukude tähtsuse tõttu tuleb neid puurida hoolikalt. Tsentriaugud peavad olema õieti puuritud ja juba töötlemise algusest peale tuleb neid hoida eeskujulikus korras. Nad peavad olema küllaldaste mõõdetega ja nende koonilisuse nurk peab pingi tsentrite koonilisuse nurgaga täpselt kokku langema. Nende reeglite ignoreerimine põhjustab tsentriaukude kiiret kulumist ja tsentrite eneste rikkumist.

Tsentriaukude konstruktsioon ja mõõted. Praktikas kasutatakse kõige sagedamini 60°-lise tipunurgaga tsentreid. Raskete esemete töötlemisel suurendatakse seda nurka kuni 75°-ni ja isegi 90°-ni. Pingi tsenter puutub tsentriauguga kokku ainult oma koonilise pinnaga. Tsentri tipp ei tohi toetuda esemele. Selle tõttu on tsentriaukudel alati väikese läbimõõduga silindriline osa ja kooniline süvitus (joon. 48). Mõnikord on tsentriaugul veel teine süvitus nurgaga 120°, et vältida kraadide tekkimist otspinnal tsentriaukude vähese kulumise tulemusena, kaitsta neid võlli otsa juhusliku vigastumise korral ja lõpuks võimaldada teatud määral otsa treimist tsentriaukude kandepinna vähendamiseta. Selline tsentriaukude konstruktsioon on kasutamisel peamiselt tornide ja lõikeriistade juures.

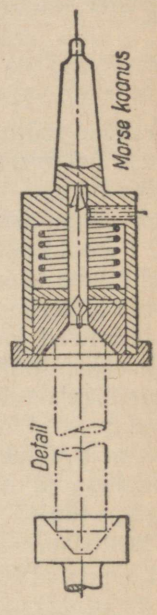
Tsentreerimisviisid. Kõige primitiivsemaks tsentreerimisviisiks on kärnimine vasaralöögiga kärnile. Selle juures saadakse süvend, mida kasutatakse tsentriauguks. Sellist tsentreerimisvõtet ei saa mingisugustes tingimustes lugeda rahuldavaks ja teda ei saa lubada,

kuna selliste tsentriaukude juures võib toode töötlemisel pingist välja hüpata. Teine viis seisab tsentriaugu käsitsipuurimises ja sellele järgnevas süvistamises trilli abil. Seda viisi kasutatakse sageli suurte esemete, suurte sepiste tsentreerimisel ja selle juures paremal juhul ainult eeltsentreerimiseks, kuna selle juures on raske saada täpseid tsentriauke, eriti raske on aga saavutada telgede kokkulangemist.

Täiuslikumaks viisiks on suurte esemete tsentreerimine horisontaal-puurpinkidel või liikuvatel pööratava spindliga (kuni 90°) radiaal-



Joon. 48. Tsentriaugud (OCT 37—25).



Joon. 49. Tsentreerimise padrun.

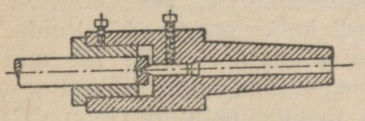
puurpinkidel. Kõiki kirjeldatud tsentreerimisviise teostatakse pärast märkimist. Lühikesi võlle on käepärane tsentreerida ilma ettemärkimiseta ja kärnimiseta vertikaal-puurpingil joonisel 49 kujutatud padruni abil.

Trei- ja revolverpinkidel võib kasutada sama padrunit, asetades teda revolverpeasse või kinnitades tagumisse tsenterpukki. Kui pingi spindel on õõnes, siis on tsentreerimist käepärasem teostada võlli läbi spindli lastes.

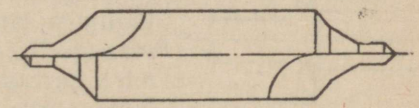
Võlle võib tsentreerida treipingil kahel viisil. Esimene viis — ebatäpse tsentreerimise ja eseme pingist väljahüppamise võimaluse tõttu

vähem soovitatav — seisab järgmises: üks ots toetatakse tagumisele tsentrile ja teist otsa puuritakse spindlisse asetatud tsentreerimispuuriga; eeltoote pöörlemist takistatakse supordile toetuva klambriga või lihtsalt käega; viimane viis on ohtlik. Ettenihet teostatakse tagumise tsenterpuki abil. Teine viis: võlli kinnitatakse ühe otsaga padrunisse või toetatakse spindli tsentrile, teine ots juhitakse tsenterpuuri juurde, mis on asetatud tagumisse tsenterpukki. Puhtalttõmmatud materjali tsentreerimiseks kasutatakse eripadrunit (joon. 50), mis asetatakse tagumisse tsenterpuki spindlisse.

Seerialise ja massilise tootmise juures kasutatakse ühe- või kahepoolseid tsentreerimispinke, mis tsentreerivad mõlemad otsad korraga. Neid pinke valmistatakse võllidele läbimõõduga kuni 150 mm ja pikkusega kuni 1500 ja 3000 mm. Esemete tsentreerimine neil pinkidel teostub eriliste kombineeritud tsentreerimispuuride abil (joon. 51).



Joon. 50. Eripadrun tsentreerimiseks.



Joon. 51. Tsentreerimispuur.

Käesoleval ajal leiab kasutamist tsentreerimine kahe lõikeriista abil: spiraalpuuri ja süvipuuri abil. Selle viisi juures saadakse õigem tsentriauk, mis on eriti tähtis täpsete esemete valmistamisel, nagu näiteks lõikeriistad. Selle juures kasutatavad lõikeriistad on kombineeritud tsentreerimipuurist palju odavamad ja murduvad harvemini. Viimase viisi negatiivseks küljeks on töötlemise põhiaja ja koguaja suurenemine, kuna alguses tuleb tsentriauk märkida, selle järel spiraalpuuriga puurida ja lõpuks süvipuuriga lõplik kooniline kuju anda. Tsentreerimise jaotamine puurimiseks ja süvistamiseks nõuab pingi kasutamist, millel on kahe spindliga kiikuv pea — üks puuri jaoks ja teine süvipuuri jaoks.

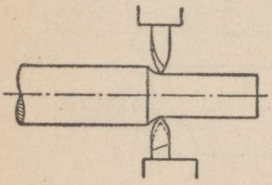
Süvipuuri pöörete arv on 1,5—2 korda puuri pöörete arvust väiksem. Lõikekiirused on 12—20 m/min., ettenihked 0,03—0,2 mm/pöördele, olenevalt materjalist ja puuri läbimõõdust.

V. PÖÖRDKEHADE (VÕLLIDE JA TEISTE DETAILIDE) TÖÖTLEMINE.

Treipinkidel ja mitme teraga treipinkidel töötlemine.

T r e i p i n k i d e l t ö ö t l e m i n e. Universaal-treipink on suurima levikuga selle tõttu, et teda saab kasutada paljude operatsioonide teostamiseks. Käsitleme produktiivsemaid ja eritöötlemisviise lihtsatel ja eritreipinkidel.

Treipingi produktiivsuse suurenemist saavutatakse eriterahoidja kasutamisel, mis kinnitatakse harilikku neljatahulisse terahoidjasse või eriterahoidja kasutamisel neljatahulise terahoidja asemel, mis võimaldab töödelda samaaegselt mitme teraga.



Joon. 52. Kahe tera asetus eesmisel ja tagumisel supordil.

Edasine produktiivsuse tõus ja töötlemise odavnemine on seotud teise, tagumise supordi treipingile ülesseadmisega, sest eesmise ja tagumise supordi kahe teraga võib treida samaaegselt, mis võimaldab toote läbipaindumise kartuseta kasutada suuri lõikesügavusi, kuna surve on tasakaalustatud (joon. 52).

Keerme lõikamise tööd võib jaotada kahe tera vahel selliselt, et üks neist töötab koorimisterana ja teine silumisterana samas suunas töötamisel, või jälle nii, et üks töötab silumisterana ühes suunas ja teine koorimisterana tagasikäigul, kasutades ka viimast töökäiguna. Selline töötamisviis suurendab produktiivsust keerme kvaliteeti vähendamata.

Tagumise supordi tera on otstarbekohane kasutada otsa treimiseks ja mahalõikamiseks. Joonisel 53 on toodud kolvirõngaste ploki sise- ja väliskoorimise ja -silumise, samuti ka tagumise supordi terade abil üksikuteks rõngasteks lõikamise skeem.

Pöördkehade samaaegset välistreimist ja otsatreimist, mida praktiseeritakse nii harilikkudel treipinkidel kui ka mitme teraga treipinkidel, kasutatakse laialdaselt mitte ainult massilisel ja suurseerialisel tootmisel, vaid ka keskseerialisel tootmisel (tööpinkide ehitus). Ta annab märgatavat töötlemise aja kokkuhoidu, mis tekib nii põhi- kui ka abiaja vähenemise tulemusena.

Joonisel 54 on antud siledate võllide töötlemise skeem ühe teraga ja mitme teraga treipinkidel. Esimesel juhul on supordi tee pikkuseks l, teisel juhul liiguvad terad samaaegselt, igaüks oma töötlemispiirkonnas, ja supordi tee pikkus on $\frac{l}{3}$, kus 3 on supordisse kinnitatud

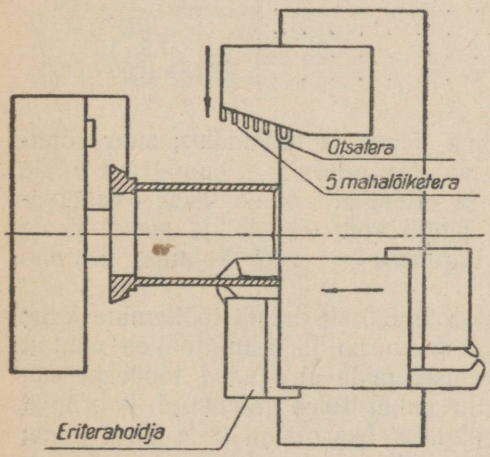
terade arv. Põhiaeg on esimesel juhul $t_{p_1} = \frac{l}{s \cdot n}$ ja teisel juhul $t_{p_2} = \frac{l}{3 \cdot s \cdot n}$, kus l on töödeldava pinna pikkus, n — spindli pöörete arv minutis, s — ettenihe mm/pöördele.

Näide: $l = 300$ mm, $s = 0{,}4$ mm/pöördele, $n = 150$ pööret/minutis. Esimesel juhul saame

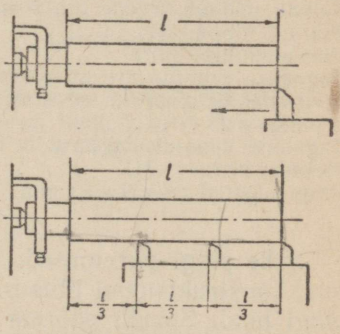
$$t_{p_1} = \frac{300}{0{,}4 \cdot 150} = 5 \text{ min.};$$

ja teisel juhul:

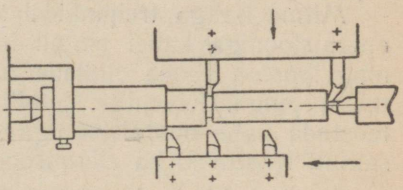
$$t_{p_2} = \frac{300}{3 \cdot 0{,}4 \cdot 150} = 1{,}67 \text{ min.}$$



Joon. 53. Kolvirõngaste ploki sise- ja väliskoorimise ja -silumise ning üksikuteks rõngasteks lõikamise skeem.



Joon. 54. Siledate võllide töötlemise skeemid tavalisel ja mitme teraga treipingil.



Joon. 55. Astmelise võlli töötlemise skeem mitme teraga treipingil.

Veel suuremat aja kokkuhoidu saame astmeliste võllide treimisel, sest samaaegselt kõikide astmete treimisega teostub tagumise supordi abil ka astmete otste treimine. Terade paigutus valitakse selline, et kõikide piirkondade töötlemine lõpeks samaaegselt (joon. 55). Sel juhul saame aja kokkuhoidu, võrreldes tavalisel treipingil töötamisega, nii

põhiajas kui ka abiajas. Põhiaeg väheneb terade tee pikkuse vähenemise arvel ja arvutatakse pikima piirkonna järgi; abiaeg väheneb selle tõttu, et pole terade vahetamise vajadust ja samuti ka supordi täiendavaid ümberpaigutusi.

Töötlemise meetodid tehase «Krasnõi Proletari» mitme teraga treipinkidel MT—30, mille tehniline iseloomustus on toodud tabelis 31.

Tabel 31.

Tehase «Krasnõi Proletari» mitme teraga treipingi MT-30 tehniline iseloomustus.

	Nr. 173 MT-30
Töödeldava eseme suurim läbimõõt mm	300
Suurim kaugus tsentrite vahel mm	355
Spindli kiiruste arv	12
Spindli pöörete arvude piirid minutis	25—314
Piki-ettenihete arv	8
Piki-ettenihete piirid	0,129—1,53 mm
Tagumise supordi risti-ettenihete arv	12
Risti-ettenihete piirid eesmise supordi 25 mm pikikäigu juures	2,06—112,2 mm
Tagumise supordi suurim käik mm	125
Mootori võimsus HJ	7,5—15
Pingi mõõted ($L \times H \times B$) mm	2065×1600×1450

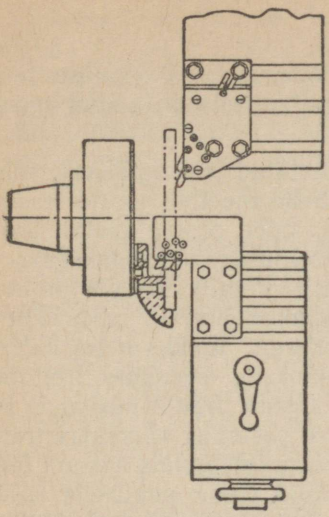
Selle pingi paremused: küllaldane jäikus ja töökindlus, suur võimsus, konstruktsiooni lihtsus, väike vajatav pindala ja suhteliselt väike pingi hind. Spindli pöörete arvu ja ettenihet muudetakse vahetushammasrataste abil. Vaadeldaval pingil võib olla tellija soovil peale kahe põhisupordi — eesmise ja tagumise — veel kolmas, ülemine suport.

Mitme teraga treipinkidel teostub tavaliselt detaili töötlemine kahe operatsiooniga kahel pingil: üks pink koorib ja teine töötleb puhtalt ning lõpetab nende pindade töötlemise, mida ei saadud töödelda esimesel pingil. Keerulise detaili kuju puhul tuleb mõnikord koorimist teostada kahe operatsiooniga — alguses üks ots ja selle järel teine; samuti teostuvad ka silumisoperatsioonid.

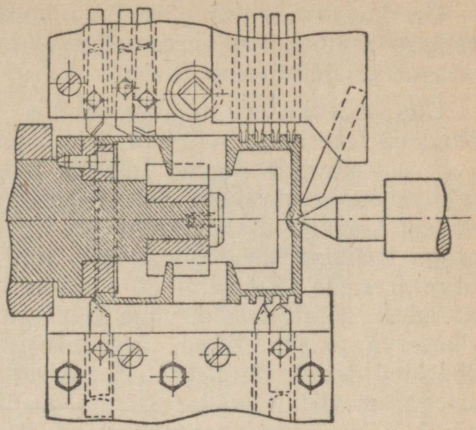
Joonisel 56 on kujutatud friktsioonketta sisetreimine ja otsa treimine (koorimise ja silumise operatsioonid on ühendatud).

Joonisel 57 on toodud traktori CT3 ja XT3 kolvi treimine tehase «Krasnõi Proletari» treipingil MT-30 nr. 173. Treimist teostatakse eesmise supordi kolme teraga ja tagumise supordi 8 teraga.

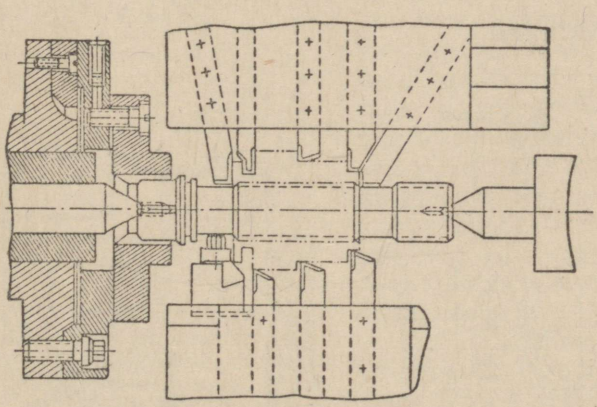
Ühe- ja mitmeastmeliste hammasrataste treimist nuut-tornidel (joon. 58) teostatakse sagedasti kirjeldatud pinkidel auto-traktoritööstuses, tööpinkide tööstuses ja teistes masinaehituse harudes.



Joon. 56. Mitme teraga treipingi häälestamise skeem friktsioonketta töötlemiseks (koorimise ja silumise operatsioonid on ühendatud).



Joon 57. Mitme teraga treipingi häälestamise skeem traktori kolvi lõplikuks treimiseks.



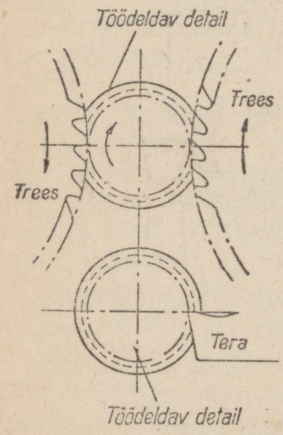
Joon 58. Mitme teraga pingi häälestamine mitmeastmelise hammasratta treimiseks.

Rotomill.

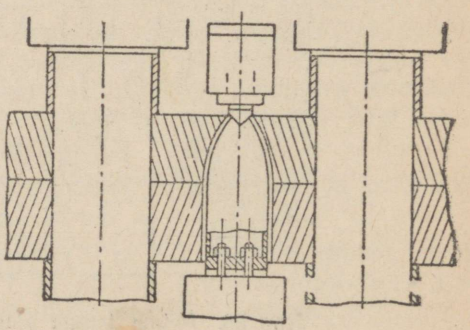
On konstrueeritud pink pöördkehade töötlemiseks freesimise teel treimise asemel, kusjuures selle meetodi kasutamisel on saadud märgatavat produktiivsuse tõusu.

Uus pöördkehade töötlemise viis on nimetatud «rotomilliks», mis tähendab freesimist pöörleva detaili juures. Selle meetodi juures kasutatakse treiterade asemel freeside komplekti, mille profiil vastab töödeldava eseme profiilile. Sellise asendamise tulemusena töödeldakse freesimisel korraga detaili kogu profiil erinevalt detaili ühe või mitme teraga treimise teel töötlemisest. Siin asendatakse üks või mitu lõikeserva freeside komplekti 50—150-ne lõikeservaga; igaüks neist lõikeservadest võtab laastu väga lühikese aja jooksul, võrreldes treitera lõikeserva pideva tööga, mis märgatavalt tõstab freesi püsivust ja töödeldud detaili täpsust. Uuel meetodil on see paremus võrreldes treimisega, et detaili välise läbimõõdu töötlusvaru ebaühtlus (joon. 59) mõjub vähe freesi vastupidavusele ja töödeldud pinna puhtusele, sest ta mõjutab ainult laastu pikkust samal ajal, kui töötlusvaru ebaühtlus suurendab üsna tugevasti treipingi (või mõne muu pingi) tera lõikeserva koormust, mis viib pingi ülekoormamisele, põhjustab pingi detailide liigset kulumist ja töödeldud pinna kvaliteedi alanemist.

Detaili töötlevad freesid konstrueeritakse ja asetatakse kahele spindlile selliselt, et lõikesurve jaguneks ühtlaselt, ei lubaks detaili läbipaindumist ja pingi laagrite ülekoormamist.



Joon. 59. Töötlusvaru ebaühtluse mõju teraga ja freesiga töötlemisel.



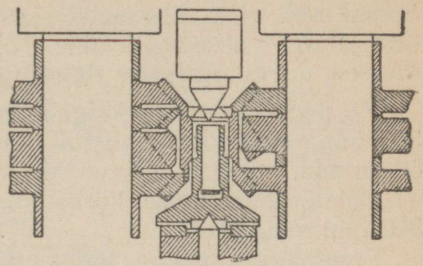
Joon. 60. Detaili töötlemine kahe ühesuguse profiiliga freeside komplektiga.

Sellisel meetodil saab töödelda võlle, hammasrattaid, hülsse ja teisi detaile.

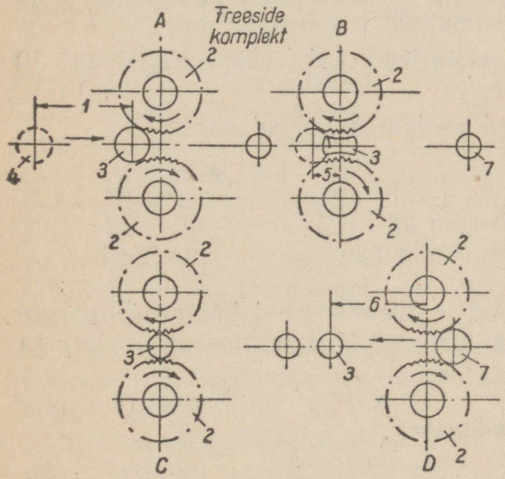
Joonisel 60 on toodud detaili freesimine, mille lihtsa kuju tõttu kasutatakse kahte ühesuguse profiiliga freeside komplekti. See võimaldab töödelda detaili tema pöördumisel 185° võrra, mille juures iga freeside komplekt töötleb poole detaili pinnast.

Joonisel 61 toodud detaili töödeldakse kahe erineva profiiliga freeside komplektiga, mille tõttu on vajalik detaili pöördumine 365—370° võrra.

5° või 10° juurdelisamine nurkadele 180° ja 360° on vajalik freesimise alguse ülekatmiseks. Rotomilli-meetodil töötlemist teostatakse eripinkidel, mille töölaud omab edasi-tagasi liikumist. Selle



Joon. 61. Detaili töötlemine kahe erineva profiiliga freeside komplektiga.



Joon. 62. Detaili töötlemise skeem rotomillimeetodil. 1 — detaili kiire lähendamine pöörlevatele freesidele; 2 — freeside komplekt; 3 — töödeldav detail; 4 — esimese detaili ülesseadmise ja kinnitamise koht; 5 — töölaua ettenihe ja freesimise algus; 6 — esimese detaili kiire eemaldamine ja teise detaili samaaegne kiire lähendamine freesidele; 7 — teise detaili pinki ülesseadmise ja kinnitamise koht.

laua otstele on paigutatud kaks vertikaalset spindlit töödeldavate detailide pinki ülesseadmiseks ja kinnitamiseks. Pingi keskel, mõlemal pool lauda, on kaks vertikaalset spindlit freeside komplektide kinnitamiseks. Need spindlid on laua liikumise suunaga risti-asuvas tasapinnas ümberpaigutatavad, mis on vajalik nii pingi ümberkorrastamiseks uue detaili töötlemisele üleminekul kui ka teritamisel mahavõetava metalli kompenseerimiseks. Kõikide spindlite pöörlemine ja töölaua liikumine teostub individuaalmootorite abil.

Detaili töötlemine toimub joonisel 62 kujutatud skeemi järgi. Pärast detaili ülesseadmist ja kinnitamist lähendab töölaud selle kiire liikumisega pöörlevatele freesidele. Kauguse 5 läbib laud aeglaselt

ettenihke kiirusega, mille jooksul freesitake detaili, mis ei pöörle. Pärast seda, kui detaili telg on jõudnud freeside tsentreid ühendava jooneni, laud peatub, detail hakkab pöörlema ja pöördub 185° või 370° võrra vastavalt freeside profiilile. Freesimine lõpeb detaili pöördumise lõppemisega, mille järel esimene detail viiakse algasendisse. Samal ajal pinki ülesseatud ja kinnitatud detail lähendatakse freesidele ja algab selle töötlemine. Töödeldud detail võetakse maha ja asendatakse uuega järgmise detaili töötlemise ajal.

Freeside läbimõõt kõigub olenevalt detailide kujust 200 kuni 300 mm; selle juures on lõikekiirus 50 pöörde puhul minutis kuni 50 m/min.

Detaili pöördumise kiirus (õieti öeldult — ettenihe) tõuseb kuni 500 mm/min.

Freeside teritamine toimub umbes 1500—2000 detaili töötlemise järel detaili pöördumisel 370° võrra ja pärast 3000—4000 detaili töötlemist detaili pöördumisel 185° võrra. Freeside teritamist saab teostada umbes 20 korda vahetatavate hammastega freeside juures ja kuni 5 korda tervikfreeside juures. Teritamiste arv oleneb muidugi freesi materjalist ja termilisest töötlemisest, töödeldava detaili materjalist ja teistest tegureist. Jahutatakse intensiivselt.

Senini valmistatakse selleks otstarbeks kaks tüüpi pinke: nr. 10 ja nr. 24.

Töödeldavate detailide mõõted seejuures võivad olla:

	nr. 10	nr. 24
töödeldava detaili läbimõõt mm	25—153	50—254
detaili pikkus mm	kuni 254	kuni 610

Rotomilli töötlemise meetod on võrdlemisi produktiivne ja garanteerib seejuures suurt töötlemise täpsust väga mitmesuguse kujuga detailide juures.

Roto-šeeving.

Roto-šeeving on uus silindriliste, kooniliste ja tasapindade viimistlemise protsess. Lõikeriistaks on šeever — ketasfreesiga sarnanev ja peente hammastega varustatud (hambasamm umbes 3 mm) ketas.

Roto-šeevingprotsessiks tuleb jätta töötlusvaru mitte üle 0,25 mm silindriliste detailide raadiuse kohta ja mitte üle 0,38 mm tasapinna juures.

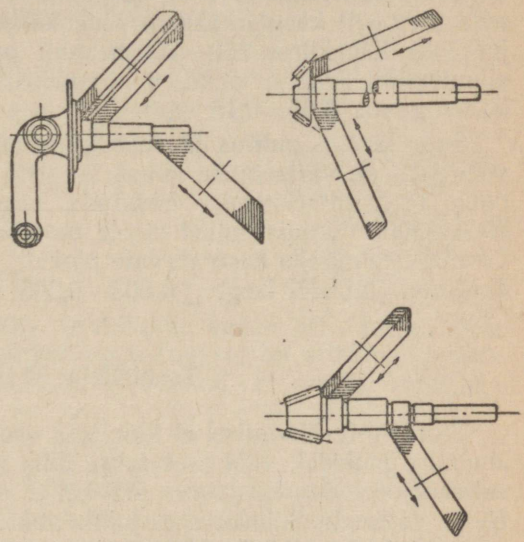
Saadav pinna täpsus ja puhtus roto-šeevingprotsessi teostamisel on võrreldav lihvimisel saadava täpsusega ja puhtusega.

Roto-šeevingprotsessi produktiivsus on umbes 3 korda lihvimise produktiivsusest suurem. Seda saavutatakse põhiaja (tehnoloogilise aja), samuti ka abiaja vähenemise arvel, sest šeeveri püsivus on lihvimiskäia püsivusest suurem, viimast aga tuleb sagedasti teemandiga õgvendada; peale selle tuleb lihvimisel sagedasti detaili mõõta. Arvestades töötlemise aja lühenemist ja šeeverite ning lihvimiskäiade võrdlevat hinda, samuti aga ka seadmestiku amortisatsiooni, tuleb lugeda, et šeevingprotsess tuleb lihvimisest kuni 60% odavam.

Šeeveri püsivus kahe teritamise vahel küünib kuni 4000 detaili töötlemiseni; täpsemalt öeldes, detailide arv, mida saab töödelda šeever kahe teritamise vahel, oleneb terase sordist ja kvaliteedist, millest šeever on valmistatud, tema termilisest töötlemisest, töötlusvaru suurusest detailil, detaili materjalist ja teistest teguritest.

Töödeldava pinna jahutamine šeevingprotsessi teostamisel soodustab õhukese laastu tekkimist, mis keerdub spiraalseteks torukesteks.

Joonisel 63 on toodud detailide roto-šeeveritega töötlemise skeemid.



Joon. 63. Detailide roto-šeeveritega töötlemise skeemid.

Detailid kinnitatakse pingi tsentrite vahele ja pöörlevad aeglaselt. Šeeverid liiguvad peale pöörlemise ka radiaalsuunas — omavad radiaalset ettenihet.

Roto-šeevingprotsessi põhimiseks puuduseks, võrreldes lihvimisega, on karastatud pindade töötlemise võimatus. Valmistatakse kahte tüüpi pinke: horisontaalseid — detailide töötlemiseks läbimõõduga kuni 100 mm ja pikkusega kuni 600 mm ja vertikaalseid nelja spindliga — detailidele läbimõõduga kuni 100 mm ja pikkusega kuni 250 mm.

Vertikaalpinkidel on pööratavad spindelpead, kusjuures spindlid asuvad tema neljal küljel, mis võimaldab töödelda nelja ühesugust detaili korraga. Detailide töötlemise aeg horisontaalsetel pinkidel on 6 kuni 30 sekundit. Vertikaalsetel pinkidel töödeldakse 28 sekundi jooksul neli detaili, mis teeb ühe detaili kohta 7 sekundit.

Teemanttreimine.

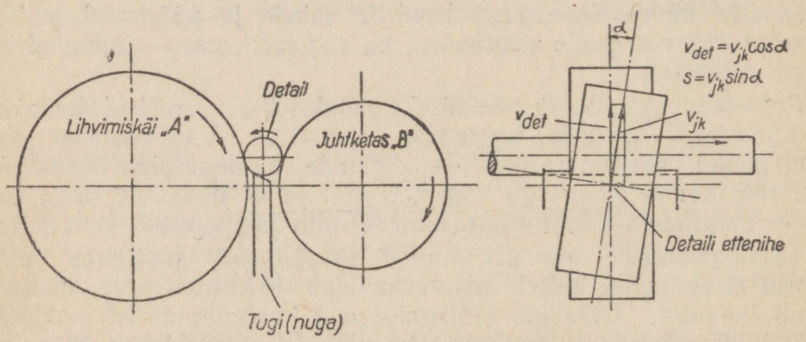
Teemanttreimist kasutatakse peamiselt värvilistest metallidest detailide puhastöötlemiseks (pronkspuksid, alumiiniumkolvid jne.), kuna nende metallide lihvimine on palju raskem kui terase või malmi lihvimine. Teemantide kalliduse tõttu kasutatakse eduga ka kõvasulamitest terasid. Lihvimine, eriti tsentriteta lihvimine jääb siiski peamiseks pinna viimistlemise viisiks ega kaota oma tähtsust. Teemanttreimine säilitas oma nime ka teemandi asendamisel kõvasulamitega ja seda metoodit kasutatakse samade lõikerežiimidega, nagu teemanttera juureski: lõikekiirus 200—300 m/min. pronksi juures ja 1000 mm/min. alumiiniumi juures, väikesed ettenihked — 0,03—0,1 mm/pöördele ja lõikesügavus 0,05—0,15 mm.

Suur täpsus, puhtus ja suur kiirus esitavad suuri nõudmisi pingile selle jäikuse, värisemiskindluse, laagrite mängu suhtes. Seoses sellega tuleb teemanttreimiseks kasutada eripinke spindli pöörete arvuga 2000—3000 minutis, millel ei ole mootorilt pingile hammas-ülekandeid. Teemanttreimiseks kasutatavate pinkide täpsus peab olema $\pm$0,01 mm, üksikutel juhtudel isegi $\pm$0,003—0,005 mm.

Tsentriteta lihvimine.

Tsentriteta lihvimisel ei kinnitata eset tsentrite vahele, nagu ümarlihvimise pinkidel, vaid asetatakse ilma igasuguse kinnituseta kahe käia vahele (joon. 64), kusjuures üks käi *A* on lihvivaks käiaks ja teine — *B* — vedavaks käiaks ehk juhtkettaks, mis pöörab eset, mõnikord annab talle ka pikiliikumise.

Tsentriteta lihvimise pingil lihvitakse silindrilise, koonilise või profiilse pinnaga esemeid. Tsentriteta lihvimist võib teostada mitmel vii-



Joon. 64. Tsentriteta lihvimise pingi töötamise skeem.

sil: 1) läbiva ettenihkega lihvimine, 2) lihvimitõkestajani ja 3) risti-ettenihkega lihvimine. Läbiva ettenihkega lihvimist kasutatakse pukside, kolbide, kolvisõrmede, käigukruvide ja käiguvõllide töötlemisel. Sel juhul töödeldav detail antakse pinki ühelt poolt ja lahkub pingist teiselt poolt. Lihvimist tõkestajani kasutatakse seliste detailide juures, millel on astmed. Risti-ettenihkega lihvimine teostatakse reguleeriva käia risti-ettenihkega ja kasutatakse peamiselt profiilsete detailide töötlemisel.

Tsentriteta lihvimise pingid, mida valmistavad Tuula tehas ja tehas «Komsomolets», on järgmise tehnilise iseloomustusega:

lihvitavate detailide läbimõõt	3—75 mm
lihvimiskäia läbimõõt	500 „
vedava käia läbimõõt	300 „
lihvimiskäia pöörete arv	1255 pööret/min.
vedava käia pöörete arv	12 kuni 298 pööret/min.
mootorite võimsus	10,5—0,5 kW
lihvimiskäia pöörlemise kiirus	30 m/sek.

Läbiva ettenihke teostamiseks asetatakse vedav käi nurga alla $\alpha = 1° - 6°$. Mida suurem on nurk α, seda suurem on ettenihe ja seda väiksem lihvimise puhtus. Jooniselt 64 nähtub, et eseme ettenihke suurus

$$s = v_{jk} \cdot \sin \alpha ;$$

kus v_{jk} on vedava käia kiirus. Ettenihke tegeliku suuruse leidmiseks on tarvis valemisse asetada täiendustegur piirides 0,92—0,97, mis arvestab libisemist olenevalt vedava käia pöördenurgast vastavalt tabelis 32 toodud suurustele.

Tabel 32.

Parandus libisemisele.

Vedava käia pöördenurk kraadides	Parandus libisemisele %%
1,5	3,0
2,0	3,5
2,5	4,0
3,0	5,0
4,0	6,0
5,0	7,0
6,0	8,0

Risti-ettenihke-meetodil lihvimisel teostab ettenihet vedav käi lihvimiskäia suunas ja ta asetseb viimasele rööbiti. Ettenihke suuruseks on 0,003 kuni 0,02 mm/pöördele.

Tsentriteta lihvimise pinkidel on järgmised paremused võrreldes tavaliste ümarlihvimise pinkidega: 1) ei ole vajalik esemeid tsentreerida, mille tõttu võib vähendada lihvimiseks jäetavat töötlusvaru; 2) ei ole tarvis lünette pikkade esemete lihvimisel; 3) pingi töö lihtsuse tõttu ei tarvitse töölise kvalifikatsioon olla kõrge; 4) pingid on suurema produktiivsusega; viimane asjaolu on nende pinkide põhiliseks paremuseks. Paremuste kõrval on aga tsentriteta lihvimisel ka puudusi, mis piiravad tema kasutamist.

Märgime ära olulisemad puudused: 1) pingi häälestamine ja reguleerimine nõuab pikemat aega, mis ennast tasub ainult suurema arvu detailide juures partiis;

2) õõnsate esemete juures ei ole võimalik saavutada välise silindrilise pinna täpset kontsentrilisust sisemise pinnaga;

3) astmelistel võllidel ei ole võimalik tsentriteta lihvimise pinkidel lihvida iga astet eraldi, kuna selliselt ei ole võimalik saavutada kontsentrilisust. Kaheastmelisi võlle võib lihvida ühekorraga, kui on kahe läbimõõduga käiad ja hoitakse täpselt läbimõõtude vahet. Selline lihvimine on mõeldav ainult suurseerialises ja massilises tootmises.

Tsentriteta lihvimise pinkidel võib läbiva ettenihke juures töötlemise täpsus tõusta kuni 0,003—0,005 mm.

Lihvimiseks jäetav töötlusvaru oleneb eseme läbimõõdust ja pikkusest, samuti aga ka sellest, kas lihvitakse karastatud või karastamata eset, sest karastamisel tekkivad deformatsioonid sunnivad jätma suuremaid töötlusvarusid, kui see oleks vajalik karastamata esemete juures (vt. tabelid 13 ja 14).

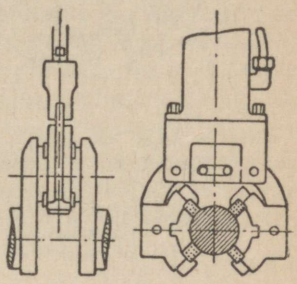
Näiteks on 25 mm läbimõõduga ja 75 mm pikkusega karastamata eseme juures töötlusvaru 0,2—0,3 mm ja karastatud eseme puhul 0,23 ja 0,33 mm. Sama läbimõõdu ja 575 mm pikkuse juures on töötlusvaru karastamata eseme puhul 0,25—0,35 mm ja karastatud eseme puhul 0 35—0,45 mm. Selle näite juures on näha läbimõõdu ja pikkuse ning termilise töötlemise mõju töötlusvarule. Töötlusvarule mõjub ka eelnenud töötlemise puhtus ja täpsus. Vedava käia pöördenurk oleneb töödeldava eseme läbimõõdust ja pikkusest, samuti ka nõutavast töötlemise puhtusest. Läbimõõtudele kuni 20 mm on käia pöördenurk 4°—6°, läbimõõtudele 20—50 mm on see nurk 2,5° kuni 4°, peenlihvimisel käia pöördenurk väheneb 1°—1,5°-ni, samuti väheneb käia pöördenurk ka lühikeste esemete juures.

Lihvimissügavus on jämelihvimise käikudel 0,05—0,15 mm ja peenlihvimise käikudel 0,01—0,03 mm. Eseme ettenihe kõigub piirides 1000—4000 mm/min.

Soveldamine ja poleerimine.

Soveldamist kasutatakse eelnevalt lihvitud detailide lõplikuks viimistlemiseks. Soveldamist teostatakse töödeldava pinna väiksemategi ebatasasuste silumise teel.

Individuaaltootmises ja autoremondi-töökodades kasutatakse soveldamise asemel poleerimist lihtsatel treipinkidel poleerimisklotside või smirgelpaberi abil. Suurseerialisel ja massilisel tootmisel teostatakse soveldamist eripinkidel. On näiteks pinke väntvõlli kõikide kaelte samaaegseks soveldamiseks ja poleerimiseks. Igą üksiku kaela soveldamiseks on sellisel pingil erilised liigend-hoovad, mille otstel asuvad kaks poollaagrit, mis on varustatud 4—6 luisuga (joon. 65). Peale pöörlemisliikumise antakse võllile veel sirgjooneline liikumine, mille käiguks on 2—3 mm.



Joon. 65. Väntvõlli kaelte soveldamiseks kasutatav pea.

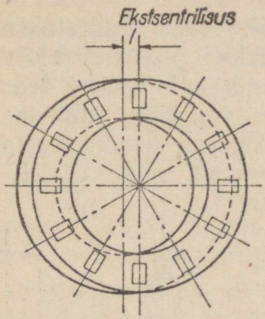
Töötlemisel niisutatakse võlli kaelu petrooleumiga.

Pärast 2—3-minutilist töötlemist on võlli kaelad soveldatud ja pink peatub automaatselt, soveldid avanevad ja tõusevad üles. Sel ajal võetakse töödeldud võll pingist ära ja asendatakse uuega. Sellist soveldusviisi nimetatakse hooning-protsessiks. Smirgelluiske võib asendada malmsovelditeg, mida niisutatakse õliga, millesse on segatud lihvimispulbrit teralisusega 200—240. Sellist soveldusviisi nimetatakse laping-protsessiks. Asendades smirgelluisud või metallsoveldid peene smirgelriidega, saame poleerimisprotsessi samal pingil, mis annab võllikaelale tugeva läike. Smirgelriie vahetub automaatselt kahe rulli kaasabil, teda keritakse ühelt rullilt teisele. Samu peenviimistlemise meetodeid võib kasutada ka spindlite töötlemisel, asendades eripingid selleks kohaldatud treipinkidega.

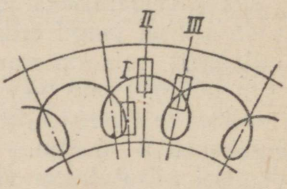
Võllikaelte eriti kõrge puhtuse nõude puhul kasutatakse peale kirjeldatud protsesside veel pehmete viltketastega poleerimist, millele on puistatud smirgeltolmu.

Tuleb märkida, et lühikeste silindriliste esemete (nagu kolvisõrmed) soveldamist ja poleerimist teostatakse eripingil, kus see toimub kahe malmist või smirgel- (harvemini) ketta vahel, mis asetsevad ekstsentriliselt (joon. 66) teineteise suhtes. Viimane asjaolu loob ketaste või ainult alumise ketta pöörlemisel liugumis- ja veereliikumise. Nii toimub soveldamine ketaste pöörlemisel joonisel 67 kujutatud kõverat mööda (I, II ja III märgivad eseme asendit ülemise ketta suhtes). Esemed asetatakse

erilisse pidemesse, mis asub ketaste vahel. Malmketaste puhul teostub poleerimine smirgeltolmu sisaldava õli abil, smirgelketaste puhul kasutatakse ainult jahutamist. Pingi töötlemise täpsus on 0,002—0,003 mm. Töötlusvaru jäetakse poleerimiseks 0,004—0,020 mm.



Joon. 66. Lühikeste silindriliste esemete poleerimiseks kasutatava pingi ketaste ekstsentrilisus.



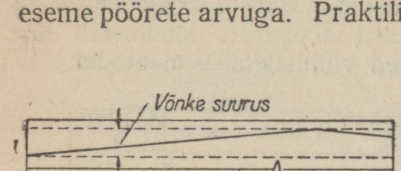
Joon. 67. Eseme liikumine lühikeste silindriliste esemete poleerimise pingil.

Superfiniš.

«Superfiniš» on tasa-, ümar-, kumer-, nõgus-, sise-, välis- ja teiste pindade eriti puhta viimistlemise uus meetod, mida kasutatakse praegu autotööstuses ja millel on suuri väljavaateid levida ka teistes tööstusharudes.

Esimesel pilgul on superfiniš-meetodil palju ühist hooning-meetodiga, tegelikult aga esinevad suured erinevused: hooning-protsessi jooksul toimub märgatav eseme mõõdete muutumine (umbes mõni sajandik millimeetrist), mis teeb vajalikuks kasutada luiskude suurendatud survet. Hooning-protsessi juures kõigub lõikekiirus 50 kuni 200 m/min., kasutatav surve on 3,5 kuni 15 kg/cm², mis põhjustab pinna soojenemist 50 kuni 150°-ni, vaatamata vastavale jahutusele. Viimane asjaolu põhjustab töödeldud pinna pehmenemist, tekivad mikroskoopilised töötlemisjäljed tippude kõrgusega 0,01 kuni 0,0001 mm. Ainult kahe liikumise — pöörlemis- ja pikiliikumise — tõttu on töödeldud pind kaetud nagu võrguga. Superfiniš-protsessi juures on kolm või rohkem liikumisi, mis teostavad nn. mitte-korduva jälje põhimõtet, see tähendab, et lihvimismaterjali tera ei korda oma esialgset teekonda pinnal. Superfiniš-protsessi juures on esemel võnkuv liikumine, mille amplituud on 1,5 kuni 25 mm ja võngete arv minutis — 200 kuni 1000.

Joonisel 68 on toodud lihvimismaterjali terakeste teekondade skeemid esimese (I), teise (II), kolmanda (III) ja neljanda (IV) pöörde juures. Skeemist nähtub, et lihvimismaterjali tera ei liigu kahte korda sama teed ja iga uue pöörde juures liigub uuel trajektooril, kindlustades selliselt töötlemisjälgede tippude mahavõtmist ilma uute süvendite tekkimiseta. Luiskude kaksikvõnkumiste arv peab olema kindlas vahekorras eseme pöörete arvuga. Praktilised andmed on toodud tabelis 33, milledest nähtub, et kaksikvõngete arvu suhe pöörete arvuga minutis on murdarv või segamurd. Superfiniši juures kasutatakse üsna väikest lõikekiirust võrreldes hooning-protsessiga; lihvimisriista suhteline kiirus kõigub 1 kuni 2,5 m/min., kusjuures tema surve töödeldud pinnale on väike (kuni 2,5 kg/cm²). Selle tõttu pind ei soojene (t=1°—2°C) ja töötlemisjälgede tippude kõrgus kujuneb 5—10 korda väiksemaks võrreldes hooning-protsessiga. Niipalju kui see on võimalik, hävitab superfiniš kõik eelnenud töötlemisest pinnale jäänud kriipsud.



Joon. 68. Lihvimismaterjali terade teekondade skeemid pöörleva eseme pinnal.

Tabel 33.

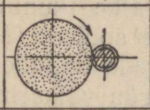
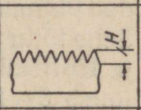
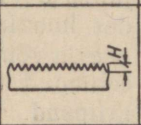
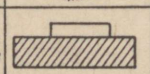
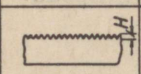
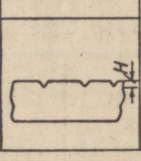
Võngete arvu ja eseme pöörete arvu suhe superfiniš-meetodil töötlemisel.

Detaili nimetus	Pöörete arv minutis	Kaksikvõnkumiste arv minutis	Kaksikvõnkumiste arvu suhe pöörete arvuga min.
Jaotusvõll	22	230	10,45
Kolb	460	240	0,45
Väntvõll	135	450	3,33
Hooratas	175	900	5,14
Piduri trummel	150	550	3,66

Sellisel meetodil töödeldud pinnad on minimaalse kulumisega.

Joonisel 69 on toodud võrdlevad andmed pinna kvaliteedi kohta (töötlemisjälgede tippude kõrgused) vastavalt kasutatavale lõikekiirusele, survele ja soojenemise temperatuurile. Suhteliselt väikesed surved ja lõikekiirused kindlustavad töödeldud pinna madala temperatuuri. Treimise juures tõuseb töödeldud pinna temperatuur 300—500°, lihvimisel on keskmine temperatuur samades piirides, paiklik temperatuur

võib aga tõusta 1000—1500°, s. t. terase sulamise temperatuurini (sädemete tekkimise momendil). Hooning-protsess ja soveldamine soojendavad palju vähem. Superfiniš-protsessi juures pinna temperatuur peaaegu ei tõuse. Nagu teada, temperatuuri tõus 400—500°-ni pehmendab metalli pinnakihti, kutsudes esile paiklikke pragusid, rebendeid ja põletisi töödeldud pinnal, nagu see sageli esineb lihvimisel. Selle tõttu, et superfiniš-protsessi juures ei esine väikeste lõikekiiruste ja survete tõttu töödeldud pinna temperatuuri tõusmist, kindlustab see meetod pinna puhtust paremini, kui teised viimistlemise meetodid.

	Töötlemise meetod	Lõikamise temperatuur	Pinna kvaliteet	Töötlemisjälje kõrgus H µ	Kiirus m/min	Surve kg	Temperatuur °C
Treimine		330 – 550		1,3 – 13,0	15 – 150	45 – 450	300 – 500
Lihvimine		330 – 440		0,9 – 5,0	15 – 30	10 – 100	300 – 500
Hooning-protsess		55 – 165		0,13 – 1,3	120 – 300	20 – 100	50 – 150
Laping-protsess		6 – 55		0,08 – 0,25	6 – 30	0,5 – 25	5 – 50
Super-finiš		–		0,02 – 0,25	1,0 – 2,5	0,5 – 5,0	Normaalne

Joon. 69. Mitmesuguste pinna puhastöötlemise viiside võrdlevad andmed.

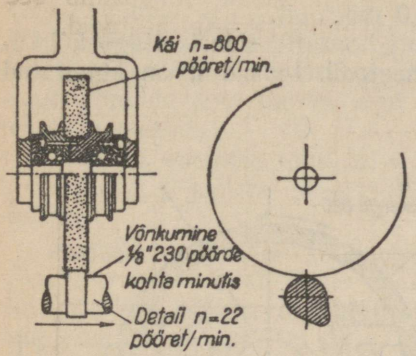
Jahutusvedelikul on superfiniši juures peale otsese jahutamise veel määriv toime, mis on puhta pinna saamise üsna oluliseks teguriks. Tavaliselt kasutatakse petrooleumi ja õli segu. Lihvimismaterjali teralisus on 150 kuni 600.

Pindade lihvimiseks kasutatav superfiniš-protsess ei põhjusta märgatavat mõõdete muutumist, kuna see küünib ainult 5—7 mikronini. Superfiniš-meetodil töödeldakse käesoleval ajal selliseid detaile, nagu kolvid, kolvisõrmed, klapisäärad, klapi tõukurite pead, piduri trumlid ja klotsid, väntvõllid, hoorattad, jaotusvõllid jne.

Jaotusvõllide töötlemist teostatakse vastaval eripingil lihvimiskäiade abil, mis saavad liikumise kiilrihmade kaudu. Pärast jaotusvõlli pinki

ülesseadmist lastakse lihvimiskäiad ülevalt alla ja nad suruvad endid vastu jaotusvõlli nukke oma raskuse mõjul.

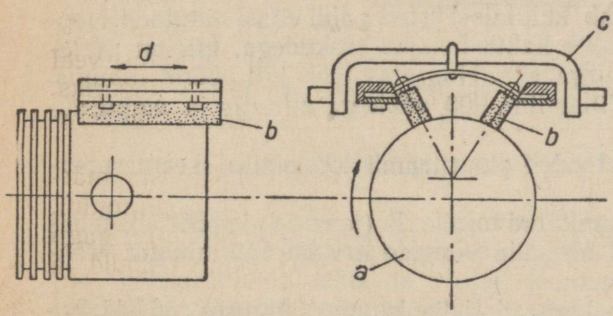
Jaotusvõllile antakse väike pöörete arv — 22 pööret minutis — ja ta pöörleb alguses mõni sekund ühes suunas ja siis mõni sekund teises suunas. Lihvimiskäi pöörleb jaotusvõllile vastupidises suunas, muutes samuti vastavalt oma suunda. Lihvimiskäia pöörete arv on 800 pööret minutis. Jaotusvõllile antakse veel teljesuunaline võnkeliikumine amplituudiga umbes 3 mm ja võngete arvuga 230 minutis. Joonisel 70 on näidatud selle pingi lihvimiskäia kinnitusviis. Nukkide töötlemise aeg on 20 kuni 30 sekundit. Selline töötlemise vältus on superfiniš-protsessile iseloomulik.



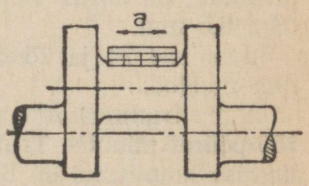
Joon. 70. Jaotusvõlli nukkide töötlemise eripingi lihvimiskäia kinnitusviis.

Joonisel 71 on toodud alumiiniumkolvi töötlemise skeem superfinišmeetodil. Pink töötleb samaaegselt kuut kolvi, mis pöörlevad rullikestel pöörete arvuga 450 minutis. Luisud *b* on kinnitatud õhukesest terasest valmistatud nõrgale vedrule, mis omakorda on kinnitatud hoidja *c* külge. Hoidja *c* saab õõtsmehhanismilt edasi-tagasi võnkeliikumise noole *d* suunas, amplituudiga 5 mm ja võnkesagedusega 240 võnget minutis. Töötlemise lõppemisel lükatakse kolb automaatselt pingist välja ja tema asemele asetatakse uus. Jahutusvedelik antakse kolvile ülevalt toru kaudu. Kolvi töötlemise aeg on 10 sekundit; kolvi pinnale jäävate töötlemisjälgede kõrgus ei ületa 0,015 mikronit.

Väntvõlli töötlemine superfiniš-meetodil on skemaatiliselt kujundatud joonisel 72. Luisud on kinnitatud samuti, nagu kolbide töötlemise



Joon. 71. Alumiiniumkolvi töötlemise skeem superfiniš-meetodil.

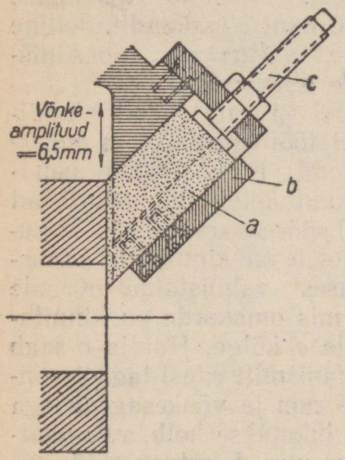


Joon. 72. Väntvõlli töötlemise skeem superfiniš-meetodil.

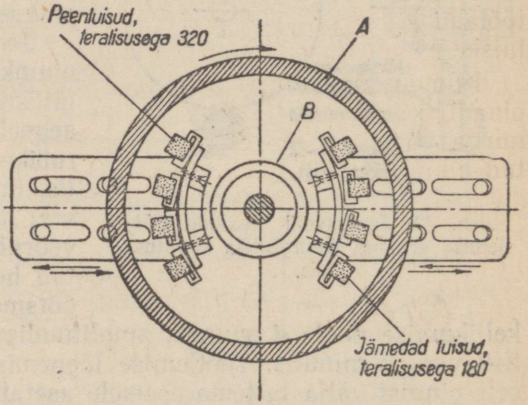
juures, vedruga hoidjasse ja teevad 450 kaksikvõnget minutis amplituudiga 5 mm noolega *a* näidatud suunas. Väntvõllile antakse 135 pööret minutis.

Luiskudele juhitakse määret katkestamatult. Väntvõlli töötlemise ajaks on 20 sekundit. Kõikide vända- ja võllikaelte töötlemine toimub korraga. Töötlemisjälgede tippude kõrgus pärast superfiniš-protsessi ei ületa 0,15—0,20 mikronit, samal ajal, kui pärast lihvimist jäävate töötlemisjälgede tippude kõrgus on 0,9—1,0 mikronit.

Joonisel 73 on näidatud automootori hooratta sidurikettaga kokkupuutuva külje töötlemine superfiniš-meetodil. Luisud *a* on kinnitatud



Joon. 73. Automootori hooratta külje töötlemise skeem superfiniš-meetodil.



Joon. 74. Piduritrumli töötlemise skeem superfiniš-meetodil.

hoidjasse *b*, milles neid saab kulumisel kruvi *c* abil edasi nihutada. Hooratta töötlemiseks kasutatakse kahte hoidjat luiskudega, mis on asetatud teineteise suhtes 90° nurga alla. Hooratas teeb 175 pööret minutis, luiskudel on antud võnkeliikumine 900 võnkega minutis ja amplituudiga 6,5 mm.

Joonistel 74 ja 75 on toodud piduritrumli töötlemise skeem superfiniš-meetodil.

Piduritrummel *A* on kinnitatud tornile *B* (joon. 74) ja pöörleb, tehes 150 pööret minutis. Trumli üles-alla võngete arv on 550 minutis. Võnkumise amplituud on 6,5 mm.

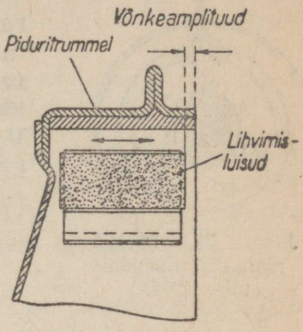
Klotsid koos luiskudega liiguvad radiaalsuunas. Alguses töödeldakse trumli pinda jämedate luiskudega (teralisus 180), selle järel peenluiskudega (teralisus 320). Trumli töötlemise aeg on 10 sekundit.

Joonisel 76 on toodud suport koos luiskudehoidjaga *A*, mis seatakse üles lihvimispuki asemele universaal-lihvimispingile tüüp 313. Töödeldav ese asetatakse pingi tsentrite vahele või kolme nukiga padrunisse. Luisud saavad liikumise hüdrauliliselt padrunilt *B*, mis teljel *D* pöörduva hoova *C* ja liigendi *E* abil annab edasi-tagasiliikumise edasi luiskudehoidjale *A*, mis võngub piki töödeldava eseme telge ja on vedru *F* surve all.

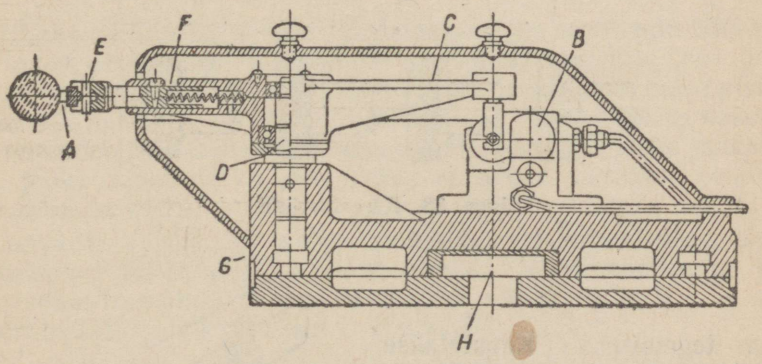
Luiskude võnkeamplituud on 8 mm. Hüdraulilise padruni kasutamise tõttu võib luiskude võngete arv tõusta kuni 1000 kaksikvõnkeni minutis.

Pikkade esemete töötlemise juures liigub töölaud koos sellele asetatud esemega piki luiske.

Kooniliste pindade töötlemist teostatakse plaadi *G* pööramisel sõrme *H* ümber vastava nurga võrra, kusjuures hoidjasse on kinnitatud ainult üks luisk.



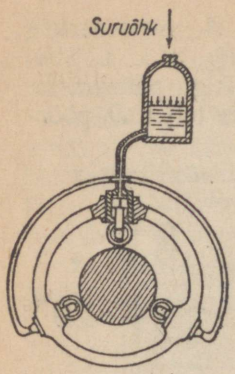
Joon. 75. Piduritrumli kinnitusviis tema töötlemisel superfiniš-meetodil.



Joon. 76. Pingi suport superfiniš-meetodil töötlemiseks.

Metalli pinnakihi tihendamine.

Detailide kulumiskindluse tõstmise üheks meetodiks on praegu kasutatav metalli pinnakihi tihendamise meetod. Selleks otstarbeks konstrueeritud hüdrauliline rakis on toodud joonisel 77. Teda saab kinnitada treipingile või mõnele muule pingile nagu harilikku lõikeriista. See rakis koosneb rõngast, millega on ühendatud kolm hüdraulilist silindrit, mille kolvikesed on otseselt ühendatud metalli pinnal rulluvate rullikestega.

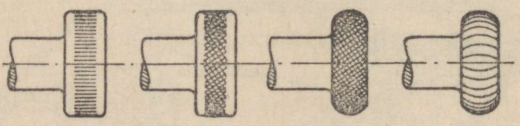


Joon. 77. Metalli pinnakihi tihendamise rakis.

Õliga täidetud silindrid on ühendatud suruõhu toruga. Suruõhk rõhub ühtlaselt kõikides silindrites olevale õlile, viimane kannab rõhumise kolvikeste kaudu üle rullikestele, mis tihendavadki metalli pinnakihti. Supordile kinnitatud rakis liigub piki detaili. Tsentrite vahele kinnitatud detail pöörleb aeglaselt ja teda niisutatakse selle juures õliga, mille tulemusena saadakse tihendatud metallikihi läikiv poleeritud pind. Vajalikku tihenemist saavutatakse kahe rullikeste käigu jooksul — vasakult paremale ja paremalt vasakule.

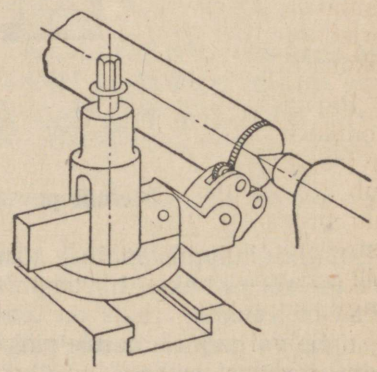
Karestamine.

Karestamiseks nimetatakse treipingil, revolverpingil või automaattreipingil karestusrullide abil pinna karedaks tegemist. Karestamist kasutatakse peamiselt mitmesuguste tööriistade käepidemete pinna karedaks tegemiseks. Kasutatakse sirget ja ristkarestust esemete silindrilistel ja poolümmargustel osadel (joon. 78).



Joon. 78. Karestusviisid.

Joonisel 79 on kujutatud võlli karestamine treipingil. Vastavasse hoidjasse on kinnitatud kaks rullikest, mis rulluvad töödeldaval pinnal ja suruvad sellele võrkmustri. Vastavalt rullikeste karestusraidele võib saada jämedat, keskmist või peent karestust.



Joon. 79. Võlli karestamine treipingil.

Karestamisel kasutatakse järgmisi ringkiirusi:

pehme terase juures	22—26 m/min.,
keskmise kõvadusega terase juures	15—18 „
pehme malmi juures	15 „
kõva malmi juures	11 „
pehme pronksi juures	50 „
kõva pronksi juures	30 „
messingi juures	45 „

Karestamisel peab ettenihe olema kahes suunas: radiaalselt ja telje suunas. Radiaalne ettenihe valitakse selliselt, et karestussügavus saavutatakse 3—7 käigu järel, teljesuunaline ettenihe on esemete juures läbimõõduga 10—25 mm — 1,0—1,5 mm/pöördele, suuremate läbimõõtude juures — 2,0—2,5 mm/pöördele.

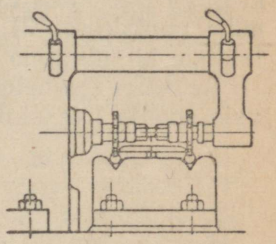
Rullikeste töötamise ajal on tarvis pinda õliga niisutada puhtama ja ühtlasema karestuse saamiseks.

Kiilunuutide valmistamise viisid.

Pikkade võllide kiilunuute töödeldakse üsna sageli piki-höövelpinkidel, kuna freespinkide töölaudade mõõted ei võimalda neid töödelda horisontaal-freespinkidel või soonte freesimise pinkidel; suuri piki-freespinke, mis harilikult on mitme spindliga, selleks otstarbeks kasutada ei ole majanduslikult otstarbekohane, soonte freesimise pinke pikkade esemete jaoks esineb harva selle tõttu, et nende täielikku koormamist saavutada on raske.

Lühikeste kiilunuutide valmistamine toimub mitmel viisil, olenevalt kasutatavast lõikeriistast ja nuudi kujust. Nende töötlemine teostub horisontaal-freespinkidel, või normaalse või ka erikonstruktsiooniga vertikaal-freespinkidel.

Parimaks kiilunuutide freesimise viisiks nii produktiivsuse kui kalibeerimise täpsuse poolest on freesimine ketasfreesidega. Selle juures toimub freesimine ühe freesikäiguga märgatavalt suurendatud ettenihetega, mis on lubamatud otsfreeside juures. Joonisel 80 on näidatud kahe võlli samaaegne freesimine horisontaal-freespingil, mille juures kasutatakse erirakist.

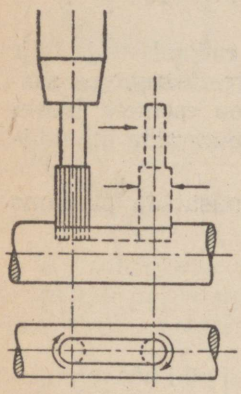


Joon. 80. Kahe võlli freesimine horisontaal-freespingil.

Kirjeldatud viisi kasutamist piirab kiilunuudi kuju: ühest või mõlemast otsast kinnisi kiilunuute, mille otsad on ümarad, ei saa töödelda

selle meetodiga; neid töödeldakse otsfreesidega ühe või mitme freesikäigu abil.

Ühe freesikäiguga freesimist teostatakse selliselt, et frees alguses lõikub materjalisse kiilunuudi täissügavuseni ja selle järel lülitatakse sisse piki-ettenihe, mille rakendamisel kiilunuut freesitakse välja kogu oma pikkuses (joon. 81). See freesimise viis vajab võimsat pinki, freesi tugevat kinnitamist ja rikkalikku jahutamist. Selle tulemusena, et frees töötab põhiliselt oma perifeeriaga, mille läbimõõt teritamisel veidi väheneb, saame olenevalt freesi teritamise arvust kiilunuudi ebatäpse laiuse.



Joon. 81. Kiilunuudi freesimine ühe freesikäiguga.

Täpse laiusega kiilunuutide saamiseks kasutatakse erilisi pendel-ettenihkega soonte freespinke, mis töötavad sabafreesidega (spiraalhammastega), millel on lõikeservad ka otsal. Antud viisi juures lõikub frees materjalisse 0,1—0,3 mm, freesib nuudi kogu tema pikkuses, lõikub samas ulatuses jälle materjalisse ja freesib nuuti jälle kogu pikkuses, ainult vastupidise suunalise ettenihkega. Siit ongi antud töötlemisviisi ettenihe saanud nimetuse «pendel-ettenihe».

See kiilunuutide freesimise viis on asendamatu seerialises ja massilises tootmises, kuna ta annab täiesti täpse kiilunuudi, mis kindlustab teatud tolerantsiga valmistatud kiilude asendatavust. Peale selle on freesi iga suurem, sest tal kulub mitte perifeerne osa, vaid ots. Selle viisi negatiivseks küljeks on töötlemisaja 1,5—2-kordne suurenemine, võrreldes ühe freesikäiguga freesimisega, ja 2—3-kordne suurenemine, võrreldes ketasfreesiga freesimisega. Siit järgneb: 1) pendel-ettenihke viisi tuleb kasutada ühest või mõlemast otsast kinnise kiilunuudi töötlemisel, siis kui tuleb silmas pidada asendatavuse põhimõtet; 2) ühe freesikäiguga freesimist tuleb kasutada siis, kui on lubatav kiilude sobitamine nuutidesse; 3) ketasfreesidega freesimist tuleb teostada otstest lahtiste kiilunuutide töötlemisel; viimane viis on produktiivseim.

Rasketes esemetes teostatakse kiilunuutide freesimist eriliste liikuvate soonte freespinkide abil.

Sügavpuurimine.

Sügavpuurimist kasutatakse peamiselt metalli lõiketöötlemise pinkide spindlite töötlemisel välispinnaga kontsentrilise tsentraalse augu puurimiseks. Selle augu eesmärgiks on spindli kaalu vähendamine, spindli sisemuse kontrollimine võimalike materjali defektide suhtes ja

varbmaterjali töötlemise võimaldamine revolver- ja automaat-treipinkidel. Revolver- ja automaat-treipinkide spindlitel töödeldakse seda auku hoolikamalt, kui treipingi spindlitel.

Sügavpuurimist teostatakse kas treipinkidel (lühikeste aukude puhul) või erilistel sügavpuurimise pinkidel tüüp 2953 ja 268.

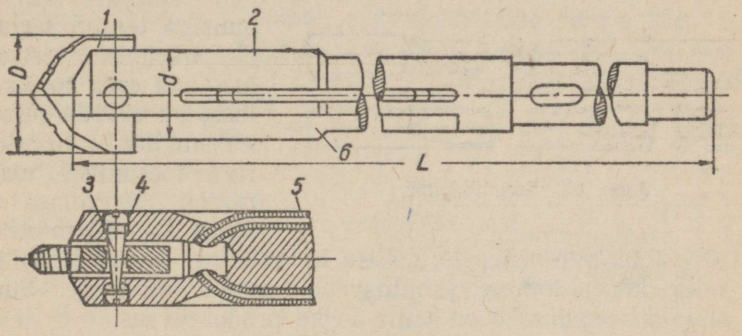
Pink tüüp 2953 on kahe spindliga ja ta on määratud aukude puurimiseks läbimõõduga 20—40 mm, pikkusega kuni 1000 mm; spindli pöörete arv on 335—9350 minutis; mootori võimsus — 15,6 kW.

Pink tüüp 268 teostab puurimist 2600—3700 mm sügavuseni.

Spindli pöörete arv on 15 kuni 172 pööret minutis.

Kolme mootori koguvõimsus on 11,6 kW.

Eripinkide paremused on järgmised: 1) tagumisse tsenterpukki kinnitatud puuri mehaaniline ettenihe; 2) jahutusvedeliku viimine lõikeserva

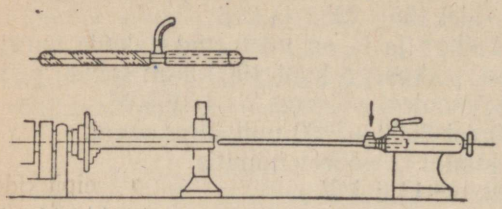


Joon. 82. Sügavpuurimise puur.

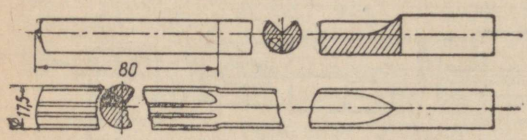
juurde rõhuga 5—6 at ja suuremaga, mis garanteerib laastude kõrvaldamise sügavast august.

Sügavpuurimiseks kasutatav lõikeriist — puur (joon. 82) — koosneb varvast 2, mille pikkus $L = 1{,}5$ kuni 2 m (olenevalt spindli pikkusest) ja millel on kaks soont 6 laastude eemaldamiseks ja kaks soont jahutusvedeliku lõikeserva juurde juhtimise torukeste 5 jaoks. Varva otsa kinnitatakse kruvidega 4 varustatud kiilu 3 abil kiirlõiketerasest erilõikeplaat 1, mille lõikeserval on laastu murdmise ja peenendamise otstarbel soonekesed. Need soonekesed kergendavad laastu kõrvaldamist jahutusvedeliku abil. Selliseid puure kasutatakse läbimõõtudele 28 kuni 145 mm. Augu telje viltumineku ohu vähendamiseks on soovitav spindlit puurida kahest otsast. Tavaliselt kasutatakse järgmisi lõikerežiime: lõikekiirus 18—22 m/min., ettenihe 0,12—0,20 mm/pöördele. Lühemate aukude puurimiseks saab kasutada treipinke ja revolverpinke, kusjuures lõikeriistadeks on jahutusvedelikku lõikeserva juurde juhtimist võimaldavad spiraalpuurid (joon. 83). Spiraalpuuriga aga on

sügavate aukude juures raske töötada, sest neid tuleb sagedasti august välja võtta kinnijäänud laastude kõrvaldamiseks, pealegi spiraalpuur ei ole küllalt tugev ega garanteeri augu õige suuna säilitamist.



Joon. 83. Jahutuskanalitega spiraalpuur.



Joon. 84. Suurtükipuur.

Spiraalpuuri asemel on parem kasutada suurtükipuure (joon. 84), milledel ei ole keskset sideserva; see asjaolu kergendab lõikamist. Puuri tipp on veerand läbimõõdu võrra nihutatud, mille tõttu tekib puuri juhtiv koonus. Suurtükipuuriga puurimisele eelneb spiraal- või lapikpuuriga teatud sügavuseni ettepuurimine, mida tuleb teostada eriti hoolikalt selleks, et vältida puuri kõrvalekaldumist. Suurtükipuuriga töötamisel on lõikerežiim järgmine: lõikekiirus 30—40 m/min., ettenihe 0,01—0,02 mm/pöördele; sellise lõikerežiimi juures tekib peenike laast, mille kõrvaldamine jahutusvedeliku abil on kerge. Suurtükipuuri oluliseks puuduseks on tema väike produktiivsus.

Metalli lõiketöötlemise pinkide spindlite töötlemine.

Spindlite materjalina kasutatavaid teraseid võime jaotada kahte põhirühma: 1) süsinikterased, 2) eriterased, peamiselt kroomnikkelterased.

Süsinikterast 45 kasutatakse peamiselt treipinkide, revolverpinkide, puurpinkide ja freespinkide spindlite valmistamiseks, mis töötavad keskmiste ringkiirustega ega põhjusta spindli kaelte suurt kulumist. Eriteraseid — kroomnikkel-terast ja kroomterast kasutatakse automaatide ja lihvimispinkide spindlite valmistamiseks, mis töötavad suurte ringkiirustega ja on tugevasti koormatud.

Spindli eeltoode valitakse olenevalt tootmisprogrammi ulatusest, peamiselt aga spindli kujust. Kui spindlil on äärik, mille läbimõõt on kaelte läbimõõdust tunduvalt suurem, siis tuleb eeltootena kasutada sepist või vormsepist; kui aga ääriku läbimõõt erineb vähe spindli kaelte läbimõõdust või puudub üldse, siis eeltoode valmistatakse sorditerasest.

Spindlite mehaanilise töötlemise tehnoloogiline protsess koosneb järgmistest operatsioonidest.

1. operatsioon. Sorditerase lõikamine ketassaega. Kui eeltooteks on sepis või vormsepis, siis ühte või mõlemaid otsi lõigatakse ketassael või freesitakse horisontaal-freespingil.

2. operatsioon. Ühe või mõlema otsa tsentreerimine tsentreerimis- või puurpingil (vertikaal- või radiaal-puurpingil).

3. operatsioon. Ühe spindli otsa koorimine.

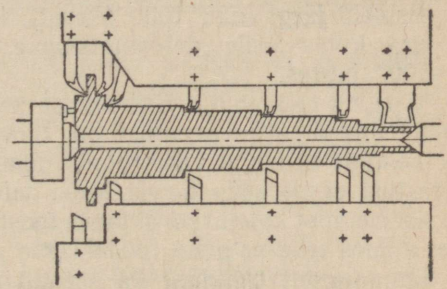
4. operatsioon. Spindli teise otsa koorimine.

3. ja 4. operatsioon teostatakse tavaliselt mitme teraga treipinkidel (joon. 85).

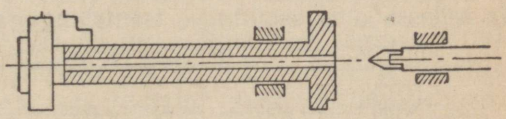
5. operatsioon. Kaelte treimine lüneti alla. Mõnikord seda operatsiooni ei teostata, mis aga ei ole soovitav.

6. operatsioon. Spindli sügavpuurimine (joon. 86).

7. operatsioon. Reas tehastes teostatakse pärast sügavpuurimist ja koorimist termilist töötlemist — normaliseerimist edaspidiseid spindli deformatsioone põhjustavate sisepingete kõrvaldamiseks või paiklikku, peamiselt liugelaagrites pöörlevate spindli kaelte karastamist. Veerelaagrites pöörlevaid spindli kaelu tavaliselt ei karastata. Karastamisele ei kuulu ka need pinnad, mida pärast karastamist keermetatakse. Leidub ka spindleid, mille keermetamisele kuuluvad pinnad samuti karastatakse, selle juures aga madalama kõvaduseni (Rockwelli järgi $R_C=30—35$), mis võimaldab keermetamist pärast karastamist ja kindlustab küllaldast keerme tugevust. Kaelad karastatakse kõvaduseni $R_C=60—62$ Rockwelli järgi kas erilistes ahjudes, kus karastamisele mittekuuluvad spindli piirkonnad isoleeritakse vastava ümbrisega, või uuema elektrilise pinnakarastuse viisil, mida senini kasutatakse ainult tehases «Krasnõi Proletarii». See meetod leiab kindlasti suuremat kasutamist, sest tema kasutamisel tekkiv kaduvalt väike spindli deformatsioon võimaldab tunduvalt vähendada



Joon. 85. Spindli koorimine mitme teraga treipingil.



Joon. 86. Spindli sügavpuurimine.

lihvimiseks jäetavat töötlusvaru. Peale selle karastub ese selle meetodi juures ainult 1,5—2 mm sügavuseni, mis ei vähenda spindli südamiku vastupidavust paindele ja väändele, seejuures saadakse karastatud pinna pikkus täpsusega kuni 1 mm, mis on eriti tähtis karastamisele mittekuuluvate pinnaosade suhtes.

Suurem osa spindleid valmistatakse karastatavatest terastest (40, 40X, 40XH), väiksem osa — tsementiiditavatest terastest 20X, 12XH3 ja teistest, mida normaliseeritakse, tsementiiditakse ja karastatakse. Nende spindlikaelte kaitseks, mis peavad jääma karastamatuks, kasutatakse sagedamini alljärgnevat kahte viisi:

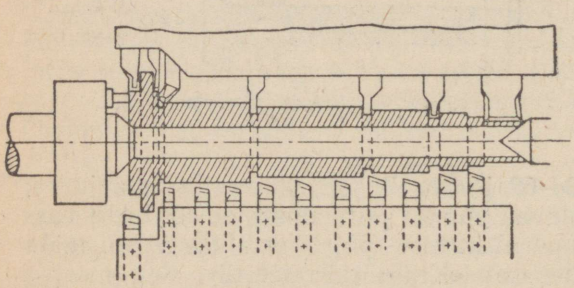
1) pärast tsementiitimist treitakse nendelt kaeltelt, mis ei kuulu karastamisele, tsementiiditud kiht 2—4 mm paksuses maha. Karastamisel jäävad need kohad tooreteks;

2) spindel kaetakse pärast koorimist elektrolüütilisel teel vasega, mis kaitseb karastamisele mittekuuluvaid kaelu tsementiitimise eest. Nendelt kaeltelt, mis kuuluvad karastamisele, võetakse vasekiht maha kas treimise või lihvimise teel.

Mõnes tehases kasutatav kaelte nitriidimine annab suure kõvaduse (Brinelli järgi kuni 1000 üksust), kaelte pinna suure kulumiskindluse ega kutsu esile deformatsioone, kuna nitriidimist teostatakse 420—500° juures.

8. operatsioon. Esikoonuse esialgseks sisetreimiseks pärast tsementiitimist ja karastamist on tarvis tunduvate deformatsioonide tõttu teostada eelnevat välistreimist lünettide alla. Pärast elektrilist pinnakarastust ei ole seda tarvis, kuna deformatsioonid on väikesed. Koonuse sisetreimist koonuskorgi jaoks teostatakse peamiselt treipingil, kusjuures mõnes tehases auku töödeldakse veel hõõritsaga või kaabitsemise teel. Samaaegselt treitakse ka spindli otspind. Selle järel asetatakse koonusesse tsentriauguga koonuskork.

9. operatsioon. Spindli tagumise otsa koonuse sisetreimist ja otspinna treimist teostatakse analoogiliselt eelmisele operatsioonile. Ka sellesse otsa asetatakse tsentriauguga koonuskork.



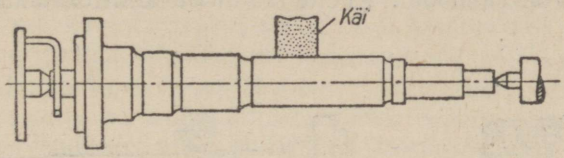
Joon. 87. Spindli siluvtreimine mitme teraga treipingil.

10. ja 11. operatsioon. Ühe ja teise spindlipoole siluvtreimine tsentrite vahel, kusjuures jäetakse 0,6—1,5 mm suurune töötlusvaru läbimõõdu kohta järgnevaks lihvimiseks ja soonte treimiseks. Treimist teostatakse peamiselt mitme teraga treipinkidel (joon. 87).

12. operatsioon. Kiilunuutide freesimine.

13. ja 14. operatsioon. Peenkeerme lõikamine mutrite alla teostub treipinkidel ja keerme-freespinkidel. Jämeda keerme lõikamine padruni jaoks teostub kas tervikuna treipingil või eelkeermetamine — keerme-freespingil ja lõplik — treipingil.

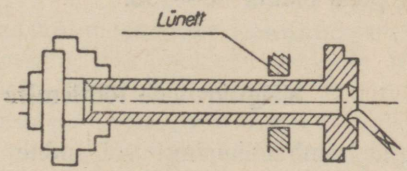
15. ja 16. operatsioon. Eelnev ja lõplik lihvimine. Operatsioonid teostuvad ümarlihvimise pinkidel (joon. 88). Selle juures jäetakse



Joon. 88. Spindli lihvimine.

lõplikuks lihvimiseks 0,2—0,3 mm läbimõõdule. Kooniliste kaelte lihvimine eraldatakse tavaliselt omaette operatsiooniks, et mitte iga spindli juures pinki ümber korrastada.

17. operatsioon. Olenevalt pinna puhtuse ja kvaliteedi nõudest poleeritakse spindlit kas lihvimise juures käsitsi või eraldatakse ta erioperatsiooniks, mida teostatakse eripingil; sagedamini teostatakse seda mitme spindlikaela poleerimiseks kohandatud treipingil.



Joon. 89. Spindli esikoonuse lõplik sisetreimine.

Kiirkäiguliste pinkide spindlite juures, mis peavad tegema 20 000 kuni 30 000 pööret minutis, teostatakse pärast karastamist ja esialgset lihvimist sisepingete kõrvaldamiseks kunstlik vanandamise protsess, mis seisab õlis kuni 180—230°-ni soojendamises.

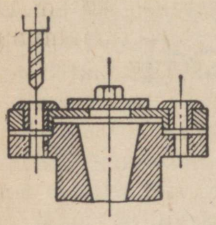
18. operatsioon. Esikoonuse lõplik sisetreimine ja lihvimine (enne seda kõrvaldatakse koonuskorgid). Sisetreimist teostatakse teraga, mõnikord aga ka hõõritsaga. Spindel seatakse üles padrunisse ja lünetti (joon. 89) ning kontrollitakse tema asendit indikaatoriga. Sisetreimise täpsust kontrollitakse 300 mm pikkuse torniga, kusjuures selle otsa viskamine võib olla maksimaalselt 0,01 mm.

Koonuse lihvimist kasutatakse tingimata siis, kui koonus kuulub karastamisele. Seda teostatakse kas erilisel siselihvimise pingil või

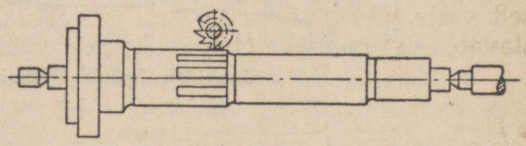
treipingil, kusjuures tagumise tsenterpuki asemel kasutatakse erimootorit ja rihm-ülekannet sellelt lihvimiseks kasutatavale käiale.

Äärikuga spindli juures on vajalik äärikusse puurida 6—8 auku, mida teostatakse tavaliselt konduktori abil (joon. 90). Mõnel spindlil on sooned, mida freesitakse horisontaal-freespinkidel (joon. 91), sagedamini aga erilistel soone-freespinkidel, mida valmistavad tehas «Komsomolets» ja teised.

Spindlite kontrollimist teostatakse operatsioonide viisi ja lõplikult pärast viimast operatsiooni. Kaelte läbimõõte kontrollitakse piirikaliib-



Joon. 90. Augu puurimine spindli äärikusse.



Joon. 91. Soonte freesimine spindlile horisontaal-freespingil.

ritega, keermetist — keerme piirikaliibritega, kaelte viskamist indikaatoriga (lubatav tolerants 0,01 mm). Kaelte kõvadus Shore'i skleroskoobi järgi peab olema 65—100.

Käigukruvide töötlemise meetodid.

Treipingi, hambalõikepingi või mõne muu pingi käigukruvi peab olema valmistatud üsna täpselt, eriti aga täpsuspinkide käigukruvid.

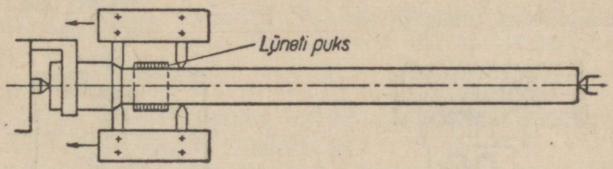
Käigukruvi valmistamise tehnilised tingimused on järgmised:

keerme naabersammude viga			0,005 mm
keermesammu viga 300 mm kohta	± 0,01	kuni +	0,03 „
käigukruvi telgloksumine	0,01	kuni	0,02 „
keerme viskamine	0,03	kuni	0,10 „

Käigukruvide läbimõõdud kõiguvad 35 kuni 50 mm ja nende keermesammuks on ½", ¼" või 6 mm. Käigukruvide valmistamine on nende deformeerumise tõttu raske. Deformatsioonile avaldavad mõju käigukruvi materjali sort ja kvaliteet, eeltoote liik, termilise ja mehaanilise töötlemise viis. Käigukruvi eeltoote materjalina kasutatakse peamiselt varbterast 45, kuid sageli võetakse selleks otstarbeks ka

kõrgendatud mangaani, väävli ja fosfori sisaldusega teraseid, kuna nendele keermelõikamine on märgatavalt kergem ja selle tõttu väheneb deformeerumise võimalus. Viimasel ajal kasutatakse käigukruvide eeltootena mitte kuumaltvaltsitud, vaid sepistatud materjali, millel on ühtlasemalt tihendatud struktuur ja pärast termilist töötlemist ei deformeeru. Sagedamini töödeldakse käigukruvide eeltooteid termiliselt — normaliseeritakse ahjudes, mis kujutavad enesest suuri mahtorusid. Protsess toimub ilma õhu juurdepääsuta, jahutamine pärast kuumutamist toimub õhus. Harvemini kasutatakse termilist töötlemist parendamise näol, s. t. karastatakse õlis 820°-lt ja noolutatakse 620°-ni. Lubatakse nõrka õgvendamist, kuni eeltoode pole veel täielikult jahtunud.

Meie kodumaistes tööpingitehastes valmistatakse käigukruvid peamiselt varbmaterjalist, mida ilma termilise töötlemiseta õgvendatakse vastavatel õgvenduspinkidel, mille järel tsentreeritakse tsentreerimis-



Joon. 92. Käigukruvide ja käiguvõllide treimine treipingil eriterahoidja kaasabil.

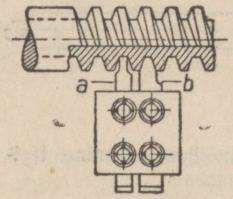
pinkidel ja treitakse. Treimise kiirendamiseks kasutatakse samaaegselt mitut tera. Joonisel 92 on näidatud käigukruvi eeltoote töötlemiseks kohandatud treipingi terahoidja 3—4 teraga ja lünetiga nende vahel.

Pärast terve pikkuse ületreimist treitakse kaelad mõlemas otsas, otspinnad ja tsentreeritakse uuesti. Kõik see toimub treipingil, kusjuures alguses treitakse üks ots ja selle järel teine. Pärast treimist freesitakse keere keerme-freespingil, lihvitakse keere ümarlihvimise pingil, lastakse 2—3 nädalat kruvil seista (loomulik vananemine), millele järgneb lõplik operatsioon — keerme viimistlemine treipingil silumistera kaasabil. Kruvi õgvendamist teostatakse vajaduse korral kas samal pingil, millel toimub treimine, või eripingil, mis koosneb sängist kahe tagumise tsenterpukiga. Õgvendatakse harilikult käsitsi kruvipressi abil. Käesoleval ajal on kruvi valmistamise meetodeid veidi muudetud nii eeloperatsioonide osas kui ka kruvi keerme lõpliku viimistlemise osas, eesmärgiga vähendada deformatsioone, millest oli juttu ka käigukruvide eeltoodete termilise töötlemise käsitlemise juures.

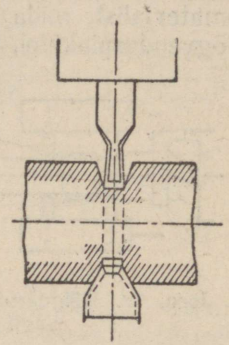
Viimasel ajal tulevad käigukruvide eeltooted tööpingiehituse-tehaste töökotta 5—8 m pikkuste lihvitud ja poleeritud varbade näol.

Terase tootmise tehased valmistavad musta valtsmaterjali ja annavad selle järgmisele tehasele, kus teostatakse õgvendamist, treimist, lihvimist ja poleerimist; sellisel kujul läheb eeltoode tööpingiehituse-tehasesse. Lihvimist teostatakse tsentriteta lihvimispinkidel. Tööpingitehases lõigatakse varb vajaliku pikkusega tükkideks, kusjuures jäetakse kumbagi otsa umbes 1 mm töötlusvaru. Lõikamisel pööratakse tähelepanu sellele, et varva läbipaindumine oleks võimalikult väike, milleks kasutatakse vahepealseid tugesid või rulle. Järgnevalt kruvi tsentreeritakse. Paljud tehased aga ei teosta tsentreerimist üldse ja baseerivad kruvi ainult välise poleeritud pinna järgi.

Keerme lõikamine koorimislaastuga teostub keerme-freespinkidel ja viimaste puudumise korral treipinkidel. Joonisel 93 on näidatud keerme



Joon. 93. Keerme lõikamine samaaegselt koorimis- ja silumislaastuga.



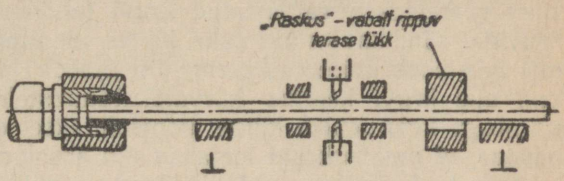
Joon. 94. Keerme lõikamine tagumise ja eesmise teraga.

lõikamine samaaegselt koorimis- kui ka silumislaastuga (terad *a* ja *b*); selline viis on küllalt produktiivne, kuid selle juures ei saa täpset keeret kruvi värisemise ja deformeerumise tõttu. Palju suurema täpsuse saab joonisel 94 kujutatud viisiga, mille juures tagumine tera lõikab püstkülikulise soone tagasikäigul ja eesmine tera moodustab trapetsikujulise profiili otsekäigul. Tagumine tera lõikab umbes 0,2—0,3 mm sügavama soone, kui eesmine tera. Iga terakäiguga võetakse keermeniidi külgedelt maha 0,15—0,03 mm ja viimaste käikudega 0,01 mm. Treipinkidel, mille käigukruvi on kulunud, kasutatakse uue käigukruvi keerme lõikamiseks nn. meisterkruvi, mis asetatakse pinki kulunud kruvi asemele ja pärast kruvi keerme lõikamist võetakse sealt jälle ära; see kruvi säilitab oma täpsuse võrdlemisi pika aja jooksul.

Esinevad treipingid, milledel on täpsete kruvide keerme lõikamiseks kaks käigukruvi, millest üks on ainult viimaste õhukeste silumislaastude mahavõtmiseks. Selline käigukruvi on väga väikese koormuse all

ja töötab väga lühikest aega ning selle tõttu tema kuluvus on kaduvalt väike, millest tingituna suudab sellise kruviga varustatud pink pikema aja jooksul töötada täpselt. Täpsete pinkide käigukruvide keerme lõikamise jaoks soovitatakse eraldada eriruum ja hoida selles püsiv temperatuur 20°.

Joonisel 95 on näidatud kaasaegne keermelõikamise meetod, kusjuures vasakpoolne kruvi ots ei ole kinnitatud mitte tsentrile, vaid tsangisse, parempoolset otsa toetab lahtine lünett. Värisemise vältimiseks asetatakse paremale kruvi otsale rõnga taoline raskus.

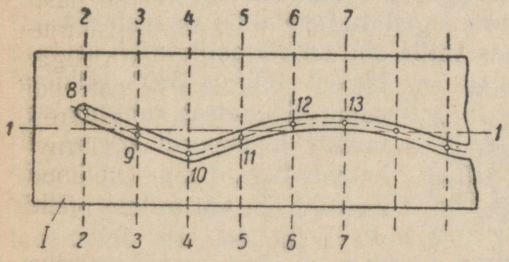


Joon. 95. Keerme lõikamine kruvi kinnitusega tsangisse ja vaba otsa toetamisega lünetile.

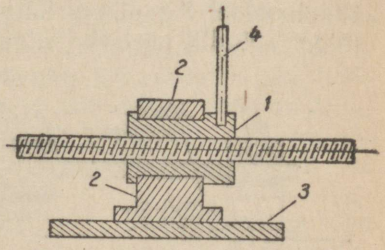
Parempoolset otsa võib toetada ka pronksist puksiga kronsteinile, mis asendab tagumist tsenterpukki ja võimaldab (nagu lahtine lünett) kruvil vabalt pikeneda keerme lõikamisel ja väldib kruvi teljesuunalist võnkumist.

Kruvi läbipaindumise vähendamiseks kasutatakse liikuvaid ja liikumatuid lünette. Keerme lõpliku viimistluse eel asendatakse loomulik vananemine kunstliku vanandamisega, milleks kruvi kuumutatakse 400—500°-ni ja jahutatakse õhu käes.

Täpsuspinkide käigukruvide keerme lõikamisel kasutatakse korrektsioonjoonlauda, mille abil parandatakse pingi käigukruvi vead. Sagedamini on kasutamisel joonisel 96 toodud joonlaud (numbrid märgivad jaotusi, mida kasutatakse kõvera ehitamiseks). Joonisel 97 on kujutatud sõrmega mutter (1 — mutter, 2 — mutri kere, 3 — supordipõlle sein, 4 — sõrm). Sõrm liigub joonlaua kõverjoonelises pilus ja supordi edasiliikumisel pöörab mutrit; pilu kuju vastab kruvi ebatäpsus-



Joon. 96. Treipingi käigukruvi keermesammu vigade parandamiseks kasutatav korrektsioonjoonlaud.

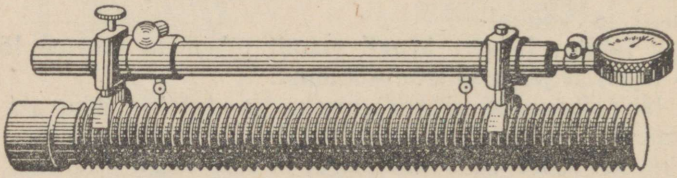


Joon. 97. Korrektsioonjoonlaua sõrmega mutter.

tele. Kruvi pööramine põhjustab supordi täiendavat edasiliikumist ühele või teisele poole, vastavalt sellele, kuhu poole pöördub mutter. Korrektsioonjoonlaudade abil saab lõigata keermeid täpsusega 2,5 μ 300 mm pikkuse kohta.

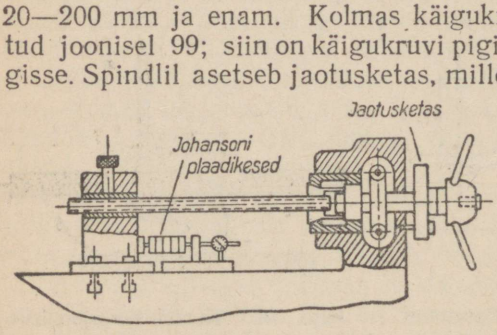
Käigukruvide kontrollimine.

Käigukruvide kontrollimist saab teostada kolmel viisil. Esimesel viisil võrreldakse valmistatud kruvi tundliku indikaatori abil meisterkruviga. Indikaator on selle juures kinnitatud terahoidjasse, indikaatori jalg peab libisema keermeniiti mööda ja indikaatori näidud vastavad uue kruvi keerme kõrvalekaldumistele meisterkruvi mõõdetest. Kumbagi keermeniidi külge kontrollitakse eraldi. Sellel viisil on see puudus, et meisterkruvi loetakse siin absoluutselt täpseks, tegelikult on ka temal ebatäpsusi, mida indikaatori näidud ei arvesta. Teise viisi järgi teostatakse kontrollimist vastava seadme abil (joon. 98), mille



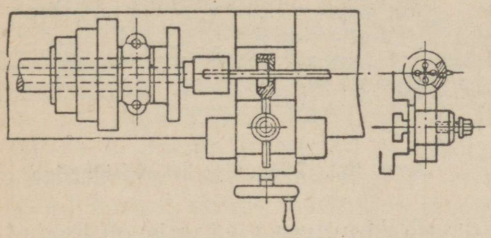
Joon. 98. Käigukruvide kontrollimise seade.

terastorul on kaks prismalist liugurit, mille abil seade automaatselt seadub kruvi teljele. Indikaatori reguleerimine nullile toimub mõõteplaadikeste abil. Indikaatori hälbed näitavad kruvi ebatäpsusi. Selliseid seadeid valmistatakse läbimõõtudele 20—80 mm ja pikkustele 20—200 mm ja enam. Kolmas käigukruvi kontrollimise viis on näidatud joonisel 99; siin on käigukruvi pigistatud spindlis asuvasse tsangisse. Spindlil asetseb jaotusketas, mille abil on võimalik kruvi keerata täpselt 180° ja 360°. Liikuval supordil asetseb kahe poolega mutter ja supordi kõrval liikumatu tugi. Käigukruvi pööramisel ühe või mitme pöörde võrra mõõdetakse Johansoni plaadikestega kaugus, mille võrra liikuv suport on selle juures edasi liikunud.

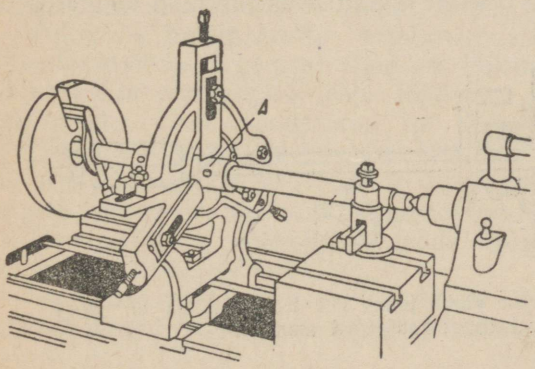


Joon. 99. Käigukruvi kontrollimine.

Võllide töötlemine ei erine millegagi käigukruvide ja käiguvõllide töötlemisest. Võllide valmistamiseks kasutatakse tavaliselt kuumaltvaltsitud või külmalttõmmatud ümarmaterjali. Kuumaltvaltsitud materjali õgvendatakse õgvenduspinkidel, mille järel teda kas kooritakse tsentriteta koorimispinkidel ja lihvitakse tsentriteta lihvimispinkidel või pärast tsentreerimist treitakse treipingil ja lihvitakse ümarlihvimise pingil. Kiilunuutide freesimist kirjeldati eespool. Peenikeste võllide töötlemine toimub teisiti. Joonisel 100 on toodud 3 mm läbimõõduga peenikese võlli treimise viis 6 mm varvast keermelõikuritüüpi lõikeriistaga, millel aga puudub keere. Lõikuri padrun kinnitatakse terahoidjasse; suport seatakse täpselt spindli telje järgi. Varb kinnitatakse ühe otsaga padrunisse. Treimisel toimub supordi liikumine tavalises korras spindelpuki suunas; lõikurit jahutatakse õliga. Treimata jääb ainult see osa võllist, mis on kinnitatud padrunisse.



Joon. 100. Pikkade peenikeste võllide treimine.

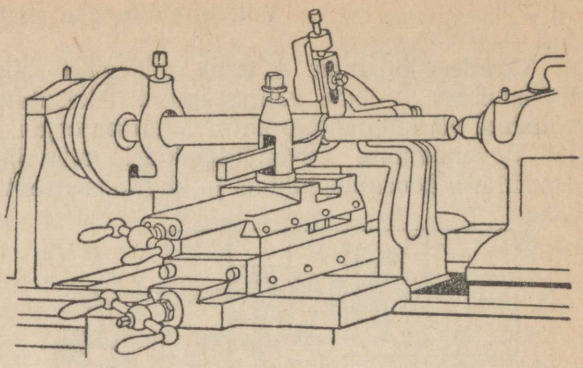


Joon. 101. Töötamine liikumatus puksiga lünetis.

Joonisel 101 on kujutatud pika võlli treimine liikumatutes lünettides. Töö teostatakse treipingil. Võlli pikkuse ja läbimõõdu suhe on tavaliselt 30—40. Esimese operatsioonina treitakse võlli üks ots, milleks asetatakse võllile puks *A*, tsentreeritakse hoolikalt survekruvide abil, mille järel asetatakse ta lünetti.

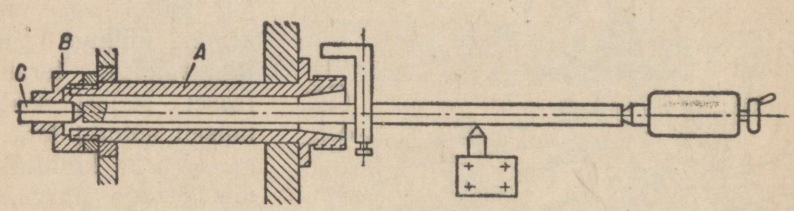
Teise operatsiooni jaoks asetatakse lünett treitud pinnale ja teine puksiga lünett, nagu esimeseski operatsioonis, asetatakse töötlemata pinnale. Kolmanda operatsioonina treitakse võlli keskkoht samuti kahe lüneti abil, mis asetatakse töödeldud pinnale.

Joonisel 102 on näidatud võlli treimine liikuva lünetiga, kui selline on olemas ja teda saab kinnitada supordi kelgule.



Joon. 102. Töötamine liikuva lünetiga.

Pikkade võllide valmistamisel, sagedamini aga remondi juures, selgub sageli, et pingi tsentrite maksimaalne vahekaugus on detaili pikkusest väiksem. Sellisel juhul võib kasutada järgmist detaili kinnituse viisi, mis on toodud joonisel 103. Spindli *A* otsale keeratakse puks *B*, millesse on asetatud tsenter *C*. Detail lastakse läbi spindli ja tsentreeritakse tsentri *C* poolt, kuna teine detaili ots toetub tagumise tsenterpuki tsentrisse.



Joon. 103. Detaili kinnitamine pinki juhul, kui tema pikkus on pingi tsentrite vahelisest kaugusest suurem.

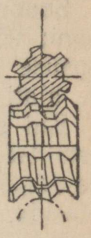
Sooneliste võllide valmistamise meetodid.

Soonelise võlli töötlemise tehnoloogiline protsess oleneb sellest, missugune läbimõõt on tsentreerivaks. Esineb kaks põhiviisi: puks või hammasratas tsentreeritakse kas soonelise võlli välise või sisemise läbimõõdu järgi. Kui puksi või hammasratta tsentreerimine toimub soonelise võlli välise läbimõõdu järgi, siis see võll saab oma täpse välise läbimõõdu pärast lihvimist ümarlihvimise pingil. Sisemisel (soonte põhjade) läbimõõdul on seejuures küllalt suur tolerants, mis tekib soonte sissefreesimisel, millele edasist töötlemist ei järgne. Kui puks või hammasratas tsentreeritakse soonelise võlli sisemise läbimõõdu järgi, siis võlli

töötlemine muutub keerulisemaks. Sel juhul on soonte laiusel ja võlli sisemisel läbimõõdul võrdlemisi kitsad tolerantsid, mille saavutamine ühe operatsiooniga on raskendatud.

Soonte töötlemisele eelnevaid operatsioone vaatlemata käsitleme soonte eneste lõikamist. Tuleb märkida, et mõnedes tehastes soonelisi võlle ei treita ja võlli välisläbimõõtu töödeldakse soonte sisselõikamisega samaaegselt.

Väikeste läbimõõtudega sooneliste võllide (kuni 95 mm) sooned lõigatakse tavaliselt sisse ühe terakäiguga, suurte võllide juures kahe käiguga. Suurte läbimõõtude juures soonte koorimislaast võetakse sageli ketasfreesiga horisontaal-freespinkidel, milledel on jagamispea. Korraga töödeldavate võllide arv on 1—4. Soonte freesimist silumislaastuga teostatakse ketasfreeside abil ainult siis, kui eripink või -lõikeriist puudub, sest selline töötlemine tavaliselt jätab soovida soonte sammu ja laiuse täpsuse suhtes. Produktiivsemaks ja täpsemaks meetodiks on soonte freesimine tigufreesi abil (joon. 104). Freesile on peale pöördliikumise antud veel liikumine piki võlli telge.



Joon. 104. Tigufrees sooneliste võllide freesimiseks.

Puksi või hammasratta tsentreerimisel võlli sisemise läbimõõdu järgi peab tigufrees lõikama soonekesed soone põhja nurkadesse neis kohtades sissesööbimise vältimiseks. Need soonekesed on vajalikud ka lihvimisel soonte siseseinte ja võlli sisemise läbimõõdu järgi. Tööpingiehituses kasutatakse sagedamini võlle, milledel pukside ja hammasrataste tsentreerimine toimub siseläbimõõdu järgi.

Tigufreesidega sooneliste võllide freesimisel kasutatavad lõikerežiimid on toodud tabelis 34.

Sooneliste võllide freesimiseks tehase «Komsomolets» poolt valmistatavad pingid on järgmise tehnilise iseloomustusega:

töödeldava eseme suurim läbimõõt	300 mm
lõigatava soone suurim pikkus	250 „
freesi pöörete arv minutis	53—220
ettenihke suurus ühe pöörde kohta	0,3—0,4 mm
elektrimootori võimsus	3,5 kW

Tabel 34.

Lõikekiirus sooneliste võllide freesimisel m/min.

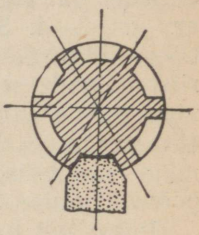
Töötlemine	Konstruktsiooniteras σ_b = 60—70 kg/mm²	Konstruktsiooniteras ja kroomnikkel-teras σ_b = 70-80 kg/mm²
Koorimislaast	25—30	22—28
Silumislaast	30—35	27—32

Ettenihe mm/pöördele sooneliste võllide freesimisel.

Võlli läbimõõt mm	Konstruktsiooniteras σ_b = 60—70 kg/mm²	Konstruktsiooni- ja kroomnikkel-teras σ_b = 70—80 kg/mm²
30— 50	1,9—3,0	1,5—2,5
50— 70	1,5—2,5	1,2—2,0
70—100	1,2—2,0	0,9—1,8

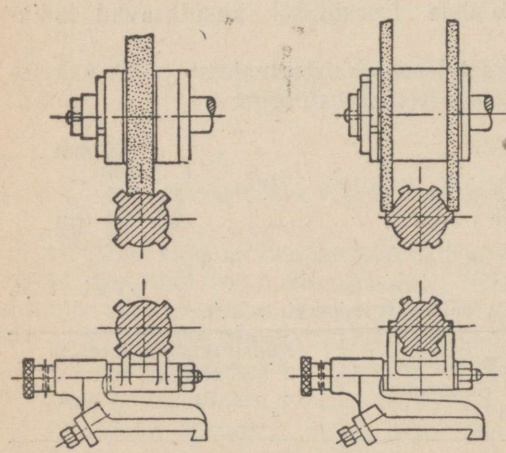
Sooneliste võllide lihvimise meetodid.

Sooneliste võllide välise läbimõõdu järgi tsentreerimisel ei lihvita sooni; võlli tsentreerimisel sisemise läbimõõdu järgi annab freesimine täpsuse sisemisel läbimõõdul 0,05—0,06 mm, mis ei ole alati küllaldane täpse istu saamiseks.



Joon. 105. Soonelise võlli lihvimine.

Kui soonelisi võlle pärast freesimist töödeldakse termiliselt (parendatakse või karastatakse kõvaduseni üle H_B = 350—400), siis ei saa neid enam puhtalt freesida. Neid tuleb lihvida nii soone põhja pinnalt kui ka soone külgedelt. Produktiivseim meetod on kujutatud joonisel 105, selle juures aga esineb käia ebaühtlane kulumine mahavõetava materjali kihi erineva paksuse tõttu soone põhjal ja külgedel, mis põhjustab käia sagedast ja aegaviitvat rihtimist. Vaatamata sellele negatiivsele küljele on antud meetod pingiehituses laialdaselt kasutamisel. Paljud pingiehitustehased ei lihvi soonelisi võlle üldse.

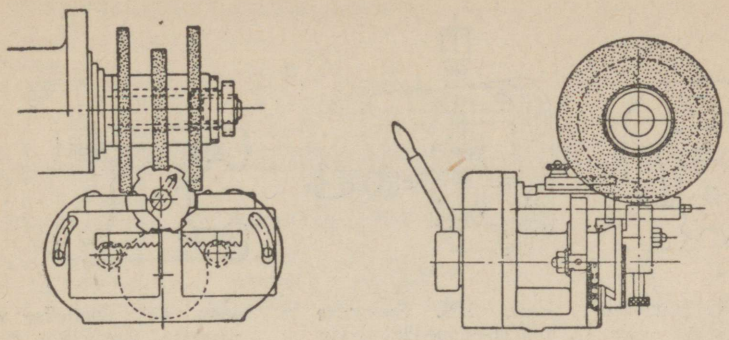


Joon. 106. Soonte lihvimine kahe operatsiooniga.

Sooneliste võllide soonte lihvimist võib teostada ka kahe eraldioperatsiooniga (joon. 106). Esimese operatsiooni abil lihvitakse ainult soone põhi, teise operatsiooniga soone külgpinnad. Käia kulumise vähendamiseks pööratakse võlli iga töölaua käigu järel selliselt, et käi lihvib sooni järk-järgult, üksteise järel. Võlli pööramine teostub tavaliselt automaatselt töölaua iga kaksikkäigu järel. Selline meetod aga on väheproduktiivne.

Tänapäeval on ilmunud pingid, mis võimaldavad neid operatsioone ühendada üheks (joon. 107).

Lihvimiskäiade kiireks õgvendamiseks tuleb valida vastav teemandisort ja see õieti hoidjasse kinnitada.



Joon. 107. Sooneliste võllide lihvimine kolme käiaga.

Teemandi suurus valitakse vastavalt käia läbimõõdule.

Käiadele	läbimõõduga	kuni	100	mm	0,25-karaadiline
„	„	„	200	„	0,50 „
„	„	„	300	„	0,60 „
„	„	„	500	„	1,0 „
„	„	„	800	„	1,25 „
			(karaat = 0,2 g).		

Ühekaraadiline teemant on 0,5 mm läbimõõduga terakene. Kõige käepärasemad on töö juures 0,25- kuni 1-karaadilised teemandid.

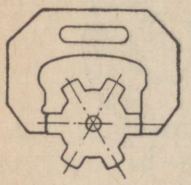
Sooneliste võllide kontrollimine.

Soonelistel võllidel kontrollitakse järgmisi elemente:

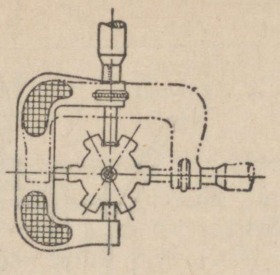
1. Väline või sisemine läbimõõt — vastavalt detaili istule kas välise või sisemise läbimõõdu järgi. Välisläbimõõtu kontrollitakse tavaliselt hariliku piirikaliibriga (joon. 108); sisemist läbimõõtu võib kontrollida kas mikromeetriga (joon. 109), erikaliibriga (joon. 110) või indikaatorkaliibriga (joon. 111). Erikaliibrid kuluvad ruttu ja ei näita kõrvalekaldumise suurust alumisest mõõtepiirist. Indikaatorkaliibril reguleeritakse kaldtihvti asend välise läbimõõdu järgi, mis kindlustab ka sisemise läbimõõdu täpset mõõtmist. Indikaatori nullasend määratakse kindlaks mõõteplaadikeste abil ja osuti hälve näitab tegelikku mõõdet.

2. Ribide paksust kontrollitakse piirikaliibritega (joon. 112).

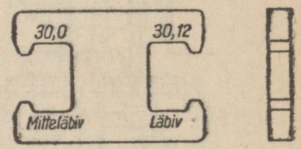
3. Soonelise võlli «viskamist» sisemise läbimõõdu järgi kontrollitakse indikaatoriga (joon. 113). Samal viisil kontrollitakse ka soonte



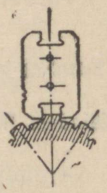
Joon. 108. Soonelise võlli välise läbimõõdu kontrollimine piirikaliibriga.



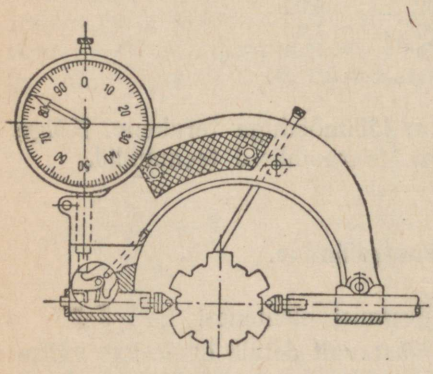
Joon. 109. Soonelise võlli sisemise läbimõõdu kontrollimine mikromeetriga.



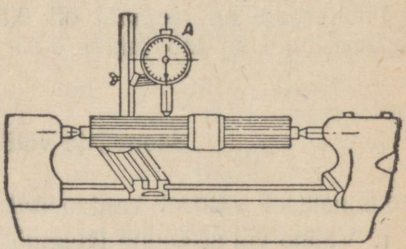
Joon. 110. Soonelise võlli sisemise läbimõõdu kontrollimine erikaliibri abil.



Joon. 112. Ribi paksuse kontroll piirikaliibriga.



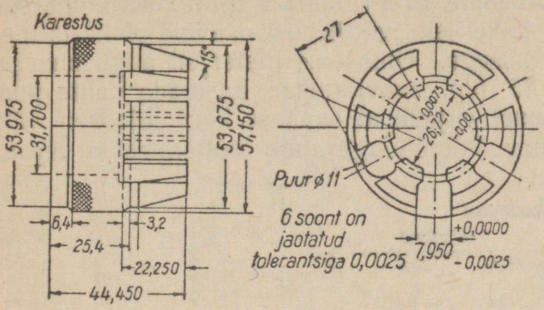
Joon. 111. Soonelise võlli sisemise läbimõõdu kontrollimine indikaatorkaliibri abil.



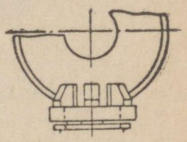
Joon. 113. Soonelise võlli «viskamise» kontroll sisemise läbimõõdu järgi ja võlli koonilisuse kontroll välise läbimõõdu järgi.

spiraalsust ja koonilisust välisel läbimõõdul, milleks indikaatorit liigutatakse paralleelselt võlli teljega ja ribi seatakse üles eelnevalt horisontaalselt.

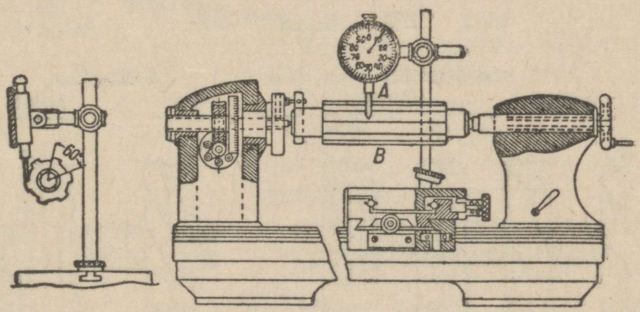
4. Soonte asetust ringjoonel ja ribide paksust võib kontrollida erilise kaliiberrõngaga (joon. 114), mida saab lihvida ja soveldada pingil (joon. 115). Sooneliste võllide kõikide elementide kontrollimiseks kasutatav universaalriist on toodud joonisel 116.



Joon. 114. Sooneliste võllide kaliiberrõngas.

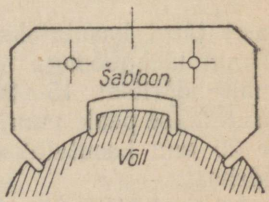


Joon. 115. Sooneliste võllide kaliiberrõnga lihvimine.



Joon. 116. Sooneliste võllide kõikide elementide kontrollimise universaalriist.

Selle riistaga on võimalik jagamispea abil kontrollida soonte sammu, asetust ringjoonel ja teisi elemente. Sooneliste võllide sisemise läbimõõdu kontrollimist teostatakse mõnikord erišabloonide abil (joon. 117).

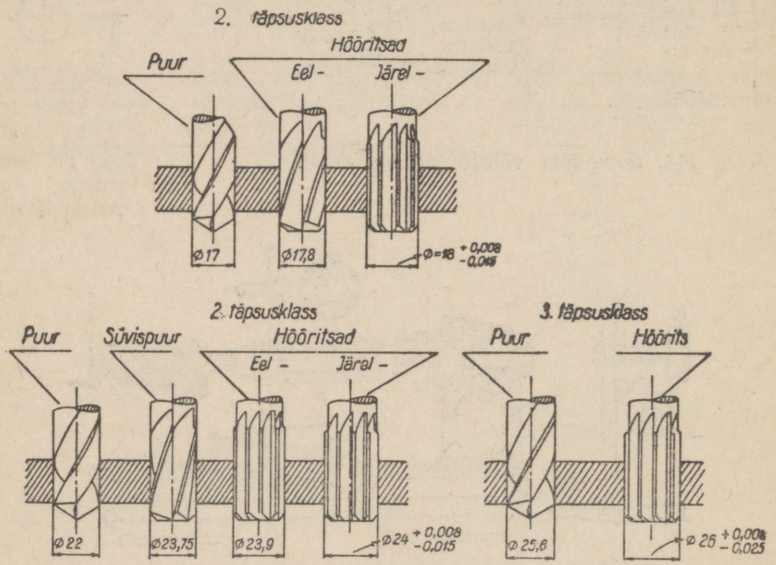


Joon. 117. Soonelise võlli sisemise läbimõõdu kontrollimine erišablooni abil.

VI. AUKUDE TÖÖTLEMINE.

Aukude töötlemine puurpinkidel ja sisetreimise pinkidel.

P u u r i g a aukude töötlemine on levinumaks meetodiks, kuna selle juures kasutatakse odavat lõikeriista, võrdlemisi odavaid pinke ja meetod ise on suure produktiivsusega. Umbsesse materjali augu puurimisel, mille läbimõõt on üle 35 mm, soovitatakse kasutada kahte puuri telgjõu vähendamise ja puuri vajalikust suunast kõrvalejooksu vältimise eesmärgil. Üle 30 mm läbimõõduga augu töötlemisel 3. täpsus-



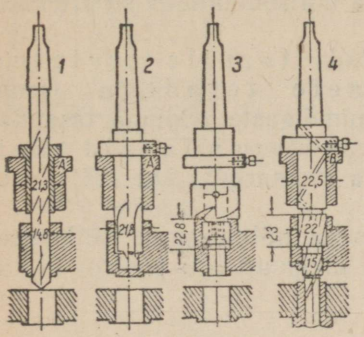
Joon. 118. Augu töötlemise operatsioonide järjekord vertikaal-puurpingil.

klassi järgi kasutatakse peale puuri veel süvipuuri ja hõõritsat; alla 30 mm läbimõõduga aukude töötlemisel kasutatakse peale puuri veel ainult hõõritsat. 15—20 mm aukude töötlemisel 2. täpsusklassi järgi kasutatakse peale puuri veel süvipuuri ja hõõritsat; läbimõõtude juures üle 20 mm kasutatakse peale puuri veel süvipuuri ja ühte või kahte hõõritsat.

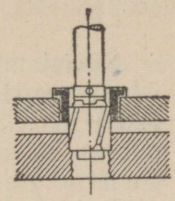
Joonisel 118 on toodud augu töötlemise skeemid vertikaal-puurpingil, selle juures on ära näidatud mõõted, mis määravad töötlusvaru iga lõikeriistaga töötlemiseks.

Iga lõikeriista peab juhtima konduktori puks, sest vastasel korral suund ja täpsus võivad olla ebaõiged (joon. 119).

Valatud või sepistamisel sisselöödud aukude töötlemisel kasutatakse puuri asemel süvipuuri (joon. 120); järgnev töötlemine jääb muudatusteta.



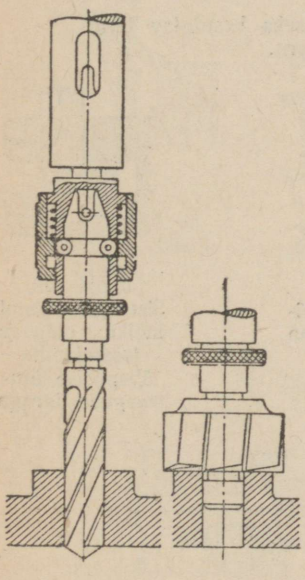
Joon. 119. Augu puurimine, avardamine, otspinna tasandamine ja hõõritsemine konduktori kaasabil.



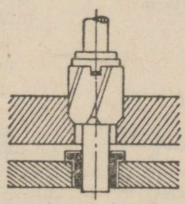
Joon. 120. Valatud augu töötlemine süvipuuriga.

Lõikeriista kiireks vahetamiseks kasutatakse vertikaal-puurpinkidel erilisi kiirvahetuse padruneid (joonis 121).

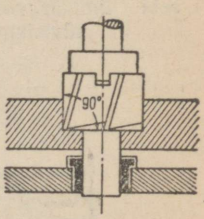
Valatud aukude töötlemisel läbimõõduga üle 25 mm on väga hea kasutada tagumise juhtpuksiga süvipuure (joon. 122) ja aukude töötlemisel, mis on tugevasti viltu ja ekstsentrilised augu õige telje suhtes, — tagumise juhtpuksiga ja ilma sisenemiskoonuseta süvipuuri (joon. 123). Tagumise juhtpuksi ülesandeks on kaitsta süvipuuri augu teljest kõrvalekaldumise eest.



Joon. 121. Puurimine ja otspinna tasandamine kiirvahetuse padruni kaasabil.

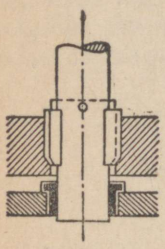


Joon. 122. Valatud augu töötlemine tagumise juhtpuksiga süvipuuri abil.



Joon. 123. Valatud augu töötlemine tagumise juhtpuksiga ja sisenemiskoonusete süvipuuri abil.

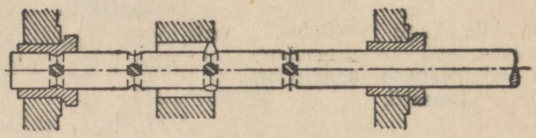
Süvipuuride asemel võib kasutada *kahepoolseid teri puurtornil*, kusjuures kasutatakse samuti tagumist juhtimist (joon. 124). Neid on odavam valmistada, kui süvipuure, kuid nad on süvipuuridest ka vähem produktiivsed. Puurtorni sellel asuvate teradega (joon. 125) kasutatakse väikeseerialisel ja suurseerialisel tootmisel suurte aukude töötlemiseks vertikaalsetel, sagedamini aga horisontaalsetel sisetreimise pinkidel.



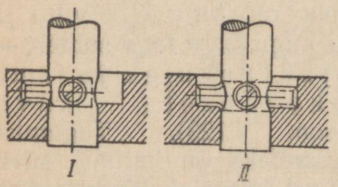
Joon. 124. Valatud augu töötlemine tagumise juhtimisega ja kahepoolse teraga puurtorni abil.

Süvistamist võib teostada *tornile asetatud ühe- või kahepoolsete teradega* (joon. 126 I, II). Sisemiste valamimõigaste otspinna tasandamiseks kasutatakse erilisi *pealepandavaid süvipuure* (joon. 127) kui ka ümmargusi ühe- või kahepoolseid teri (joon. 128).

Ühel ja samal teljel asuva mitme augu töötlemisel kasutatakse pealepandavate süvipuuridega puurtorni (joonis 129).

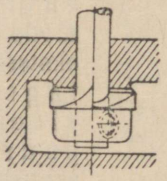


Joon. 125. Aukude töötlemiseks kasutatav teradega puurtorn.

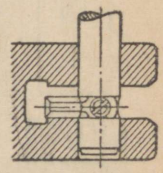


I II

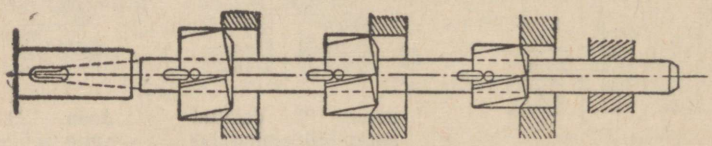
Joon. 126. Ühe- ja kahepoolsete ümmarguste teradega süvistamine.



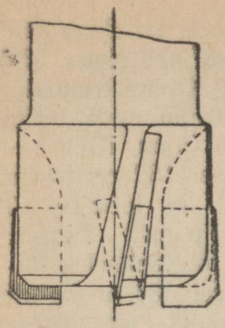
Joon. 127. Sisemise valamimõika otspinna tasandamine pealepandava süvipuuriga.



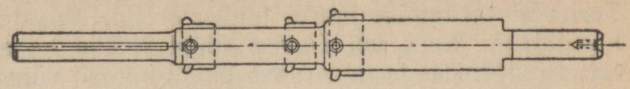
Joon. 128. Sisemise valamimõika otspinna tasandamine ühepoolse ümmarguse teraga.



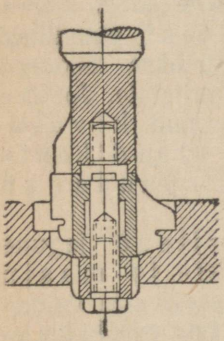
Joon. 129. Pealepandavate süvipuuridega puurtorn mitme augu töötlemiseks.



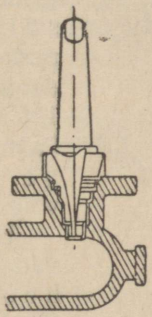
Joon. 130. Vahetatavate teradega süvipuur.



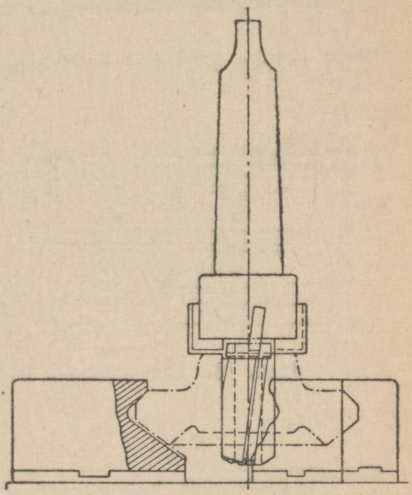
Joon. 131. Eritorn sisetreimise pinkidele.



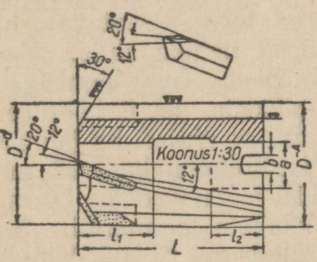
Joon. 132. Eritera profiilpinna töötlemiseks.

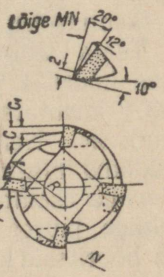


Joon. 133. Profiilpinna süvipuur.



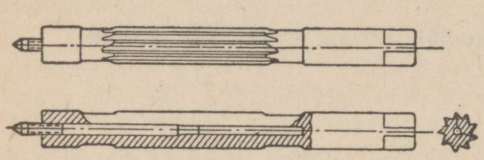
Joon. 134. Kombineeritud süvipuur.





Joon. 135. Pealepandav kõvasulamist plaadikestega süvipuur.

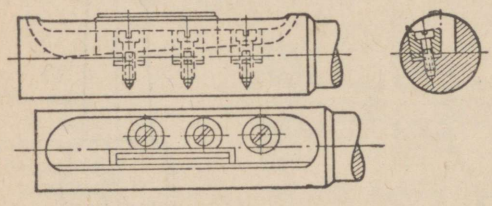
Käesoleval ajal hakatakse kasutama ka vahetatavate teradega süvipuure. Terad on kinnitatud rihveldatud pinnaga kiilude abil (joon. 130). Teri võib teritamise juures ümber seada. Erilistel sisetreimise pinkidel kasutatakse Kelle või Davise tüüpi plokke kahe teraga, mida teritatakse eritornidel ja mida saab pingil kiiresti vahetada (joon. 131).



Joon. 136. Seatav käsipuur.

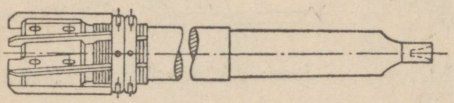
Joonisel 132 on toodud eritera ja joonisel 133 erisüvipuur profiilpindade töötlemiseks.

Joonisel 134 on kujutatud kombineeritud süvipuur hammasratta augu sisetreimiseks ja otsa tasandamiseks.



Joon. 137. Ühe hambaga hõõrits.

Käesoleval ajal kasutatakse puuride, süvipuuride ja hõõritsate jaoks kõvasulamitest plaadikesi, mida joodetakse lõiketeradena lõikeriistale. Joonisel 135 on toodud kõvasulamist plaadikestega pealepandav süvipuur.



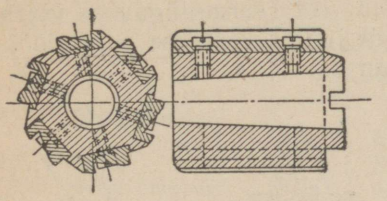
Joon. 138. Seatava läbimõõduga hõõrits.

Hõõritsad jagunevad käsi- ja masinhõõritsaiks ja valmistatakse terviklikena või seatava läbimõõduga.

Käsihõõritsatel on pikad hambad ja pikk kooniline osa, mida nimetatakse sisenemiskoonuseks. Joonisel 136 on toodud seatavate hammastega hõõrits. Tema silindriline saba lõpeb neljakandilise otsaga, millele asetatakse hõõritsa pööramiseks käepide. Ühe hambaga hõõritsaid (joon. 137) kasutatakse peamiselt pikkade, pingil hõõritsetud aukude viimistlemiseks. Nende karastatud osa on ühtlasi ka juhtpinnaks.

Terviklikud masinhõõritsad on kasutamisel kuni 32 mm läbimõõduni. Tornile asetatavaid hõõritsaid kasutatakse üle 30 mm läbimõõduga aukude juures materjali kokkuhoiu eesmärgil. Seatava läbimõõduga hõõritsaid kasutatakse aukude juures läbimõõduga 25—100 mm (joon. 138).

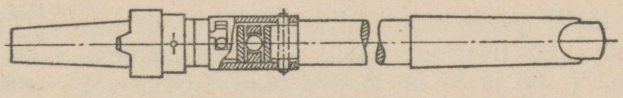
Suure levikuga on vahetatavate teradega hõõritsad (joon. 139). Neid reguleeritakse õhukeste paberi- või metall-lehekeste lõiketerade alla asetamisega. Vahetatavate teradega hõõritsad on kasutamisel augu läbimõõtude juures 35—150 mm.



Joon. 139. Vahetatavate lõiketeradega hõõritsa.

Puhastöötlemise hõõritsatega revolver- või treipinkidel töötamisel kasutatakse kiikuvaid torne (joon. 140), mis kompenseerivad augu telje ja hõõritsa suuna lahkuminekuid.

Isetsentreeriv hõõritsa moodustub vabalt vastavasse hoidjasse asetatud plaadikestest, mis on määratud väga õhukese laastu võtmiseks (joon. 141). Seepärast et neid hõõritsaid juhib auk ise, nad ei saa õgvendada kõverust ja muuta augu telje asendit, annavad aga puhta pinna ja täpse mõõte. Ainult kahe lõikeserva kasutamine kergendab nende hõõritsate teritamist. Plaadikeste kulumist kompenseeritakse liikuvate plaadikeste reguleerimi-

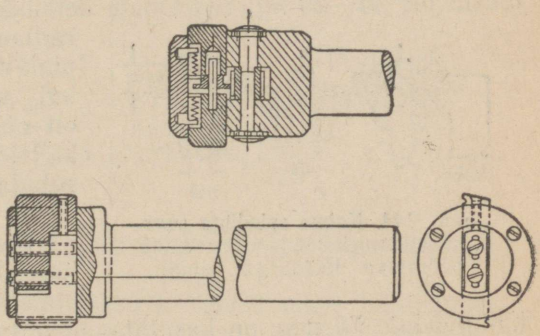


Joon. 140. Kiikuv torn.

sega, mida teostatakse mikromeetri järgi. Selliseid hõõritsaid saab kasutada 25—500 mm läbimõõduga aukude juures.

Kooniliste aukude jaoks, läbimõõduga kuni 140 mm, kasutatakse tavaliselt kahest või kolmest hõõritsast koosnevat komplekti, sest siin on tarvis maha võtta võrdlemisi suurt hulka metalli.

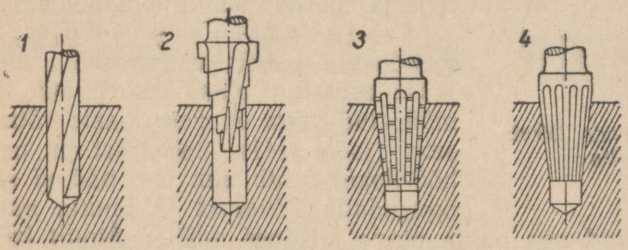
Auk puuritakse puuriga, mille läbimõõt on 1—2 mm võrra koorimishõõritsa siseneva otsa läbimõõdust väiksem. Selle augu pikkus on 2—6 mm võrra koonuse pikkusest suurem. Läbimõõtude juures üle 25 mm soovitatakse puurida mitme erineva läbimõõduga puuriga koorimishõõritsa ku-



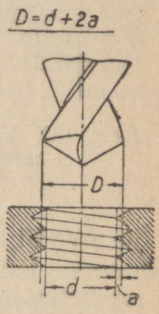
Joon. 141. Isetsentreeriv hõõritsa.

jule lähedase astmelise augu saamiseks. Pärast puurimist kasutatakse kahte või kolme hõõritsat (joon. 142). Koonustihvtide augud läbimõõduga alla 5 mm, hõõritsetakse viiekandilise sirgete soontega hõõritsaga.

Aukude puurimisel, mida hiljem keermetatakse, kasutatakse puure, mis on keerme sisemisest läbimõõdust 0,3—0,4 keermesügavuse võrra jämedam (joon. 143). Sitkete materjalide juures võetakse puuri läbimõõt suurem, kui kõvade materjalide juures.



Joon. 142. Kooniliste aukude töötlemise operatsioonide järjekord.

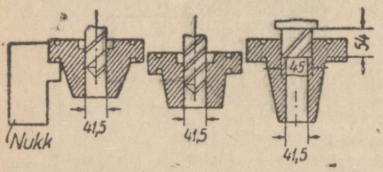


Joon. 143. Puuri läbimõõdu määramine keermetamisele kuuluva augu puurimiseks.

Aukude töötlemiseks kasutatakse vertikaal- ja radiaal-puurpinke ning horisontaalseid sisetreimise pinke.

Tabelites 35, 36 ja 37 on toodud NSV Liidus valmistatavate puurpinkide ja sisetreimise pinkide põhiandmed.

Radiaal-puurpinke kasutatakse laialdaselt individuaalses ja seerialises tootmises. Neid kasutatakse sageli ka suurseerialisel tootmisel detailide puurimiseks kas konduktori kaasabil või ilma, juhul, kui detaili on tema raske kaalu tõttu võimata töödelda vertikaal-puurpingil. Vertikaal-puurpingil töötlemise puhul ei tohiks detaili kaal koos konduktoriga tõusta üle 15—20 kg; raskemate detailide töötlemiseks tuleb kasutada radiaal-puurpinki. Radiaal-puurpink on umbes 6—10 korda kallim kui vertikaaal-puurpink. Seetõttu on otstarbekohane kasutada isegi kalleid rakiseid selleks, et ära kasutada odavamaid vertikaal-puurpinke.



Joon. 144. Kolme spindliga puurpea abil puurimine ja sisetreimine pööratava töölauaga pingil.

Vertikaal-puurpingid, sellist tüüpi, nagu neid laseb välja Leninimeline tehas suurimale puuri läbimõõdule 50 mm, on kasutatavad mitme spindliga puurpeaga puurimiseks, hõõritsemiseks ja keermetamiseks. Joonisel 144 on kujuta-

Tabel 35.

Kodumaal valmistatud vertikaal-puurpinkide iseloomustus.

Pingi nr. kataloogis	Tehase nimetus	Augu suurim läbimõõt mm	Pöörete arv minutis	Ettenihke piirid mm/min.	Mootori võimsus kW	Märkused
06	ОЗПО	5	2000—10000		0,37	Laual või kolonnil
НС6	Maslennikovi-nimeline	6	810—8000	—	0,52	Lauatüüpi
НС12	Sama	12	530—4320	—	0,52	Sama
211Р	Sedini-nimeline	18	480—1200	—	2,2	Ühe spindliga, käsitsi ettenihkega
212	Kirovi-nimeline	25	142— 510	—	1,1	Ühe spindliga, kolonnil
2125	Lenini-nimeline	25	73,5— 730	0,129—0,31	2×2,2	Kahe spindliga
2225	Sama	25	73,5— 730	0,129—0,31	2,2	Ühe spindliga
214	Vorošilovi-nimel.	35	52— 580	0,14—0,4	2,2	Ühe spindliga
2135	Lenini-nimeline	35	47— 466	0,1—1,1	5,2	Sama
2150	Sama	50	47— 475	0,15—1,195	6,8	Sama
2175	Sama	75	31— 323	0,15—1,195	11,3	Sama

Tabel 36.

Kodumaal valmistatud radiaal-puurpinkide iseloomustus.

Pingi nr. kataloogis	Tehase nimetus	Suurim läbimõõt mm	Pöörete arv min.	Spindli augu koonus	Ettenihke piirid mm/min.	Mootori võimsus kW	Märkused
250	Ordžonikidze-nimeline	23	318— 848	2	Käsitsi	1,3	Liikuv radiaallaud
2503	Puurpinkide ja lihvimispinkide tehas	20	475—1180	2	„	2,2	Liigendtüüpi konsooliga
256	Sama	50	23—1238	5	0,12—3,34	8,2	
257	Sama	80	23—1238	5	0,12—3,34	8,2	
253	Vorošilovi-nimeline	35	45—2225	4	0,075—0,98	3,7+ +2,3	

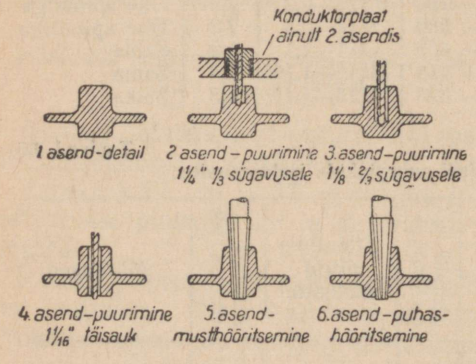
tud hammasratta puurimine ja sisetreimine kolme spindliga puurpea abil pööratava töölauaga pingil.

Joonisel 145 on kujutatud rattarummu koonilise augu töötlemine: astmelise augu puurimine kolme puuriga 2., 3. ja 4. asendis, hõõritsemine 5. ja 6. asendis ja detaili vahetus 1. asendis.

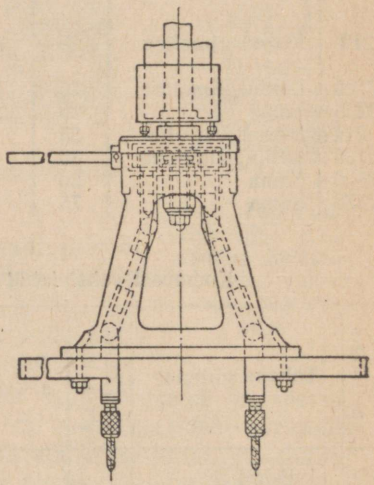
Tabel 37.

Kodumaal valmistatud horisontaalsete sisetreimise pinkide iseloomustus.

Pingi nr. kataloogis	Tehase nimetus	Suurim spindliga töödeldav läbimõõt mm	Suurim plaanseibiga töödeldav läbimõõt mm	Spindli augu koonus	Pöörete arvu piirid minutis	Ettenihke piirid mm/min.	Mootori võimsus kW
261 P-60	Sverdlovi-nimeline	175	280	4	24,5—308	0,25—7,0	2,5
262 P-80	Sama	360	560	5	8—202	0,03—21,2	5,2
263 P-110	Sama	500	1000	6	13—245	0,06—4,66	10



Joon. 145. Hammasratta puurimine ja sisetreimine kolme spindliga puurpea abil pööratava töölauaga pingil.



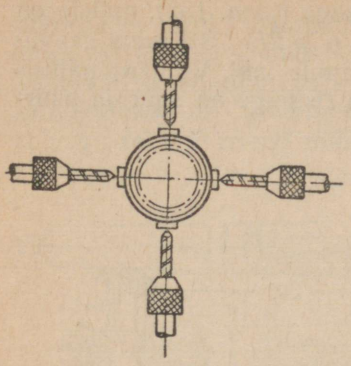
Joon. 146. Mitme spindliga puurpea, millel puure saab ümber asetada.

Joonisel 146 on toodud ümberasetatavate puuridega mitme spindliga puurpea, mis võimaldab teda ümber seada erinevatele detailidele.

Joonisel 147 on kujutatud nelja määrdeava samaaegne puurimine kolvisse nelja horisontaalse ühe spindliga puurpea abil. Neid puurpäid valmistatakse aukude puurimiseks läbimõõduga kuni 6 mm, väikseimale ettenihkele 0,03 mm/min. ja mootori võimsusega 0,8 kW.

Joonisel 148 on kujutatud traktori telje puurimine kahes tasapinnas erilisel mitme spindliga pingil.

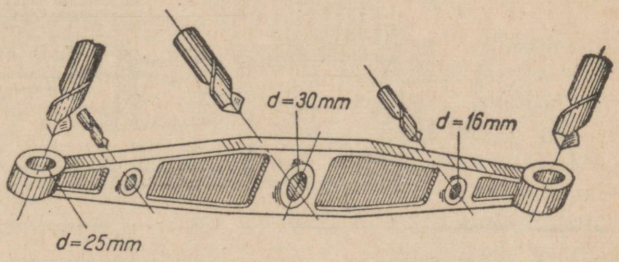
Eripuurpinke, millede valmistamine on kallis, hakatakse asendama



Joon. 147. Nelja määrdeava samaaegne puurimine kolvisse.

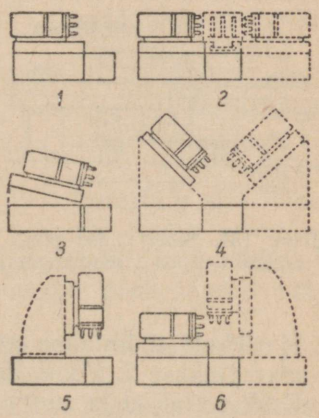
eriliste vahetatavate puurpeadega, mida on kerge ümber seada ja milledes on võimalik muuta puuride asendit.

Joonisel 149 on toodud eripuurpeade kasutamise mitmesugused variandid: 1 — puurpea on horisontaalasendis; 2 — kahe või kolme puurpea ühendamine; 3 — nurga all puurimine kiilutaolise alusplaadi kaasabil; 4 — ühe või kahe peaga nurga all puurimise pink; 5 — vertikaal-puurpink; 6 — kombineeritud puurpink vertikaalseks ja horisontaalseks puurimiseks.



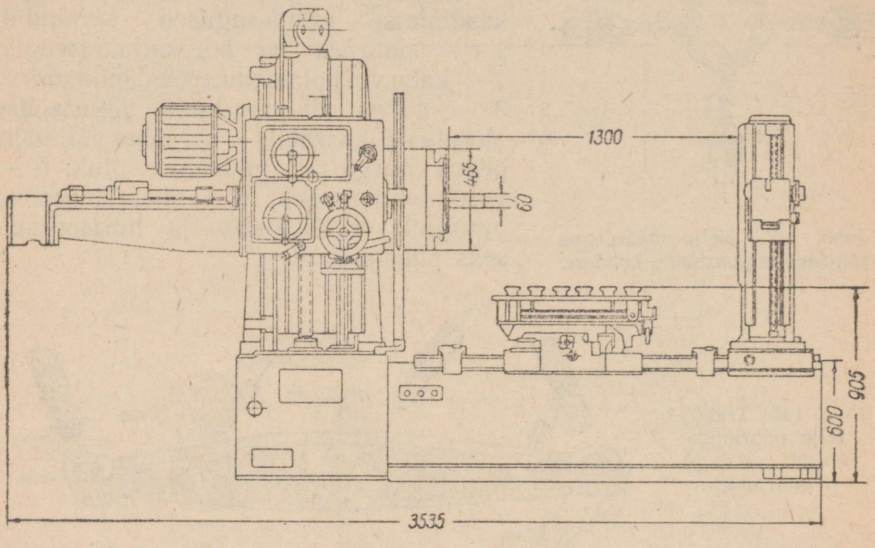
Joon. 148. Traktori telje puurimine mitme spindliga puurpingil.

Joonisel 150 on kujutatud Sverdlovinimelise tehase horisontaalne sisetreimise-puurimise-freesimise pink, mille spindli läbimõõt on 60 mm. Seda tüüpi pinkidel teostatavateks põhitöödeks on aukude sisetreimine ja puurimine, samuti aga ka freesimine, kuigi viimast operatsiooni teostatakse harva. Töödeldav ese seatakse üles pingi töölauale. Suured esemed asetatakse otse vundamendiplaadile. Selliste esemete töötlemiseks toodetakse pinke äravõetava lauaga või päris ilma lauata, samuti vundamendiplaadi juhtpindadel liikuva sängiga. Neis pinkides teostatakse lõiketera ettenihet spindli edasiliikumise arvel (joon. 151); laagrite vahe *a* võib ainult vähe ületada töödeldava eseme pikkust *L*.

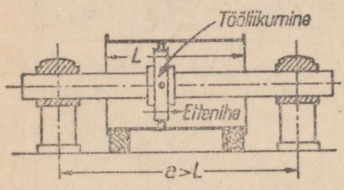


Joon. 149. Mitmesugused eripuurpea kasutamise variandid.

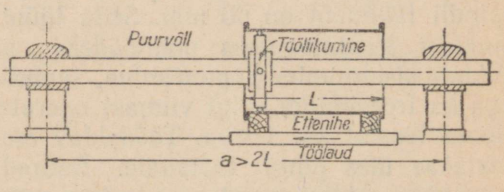
Kui ettenihet teostatakse töölaua liikumisega (joon. 152), millele on kinnitatud töödeldav ese, siis on vajalik et $a > 2L$. Sel juhul saavutatakse suur täpsus eeldusel, et puurvõll ei paindu läbi. Viimane nähtus esineb siis, kui laagrite vahe on suur, laastu ristlõige on suur ja puurvõll ei oma vajalikku tugevust.



Joon. 150. Sverdlovi-nimelise tehase horisontaal-sisetreimise-puurimise-freesimise pink.



Joon. 151. Sisetreimise pingi skeem terapea ettenihkega.

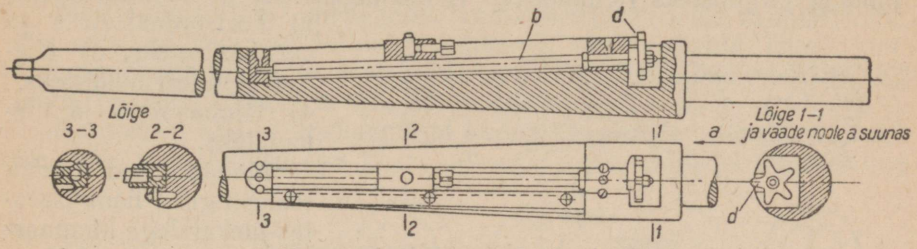


Joon. 152. Sisetreimise pingi skeem töölaua ettenihkega.

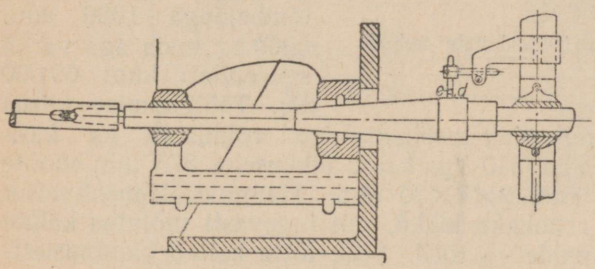
Harilikult töötatakse ettenihkega, mida annab spindli nihkumine, ja saavutatakse 2. klassi täpsus.

Keskseerialisel ja suurseerialisel tootmisel toimub sisetreimise pingil töö ainult konduktori järgi. Väikeseerialisel tootmisel, eriti aga individuaaltootmisel ei tasu konduktorid ennast ära ja töötamine toimub

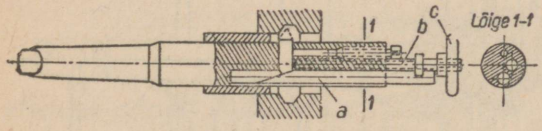
märkimise järgi. Märkimine aga ei anna kaasaegses masinaehituses nõutavat täpsust aukude telgede vahelise kauguse osas, kus tolerantsid küünivad sageli ainult sajandikeni millimeetrist. Telgedevahelist täpsust saavutatakse nn. koordinaatide meetodiga. See meetod seisab selles, et augu telgede asend määratakse detaili või lõikeriista ümberpaigutu-



Joon. 153. Puurvõll kooniliste aukude treimiseks.



Joon. 154. Puurvõll kooniliste aukude treimiseks.



Joon. 155. Õlisoonte treimise puurvõll.

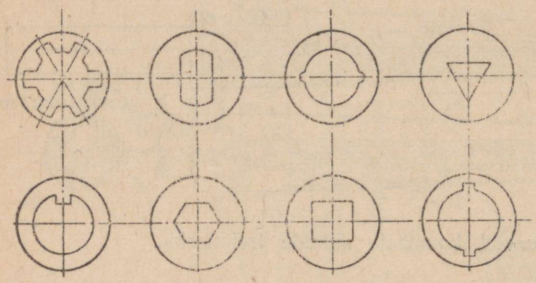
mise koordinaattelgede järgi nihkkaliibri, mõõteplaatide, indikaatori jne. abil mõõdetavale kaugusele. See meetod on ebaproduktiivne ja vajab kõrge kvalifikatsiooniga töölist, kuna konduktori abil töötades saab kasutada ka madalama kvalifikatsiooniga töölist.

Kooniliste aukude sisetreimiseks kasutatakse erilist puurvõlli (joon. 153), milles täheratta *d* abil lõiketera liigub koonuseliselt. Täheratta pööramine toimub peataja *e* abil, mida täheratas riivab pöörlemisel (joon. 154). Kruvi *b* suund peab täpselt kokku langema eseme augu koonusega.

Õlisoonte treimiseks kasutatakse puurvõlli, mis on kujutatud joonisel 155. Lõiketera radiaalne materjalisse süvenemine teostub kruvi *b* kaudu, mis oma pöörlemise saab tähekeselt *c* kas käsitsi või analoogiliselt eelmisele. Kruvi *b* nihutab pööreldes edasi kiilu *a* ja viimane surub tera liikuma radiaalselt.

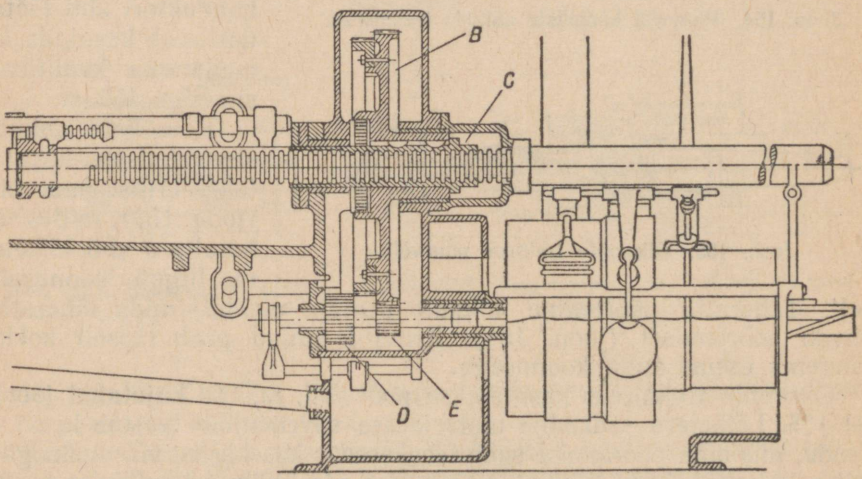
Aukude töötlemine kammlõikepinkidel.

Aukude kammlõikamist kasutatakse laialdaselt massilisel, suur- ja keskseerialisel tootmisel. Lõikekammiga töödeldakse nii silindrilise kui ka igasuguse teise kujuga auke (joon. 156). Kammlõikepinke võib jaotada järgmisteks rühmadeks: 1) mehaanilisteks ja hüdraulilisteks, 2) horisontaalseteks ja vertikaalseteks, 3) ühe- ja mitmespindlilisteks, 4) tõmbavateks ja lükkavateks.



Joon. 156. Lõikekammiga töödeldavate aukude kuju.

Mehaanilised kammlõikepingid hammasratas-ülekandega hammaslatile ilmusid 1905. a. Neid pinke valmistati tõmbejõuga 1000 kuni 5000 kg, mida aga varsti suurendati kuni 60 000 kg. Tööliikumise kiirus oli 1—3 m/min. Hammaslatt-mehhanismiga valmistati ka käsikammlõikepinke tõmbejõuga 350 kg, käigu pikkusega 375 mm soonte töötlemiseks ristlõikega kuni 2×4×30 mm. Hammaslatt-mehhanism ei kindlustanud sujuvat rahulikku käiku, mis tugevasti mõjutas kallite lõikeriistade — lõikekammide — tööd. Selle tõttu hakati hammaslatt-

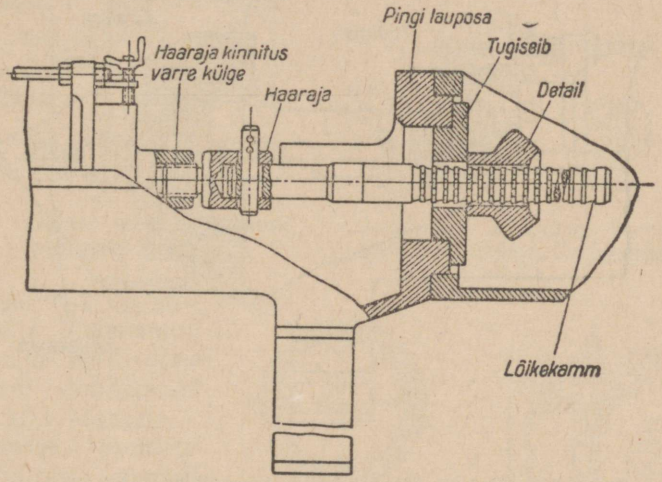


Joon. 157. Mehaaniline kammlõikepink käigukruviga.

mehhanismi asendama käigukruviga, mis on ühtlasema ja rahulikuma käiguga mehhanism (joon. 157). Käigukruvi töötab järgmiselt. Pöörlemine antakse rihmarattalt hammasratta *E* kaudu hammasrattale *B*, mis sunnib mutrit *C* pöörates käigukruvi edasi liikuma; kruvi veab enesega kaasa ka lõikekammi. Kiirendatud tagasikäik teostub hammasratta *D* kaudu.

Meil valmistatakse mehaanilisi kammlõikepinke kahe käigukruviga, mis annavad liikumise kelkudele, milledele on kinnitatud lõikekamm. Kirovi-nimelise tehase poolt valmistatava pingi tõmbejõud on 10 000 kg ja tal on kolm töökiirust: 0,8, 1,6 ja 2,4 m/min.

Käesoleval ajal on mehaaniliste kammlõikepinkide asemele ilmunud suurema produktiivsusega hüdraulilised pingid, milledel hüdrauliline



Joon. 158. Detaili ülesseadmine kammlõikepingil (jäigal toel).

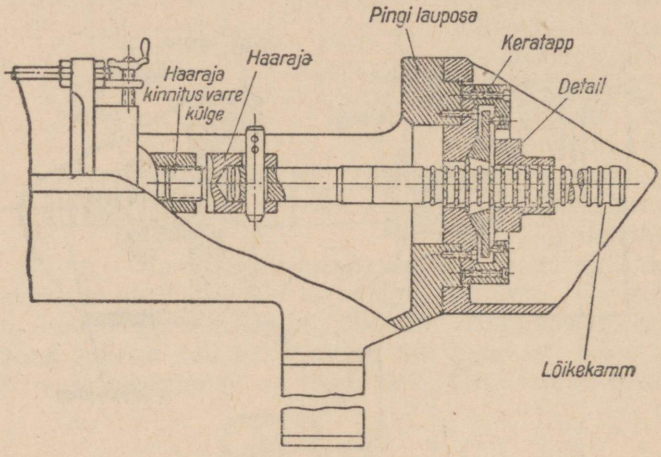
ettenihe annab lõikekammile rahulikuma ja ühtlasema liikumise võrreldes mehaaniliste pinkidega. Kirovi-nimelise tehase sellelaadiline pink omab tõmbejõudu 10 000 ja 20 000 kg ja töökiirust kuni 10 m/min.

Uuemate pinkide töökiirusteks on kuni 12 m/min. ja tagasikäigu kiirusteks kuni 18 m/min.

Vertikaalsete kammlõikepinkide põrandapinna vajadus on kaks kuni kolm korda horisontaalsete pinkide omast väiksem; töödeldavat eset on mugavam pinki asetada ja pingist eemaldamine toimub enamikel juhtudel automaatselt; selle juures ei ole vajadust lõikekammi pärast kammlõikamist üle viia algasendisse, kuna teda saab automaatselt kinnitada kas ülemisest või alumisest otsast.

Kahe ja kolme spindliga vertikaalsete kammlõikepinkide kasutamine võimaldab teostada kammlõikamist samaaegselt 2—3 detaili juures. Horisontaalseid kahe spindliga pinke kasutatakse eridetailide töötlemiseks, nagu mootori keps, kusjuures töödeldakse kahte sama detaili auku korraga.

Joonisel 158 on kujutatud detaili ülesseadmine jäigal toel; sellist ülesseadet saab kasutada siis, kui detaili ots on risti augu teljega. Praegusel ajal on levinum detaili kinnitus kerapinnaga toel (joon. 159), mis võimaldab üles seada ka detaile, mille ots on töötlemata või töödeldud mitte risti augu teljega.



Joon. 159. Detaili ülesseadmine kammlõikepingil (kerapinnalisel toel).

Kasutades kerapinnalist tuge detaili juures, millel on üks töödeldud otspind, toetatakse detaili töötlemata pinnaga. Selliselt lõikuvad lõikekammi hambad materjalisse töödeldud otsalt ja selle tõttu nürinevad vähem.

Ühe lõikekammiga on võimalik töödelda korraga ka mitut detaili. Mitme detaili kammlõikamine on otstarbekohane eriti siis, kui detaili pikkus on väiksem lõikekammi 2—3 hamba sammust. Lõikekammi purunemise vältimiseks ei või ühe või mitme korraga töödeldava detaili pikkus ületada lõikekammi 6—7 hamba sammu. Esemetes, mille pikkus ületab 6—7 hamba sammu pikkuse, tuleb ette näha augu

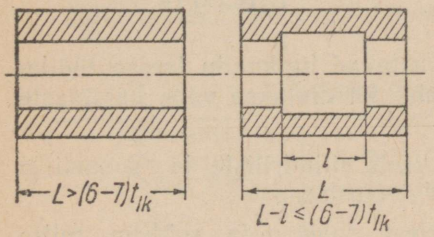
keskkohas väljatreitud süvendit (joon. 160), mille pikkuse saab järgmisest suhtest:

$$(L - l) \leqslant (6 - 7) \cdot t_{lk},$$

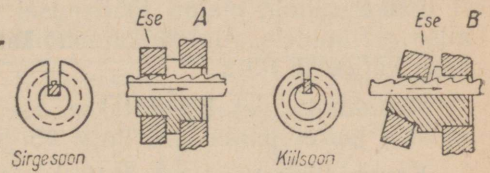
kus L on töödeldava detaili pikkus, l — süvendi pikkus, t_h — hambasamm, kusjuures

$$L > (6 - 7)\, t_{lk}.$$

Käesoleval ajal juurdub tootmises ka spiraalsete soonte kammlõikamine lõikekammi pööramise teel teatud suuruse võrra töötlemisel. Üsna laialdaselt kasutatakse kiilunuutide kammlõikamist silindrilistes ja koonilistes aukudes; töötlemise skeem on toodud joonisel 161 (*A* — silindrilistes aukudes, *B* — koonilistes).

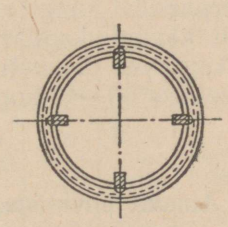


Joon. 160. Treitud süvendi pikkuse määramine.



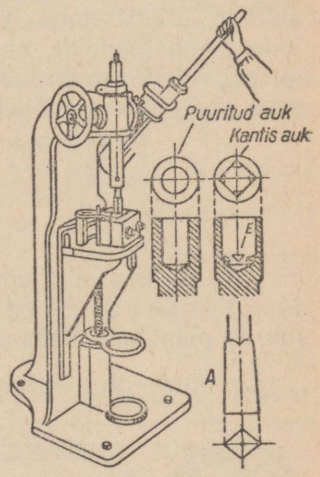
Joon. 161. Kiilunuudi kammlõikamise skeem silindrilises ja koonilises augus.

Joonisel 162 on näidatud nelja lõikekammi asend nelja needisoone samaaegsel töötlemisel hammasratta krantsis.



Joon. 162. Nelja lõikekammi asend nelja needisoone samaaegsel töötlemisel hammasratta krantsis.

Lühikeste esemete kammlõikamist, samuti ka pikkade esemete kalibreerimist, mida teostatakse pärast termilist töötlemist (kõvaduse juures alla 400 kg/mm² Brinelli järgi), toimetatakse lühikeste lõikekammidega hüdraulilistel või käsipressidel. Joonisel 163 on näidatud neljakandilise augu kammlõikamine padrunvõtme otsasse, kuhu on eelnevalt puuritud ümmargune auk. Samal viisil töödeldakse ka kuuekandilised augud väikesemõõtelise poltide peades. Suuremate mõõdete juures toimub selline töötlemine kuumas olekus.



Joonis. 163. Augu kammlõikamine võtme otsasse.

Keskmise kõvadusega teraste juures on kammlõikamise lõike-režiimid järgmised:

Lõikekiirus

Ümmarguste aukude puhul	7— 8 m/min.
Sooneliste aukude puhul	8— 9 „
Kiilunuutide kammlõikamisel	10—12 „

Ettenihe lõikekammi hamba kohta

Ümmarguste ja sooneliste aukude puhul	0,03—0,07 mm
Kiilunuutide kammlõikamisel	0,08—0,15 „

Lõikerežiimid malmi töötlemisel vastavad ligikaudu terase töötlemise režiimidele. Malmi kammlõikamist kasutatakse vähe hammaste kiire kulumise tõttu.

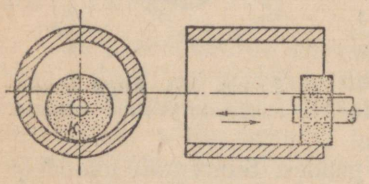
Kammlõikamist kasutatakse tavaliselt silindriliste ja sooneliste aukude juures pärast puurimist või süvihõõritsemist.

Kammlõikamise meetod levib järjest rohkem ja rohkem mitte ainult suurseerialisel ja massilisel tootmisel, vaid ka keskseerialisel tootmisel, asendades kiilunuutide hööveldamist püst-höövelpinkidel ja aukude hõõritsemist puurpinkidel ning revolverpinkidel. Soonelisi auke saab töödelda ainult kammlõikamise teel, kuna hööveldamisel on väga raske saavutada vajalikku täpsust isegi järeltöötlemisel lukksepa poolt ja aega läheb selleks 30—40 korda rohkem.

Aukude lihvimine.

Aukude lihvimist võib teostada siselihvimise pinkidel kahel viisil: 1) pöörleva detaili juures ja 2) paigalseisva detaili juures planetaar-ülekandega pinkidel.

Levinum on esimene viis, mida kasutatakse peamiselt karastatud esemete lihvimiseks, nagu silindrilised ja koonilised hammasrattad, puksid, laagrid jne. See viis on üsna täpne, kuid kallis ja selle tõttu teda peaaegu ei kasutata karastamata esemete töötlemisel. Joonisel 164 on toodud siselihvimise skeem. Käi pöörleb kiirusega 10—30 m/sek., olenevalt ta läbimõõdust (tab. 38).



Joon. 164. Siselihvimise skeem.

Tabel 38.

Lihvimiskäia keskmised kiirused terase ja malmi töötlemisel.

Käia läbimõõt mm	kuni 8	9—18	19—25	26—33	34—49	50—100
Käia kiirus m/sek².	10	14—18	20—22	23—25	26 - 28	30

Väikeste läbimõõtudega käiade madalad kiirused on tingitud sellest, et suurte pöörete arvude (12 000 kuni 18 000) saamine minutis on seotud raskustega. Risti- ja piki-ettenihked võetakse koorimisel ja silumisel tabelist 39.

Käia mõõdete määramiseks võib kasutada tabelit 40.

Käia laiused, olenevalt lihvimise pikkusest, on antud tabelis 41.

Tabel 39.

Ettenihe (risti- ja piki-) lihvimisel.

Lihvimise liik ja augu läbimõõt mm / Materjal	Risti-ettenihe						Piki-ettenihe käia laiuse osades	
	Koorimine			Silumine				
	20	20—100	100—300	20	20—100	100—300	koorimine	silumine
				(kõikidele materjalidele)				
Teras, toores ja parendatud	kuni 0,005	0,005 kuni 0,035	0,035 kuni 0,050	kuni 0,003	0,003 kuni 0,010	0,010 kuni 0,016	0,4—0,7	0,2—0,4
Teras, tsementiiditud ja karastatud	kuni 0,005	0,005 kuni 0,025	0,025 kuni 0,040				0,3—0,6	0,2—0,3
Malm ja pronks	kuni 0,005	0,02 kuni 0,04	0,04 kuni 0,06				0,4—0,75	0,2—0,4

Tabel 40.

Lihvimiskäia mõõted.

Augu läbimõõt mm	Lihvimiskäia läbimõõt mm
Kuni 35	$D_k = 0{,}95\ D_{auk}$
35—70	$D_k = 0{,}90\ D_{auk}$
üle 70	$D_k = 0{,}85\ D_{auk}$

Tabel 41.

Käia laius olenevalt lihvimise pikkusest.

Lihvimise pikkus mm	Lihvimiskäia laius mm
14	10
30	25
45	32
50—55	40
üle 75	60

Töölaua käigu pikkus määratakse vastavalt käia laiusele ja lihvitava eseme pikkusele järgmise valemi järgi:

$$L = (l - 4) - \frac{1}{5} H, \qquad (70)$$

kus L on töölaua käigu pikkus mm;
l — lihvimise pikkus mm;
H — lihvimiskäia laius mm

Kodumaise päritoluga siselihvimise pinkide mõõted on toodud tabelis 42.

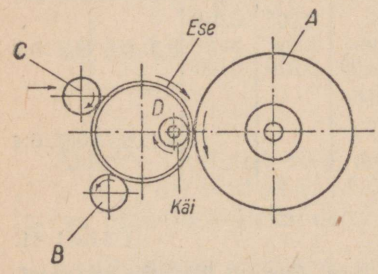
Tabel 42.

Kodumaise päritoluga siselihvimise pinkide iseloomustus.

	Pink 323	Pink 326
Augu läbimõõt mm	10 kuni 100	Kuni 200
Lihvimise pikkus mm	Kuni 130	„ 150
Lihvimiskäia pöörete arv minutis . .	10 000—25 000	—
Mootori võimsus kW	2.2	3,7+1,5

Tsentriteta siselihvimine.

Tsentriteta siselihvimist kasutatakse üsna lühikest aega. Selle lihvimisviisi järgi töötamise skeem on järgmine (joon. 165). Eelnevalt välise läbimõõdu järgi lihvitud ese suunatakse ja hoitakse üleval kolme rulli abil. Suure läbimõõduga rull A (vedav rull) pöörab eset D ja samal ajal väldib selle suurema kiirusega pööramist lihvimiskäia poolt.



Joon. 165. Siselihvimiseks kasutatava tsentriteta lihvimise pingi skeem.

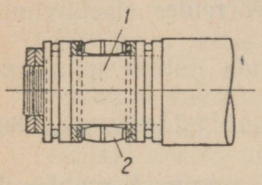
Ülemine surverull C surub eseme vedava rulli A ja alumise tugirulli B vastu. Kolme rulli vahele surutud esemel on vedava rulli pöörlemiskiirus.

Esemete vahetamisel viiakse surverull vasakule, mille tõttu ese vabaneb ja võimaldub asetada pinki uus ese kas käsitsi või automaatselt. Esemete lihvimisel, mille väline läbimõõt on väiksem kui 35 mm, asendatakse tugirull noaga. Töötlemistäpsus läbimõõdu järgi võib tõusta kuni 0,008 mm, kontsentrilisuse täpsus ja augu telje ning eseme välispinna paralleelsuse täpsus — kuni 0,003 mm. Käesoleval ajal kasutatakse seda meetodit igasuguste silindriliste ja ka kooniliste aukude töötlemiseks esemetes läbimõõduga 10 kuni 200 mm ja

pikkusega kuni 400 mm. Auke saab lihvida ka esemetes, mille välispinnal on nukid, mõhud ja osaliselt ka koonilist pinda. Lihvitud augu mõõtmine toimub automaatselt. Lühikesi esemeid võib lihvida mitu tükki korraga. Selliste pinkide produktiivsus on 50 kuni 150 eset tunnis, olenevalt töötlusvaru suurusest ja teistest teguritest.

Valtsimine.

Valtsimist kasutatakse tiheda ja sileda pinna saamiseks ilma laastu võtmiseta. Joonisel 166 on toodud selleks kasutatav tööriist, mis koosneb teraskerest 1, mis on tugipinnaks 10—12 karastatud ja lihvitud rullikesele 2. Rullikestel on tünnitaoline kuju, kusjuures nende läbimõõt väheneb otste poole 0,05 mm võrra. 0,02 kuni 0,04 mm töötlusvaru 100 mm läbimõõdu juures valtsitakse maha pöörlemiskiirusega 60—70 m/min. ja ettenihkega 100—200 mm/min. Valtsimise puuduseks on see, et ei ole võimalik saada täpselt silindrilist auku suure surve tõttu augu seintele, augu seinte ebaühtlase paksuse ja nende ebaühtlase materjali tõttu. Need asjaolud põhjustavad eseme deformatsiooni.



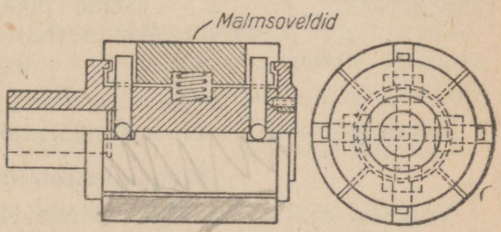
Joon. 166.

Valtsimist teostatakse rikkaliku õlitamisega. Auk tuleb enne valtsimist puhtalt hõõritseda, kuna sissevaltsitud kisud võivad ekspluatatsioonil põhjustada soovimatuid tulemusi.

Valtsimine pole leidnud laialdast levikut hooning-protsessi arenemise tõttu.

Soveldamine.

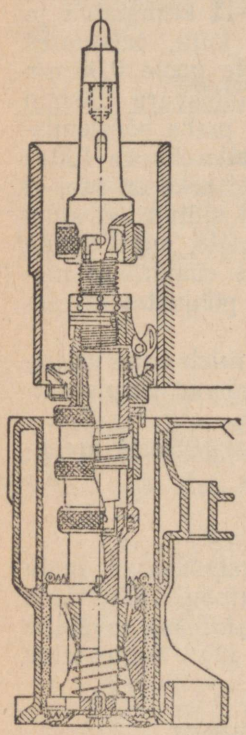
Augu seinte puhtal töötlemisel jäävad sinna ebatasasused, mida saab kõrvaldada malmist või vasest soveldite abil (joon. 167), mida surutakse vedrude abil vastu seina. Soveldamist teostatakse soveldite pööramisega poolpöörde võrra edasi-tagasi, koos piki augu telge edasinihutamisega. Töötlemisel valatakse soveldite petrooleumi. Soveldamise teel saadakse puhas pind, kuid ei saa kõrvaldada augu ovaalsust ja koonilisust. Soveldamine teostub võrdlemisi aeglaselt, augu peale kulub 10—20 minutit. Selle tõttu see töötlemise meetod ei ole leidnud laialdast tarvitamist.



Joon. 167. Malmsovelditega varustatud pea.

Hooning-protsess.

Hooning-protsess seisab eelnevalt hõõritsetud või treitud augu viimistlemises 4—6 karborundumluisuga varustatud eripeaga, mida nimetatakse hooniks. Hoonile antakse pöörlev ja edasi-tagasi suunatud sirgjooneline liikumine. Sellise viimistlemise tulemusena saadakse sile ja läikiv pind. Petrooleumiga jahutamine vähendab malmi pooridesse jäävate terakeste arvu. Viimased võivad augu ekspluateerimisel suurendada augu kuluvust. Hooning-protsessiks kasutatavad pingid võivad olla ühe või mitme spindliga (kuni 6) ja on sujuva töötamise kindlustamiseks varustatud hüdraulilise ettenihkega.



Joon. 168. Hoon.

Hooning-protsessil on võrreldes siselihvimisega järgmised paremused:

1) protsessi saab teostada mitme spindliga pingil;

2) töödelda saab esemeid läbimõõduga 50 kuni 1500 mm;

3) on võimalik saada augus korrapärast silindrilist pinda;

4) siselihvimise pinkides sageli esineva värisemise puudumine;

5) lihvimispea sujuv ja rahulik töötamine hüdraulilise ettenihke tõttu.

Hooning-protsessiga saadav täpsus on läbimõõtudele 100—120 mm 0,01—0,02 mm. Töötlusvaru 0,05—0,10 mm saab maha võtta 1—2 minuti jooksul. Lihvimispea pöörleb kiirusega 60—75 m/min. malmi ja pronksi puhul ja 45—60 m/min. terase puhul; peale antakse sirgjooneline edasi-tagasi liikumine kiirusega 12—15 m/min. Joonisel 168 on kujutatud üks hooni konstruktsioone. Kui tähistada tähega m luisu pikkust mm, k — pea ülejooksu pikkust mm, L — eseme pikkust mm, s — pea käiku mm, siis valemi (63) järgi saame:

$$s = L + 2k - m.$$

k võetakse 18 kuni 25 mm, m — 75—100 mm.

Hooning-protsessi põhiaeg määratakse valemi (61) järgi.

Teemant-sisetreimine.

Viimasel ajal teostatakse aukude viimistlemist teemant-sisetreimise meetodil. Selle meetodi põhimõte seisab selles, et sisetreimine teostatakse suure lõikekiirusega väikese ettenihke ja lõikesügavuse juures.

Teemantterade kalliduse tõttu kasutatakse nende asemel kõvasulamitest teri, mis annavad täiesti rahuldavaid tulemusi. Levinumaks teemant-sisetreimise pingiks on selline pink, mis võimaldab sisetreimist 430 mm pikkuses. Sisetreimise läbimõõt on 16 kuni 230 mm; pingi pöörete arv minutis — 1500; pingil on 10 ettenihet 0,01 kuni 0,24 mm/pöördele. Mootori võimsus — 3 HJ. Selliste pinkide konstruktsioon peab olema jäik ja tugev ega tohi esineda spindli ja pingi sängi värisemist.

Teemant-sisetreimise lõikerežiin:

lõikekiirus	malmi juures	120 — 250	m/min.
„	pronksi juures	250 — 400	„
„	babiidi juures	400 — 1000	„
„	alumiiniumi juures	500 — 1500	„

Lõikesügavus umbes 0,1 mm ettenihke juures on 0,03—0,06 mm/pöördele.

Kodumaal valmistatakse teemant-sisetreimise pinke Lenini-nimelises tehases; seda tüüpi pingi iseloomustus on analoogiline kirjeldatuga.

Teemant-sisetreimisel on järgmised eemused:

1) töödeldud pinna poorides puuduvad lihvimismaterjali terakesed, mida alati esineb lihvimise ja hooning-protsessi juures;

2) lõikeriista lihtne ehitus (kõvasulamist);

3) kergesti saavutatav täpsus ovaalsuse ja koonilisuse suhtes kuni 0,010 mm ja isegi kuni 0,005 mm;

4) paremad jahutamise tingimused;

5) üsna puhta pinna saamise võimalus;

6) pingi käitlemise lihtsus.

Teemant-sisetreimise puudusteks on kõrged nõuded pingi seisukorra ja remondi kohta — ei tohi esineda värisemist ega spindli laagrite mängu.

Aukude puhta viimistlemise meetodite lõppkokkuvõte.

Pärast aukude puhta viimistlemise kõikide meetodite käsitlemist võib teha lõppkokkuvõtte üksikute meetodite kasutamise võimaluste kohta.

1) Aukude puhast sisetreimist kasutatakse kõikide tootmisviiside juures; suurseerialise tootmise juures teostatakse seda mitme spindliga pinkidel, väikeseerialise tootmise juures aga ühe spindliga horisontaalsisetreimise pinkidel.

2) Puhast hõõritsemist kasutatakse laialdaselt väikese läbimõõduga aukude töötlemiseks puurpinkidel ja revolverpinkidel.

3) Kammlõikamist kasutatakse laialdaselt silindriliste aukude töötlemisel, asendades sellega hõõritsemist; sooneliste võllide töötlemisel on ta ainukeseks tänapäeval kasutatavaks viisiks.

4) Aukude lihvimist kasutatakse karastatud esemete juures; väikese läbimõõduga karastamata aukude lihvimist peaaegu ei kasutata; suurte läbimõõtude juures kasutatakse seda peamiselt remonditsehhides.

5) Hooning-protsessi, mis on õieti viimistlusoperatsiooniks, kasutatakse pärast lihvimist või hõõritsemist; ta on eriti kasutamisel autotraktoritööstuses.

6) Teemant-sisetreimist kasutatakse laialdaselt värviliste metallide töötlemisel (pronks, babiit jt.); seda viisi on hakatud kasutama ka malmi töötlemisel.

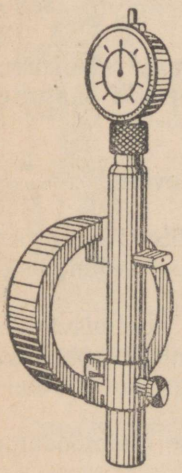
7) Aukude valtsimist kasutatakse harva hooning-protsessi kasutamisele võtmise tõttu. Viimane annab suurema täpsuse, suurema puhtuse ja on produktiivsem.

8) Malmist ja teistest materjalidest soveldítega soveldamine on peaaegu kõrvale jäetud ja asendatakse hooning-protsessiga (välja arvatud individuaaltootmine).

9) Tsentriteta lihvimine alles juurdub suurseerialisel tootmisel.

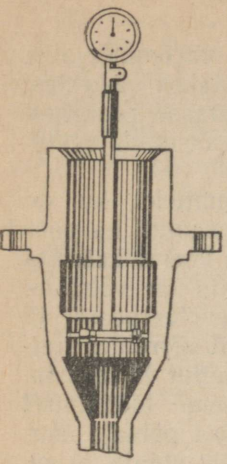
Aukude mõõtmise meetodid.

Kalibreeritavate aukude mõõtmiseks kasutatakse eri mõõteriistu. Möödunud sajandi lõpul ilmusid n o r m a a l - k a l i i b r i d, s. t. sellised kaliibrid, millede mõõde on neile märgitud nimimõõdetele üsna lähedane. Neid kaliibreid saavad kasutada ainult kvalifitseeritud töölised, kuna vähekvalifitseeritud töölised ei suuda küllalt kindlalt määrata kaliibri ja eseme mõõdete kokkulangemise astet. Normaalkaliibriga ei saa kindlaks teha, kuivõrd augu mõõde erineb kaliibri mõõtest. Normaalkaliibrite kasutamisel on tööliste ja kontrollijate vahel alati võimalikud lahkarvamised. Seda välditakse seerialisel ja massilisel tootmisel kasutatavate p i i r i k a l i i b r i t e g a mõõtmisel. Laialt kasutatavateks aukude mõõteriistadeks on a u g u m õ õ t j a d. Augumõõtjaid on kolme liiki: 1) jäigad — läbivad ja mitteläbivad, 2) reguleeritavad skaalata, samuti läbivad ja mitteläbivad, 3) universaalsed, mikromeetrilise kruviga.

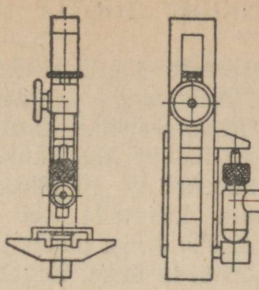


Joon. 169. Indikaatoriga sisetaster mittesügavate aukude jaoks.

Joonisel 169 on toodud i n d i k a a t o r i g a s i s e t a s t e r mittesügavate aukude mõõtmiseks, näiteks kitsaste rõngaste, pukside ja teiste selliste esemete juures.

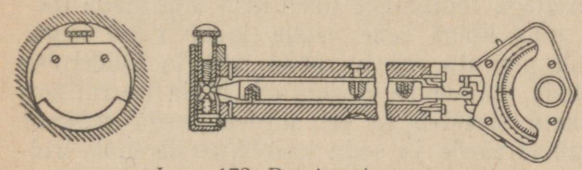


Joon. 170. Sügavate aukude läbimõõtude mõõtmise riist.

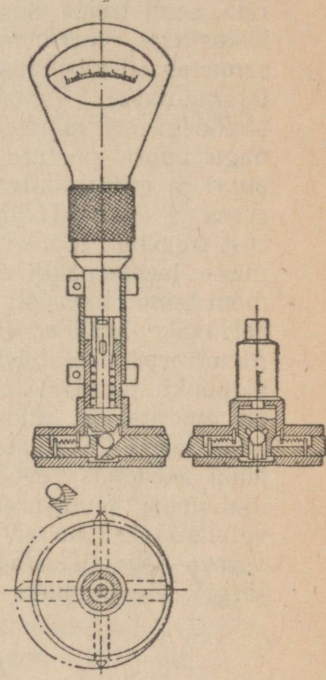


Joon. 171. Aukude läbimõõtude mõõtmiseks kasutatavate riistade seadmine mõõteplaatide järgi.

Sisetastri seadmine antud mõõtele toimub kas kalibreeritud rõngaste või mikromeetri järgi. Alumine, mõõtev tahk jääb liikumatuks, kuna ülemist,



Joon. 172. Passimeeter.



Joon. 173. Mikrostaat.

mis näitab mõõdet, on võimalik kiireks mõõteriista auku viimiseks allapoole viia. Mõõtepiirid on temal 25 kuni 75 mm. Aukude mõõtmiseks kasutatakse samuti riista (joon. 170), mida on käepärane kasutada silindrite töötlemisel trei- ja lihvimispinkidel; see mõõteriist näitab, missuguse paksusega laastu on veel tarvis võtta selleks, et saada nõutav mõõde. Indikaator näitab augu mõõte hälvet nõutavast mõõtest täpsusega kuni 0,01 mm. Mõõteriista seadmine toimub mikromeetri või mõõteplaatide järgi (joon. 171). Mõõtmise piirid on 18—400 mm augu sügavuste juures 170—500 mm.

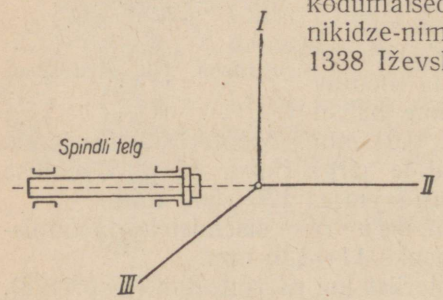
Joonisel 172 on toodud p a s s i m e e t e r — sisemisteks mõõtmisteks kasutatav mõõteriist mõõdete jaoks 11—120 mm.

M i k r o s t a a t on täpsem mõõteriist kui passimeeter (joon. 173). Tal on neli kontaktipunkti, aga mitte kolm, nagu passimeetril. Mikrostaadi mõõtepeadel on mõõtejaotused 0,002 ja 0,010 mm.

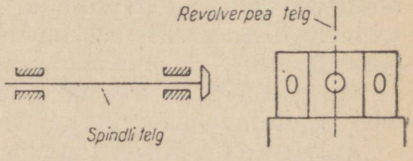
VII. REVOLVERPINKIDEL TÖÖTLEMINE.

Revolverpinke kasutatakse esemete töötlemiseks varbmaterjalist ja esemete töötlemiseks padrunis. Neid pinke valmistatakse väikestes, keskmistes ja suurtes mõõdetes. Revolverpinke kasutatakse peamiselt seerialisel tootmisel. Mõned tehased loevad kasulikuks kasutada revolverpinke siis, kui detailide partii koosneb 6—10 tükist.

Revolverpinke on otstarbekohane kasutada neil juhtudel, kui on vajalik töödelda väliseid ja sisemisi silindrilisi pindu ja samuti ka puurida, seest treida, süvistada ja hõõritseda auke, lõigata keeret keermelõikuritega, keermepuuridega jne., teiste sõnadega, kui on võimalik samaaegselt kasutada mitut lõikeriista, asetades neid revolverpeasse ja terahoidjasse. Põhiaja kokkuhoiu saame revolverpingil võrreldes treipinkidega sel juhul, kui saab kasutada samaaegselt mitut lõikeriista, nagu puuri, pikitera, mahalõiketera või astmelise eseme töötlemisel puuri ja mitut pikitera jne. Vastasel korral olulist vahet põhiaja suuruses ei esine. Töötlemisaja kokkuhoid tekib peamiselt abiaja arvel, sest treipingil töötlemisel tuleb iga siirde puhul uuesti üles seada tagumisse tsenterpukki (vastavalt nõuetele) puur, süvipuur, hõõrits või mõni teine lõikeriist; treiteradega töötamisel tuleb neid lähendada töödeldavale detailile, mõõta jne.; kõige selle peale kulub palju aega. Revolverpinkidel tuleb ainult pöörata revolverpead, viia ta töötlemise algpunkti juurde ja eemaldada töötlemise lõppemisel. Mida keerulisem on operatsioon, mida rohkem sisaldab ta eri siirdeid, seda rohkem kulub aega lõikeriistade vahetamisele ja seda kasulikumalt saab treipinki asendada revolverpingiga. Revolverpinke liigitatakse käesoleval ajal nende revolverpea telje asendi järgi spindli telje suhtes. Praegu valmistatakse kolme tüüpi revolverpinke (joon. 174), olenevalt revolverpea telje asendist spindli telje suhtes (kolme koordinaatide telje järgi). Levinumaks on tüüp I vertikaalse revolverpea teljega; sellise tüübi järgi on valmistatud kodumaised pingid nr. 135, 136, 137 Ordžonikidze-nimelisest tehasest (joon. 175), pink 1338 Iževski tehasest jt.

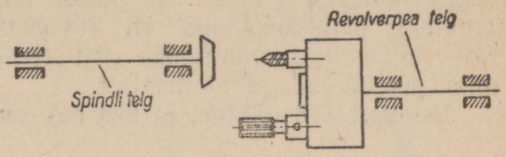


Joon. 174. Revolverpeade telgede asendite skeem spindli telje suhtes.

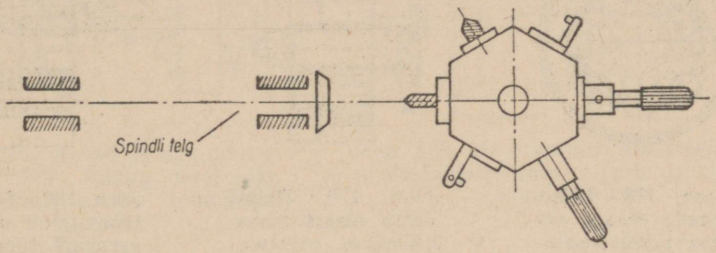


Joon. 175. Tüüp I revolverpingi skeem revolverpea vertikaalse teljega.

Väiksema levikuga on tüüp II (joon. 176) nn. Pitleri peaga. kuigi peale Pitleri tehaste valmistavad seda tüüpi revolverpinke veel mõned teised tehased. Kodumaistest tehastest valmistab tüüp II revolverpinke Iževski tehas (tüüp 1336). Tüüp III revolverpinke, milledel on kõige väiksem levik (joon. 177), valmistatakse ainult mõne üksiku tehase poolt. Tüüp III järgi valmistatakse kodumaisi ja välismaisi varbmaterjali töötlemiseks kasutatavaid Indeks-tüüpi ühe spindliga automaate.



Joon. 176. Tüüp II revolverpingi skeem revolverpea horisontaalse teljega (paralleelne spindli teljega).



Joon. 177. Tüüp III revolverpingi skeem revolverpea horisontaalse teljega (risti spindli teljega).

Varbmaterjali töötlemiseks revolverpingi valikut teostatakse olenevalt varbmaterjali läbimõõdust. Padrunis töötlemiseks toimub pingi valik töötlemisele kuuluva eseme maksimaalse läbimõõdu järgi. Levinumate kodumaiste revolverpinkide mõõted on toodud tabelis 43.

Tüüp II pinkide revolverpeadel on 6 või 8 suurt ja sama palju väi-

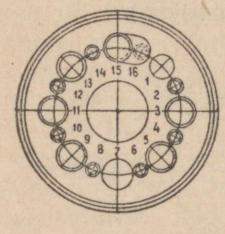
Tabel 43.

Tehased	Pingi nr.	Revolverpea tüüp.	Varbmaterjali maksimaalne läbimõõt mm	Padrunis treimise läbimõõt mm	Võimsus kW
Iževski	1336	II	36	140—220	2,3—5,2
„	1338	I	36	180	2,3—3,7
Ordžonikidze-nim.	135	I	50	300	3,7—4,4
„ „	136	I	63	350	3,7—7,5
„ „	137	I	85	440	5,5—11,0

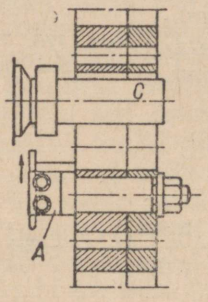
kest auku lõikeriistade kinnitamiseks (joon. 178) ja neid saab korrastada tööks kas 12 või 16 lõikeriistaga.

Revolverpea tüüp II eeliseks, võrreldes tüüp I-ga, on suurema lõikeriistade arvu kasutamise võimalus, peale selle kujunevad mitme lõiketeraga samaaegse töötamise juures terahoidjad konstruktsioonilt lihtsamateks; puuduseks aga on revolverpea keerukam korrastamine, pidev lõikenurga muutumine risti-ettenihke puhul ja profiili moonutamine profiilteradega töötlemisel.

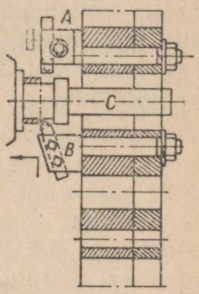
Jooniselt 178 nähtub, et üks auk on tehtud pikerguseks; selle tõttu



Joon. 178. Lõikeriistade pesade asetus revolverpeas tüüp II (Pitleri pea).

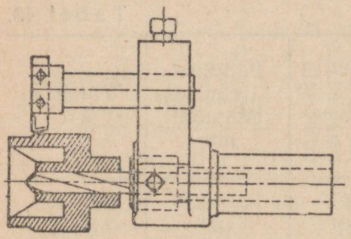


Joon. 179. Detaili varva otsast mahalõikamine revolverpingil tüüp II lühendatud terahoidja abil.



Joon. 180. Soone eeltreimine revolverpingil tüüp II.

avaneb võimalus töödelda pikki detaile üsna lühikese terahoidja abil. Joonisel 179 on kujutatud detailide varva otsast mahalõikamine lühendatud terahoidja *A* abil; eseme *C* ots on sisenenud pikergusse auku. Joonisel 180 on kujutatud tera *A* abil soone eeltreimine, millesse pärast viiakse pikitera *B*. Ka siin on võimalik pikerguse augu tõttu, millesse siseneb töödeldava eseme *C* ots, lühendada terahoidja pikkust. See auk valmistatakse pikergusena sellepärast, et risti-ettenihet teostatakse revolverpea pööramisega.

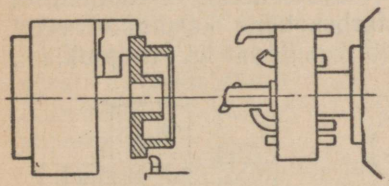


Joon. 181. Samaaegse treimise ja puurimise ratsionaalne meetod.

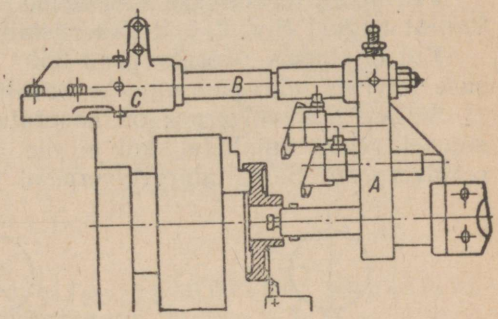
Joonisel 181 on kujutatud samaaegse treimise ja puurimise ratsionaalne meetod. Soovitatakse võtta pobediidist plaadikesega tera, et võimaldada kiirlõiketerasest puurile normaalset kiirust. Kui kasutada kiirlõiketerasest tera, siis puu-

ril on üsna väike kiirus ja pingi produktiivsus väheneb. Antud meetodit soovitatakse kasutada siis, kui augu pikkus on 3—4 korda puuri läbimõõdust väiksem. Vastupidisel juhul tuleb puuri laastudest puhastamiseks aeg-ajalt välja tõmmata, mille tulemusena tera jätab töödeldud pinnale joone.

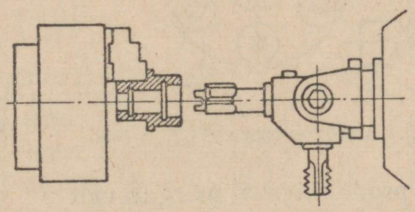
Joonisel 182 on kujutatud mitme teraga terahoidja kasutamine samaaegse otstreimisega supordilt, mis samuti tõstab pingi produktiivsust. Terade arv ja lõikerežiim tuleb kooskõlastada pingi võimsusega.



Joon. 182. Revolverpingil töötamine mitme teraga terahoidja abil samaaegse otsa treimisega supordilt.



Joon. 183. Hammasratta samaaegne välis- ja sisetreimine revolverpealt ja otsa treimine supordilt.



Joon. 184. Eriterahoidja kahe lõikeriista kinnitamiseks.

Joonisel 183 on kujutatud hammasratta samaaegne välis- ja sisetreimine revolverpealt ja otsa treimine supordilt. Antud näites kasutatakse standardset terahoidjat *A* täiendava juhttorniga *B*, mis siseneb erilisse puksi *C;* selle tõttu saadakse terade ülesseadmisel palju suuremat jäikust, mis võimaldab kasutada suuremaid ettenihkeid. Selle töötlemisviisi juures on võimalik suur aja kokkuhoid.

Esineb detaile, millede töötlemisel revolverpingil ei jätku tera kinnituseks pesi; sel juhul kasutatakse terahoidjat, millesse kinnitatakse kaks lõikeriista (joon. 184).

Kui revolverpeal tuleb aukudest puudus suurema arvu lõikeriistade jaoks, siis võib kasutada abirevolverpead, mis on kujutatud joonisel 185. Viimane on pööratav vertikaal-tasapinnas ja asetatakse varva *A* abil põhirevolverpea ühte auku.

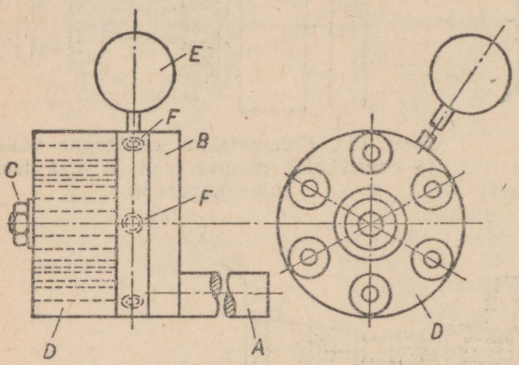
Varvale *A* on kinnitatud ketas *B* temasse keeratud võllikuga *C*, millel pöörleb 6 auguga abirevolverpea *D*.

Abirevolverpea pöörde fikseerimine toimub kuulikese ja vedru abil, mis asetsevad varvas *A*.

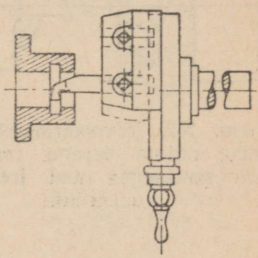
Pea pööre teostatakse käepideme *E* abil, mida saab keerata igasse kuuest august *F* vastavalt lõikeriistade asendile.

Kui on tarvis pöörata pead 360° võrra, siis pööramise käepärasuse huvides võib pööramiseks kasutada kahte käepidet.

Selline abirevolverpea on kasutatav väikeste detailide töötlemisel suurtel revolverpinkidel, kui ei ole otstarbekohane kasutada rasket revolverpead. Sama abirevolverpead võib kasutada ka treipinkidel,



Joon. 185. Abirevolverpea.

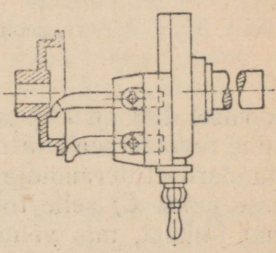


Joon. 186. Revolverpinkidel kasutatav käsitsi ristiettenihkega liikuv suport.

mille tõttu pingi produktiivsus märgatavalt tõuseb.

Treipingil võib kinnitada revolverpead tagumise tsenterpuki spindlisse, käepärasem on aga teda kinnitada terahoidjasse, milleks varvale *A* tuleb freesida tahud, mis võimaldavad revolverpead terahoidjasse kinnitada, nagu tavalist tera.

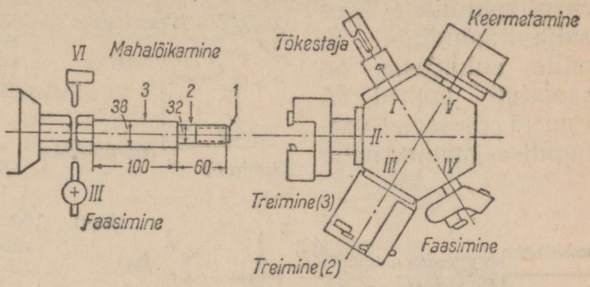
Joonisel 186 on kujutatud standardne liikuv suport, mida kasutatakse sisemiste soonte treimiseks või sisemiste otste treimiseks käsitsi ettenihkega. Joonisel 187 on kujutatud liikuva supordi kasutamine revolverpingil kahe otsa treimiseks. Käsitsi



Joon. 187. Liikuva supordi kasutamine revolverpingil kahe otsa samaaegseks treimiseks.

ettenihke kasutamine on tingitud sellest, et tüüp I revolverpead kodumaistel ja enamikul välismaistel revolverpinkidel ei oma risti-ettenihet.

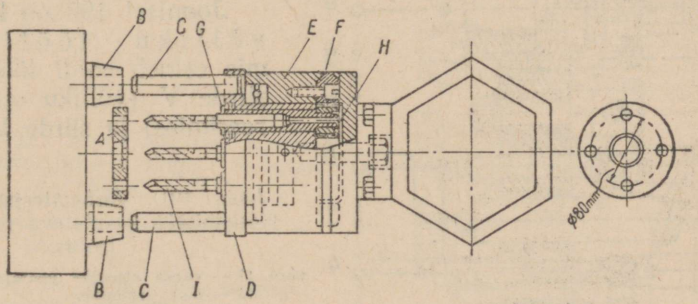
Joonisel 188 on kujutatud poldi töötlemine kuuekandilisest varvast revolverpingil. I siire — varva tõkestajani välja lükkamine; II siire — varva treimine; III siire — poldi otsa treimine keerme alla ja poldipea servade ümardamine supordilt; IV siire — poldi otsa treimine; V siire — keermetamine; VI siire — poldi mahalõikamine tagumise supordi abil.



Joon. 188. Poldi töötlemine kuuekandilisest varvast revolvertreipingil.

Joonisel 189 on näidatud nelja spindliga puurimispea, mida saab kinnitada revolverpeasse.

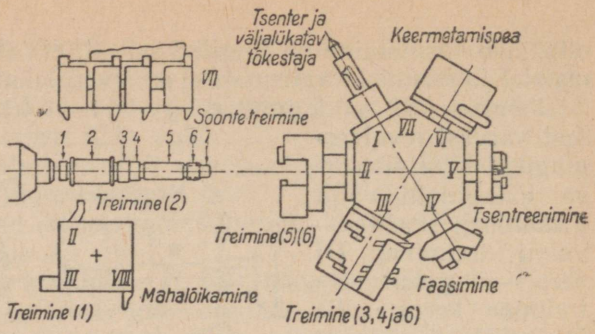
See puurimispea võimaldab lühendada puurimisoperatsioonideks kuluvat aega ja efektiivseimalt ära kasutada revolverpead. Ese *A* kinnitatakse padrunisse (joonisel ei ole näidatud). Padruni kõrval on



Joon. 189. Revolverpingile ülesseatav nelja spindliga puurpea.

plaanseibile kinnitatud kaks juhtpuksi *B*, milledesse sisenevad kaks pulka *C*. Pulgad C on ühendatud spindliga *D*, mis pöörleb pea keres *E*. Sellesse keresse on paigutatud neli puurspindlit *G*, millede otstel asetsevad hammasrattad *H;* need hambuvad hammasrõngaga *F*, mis on kerega *E* ühendatud sisemiste hammaste abil. Puurimiseks asetatakse see pea selliselt, et tema edasiliikumisel pulgad C sisenevad juhtpukside aukudesse.

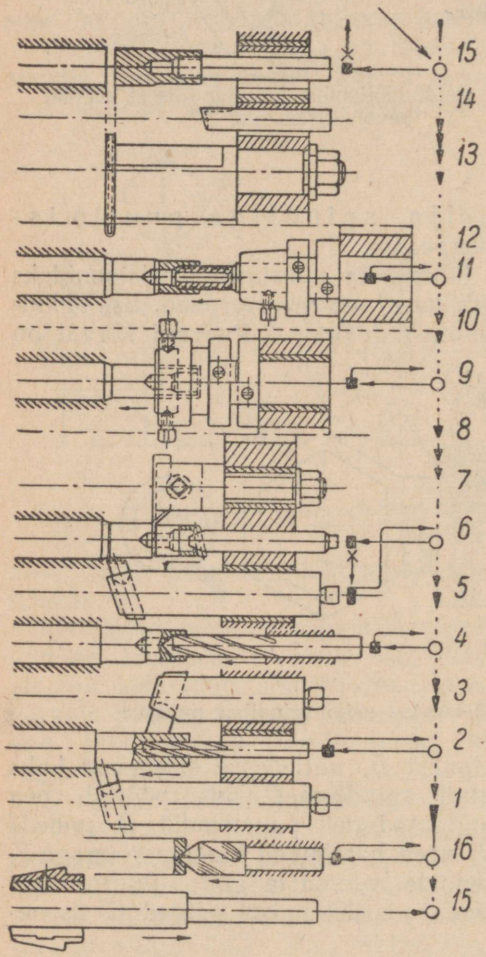
Pulkade *C* abil, mis asuvad pukside *B* aukudes, antakse padruni pöörlev liikumine edasi spindlile *D* koos nelja spindliga *G*, mille aukudesse on asetatud puurid *I*. Puurid pöörlevad vastupidises suunas nelja



Joon. 190. Võlliku töötlemine revolverpingil.

hammasratta *H* kaudu, mis on hambunud liikumatu sisemise hammasrõngaga *F*, millel on hammaste arv kolm korda suurem kui igal hammasrattal *H*. Selle tõttu padruni ja spindli *D* pöörete arvu juures 200 pööret minutis teevad puurid 600 pööret minutis.

Joonisel 190 on kujutatud võlliku töötlemine, mis erineb poldi töötlemisest siirde V (võlliku otsa tsentreerimise) ja siirde VII (nelja



Joon. 191. Varbmaterjalist eseme töötlemiseks kasutatava revolverpea laotus.

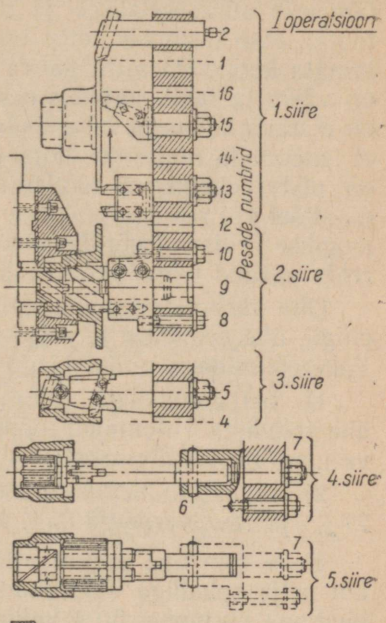
pesa 15 — varva ettenihe peatajani,
„ 14 — otsa treimine,
„ 13 — detaili varvast mahalõikamine,
„ 12 — (vaba),
„ 11 — sisekeerme lõikamine,
„ 10 — (vaba),
„ 9 — väliskeerme lõikamine,
„ 8 — (vaba),
„ 7 — soone treimine,
„ 6 — faasimine,
„ 5 — puhastreimine,
„ 4 — augu puurimine keermetise alla,
„ 3 — välistreimine keermetise alla,
„ 2 — augu puurimine,
„ 1 — koorivtreimine,
„ 16 — varva otsa tsentreerimine,
„ 15 — varva ettenihe peatajani.

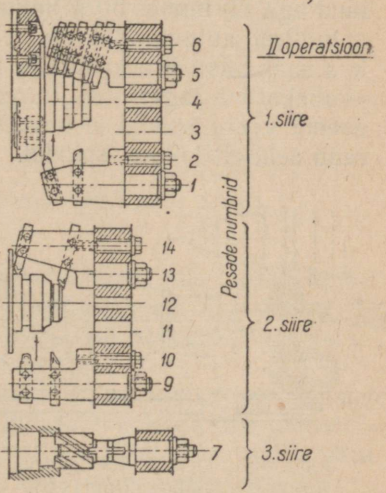
soonekese treimine tagumiselt supordilt eriterahoidja abil) poolest. Paljudel revolvertreipinkidel ei ole tagumist supordit. Võlliku ots toetub siirde VII ajal läbipaindumise vältimiseks tsentrile.

Numbrid 1—7 tähistavad töödeldavate pindade numbreid. Antud näites on kõik revolverpea pesad ära kasutatud ja toetav tsenter tuleb peatajaga ühendada ühes ja samas padrunis. Mõne pingitüübi juures võib peataja asetada kuuekandilise pea kantide servale paigutatud pesasse (Ordžonikidze-nimelise tehase pink).

Joonisel 191 on kujutatud revolverpea laotus koos varbmaterjalist töödeldava sisemise ja välise keermetisega eseme töötlemiseks vajalike lõikeriistadega.

Joonisel 192 on kujutatud auto esiratta rummu töötlemine. Pitleri tüüpi revolverpingil.





Joon. 192. Auto esiratta rummu töötlemine Pitleri tüüpi revolverpingil.

Operatsiooni nr.	Siirde nr.	Siirde nimetus
I	1	Ääriku välis- ja plaantreimine.
	2	Kooriv sisetreimine kolmel läbimõõdul.
	3	Siluv sisetreimine kahel läbimõõdul.
	4	Hõõritsemine.
	5	Sundjuhtimisega hõõritsemine.
II	1	Ääriku plaantreimine ja rummu kere treimine mitme teraga terahoidja kaasabil.
	2	Kahe läbimõõduga soonte treimine, faasimine ja läbimõõdu välistreimine.
	3	Läbimõõdu välistreimine.

VIII. AUTOMAATIDEL JA POOLAUTOMAATIDEL TÖÖTLEMINE.

Ühe spindliga automaadil töötlemine.

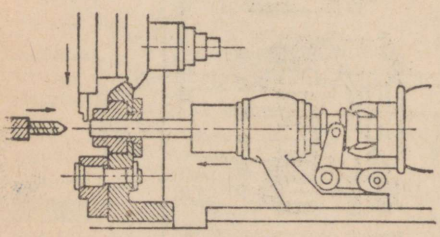
Automaate kasutatakse peamiselt varbmaterjalist esemete valmistamiseks suurseerialises ja massilises tootmises, kus suurte partiide tootmisesse laskmise tõttu on võimalik automaate ilma ümberkorrastamata koormata mitu päeva järjest. Juhul, kui automaatide koormus on väike ja tekib vajadus nende sagedaseks ümberkorrastamiseks, siis on otstarbekohasem rakendada revolverpinke. Igal üksikul juhul selleks, et lahendada majanduslikust seisukohast küsimus, missugustel pinkidel on otstarbekohasem töötlemist teostada, kas automaatidel, poolautomaatidel või revolverpinkidel, tuleb läbi töötada detaili töötlemise tehnoloogilise protsessi võrdlevad variandid ühel või teisel pingitüübil ja võrrelda saadud tehno-ökonoomilisi tulemusi.

Ühe varbmaterjalist detaili töötlemisprotsessi võrdlemine revolverpingil, ühe spindliga ja nelja spindliga automaadil ligikaudu ühesuguste lõikerežiimidega andis järgmisi tulemusi:

1) nelja spindliga automaadi produktiivsus on 2,6 korda suurem ühe spindliga automaadi tööproduktiivsusest ja 3,3 korda suurem revolverpingi produktiivsusest;

2) detaili töötlemise omamaksumus tuli ühe spindliga automaadil 27% ja revolverpingil 35% kõrgem kui nelja spindliga automaadil.

Kuue spindliga automaatide produktiivsus on ligi 1,5 korda suurem kui nelja spindliga automaadi produktiivsus, kuue spindliga automaadi hind aga on umbes 50% kallim nelja spindliga automaadi hinnast. Kuue spindliga automaadid on eelistatavamad keerulise töötlemise juures, kus saab hästi ära kasutada kõiki spindleid ja supordeid, samuti ka nn. «kahekordse jagamise» juures, s. t. siis kui iga trumli pöörde kohta kahe asendi võrra saadakse kaks töödeldud detaili ja detaili töötlemine toimub selliselt kolmel spindlil.



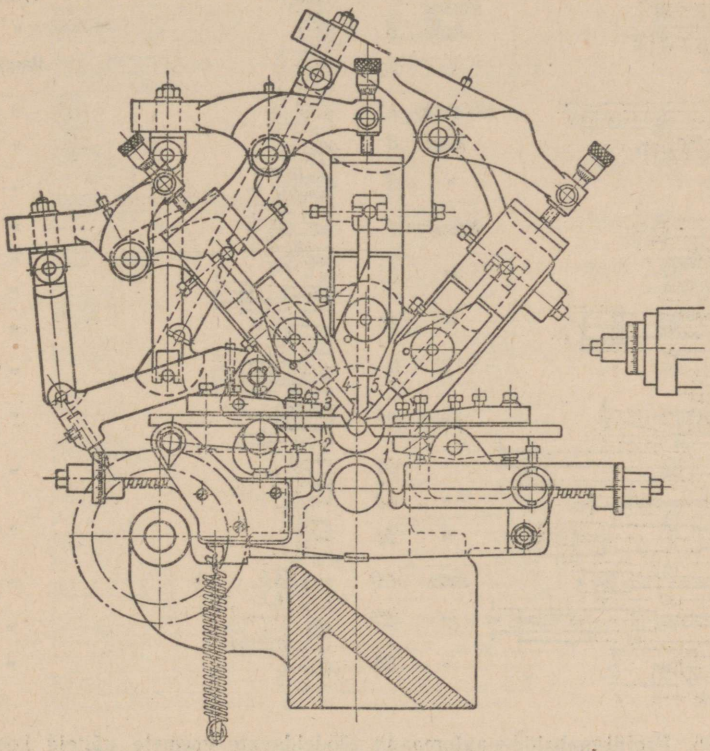
Joon. 193. Detaili töötlemine profiil-mahalõike-automaadil.

Ühe spindliga automaadid jagunevad profiil-mahalõike-automaatideks (pikitreimisega või ilma) ja revolvertreimise automaatideks.

Profiil-mahalõike-automaatidel on kaks või kolm või isegi rohkem supordit profiil- ja mahalõiketeradega ja peale selle varva teljega ühte langeva teljega spindel sellise lõikeriista jaoks, nagu puur, süvipuur, keermepuur jne. (joon. 193).

Sellele spindlile antakse peale pöördliikumise veel telgliikumine. Pikitreimist teostatakse profiil-mahalõike-automaatidel varva telgliikumise teel, kusjuures seda liikumist teostatakse kas kogu spindlikasti edasinihutamise või ainult spindlikastis oleva eritoru edasinihutamise teel.

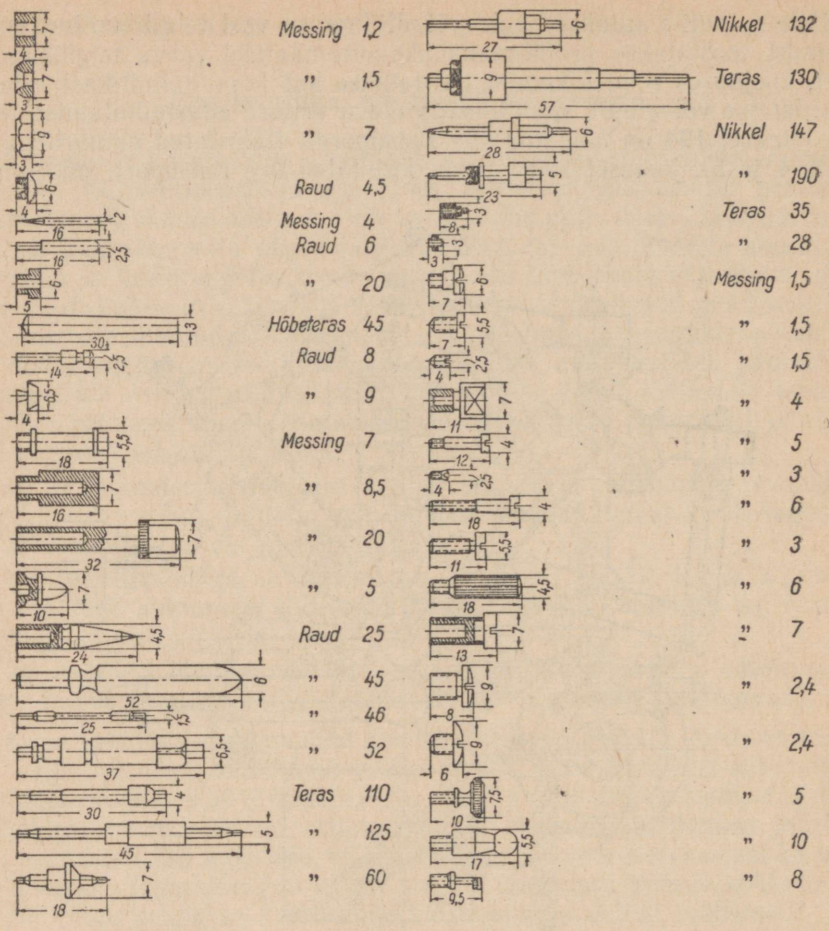
Joonisel 194 on näidatud viis ristsupordit (tähistatud numbritega 1, 2, 3, 4 ja 5), joonisel 193 aga on kujutatud üks ristsuport, mis omab



Joon. 194. Profiil-mahalõike-automaadi viie ristsupordi asetus.

ka pikiliikumist, ja pöörlev spindel ning erikronstein, mis täidab lüneti osa ega luba varval läbi painduda ja väriseda. Selliseid automaate kasutatakse peamiselt täpsete riistade tootmisel, kus nad ei oma võistlejaid produktiivsuses ja töötlemise täpsuses.

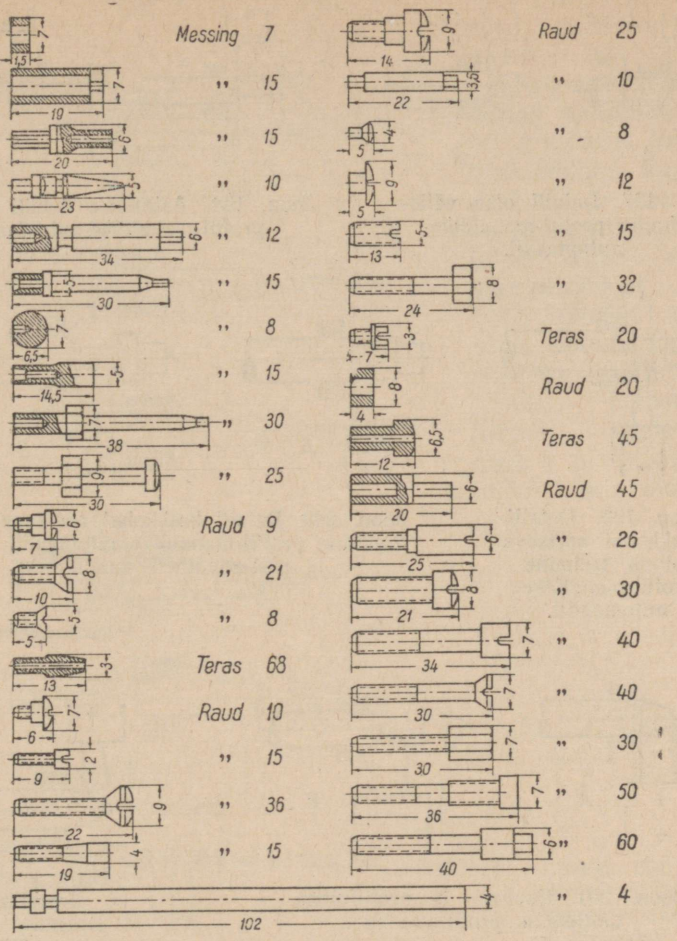
Joonistel 195 ja 196 on kujutatud esemed, mida saab toota sellistel automaatidel koos ühe detaili tootmiseks kulutatava tükiajaga sekundites. Joonisel 197 on toodud silindriliste pindade töötlemise näide. Kui töödeldav silindriline pind asetseb detaili esiotsa juures, siis tema töötle-



Joon. 195. Profiil-mahalõike-automaadil töödeldavate esemete näiteid koos töötlemisajaga (sek.).

miseks tera nihutatakse vajalikule kaugusele r_1 detaili pöörlemise teljest (joon. 197, A), mille järel tera jääb paigale ja spindlikast koos pöörleva varvaga liigub piki telge (joon. 197, B). Astmelise kujuga detaili töötlemist teostatakse alguses analoogiliselt kirjeldatuga. Esimese astme töötlemise lõpetamisel (joon. 198, A) lõpetatakse spindlikasti pikiliikumine, tera viiakse vajalikule kaugusele r_2, mille järel spindlikast liigub jälle edasi teise astme pikkuse võrra (joon. 198, B).

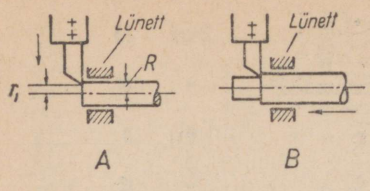
Kui töödeldav pind on kuskil detaili keskkohal ja tema laius on



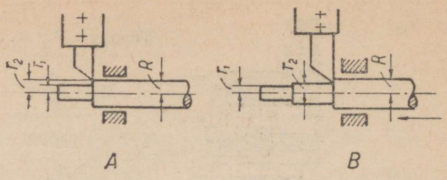
Joon. 196. Profiil-mahalõike-automaadil töödeldavate esemete näiteid koos töötlemisajaga (sek.).

väike, siis teda töödeldakse tera ristisuunas sisselõikumise teel (joon. 199), kusjuures tera peab olema vastava laiusega; spindlikast jääb sellejuures paigale. Kui töödeldav pind on tunduva laiusega ja asub samuti detaili keskkohas, siis on tarvis alguses sisse lõikuda teraga vastavasse sügavusse materjalisse (joon. 200, A) ja alles peale selle panna spindlikast telgsuunas liikuma (joon. 200, B).

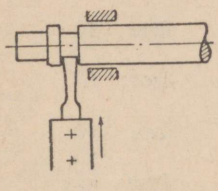
Profiil- ja koonuspindade töötlemist võib teostada kahel viisil: profiilteradega ainult risti-ettenihke kasutamisel (joon. 201, A ja B) ja liht-



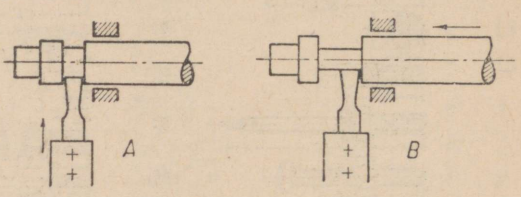
Joon. 197. Detaili otsa välistreimine profiil-mahalõike-automaadil.



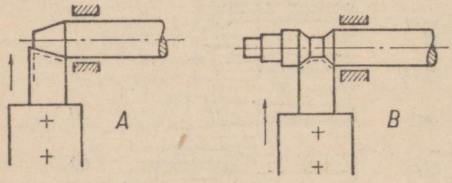
Joon. 198. Astmelise detaili treimine profiil-mahalõike-automaadil.



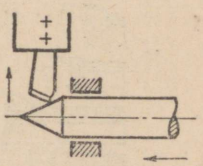
Joon. 199. Detaili keskkohal asetseva pinna treimine profiil-mahalõike-automaadil.



Joon. 200. Detaili keskkohal asetseva pinna treimine profiil-mahalõike-automaadil risti- ja piki-ettenihete kasutamisel.



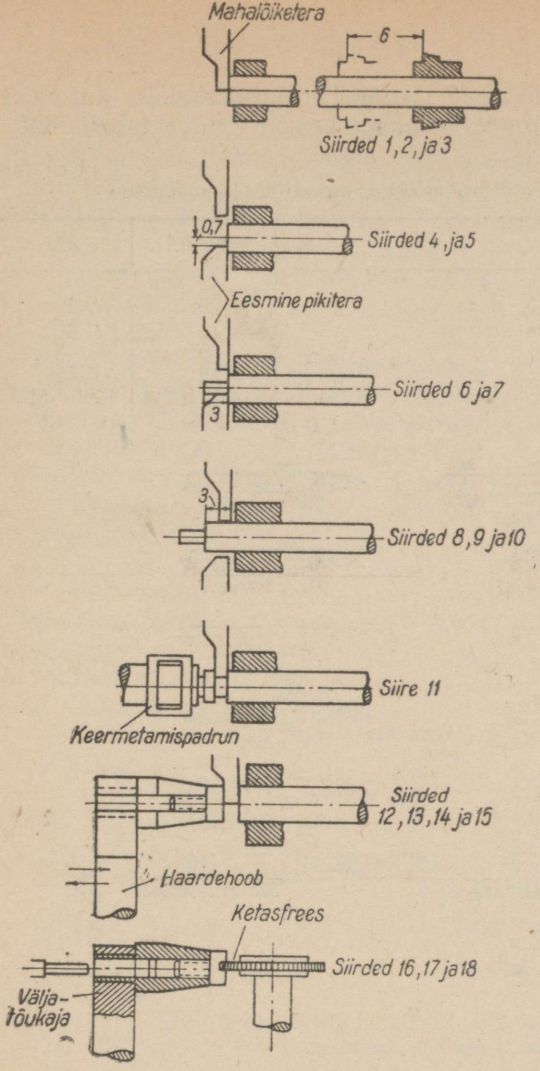
Joon. 201. Koonus- ja profiilpinna töötlemine profiilteradega.



Joon. 202. Koonuse treimine välistreimise teraga.

sate pikiteradega samaaegsel spindlikasti telgsuunalisel ja tera ristisuunalisel liikumisel (joon. 202).

Profiil-mahalõike-automaadil teostuva kogu töötlemisprotsessi paremaks ettekujutamiseks on joonisel 203 kujutatud kruvitsaga keeratava kinnituskruvi (joon. 204) tehnoloogiline protsess koos siirete nimetustega. Kruvitsa soone freesimine toimub erirakise abil, mis võimaldab automaadist saada täiesti valmis kruvi ja sellega vältida erioperatsiooni kruvitsa soone freesimiseks.

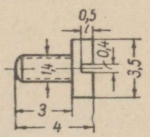


Joon. 203. Joonisel 204 kujutatud kruvi töötlemine profiil-mahalõike-automaadil.

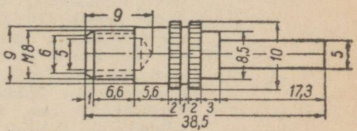
Siirete nimetused:

1. Avada padrun. 2. Viia tagasi spindlikast. 3. Sulgeda padrun. 4. Viia mahalõiketera lähteasendisse. 5. Viia eesmine tera tööasendisse. 6. Treida kuni 1,4 mm läbimõõduni. 7. Paus. 8. Eemaldada eesmine tera. 9. Paigutada spindlikast ümber kruvipea moodustamiseks. 10. Lähendada mahalõiketera detaili pinnale. 11. Keermetada. 12. Lõigata detail maha. 13. Haarderakise pööramine. 14. Haarderakise edasinihutamine. 15. Haarderakise eemaldamine koos detailiga. 16. Haarderakise üles pööramine. 17. Kruvitsa soone freesimine. 18. Detaili väljalükkamine.

Teine profiil-mahalõike-automaadil töötlemise näide on toodud joonisel 206 (koos siirete nimetustega). Töödeldav detail on kujutatud joonisel 205. 5 mm läbimõõduga augu puurimiseks ja keerme M8 keermetamiseks kasutatakse kahe spindliga puurimisrakist (joon. 207). Spindel 1 on puuri jaoks, spindel 2 aga keermelõikepadruni jaoks. Nende ümberlülimine toimub automaatselt nuki 5 ja hoova 3 abil, millel on otsas rullike 4.



Joon. 204. Profiil-mahalõike-automaadil töödeldav kruvi.



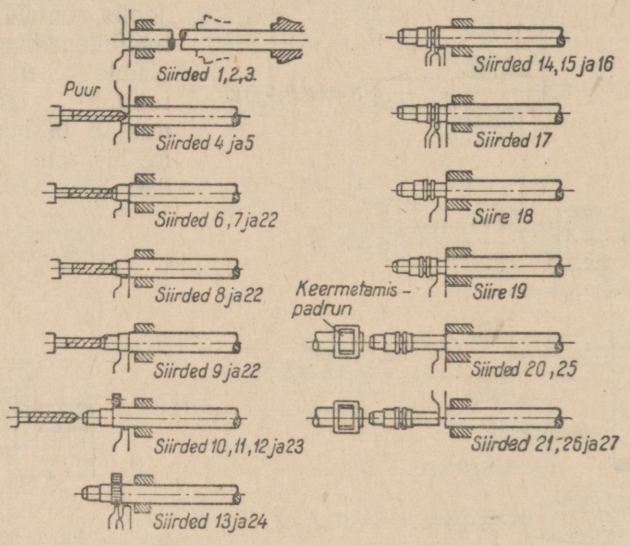
Joon. 205. Profiil-mahalõike-automaadil töödeldav detail.

Kodumaised tehased valmistavad järgmisi profiil-mahalõike-automaatide tüüpe: 116A ja 111, millede iseloomustus on toodud tabelis 44.

Tabel 44.

Ühe spindliga profiil-mahalõike-automaatide iseloomustus.

Tüüp	116A	111
Töödeldava varva suurim läbimõõt mm	6	10
Töödeldava detaili suurim pikkus mm	75	40
Supordite arv	5	5
Spindli kiiruste arv	18	12
Spindli pöörete arv minutis	2235—10000	1200—8550
Mootori võimsus kW	1,75	1,8



Joon. 206. Joonisel 205 kujutatud detaili töötlemine profiil-mahalõike-automaadil.

Siirete nimetused.

1. Avada padrun. 2. Viia spindlikast tagasi. 3. Sulgeda padrun. 4. Viia mahalõiketera lähteasendisse. 5. Viia eesmine tera tööasendisse. 6. Faasida 7. Treida läbimõõt 8 mm. 8. Viia eesmine tera järgmisesse tööasendisse. 9. Treida läbimõõt 9 mm. 10. Viia eesmine tera lähteasendisse. 11. Spindlikasti edasinihutamine pea moodustamiseks. 12. Viia karestaja kokkupuutesse detailiga. 13. Karestada detail. 14. Treida soon. 15. Eemaldada karestaja lähteasendisse. 16. Lähendada eesmine tera 1 detailile. 17. Eesmise tera 1 materjalisse lõikumine kuni läbimõõduni 8,5 mm. 18. Treida läbimõõt 8,5 mm. 19. Eesmise tera materjalisse lõikumine kuni läbimõõduni 5 mm. 20. Treida läbimõõt 5 mm. 21. Viia eesmine tera lähteasendisse. 22. Puurida auk. 23. Võtta puur august välja. 24. Paigutada spindlid ümber. 25. Lähendada keermetamisspindel detailile. 26. Lõigata keere. 27. Detail maha lõigata.

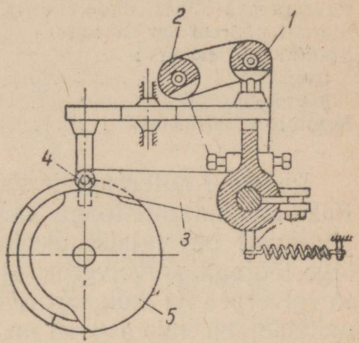
1940. a. lasti välja kahe ristsupordiga automaat, millel on detailide magasin detailidele läbimõõduga kuni 20 mm.

Selle automaadi spindli pöörete arv on 855—3550 minutis; tootlikkus — kuni 120 detaili minutis.

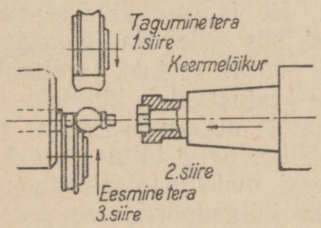
Väikeste läbimõõtudega esemete töötlemiseks kasutatakse mõnikord lihtsustatud konstruktsiooniga profiil-mahalõike-automaate, milledel puudub piki-ettenihe.

Joonisel 208 on toodud munanupu töötlemise näide profiil-mahalõike-automaadil ilma piki-ettenihketa. Selle treimine teostub ümarate profiilterade abil risti-ettenihkega. Keermetamine toimub, nagu eelmiste näidetegi juures, keermelõike padruni abil.

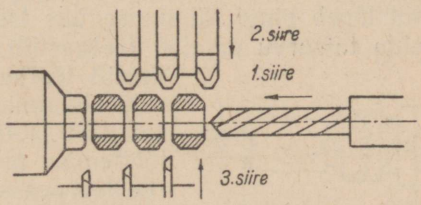
Joonisel 209 on kujutatud mutri töötlemine samasugusel automaadil. Siin alguses puuritakse auk (1. siire), selle järel faasitakse (2. siire) ja lõpuks toimub mahalõikamine (3. siire). Samaaegselt töödeldakse kolme mutrit.



Joon. 207. Profiil-mahalõike-automaadi kahe spindliga puurimisrakis.



Joon. 208. Munanupu treimine profiil-mahalõike-automaadil.



Joon. 209. Mutrite töötlemine profiil-mahalõike-automaadil.

Revolver-automaatidel on peale ristsupordite veel horisontaalteljega revolverpea, mis asub risti spindli teljega. Revolverpeal on harilikult kuus pesa lõikeriistade jaoks, mis võimaldab töödelda palju keerukama kujuga detaile, kui see oli võimalik profiil-mahalõike-automaatidel.

Kodumaistes tehastes valmistatakse mitmesuguste mõõdetega revolver-automaate, ja nimelt: tüüp 1112 — varbadele läbimõõduga kuni 12 mm, tüüp 1118 — kuni 18 mm, tüüp 1136 — kuni 36 mm. Nende tehniline iseloomustus on toodud tabelis 45.

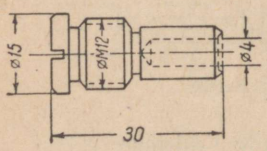
Tabel 45.

Revolver-automaatide iseloomustus.

Tüüp	1112	1118	1136
Töödeldava varva suurim läbimõõt mm .	12	18	36
Töödeldava varva suurim pikkus mm .	60	60	90
Revolverpea lõikeriistade suurim käik mm	50	50	75
Spindli pöörete arv minutis	8	8	16
Spindli pöörete arv:			
treimisel	700—4000	550—3200	120—1500
keermetamisel	140—1980	112—1590	60—750
Mootori võimsus kW	2,2	2,2	3,7

Revolver-automaatide töö on põhimõttelt analoogiline profiil-mahalõike-automaatide tööga. Detaili töötlemise tehnoloogilise protsessi projektimisel on vajalik üksikute siirete teostamiseks määrata kindlaks õige tööjaotus revolverpeas ja külgsupordites asuvate lõikeriistade vahel. Revolverpea ja külgsupordite automaatne liikumine saavutatakse erinukkide abil, mis asuvad nn. jaotusvõllil. Jaotusvõlli ühe pöörde jooksul valmistatakse üks detail.

Üksikutel juhtudel võib väikese arvu lõikeriistade kasutamise puhul jaotusvõlli ühe pöörde jooksul töödelda kahte detaili. Sel juhul, erinevalt joonisel 209 kujutatud kahe-kolme detaili üheaegsest töötlemisest, töödeldakse kahte detaili teineteise järel. Et jaotusvõlli ühe pöörde jooksul lõpeb pingi töötamise üks tsükkel, siis selle aja jooksul saab töödelda täisarvu detaile. Jaotusvõlli ühe pöörde kestust, järelikult ka detaili töötlemise kestust saab kindlaks määrata hammas-ajami ülekandesuhtega pingi spindlilt jaotusvõllile. Selle tõttu saab detaili töötlemise protsessi maksimaalselt tihendada revolverpeasse ja külgsuporditesse asetatud üksikute lõikeriistade töötamise ühtlase jaotamise ja ka samaaegse töötamise võimaldamise teel.

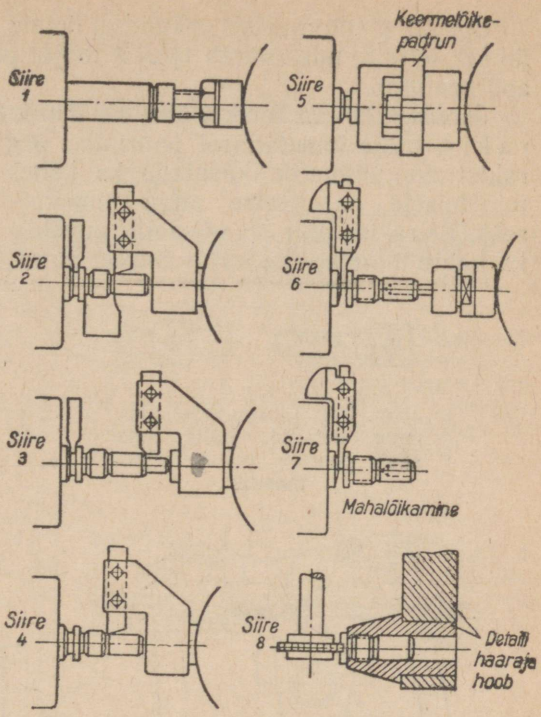


Joon. 210. Revolver-automaadil töödeldav kruvi.

Joonisel 210 on toodud detail — kruvi, mille töötlemine revolver-automaadil on kujutatud joonisel 211.

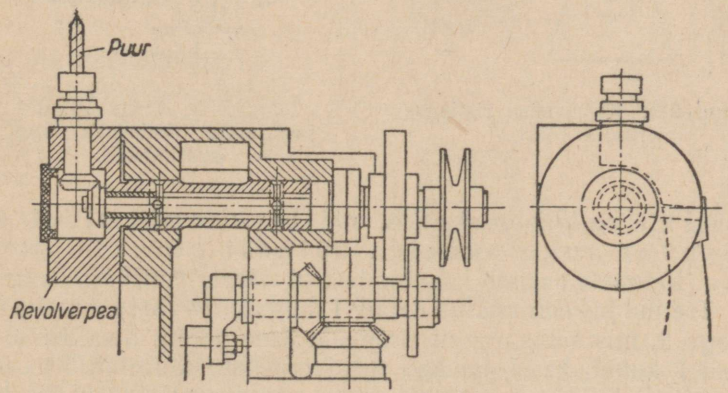
Kruvitsasoone freesimine toimub erirakises, samuti nagu profiil-mahalõike-automaatidelgi. Revolver-automaatidel, nagu profiil-mahalõike-automaatidelgi, saab kasutada erirakiseid, mis tõstavad tunduvalt pingi tootlikkust. Nii on otstarbekohane väikese läbimõõtudega aukude puurimisel kasutada eriajamit puuri jaoks, mis asub revolverpeas. See ajam paneb puuri spindli pöörlemisele vastupidises suunas pöörlema. Selline kiirkäiguline puurimisrakis on kujutatud joonisel 212.

Sageli on tarvis töödelda detaili, millel on risti augud (joonis 213). Selleks, et mitte eraldada selle augu puurimist eri-operatsiooniks, kasutatakse ristipuurimise rakiseid. Üks sellistest rakistest on kujutatud joonisel 214.



Joon. 211. Joonisel 210 kujutatud kruvi töötlemine revolver-automaadil.

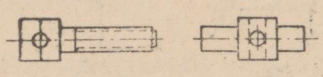
1. siire — varva edasinihutamine peatajani. 2. siire — kruvi pea treimine revolverpealt ja kruvi keha treimine piki-supordilt. 3. siire — kruviotsa ümardamine rist-supordilt ja faasimine ning tsentreerimine revolverpealt. 4. siire — kruvi keha siluv treimine revolverpealt. 5. siire — keermetamine. 6. siire — detaili mahalõikamise algus ristsupordilt ja augu puurimine revolverpealt. 7. siire — mahalõikamise lõpetamine. 8. siire — kruvitsasoone freesimine erirakises.



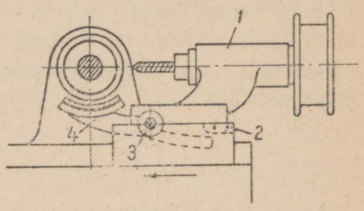
Joon. 212. Kiirkäiguline puurimisrakis revolver-automaadile.

Spindli 1 automaatsel liikumisel detaili juurde pöörab nukk 2 hooba ümber telje 3, mis sunnib inertsi mõjul pöörleva spindli piduriklotsi 4 abil peatuma.

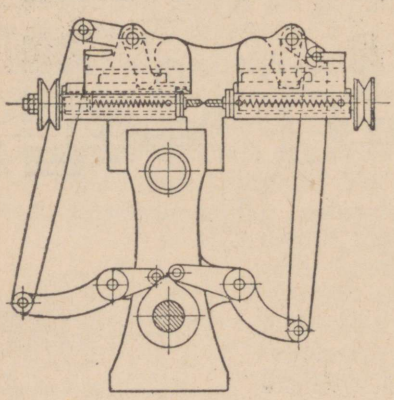
Joonisel 215 on toodud ühe augu kahepoolse puurimise rakis, mille kasutamisel puurimise aeg lüheneb kaks korda. Sama rakist on võimalik kasutada ka kahe, teineteisele paralleelse augu puurimiseks. Erirakise abil on võimalik puurida ka kahte teineteisega nurgi asuvat auku.



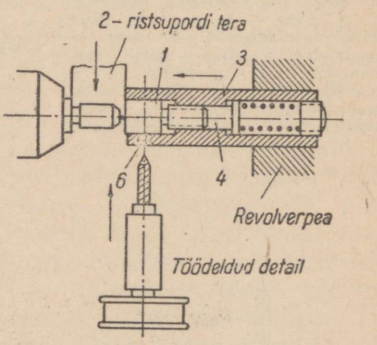
Joon. 213. Ristiasuvate aukudega detailid, mille auke saab puurida revolver-automaadil.



Joon. 214. Ristipuurimise rakis revolver-automaadil.



Joon. 215. Kahepoolse ristipuurimise rakis.

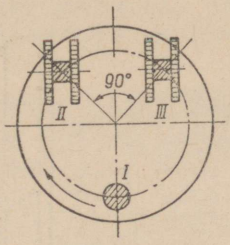


Joon. 216. Rakis spindlit peatamata ristiasuva augu puurimiseks.

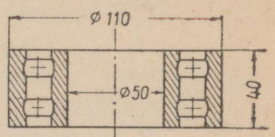
Joonisel 216 on kujutatud rakis, mille kasutamisel saab ristiasuvat auku puurida spindli pöörlemist peatamata. Eelmiste rakiste kasutamisel oli tarvis puurimiseks peatada spindel. Treitud ja keermetatud detail 1 lõigatakse varvast maha mahalõiketeraga 2, mis samaaegselt treib üle teise detaili otsa. Enne seda, kui detail 1 kukub kasti, hakkab revolverpeasse kinnitatud haaraja 3 ette liikuma. Detail läheb haaraja sisse, surudes poldi 4 vedru kokku, ja toetub teise otsaga mahalõiketerale, mis, nagu öeldud, treib üle

pärast mahalõikamist järgmise detaili otsa. Selle järel puurib kelgul asuv ristspindel edasi liikudes detailisse ristiasuva augu. Auk 6 haarajas on puuri juhtauguks.

Erirakiste abil saab peale eespoolkirjeldatud kruvitsasoone freesimise ühe spindliga automaatidel teostada veel ühe või kahe tahu freesimist, üksikutel juhtudel isegi nelja tahu freesimist. Poldi pea nelja tahu freesimise skeem on toodud joon. 217.



Joon. 217. Poldi pea nelja tahu freesimise skeem.

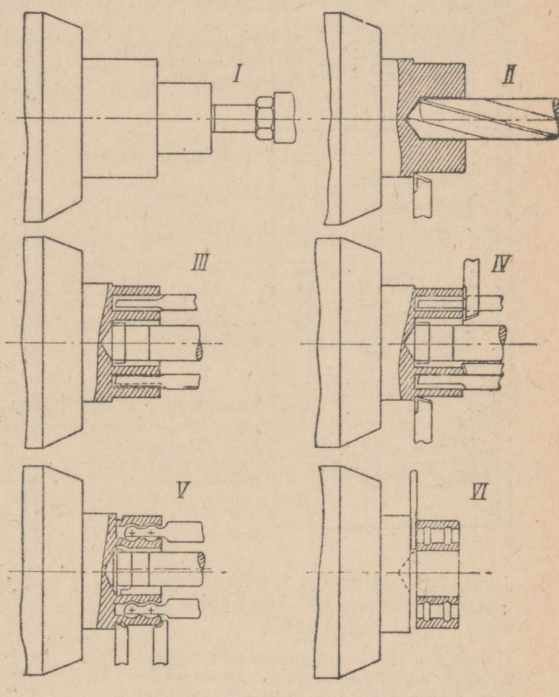


Joon. 218. Kaherealise kuullaagri väline ja sisemine rõngas, mis töödeldakse samaaegselt ühe spindliga automaadil.

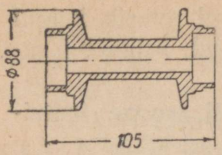
Tuleb märkida, et laialdaselt kasutatakse väikeste mõõdetega ühe spindliga automaate, samuti aga ka väga suurte mõõdetega automaate. Suurte mõõdetega mitme spindliga automaadid oleksid konstruktsioonilt liiga rasked ja kohmakad. Väikeste mõõdetega ühe spindliga automaatidel on suhteliselt väikeste töödeldavate pindade tõttu küllalt suur produktiivsus, mis sageli teeb liigseks keerulisemate ja kallimate mitme spindliga automaatide kasutamise.

Suurte mõõdetega ühe spindliga automaate kasutatakse vabrmaterjali töötlemiseks läbimõõduga üle 80 mm.

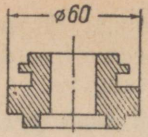
Joonisel 218 on toodud kaherealise kuullaagri välimine ja sisemine rõngas, mis valmistatakse varvast läbimõõduga 115 mm, kusjuures nende töötlemine toimub samaaegselt. Joonisel 219 on kujutatud nime-



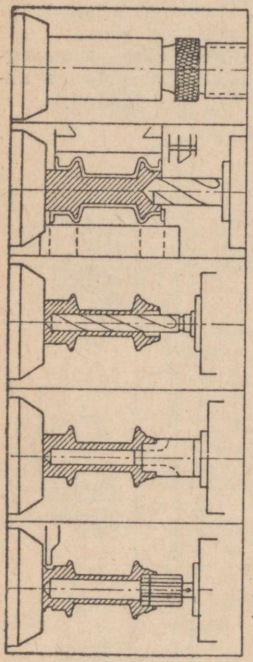
Joon. 219. Kaherealise kuullaagri välise ja sisemise rõnga samaaegne töötlemine ühe spindliga automaadil.



Joon. 220. Jalgratta tagumise ratta rumm, mis töödeldakse ühe spindliga automaadil.

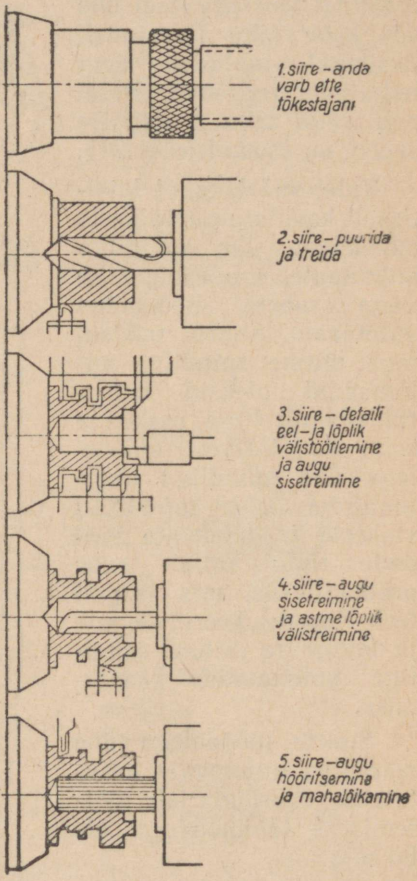


Joon. 222. Ühe spindliga automaadil töödeldav hammasratta eeltoode.



Joon. 221. Jalgratta tagumise ratta rummu töötlemine ühe spindliga automaadil.

1. siire — varva nihutamine tõkestajani. 2. siire — väline kooriv- ja siluvtreimine ristsupordilt ja augu eelpuurimine pikisupordilt. 3. siire — augu puurimine pikisupordilt. 4. siire — augu sisetreimine pikisupordilt. 5. siire — augu hõõritsemine pikisupordilt ja detaili mahalõikamine ristsupordilt.

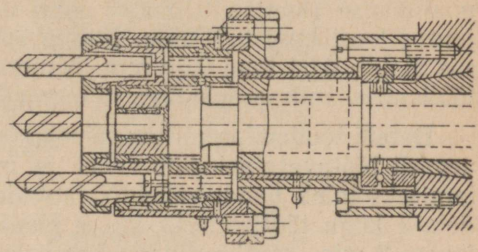


Joon. 223. Joonisel 222 kujutatud hammasratta eeltoote töötlemine ühe spindliga automaadil.

1. siire — varva nihutamine tõkestajani. 2. siire — välistreimine ja augu puurimine pikisupordilt. 3. siire — kooriv ja siluv välistreimine ristsuporditelt ja süvise sisetreimine pikisupordilt. 4. siire — augu sisetreimine ja hammasratta põia välistreimine pikisupordilt. 5. siire — augu hõõritsemine pikisupordilt ja detaili mahalõikamise ristsupordilt.

tatud rõngaste töötlemise tehnoloogilise protsessi siirete skitsid. Samasugusel ühe spindliga automaadil toimub ka jalgratta tagumise ratta rummu (joon. 220) töötlemine. Selle töötlemise tehnoloogiline protsess on kujutatud joonisel 221.

Hammasratta eeltoote (joon. 222) töötlemine võib toimuda samasugusel ühe spindliga automaadil, nagu eelmise näite puhul. Tema töötlemise tehnoloogiline protsess on toodud joonisel 223.



Joon. 224. Ühe spindliga automaadil kasutatav mitme spindliga puurimispea.

Juhul, kui on tarvis detailisse, mida töödeldakse ühe spindliga automaadil, puurida mitu auku, siis võib selleks kasutada mitme spindliga puurimispead, mis on toodud joonisel 224. Sellise peaga aukude puurimine on võimalik ainult seisva detaili juures.

Mitme spindliga automaatidel töötlemine.

Mitme spindliga automaatidel on harilikult neli ja kuus spindlit, palju harvemini viis ja kaheksa spindlit. Neid automaate valmistatakse varbmaterjali töötlemiseks läbimõõduga 20 kuni 80 mm.

Kodumaistes tehastes valmistatakse järgmist tüüpi nelja spindliga automaate: 122, 123, 126 ja 148. Nende tehniline iseloomustus on antud tabelis 46.

Tabel 46.

Nelja spindliga automaat-treipinkide iseloomustus.

Tüüp	122	123	126	148 treimismahalõike-
Töödeldava varva suurim läbimõõt mm	20	36	58	40
Suurim etteantav varva pikkus mm	160	230	250	300
Tööspindli kiiruste arv . .	21	31	31	19
Tööspindli pöörete arv min.	266—2110	90—1240	74—782	134—1200
Pikisuupordi suurim käik mm	120	200	200	200
Mootori võimsus kW . . .	5,2	9,7	14	7,5
Pikisupordite arv	1	1	1	1
Ristsupordite arv	4	4	4	2
Iseseisvate ajamitega lõikeriistade spindlite arv . .	2	2	2	—

Automaadil tüüp 148 asetsevad spindlid vertikaaljoonel, s. t. üksteise peal. Ta on profiil-mahalõike-automaadiks ilma pikitreimise võimaluseta.

Mitme spindliga automaatide produktiivsus on suurem kui ühe spindliga automaatidel, kuid nende töötlemise täpsus on väiksem. Mitme spindliga pea koos raske jagamismehhanismiga vähendab loomulikult töötlemise täpsust. Ühe spindliga automaadid võivad kindlustada töötlemistäpsuse (kontsentrilisuse) kuni 0,02 mm, väiksemate läbimõõtude juures isegi kuni 0,01 mm. Mitme spindliga automaatide töötlemistäpsus ulatub 0,04 kuni 0,05 mm. Nimetatud täpsus saavutatakse detailide töötlemisel mitme spindliga automaadi eri spindlitel.

Detaili töötlemine mitme spindliga automaadil jaotub üksikute samaaegselt töötavate spindlite vahel ja maksimaalse produktiivsuse saavutamiseks tuleb nende vahel töö jaotada ühtlaselt. Nii näiteks, kui mingi detaili kogu töötlemiseks kulub üksikute lõikeriistade järjestikuse töö juures 8 min., siis koormates iga spindlit ainult osa tööga, mille kestus on 2 min., saaksime nelja spindliga automaadil töödeldud eseme iga 2 minuti järel. Selline tööjaotus aga on praktiliselt raskendatud ja õnnestub mõnikord ainult lõikeriistade tööaja kunstliku võrdsustamise teel. Automaadi produktiivsuse suurendamise otstarbel tuleb püüda lühendada iga üksiku lõikeriista liikumise teid, jaotades töö üksikute spindlite vahel võimalikult ühtlaselt.

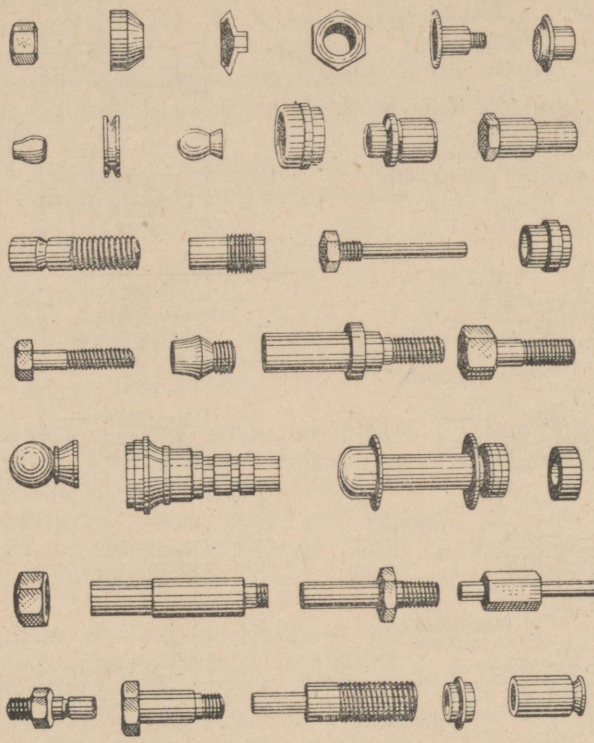
Normaalse tööjaotamise skeem nelja spindliga automaadil on järgmine: esimesel spindlil teostub detaili eeltreimine kas välistreimise teraga pikisupordilt või profiilteraga ristsupordilt. Samaaegselt on otstarbekohane juhul, kui detailis on ette nähtud auk, see tsentreerida (kui augu sügavus on üle tema kahe läbimõõdu) või sisse puurida. Tsentreerimist teostatakse mõnikord ka tulevase augu faasimise otstarbel, s. t. teostatakse tulevase augu süvistamist. Teisel spindlil lõpetatakse harilikult eeltreimine ja mõnikord treitakse ka silumislaastuga.

Kolmandal spindlil toimub silumine, kui see on detaili joonestise poolt ette nähtud ja kui seda ei teostatud teisel spindlil. Kolmandal spindlil toimub ka keermetamine vastava eri-keermetamisseadisega. See eri-keermetamisseadis annab keermepuurile detaili pöörlemisega samasuunalise pöörlemise, kuid suurema pöörte arvuga, mis võimaldab keermepuuril siseneda detailisse.

Pärast seda kui keermepuur on keermetamise lõpetanud, tema pöörete arv muutub detaili pöörete arvust väiksemaks, mille tõttu keermepuur keerab ennast keermetisest välja. Selline keermetamisseadis on vajalik sellepärast, et mitme spindliga automaatide spindlitele ei ole võimalik anda vastupidise suunaga pöörlemist, nagu see on võimalik ühe spindliga automaatide juures ning keermepuuri detailisse keera-

mine ja detailist väljakeeramine toimub tema pöörlemise kiirendamise ja aeglustamise arvel.

Selle tõttu, et keermetamine, samuti ka augu hõõritsemine, toimub väiksemate pöörete arvu juures kui puurimine ja treimine, on (või võib olla) nelja spindliga automaatide kolmandal spindlil ja kuue spindliga automaadi viiendal spindlil väiksem pöörete arv. Ka ühe spindli lõike-



Joon. 225. Nelja spindliga automaadil töödeldavad detailid.

riistade ettenihe võib muutuda võrreldes spindlipea ettenihkega. Lõikeriistade ettenihet teostab iseseisev nukk.

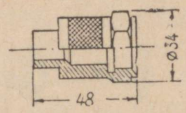
Neljandal spindlil toimub tavaliselt detaili mahalõikamine.

Joonisel 225 on toodud detailid, mida saab töödelda nelja spindliga automaadil.

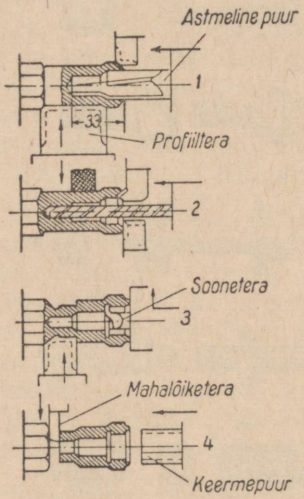
Joonisel 226 on kujutatud detail — mootori küünla kere, mille töötlemise protsess nelja spindliga automaadil on toodud joonisel

227 ja kuue spindliga automaadil — joonisel 228. Nelja spindliga automaadil toimub see töötlemine alljärgnevalt.

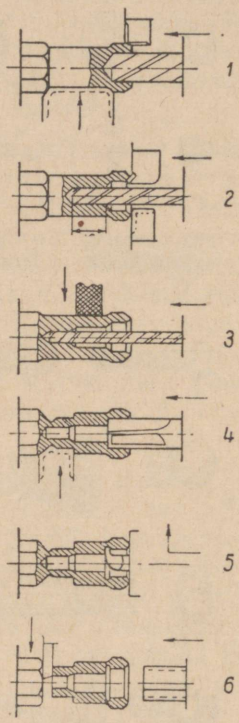
Esimesel spindlil toimub astmelise puuriga puurimine 33 mm sügavuseni, samaaegselt treitakse samalt supordilt küünla kere esiastet ja küünla kere muud osa treitakse profiilteraga ristsupordilt.



Joon. 226. Nelja ja kuue spindliga automaadil töödeldav mootori küünla kere.



Joon. 227. Mootori küünla kere töötlemine nelja spindliga automaadil.



Joon. 228. Mootori küünla kere töötlemine kuue spindliga automaadil.

Teisel spindlil toimub väiksema augu puurimine, faasimine, otsa treimine ja kere välispinna karestamine.

Kolmandal spindlil toimub profiilteraga lõplik treimine ristsupordilt ja keermepuuri väljatuleku soone sisetreimine pikisupordilt.

Neljandal spindlil toimub keermetamine ja mahalõikamine.

Sama detaili töötlemine kuue spindliga automaadil on toodud joonisel 228.

Esimesel spindlil toimub augu puurimine keerme alla, esiastme välistreimine ja profiiltreimine ristsupordilt.

Teisel spindlil — väiksema augu puurimine 19 mm pikkuses, faasimine ja otsa treimine.

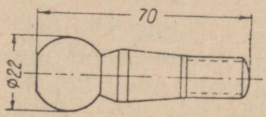
Kolmandal spindlil — puurimine ja karestamine.

Neljandal spindlil — profiilteraga lõplik treimine ristsupordilt ja sisetreimine keerme alla.

Viiendal spindlil — soone sisetreimine.

Kuuendal supordil — keermetamine ja mahalõikamine.

Võrreldes mõlemat töötlemisprotsessi võib näha, et pikim siire vajab esimesel



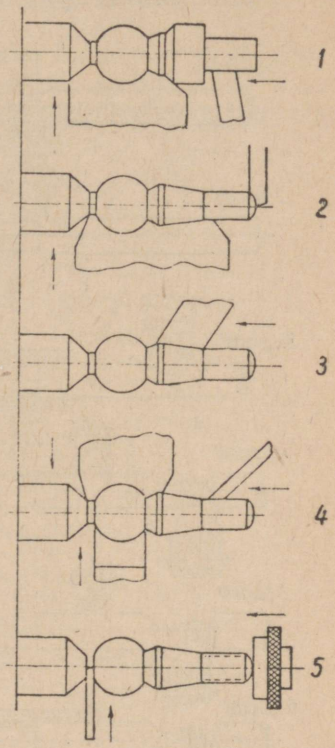
Joon. 229. Viie spindliga automaadil töödeldav munaga sõrm.

juhul kaks korda rohkem aega kui teisel juhul. Esimesel töötlemisviisil tuleb puurida 33 mm sügavuseni, teisel viisil — 19 mm sügavuseni. Peale selle teeb astmelise puuri kasutamine esimesel juhul lõikeriista kallimaks ja nõrgendab lõikerežiimi.

Joonisel 229 on toodud detail — munaga sõrm —, mille töötlemist teostatakse viie spindliga automaadil (joon. 230).

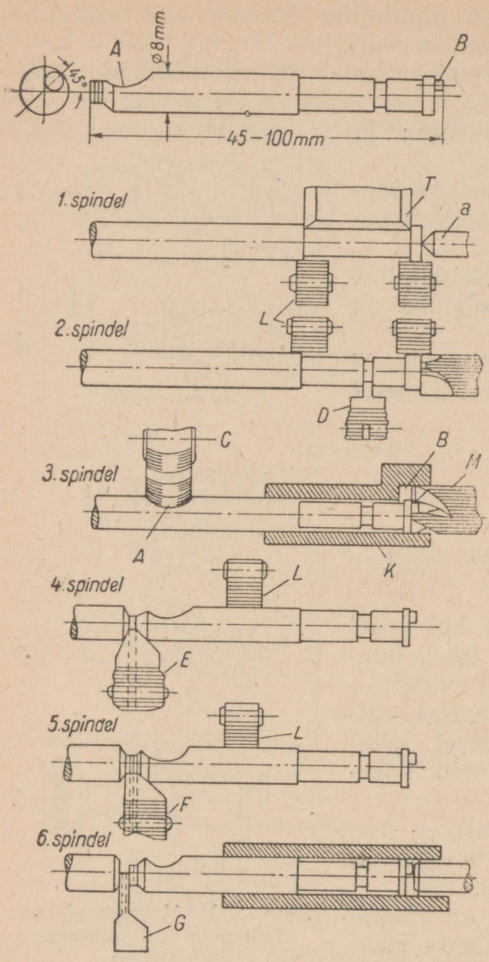
Mitme spindliga automaatidel on võimalik erirakiste abil väliskeeret lõigata keermekammide abil, kui keermetamine keermetamispadruni abil ei ole võimalik.

Käesoleval ajal kasutatakse mitme spindliga automaatide produktiivsuse suurendamiseks mitme operatsiooni ühitamist ühel automaadil analoogiliselt sellele, nagu seda tehti ühe spindliga automaatidel, milledel ühitati sellised operatsioonid, nagu ristaukude puurimine, kruvitsasoonte freesimine, kandiliste peade freesimine jne., millest oli juttu eespool.



Joon. 230. Munaga sõrme töötlemine viie spindliga automaadil.

1. spindel — sfäärilise osa ja kaela koorivtreimine ristsupordilt ja sõrme saba treimine keerme alla pikisupordilt. 2. spindel — sfäärilise osa poolpuhas treimine ja koonuse koorimine ristsupordilt ning otsa treimine pikisupordilt. 3. spindel — koonuse silumine pikisupordilt. 4. spindel — sfäärilise osa silumine kahelt ristsupordilt ja sõrme saba silumine keerme alla pikisupordilt. 5. spindel — iseavaneva keermetamispeaga keermetamine pikisupordilt, mahalõikamine ristsupordilt ja varva ettenihutamine peatajani.



Joon. 231. Tõmmis ja selle töötlemine kuue spindliga automaadil.

1. spindel — varbmaterjali etteandmine peatajani *a* ja astme treimine laia teraga *P* ristsupordilt. 2. spindel — otsa treimine süvipuuriga pikisupordilt ja soone treimine ümarteraga *D* ristsupordilt. 3. spindel — süvendi *A* freesimine freesiga *C*, mis on kinnitatud ristsupordile asetatud erirakisesse, ja ekstsentrilise sõrme *B* treimine õõnsa süvipuuriga *M* pikisupordilt. 4. spindel — kahe faasi treimine ümarteraga *E* ülemiselt ristsupordilt. 5. spindel — profiiltreimine ümmarguse profiilteraga *F* ülemiselt tagumiselt supordilt. 6. spindel — detaili mahalõikamine mahalõiketeraga *G* tagumiselt supordilt.

Detaili — kuni 14 mm jämedusest varbmaterjalist tõmmise — töötlemise näide kuue spindliga automaadil mitme operatsiooni ühitamise teel on kujutatud joon. 231.

Antud detaili töötlemise aeg koos süvendi *A* freesimisega ja ekstsentrilise sõrme *B* treimisega, mis asub freesitud süvendi suhtes 45° all, võrdub 9 sekundiga, mis annab tunnise toodangu umbes 100 tükki.

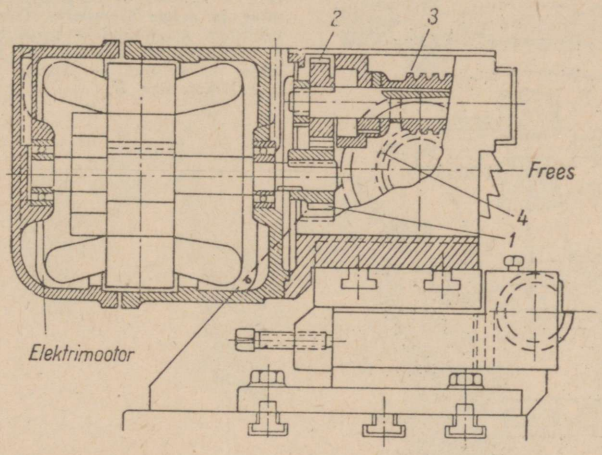
Nagu joonise 231 siirete kirjelduses on märgitud, toimub süvendi *A* freesimine ketasfreesiga *C*, mis on kinnitatud erirakisesse (joonis 232). Tiguratta teljele kinnitatud frees saab pöörlemise mootorilt üle silindriliste hammasrataste paari 1 ja 2 ning tigupaari 3 ja 4. See freesimise rakis asetatakse ristsupordile.

Samale ristsupordile on kinnitatud terahoidjasse ka ümmargune tera *D* soone treimiseks teisel spindlil. Samaaegselt süvendi *A* freesimisega toimub ka ekstsentrilise sõrme *B* treimine õõnsa süvipuuri *M* abil. Varva läbipaindumise vältimiseks ekstsentrilise sõrme *B* treimisel kasutatakse juhtpuksi *K*, millel on ühel pool auk töödeldava eseme jaoks ja teisel pool ekstsentriline auk õõnsa süvipuuri juhtimiseks. Esimesel, teisel, neljandal ja viiendal spindlil töötlemisel

hoitakse detaili lünettidega *L*. Süvendi *A* freesimine ja ekstsentrilise sõrme *B* treimine on võimalik ainult seisva detaili puhul.

Teine detaili töötlemise näide automaadil operatsioonide ühitamisega on toodud joonisel 233. Antud juhul töödeldakse detaili viie spindliga automaadil.

Selle detaili töötlemise aeg automaadil koos pindade *A* ja *B* freesimisega ja augu *C* puurimisega (auk asub detaili teljega risti) moodustab 6 sekundit. Sellise ajakulu juures on tunnine toodang 600

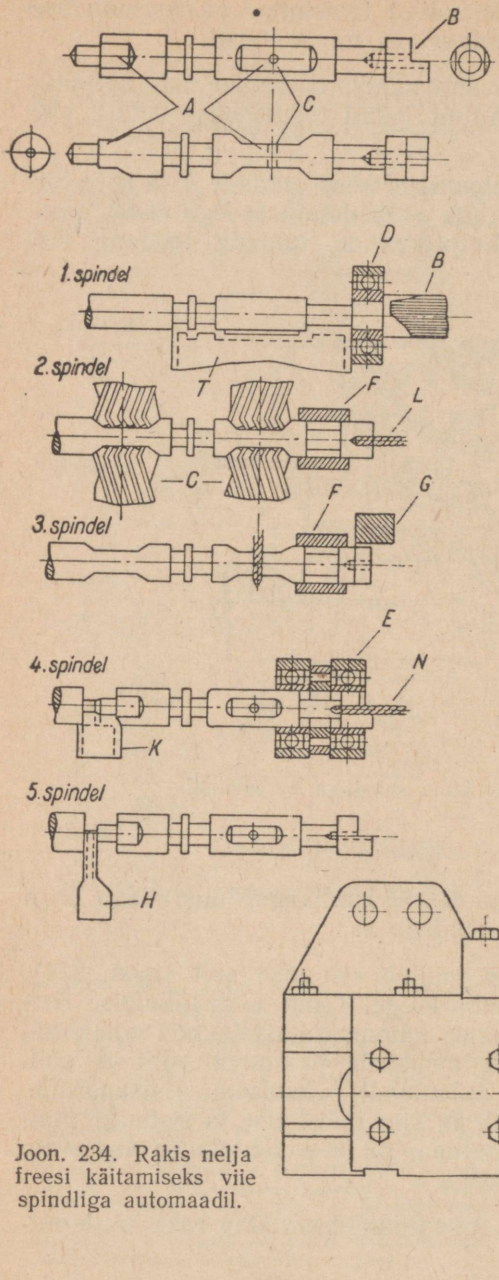


Joon. 232. Freesimisrakis kuue spindliga automaadil.

tükki. Spindlitel 1 ja 4 toetatakse detaili kuullaager-lünettidega *D* ja *E* ja spindlitel 2 ja 3 — pukslünettidega *F*.

Nelja tasapinna *A* freesimine toimub erirakise abil (joon. 234), mis kinnitatakse spindelploki samba külge. Tema saab liikumise ristsupordilt. Freesid saavad pöörlemise hammasratastelt, mis omakorda saavad liikumise pingil asuvalt mootorilt painduva võlli *A* abil. Puurimisrakis on kinnitatud automaadi ülemisele ristsupordile. Nagu esimesegi näite puhul, peab ka siin freesimise ja ristaugu puurimise ajal detail püsima liikumatuna, mida saavutatakse vastavate friktsioonsidurite väljalülimise teel.

Astme *B* freesimiseks kolmandal spindlil kasutatav rakis on kinnitatud samuti ristsupordile.



Joon. 233. Detail ja selle töötlemine viie spindliga automaadil.

1. spindel — profiilteraga *T* välistreimine ristsupordilt ja otsa treimine pikisupordilt. 2. spindel — nelja tasapinna *A* freesimine freesidega *C* eri-freesimisrakise kaasabil ristsupordilt ja augu puurimise algus pikisupordilt. 3. spindel — ristiasuva augu O puurimine ja astme freesimine freesiga *G* ristsupordiltelt. 4. spindel — profiiltreimine teraga *K* ristsupordilt ja puurimise jätkamine piki telge. 5. spindel — detaili mahalõikamine mahalõiketeraga *H*.

Joon. 234. Rakis nelja freesi käitamiseks viie spindliga automaadil.

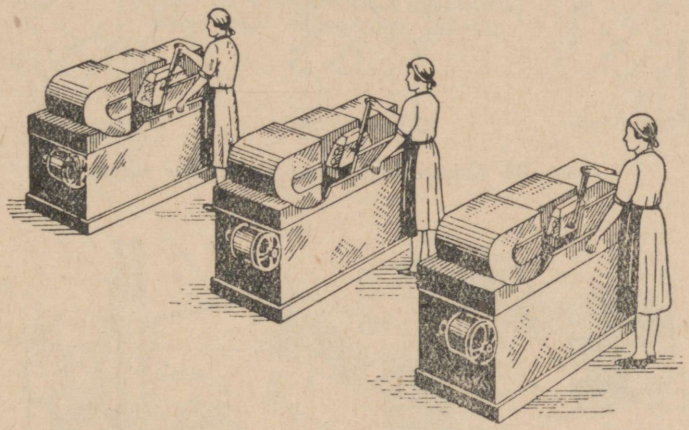
Pinkide liini automatiseerimine.

Mitmel pingil töötamine tegi vajalikuks uute rakiste ja mehhanismide loomise, mis asendaksid töötajate abistavaid käsitsiteotsemisi.

Paljud neist on üsna lihtsad, teised aga vastupidi, on küllalt keerulised seadmed või terved mehhanismid pinkide-kombainide näol, mis teostavad väga mitmekesiseid töid mitte ainult detaili töötlemise, vaid ka kontrolli, transpordi, abiteenindamise jne. alal.

Tehnoloogia automatiseerimise edasise arendamise suunaks on pidevate automatiseeritud vooluste loomine, mis täielikult lüliksid välja käsitsitöö kasutamise.

Automatiseeritud pinkide liin on käesoleval ajal progressiivseimaks



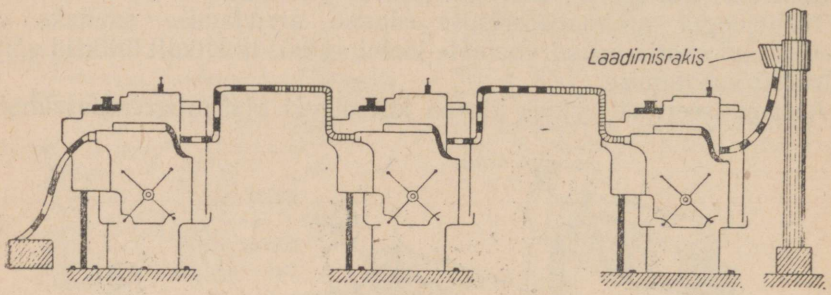
Joon. 235. Pinkide rühm, kus iga pinki teenindab eri tööline.

tootmise tehnoloogia ja organiseerimise saavutuseks. Meie tehastes tekivad pinkide automaatsed liinid, mis sisaldavad väga mitmesuguseid pinke.

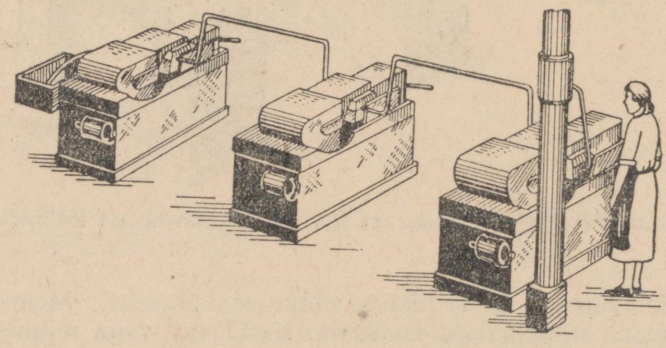
Kuna pinkide automaatsete liinide loomine on keerukas ja nõuab pikaajalist tehnoloogilist ja konstruktiivset läbitöötamist, siis käesoleval ajal samaaegselt sellesuunaliste töödega arendatakse laialdaselt ka nn. väikest automatiseerimist, mis loob mitmel pingil töötamisele ülemineku võimaluse.

Väike automatiseerimine juurdub käesoleval ajal laialdaselt tootmisesse. Väikese automatiseerimise hulka kuulub universaal- ja teiste pinkide üksikute sõlmede automatiseerimine, mida teostatakse automaatseks supordi ettenihke väljalülimiseks, treitera, freesi, puuri jne. kiireks detailile lähendamiseks ja eemaldamiseks, kelgu kiireks eemal-

damiseks jne. vastavate erimehhanismide kaasabil. Selliseid mehhanisme saab suuremate raskusteta valmistada otseselt tehastes. Automaatse tootmise küsimuse õige lahenduse näitena väikese automatiseerimise vahendite kaasabil võib tuua tööd, mis teostati ühe kuullaagrite tehase rullide tsehhis, kus terve pinkide rühm, mille iga pinki teenindas (joon. 235) eri tööline, ühendati üheks liiniks automaatselt toimiva pinkidevahelise transpordiga. Selleks ei vajatud keerulisi ja kalleid rakiseid.



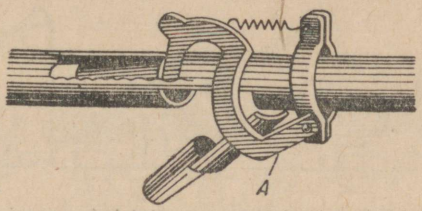
Joon. 236. Kolme pingi automatiseerimise skeem.



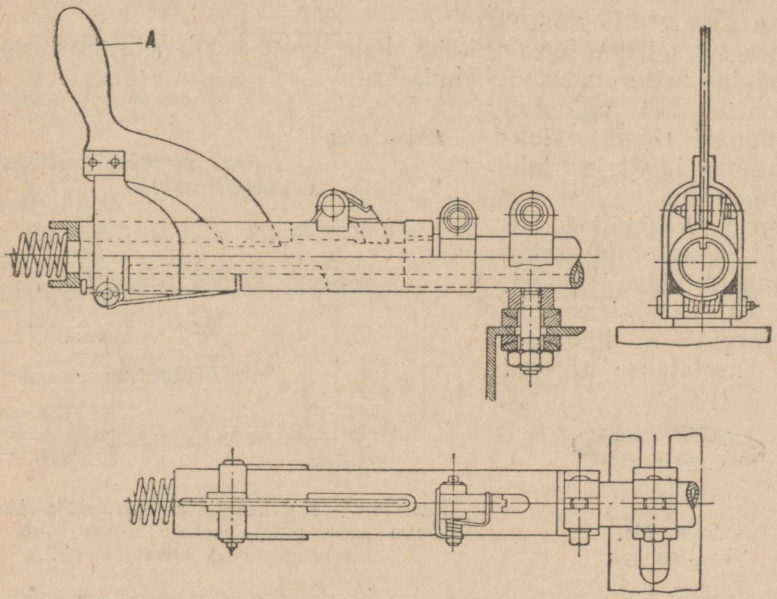
Joon. 237. Kolme pingi teenindamine ühe töölise poolt.

Antud juhul kasutatakse rullide pingi juurest pingi juurde transportimiseks jõudu, millega rullid tõugatakse tsentriteta lihvimispingist välja. See transport, s. t. rullide ümberpaigutamine toimub torudes, milles rullid liiguvad nii, nagu nähtub jooniselt 236. Joonisel 237 on näidatud, kuidas selle seadise abil üks tööline endise kolme asemel teenindab kolme pinki. Praagi tekkimisel selleks, et kindlaks teha, missugune pink on korrast ära, kasutatakse abinõu, mille abil saab rullikesi võtta kontrolliks igalt pingilt eraldi, katkestamata pinkide liini tööd. See abinõu

(näidatud joonisel 238 tööasendis) koosneb pinke ühendavast torust, millesse on tehtud väike aknataoline väljalõige rulliku väljavõtmiseks survega hoovale *A*. Joonisel 239 on kujutatud täiuslikum sama töötamispõhimõttega abinõu konstruktsioon. Hiljem ühendati samas tehases



Joon. 238. Lihvimispinke ühendavast torust rulli väljavõtmise abinõu.

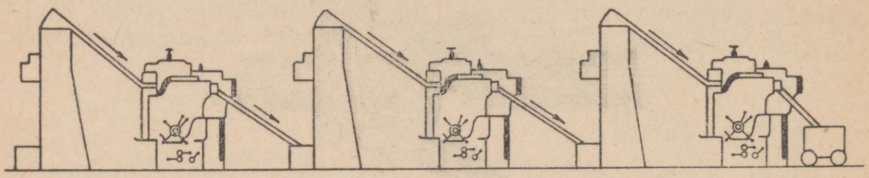


Joon. 239. Täiendatud seadis rulli torust väljavõtmiseks.

ühte automatiseeritud liini neli kooniliste rullide lihvimiseks kasutatavat tsentriteta lihvimispinki.

Selle pinkide liini puuduseks on see, et ükskõik missuguse pingi peatamine korrastamise otstarbeks, mida tuleb teostada kaunis sageli, põhjustab terve liini seisakut, mis omakorda vähendab seadmestiku tööaega. Võiks ette näha igale pingile omaette magasini, nagu on näidatud

joonisel 240. Sellisel seadisel on aga ka omad puudused, kuna suurenevad kulutused nende magasinide valmistamiseks, samuti saab detail lööke igas magasinis, mille tõttu nende lihvitud pindadel võivad tekkida mõlgid. Pealegi nõuab kulusid ka nende magasinide pingile kohandamise tööd.



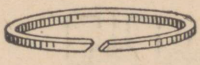
Joon. 240. Kolme pingi automatiseerimine magasini kohandamisega iga pingi juurde.

Hiljuti lõpetati samas tehases uue automaatse liini proovimine kuullaagrite rõngaste lihvimiseks.

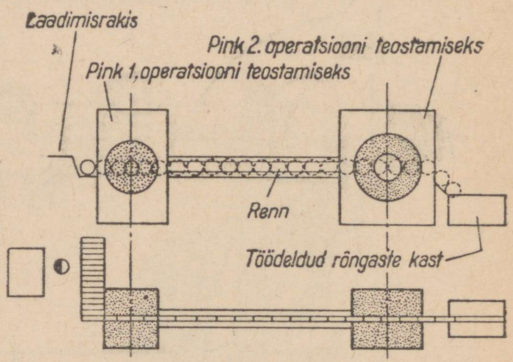
Ühes autotehases teostati kahe kahepoolse tsentriteta lihvimispingi ühendamine kolvirõngaste lihvimiseks.

Joonisel 241 näidatud kolvirõngast (joonisel lahtilõigatuna) lihvitakse lahtilõikamatult.

Ennemalt lihviti kolvirõngaid kahel pingil, mida teenindasid kaks töölist, kusjuures see protsess toimus järgmiselt. Esimesel pingil asetatakse rõngad



Joon. 241. Kolvirõngas



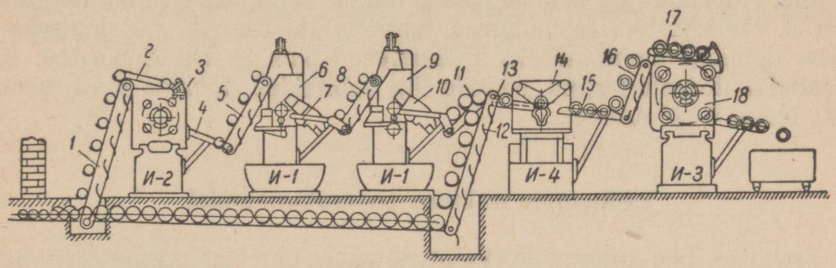
Joon. 242. Kolvirõngaste lihvimiseks kasutatava kahe pingi asetuse skeem, mis on automatiseeritud erirakise abil.

laadimisrakisesse nende pinki juhtimiseks. Pöörlev ketas haarab rõnga rakise rennist ja viib ta kahe lihvimisketta vahelise pilu juurde. Pärast lihvimist tõugatakse rõngad automaatselt pingist välja ja vastavalt kohandatud kaldrenni mööda veerevad nad kasti. Teise pingi juures tööline võtab rõngad kastist ja teostab sedasama, mis tema naaber esimesel pingil.

Joonisel 242 on kujutatud pinkide asetus ja pinke ühendav rakis, milles toimub rõngaste edasiandmine ühelt pingilt teisele selle jõu

mõjul, mida rakendatakse rõnga pingist väljatõukamiseks. Sellise konstruktsiooni juures suurenes pinkide toodang peaaegu kaks korda ja tööjõu vajadus vähenes seejuures samuti kaks korda.

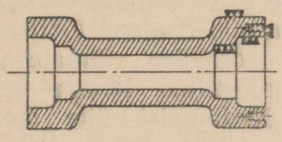
Ühes traktoritehases on Inotškini projekti järgi teostatud viiest pingist koosnev automaatne liin (joon. 243), mida kasutatakse traktori



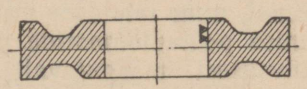
Joon. 243. Inotškini automaatselt töötava pinkide liini skeem.

1 — transportöör; 2 — vastuvõtupunker; 3 — kahepoolne sisetreimise automaat; 4 — punker; 5 — transportöör; 6 — automaat-treipink; 7 — punker; 8 — transportöör; 9 — automaat-treipink; 10 — punker; 11 — transportöör; 12 — bandaažide transportöör; 13 — punker; 14 — bandaažide rummule pressimise press; 15 — punker; 16 — transportöör; 17 — punker; 18 — kombineeritud kahepoolne sisetreimise automaat.

veorulliku rummu ja bandaaži (joon. 244 ja 245) valmistamiseks. Töödeldavad detailid laaditakse punkritesse, mis asuvad jaoskonna seina taga, ja need liiguvad kallakteel peatajateni, kus neid haaravad transportöörid 1. Esimene transportöör viib detaili horisontaal-sisetreimise pingi 3 punkrisse 2. Punkrist liigub detail automaatselt töötavatesse



Joon. 244. Inotškini pinkide liinil töödeldav rumm.



Joon. 245. Rummule pressitav bandaaž.

haarajatesse, mis viivad ta väliskoorimisele; selle järel toimub detaili puhas sisetreimine ja hõõritsemine. Pärast seda vabastab haaraja detaili ja ta visatakse hoova poolt punkrisse 4. Siit viib transportöör 5 detaili järgmisesse pinki — mitme teraga treimise automaati 6, kus toimub tema välistreimine ja otste treimine. Edasi läheb detail automaatselt kolmandasse pinki 9 siluvaks välistreimiseks ja otste treimiseks. Pärast seda liigub rumm neljandasse pinki — press-automaati 14, kuhu teisest tootmisvoolusest antakse ka bandaaž. Neljandal pingil — pressil — bandaaž tsentreeritakse ja pressitakse rummule. Pärast seda bandaažid

koos rummudega liiguvad automaatselt kombineeritud horisontaalpuurpinki aukude puurimiseks ja kalibreerimiseks ning keermetamiseks. Sellega lõpeb töötlemine ja valmisdetail läheb kokkupanekule. Selles automaatselt töötavas liinis on teostatud tootmise kompleks-automatiseerimine, välja arvatud detailide kontroll, laastude koristamine ja arvestamine. Hüdrauliliste seadmete kasutamine bandaažide rummule pressimiseks, transportööride liikumise juhtimiseks, trumlite pööramiseks ja neisse detailide kinnitamiseks kindlustavad pinkide liini kindla töö. Kirjeldatud automatiseeritud pinkide liin võimaldab tööliste arvu vähendada üheni 6—7 asemel.

Töötlemine treimise poolautomaatidel.

Treimise poolautomaate valmistatakse ühe ja mitme spindliga, padrunis ja tsentritel töötlemiseks, horisontaalseid ja vertikaalseid. Ühe spindliga poolautomaadid on tsentritega (harilikult mitme teraga) ja padruniga. Viimaseid valmistatakse mitme teraga kahe kuni nelja supordiga poolautomaatidena ja revolverpeaga poolautomaatidena.

Ühe spindliga treimise poolautomaatide põhimine erinevus mitme teraga treipinkidest seisab kõikide supordite automatiseerimises. Käsitsitöö nende automaatide juures seisab ainult detaili pinki asetamises ja pingist äravõtmises ning supordite käivitamises. Supordite detailile lähendamiseks, nende detaili juurest eemaldamiseks ja teisteks tegevusteks kuluva abiaja vähenemise tõttu, samuti ka kasulikemate töötlemisprotsesside kasutamise tõttu, mis ei olene töölise kvalifikatsioonist, ning laialdase mitmel pingil töötamise võimaluse tõttu on treimise poolautomaatide produktiivsus mitme teraga treipingi produktiivsusest märgatavalt kõrgem. Kodumaisi ühe spindliga mitme teraga poolautomaate valmistatakse nii tsentrite vahel kui ka padrunis töötlemiseks. Nende tüübid on: 1А16, 116, 1Б16, 117 ja 118. Nende tehniline iseloomustus on toodud tabelis 47.

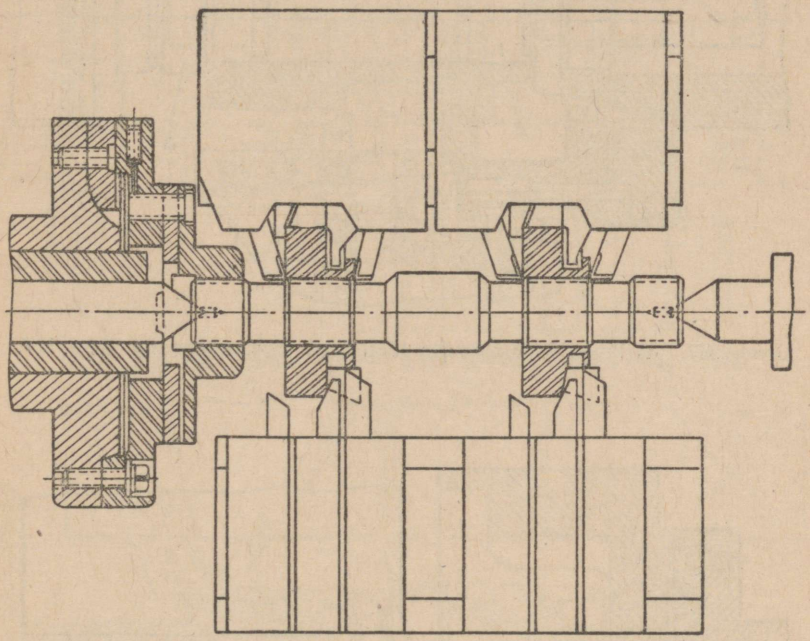
Tabel 47.

Mitme teraga ühe spindliga treimise poolautomaatide tehniline iseloomustus.

Tüüp	1А16	116	1Б16	117	118
Töödeldava eseme suurim läbimõõt mm	300	300	300	400	600
Suurim tsentritevaheline kaugus mm	450	800	1200	1200	600
Spindli kiiruste arv	8	8	8		9
Spindli pöörete arv minutis .	56—376	56—376	56—376	25—465	19—126
Mootori võimsus kW	7,7—11	7,7—11	7,7—11	36,5	14

Pingil tüüp 116 on kolm supordit — üks eesmine ja kaks tagumist. Igaühel neist on risti- ja piki-ettenihe, mis on väga käepärane, eriti eesmise supordi juures, kuna terad lõikuvad materjalisse mehaanilise ettenihkega, mille järel automaatselt teostub piki-ettenihe.

Pingi teenindamine tööajal seisab töödeldava detaili vahetamises ja hoobade sisselülitamises. Supordi detailile lähendamine ja eemaldamine ja pingi peatamine toimub automaatselt.



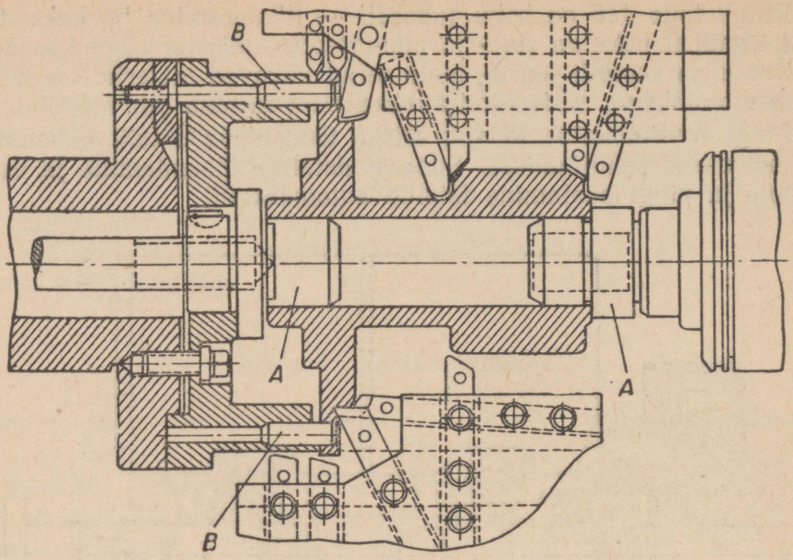
Joon. 246. Kahe hammasratta töötlemine poolautomaadil tüüp 1A16.

Mitme teraga ühe spindliga treimise poolautomaatide tüüpidel 1A16, 116 ja 1Б16 toodud töötlemise näidetest nähtub, et nendel töötlemine ei erine põhimõtteliselt mitte millegi poolest mitme teraga treipinkidel töötlemisest.

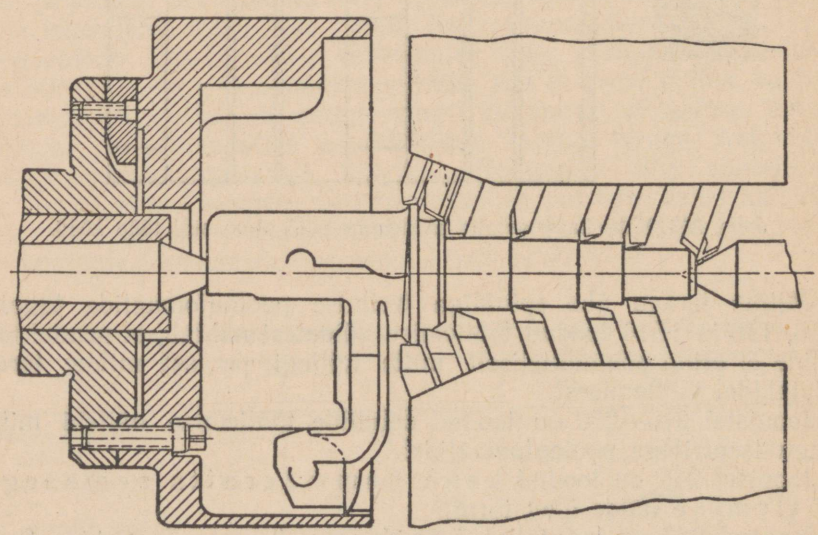
Joonistel 246—250 on toodud detailide töötlemise näiteid mitme teraga tsentritega poolautomaatidel.

Joonisel 246 on toodud kahe hammasratta samaaegse töötlemise näide ühel tornil.

Joonisel 247 on kujutatud äärikuga hammasratta treimine ja sisselõike treimine. Hammasratas on selle juures



Joon. 247. Äärikuga hammasratta töötlemine poolautomaadil tüüp 117.



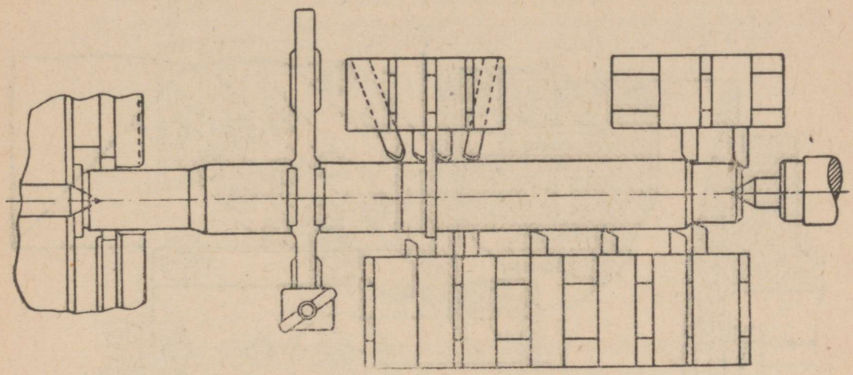
Joon. 248. Auto pöördnuki töötlemine poolautomaadil tüüp 1A16.

tsentreeritud kahel tsentrikorgil *A* ja pöörleb kahe plaanseibile kinnitatud tihvti *B* toimel.

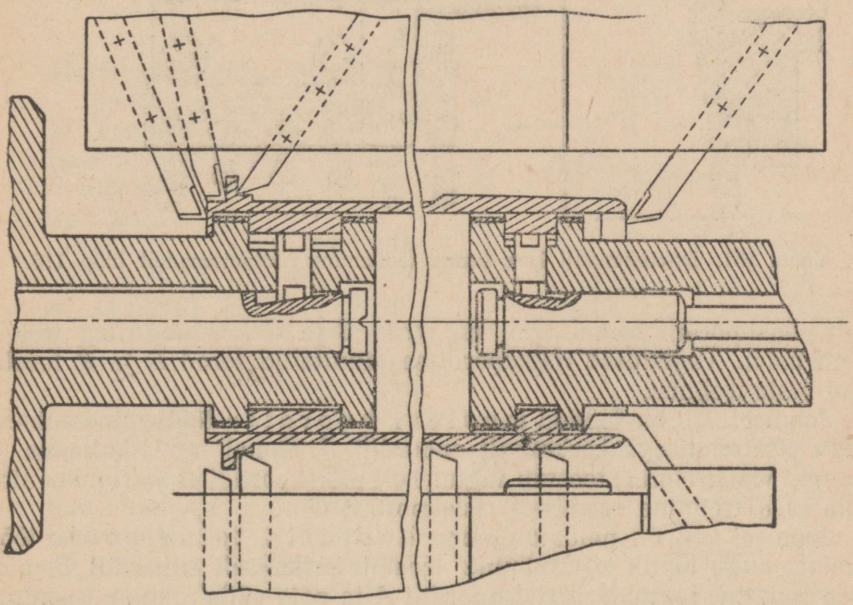
Joonis 248 illustreerib pöördnuki treimist eripadruni abil, mis annab detailile pöördliikumise.

Joonisel 249 on kujutatud auto pooltelje töötlemine, mille juures kasutatakse lünetti.

Joonisel 250 on toodud mootori silindri hülsi töötlemine. Hülss



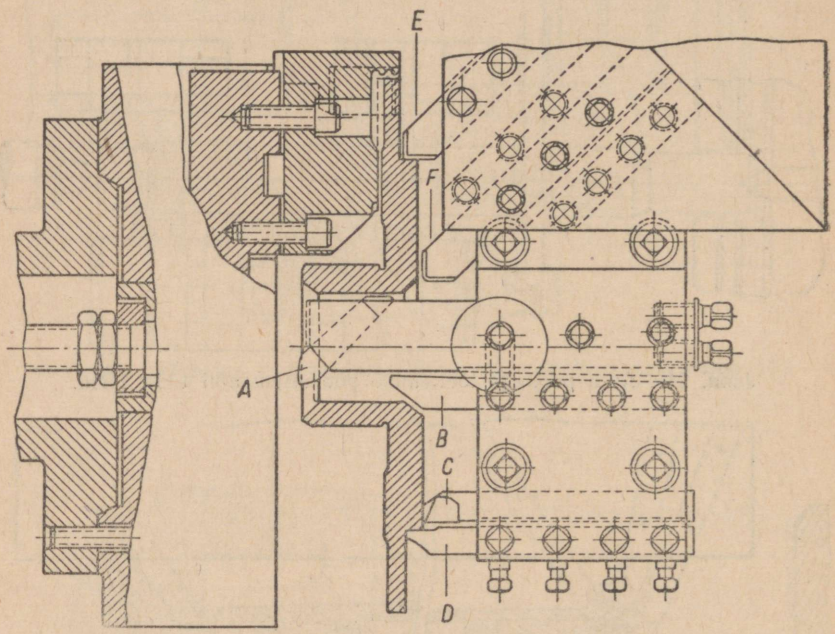
Joon. 249. Auto pooltelje töötlemine poolautomaadil tüüp 1Б16.



Joon. 250. Mootori silindri hülsi töötlemine poolautomaadil tüüp 116.

tsentreeritakse ja pannakse pöörlema kahe pneumaatiliselt laialinihutatava torni abil, mis on kinnitatud spindlikastile ja tagumisele tsenterpukile.

Joonistel 251 ja 252 on toodud detailide töötlemise näiteid mitme teraga padrun-poolautomaatidel. Joonis 251 kujutab diferentsiaali kere kaane töötlemist mitme teraga padrun-poolautomaadil tüüp 116. Eriterahoidjasse kinnitatud tera *A* treib auku eesmi-

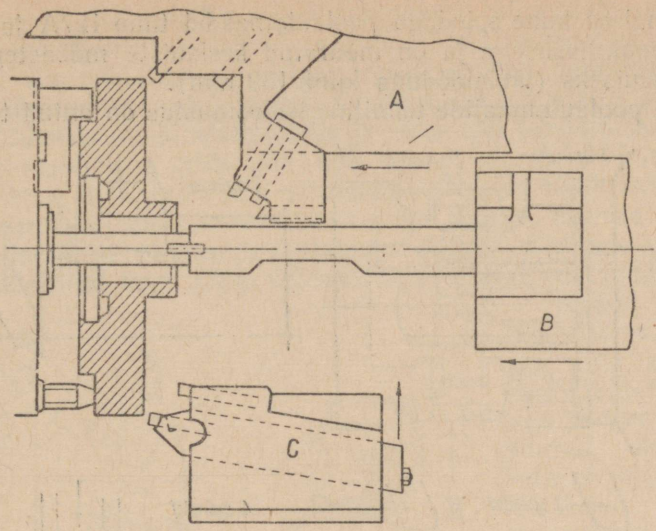


Joon. 251. Diferentsiaali kere kaane töötlemine poolautomaadil tüüp 116.

selt pikisupordilt samal ajal, kui terad *B* ja *C* faasivad ning tera *D* treib astet. Tagumisse ristsupordisse kinnitatud terad *E* ja *F* teostavad otste treimist.

Joonisel 252 on toodud mootori hooratta töötlemine eelneva augu sisetreimisega keskmiselt supordilt *B*, samal ajal, kui pöia ja rummu välistreimine teostub tagumiselt pikisupordilt *A* ja rummu ning pöia otsa treimine eesmiselt ristsupordilt *C*.

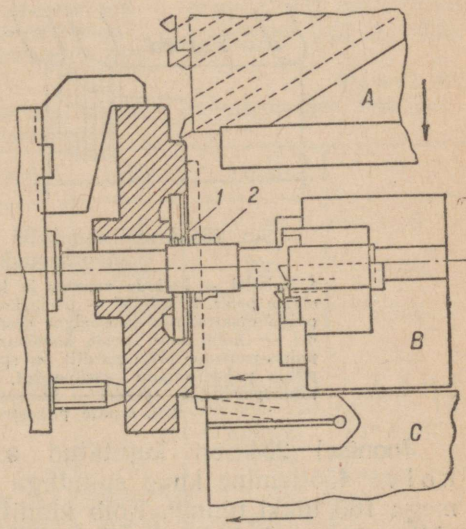
Joonisel 253 on näidatud sama hooratta teise poole töötlemine: augu lõplik sisetreimine teostub keskmiselt supordilt *B*, pöia otsa treimine tagumiselt ristsupordilt *A* ja pöia välistreimine eesmiselt pikisupordilt *C*.



Joon. 252. Mootori hooratta töötlemine poolautomaadil.

Horisontaalseid ühe spindliga poolautomaate valmistatakse vertikaalsete ja horisontaalsete revolverpeadega, millede töötamise põhimõte ei erine millegagi revolverpinkide tööst.

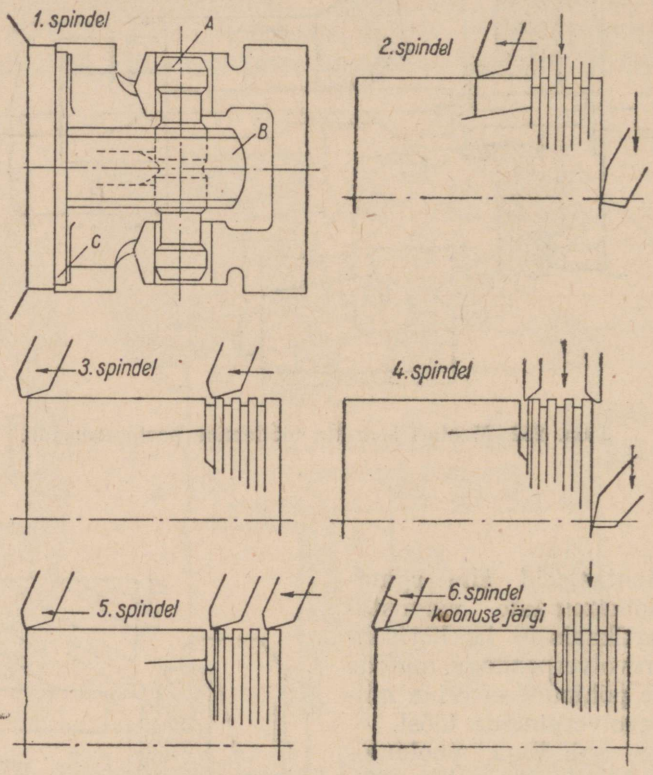
Mitme spindliga poolautomaadid võivad olla nelja, viie, kuue ja isegi kaheksa spindliga ja mõnel juhul sarnanevad konstruktiivselt tublisti mitme spindliga automaatidega. Esineb ka mitme spindliga poolautomaate, mis on määratud tööks ainult padrunis. Kõikidel mitme spindliga padrun-poolautomaatidel üks spindel (tavaliselt eesmine ülemine) peatub automaatselt detaili vahetamiseks.



Joon. 253. Mootori hooratta teise poole töötlemine poolautomaadil.

Kodumaised kuue spindliga poolautomaadid tüüp 127А ja 127Б on suure produktiivsusega ja on määratud keskmiste mõõdetega detailide töötlemiseks (läbimõõduga kuni 180 mm).

Nende poolautomaatide tehniline iseloomustus on antud tabelis 48.

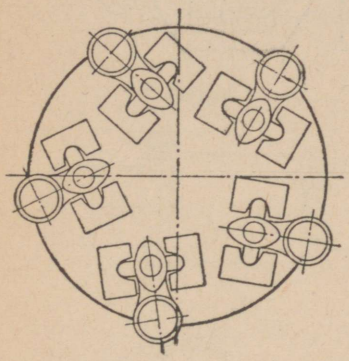


Joon. 254 Alumiiniumkolvi töötlemine kuue spindliga poolautomaadil tüüp 127Б.

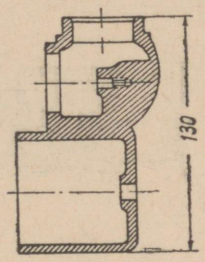
1. spindel — kolbide vahetus ja kolvi automaatne kinnipigistamine sõrme poolt. 2. spindel — poole kolvi koorimine pikisuupordilt, kolvi põhja otsatreimine ja esialgne soonte treimine ristsuupordilt. 3. spindel — kolvi teise poole koorimine ja soontevahelise pinna poolpuhas-treimine pikisuupordilt. 4. spindel — kaks faasimist ja kolvi põhja puhastreimine ristsuupordilt. 5. spindel — kolvi puhastreimine pikisuupordilt. 6. spindel — koonuse treimine kolvi otsal pikisuupordilt, soonte puhastreimine ristsuupordilt.

Joonisel 254 on kujutatud automootori alumiiniumkolvi töötlemine kuue spindliga poolautomaadil 127Б, tootmisvõimega 180 tükki tunnis. Kolb kinnitatakse esimesel spindlil sõrme *A* abil, mis surub kolvi pneumaatilise padruniga ühendatud pingutusvarva *B* abil tsentreeriva väljaulatise *C* vastu.

Kodumaisel viie spindliga poolautomaadil tüüp 129M on oluline erinevus poolautomaatidest 127A ja 127Б. Tema juures pöörleb lõikeriist, kuna viie spindliga spindelpea, millel asuvad detailide kinnitamiseks määratud padrunid (arvult 5), saab liikuda ainult pikisuunas detailide lõikeriistale lähendamiseks ja ettenihke teostamiseks. Peale selle saab spindelpea pöörduda ühe asendi võrra. Töötlemisel ei toimu esemete pöörlemist, mis võimaldab töödelda tunduvate mõõdetega ja keerulise ebasümmeetrilise kujuga detaile, millede ülesseadmine pöörlevatesse padrunitesse nõuaks mitme spindliga pea mõõdete, järelikult ka kogu pingi mõõdete märgatavat suurendamist.



Joon. 255. Viie spindliga poolautomaadi tüüp 129M spindelpea padrunitesse kinnitatud detailidega.



Joon. 256. Poolautomaadil 129M töödeldav karburaatori kere.

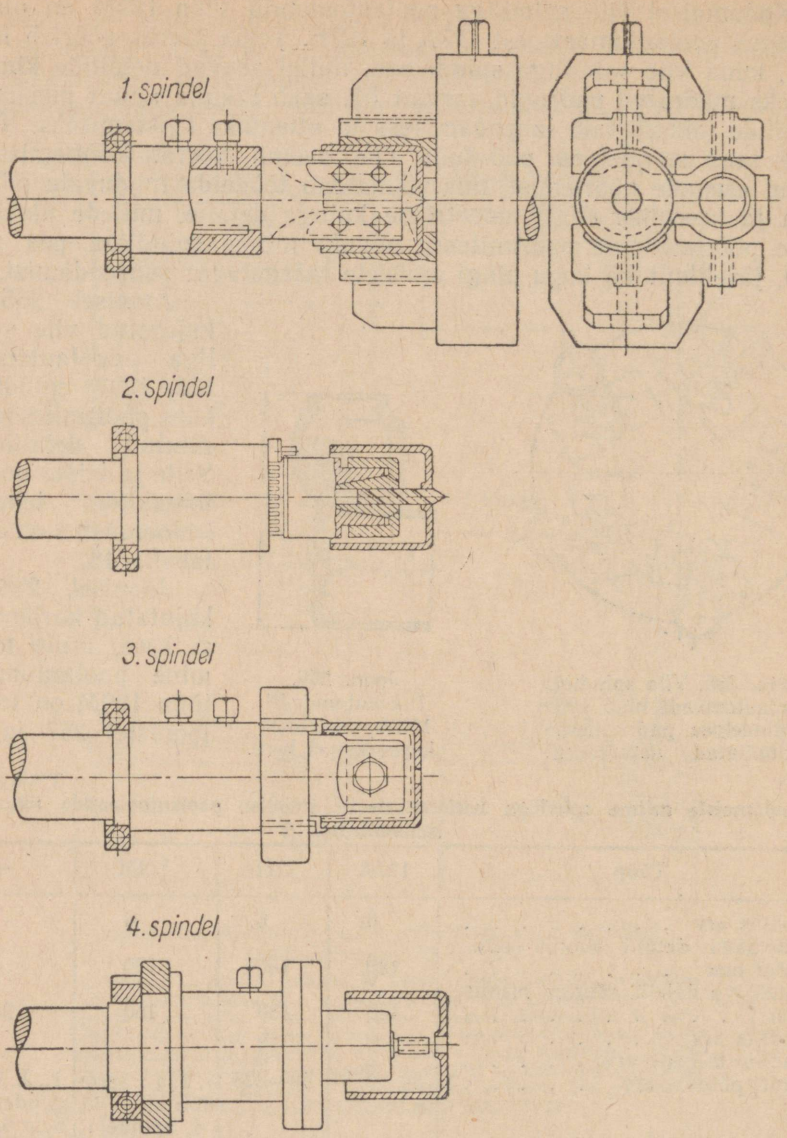
Joonisel 255 on kujutatud viie spindliga poolautomaadi tüüp 129M spindelpea koos padrunitesse kinnitatud detailidega. Selle ja teiste poolautomaatide tehniline iseloomustus on antud tabelis 48.

Joonisel 256 on kujutatud karburaatori kere, mille töötlemine poolautomaadil tüüp 129M on toodud joonistel 257 ja 258.

Tabel 48.

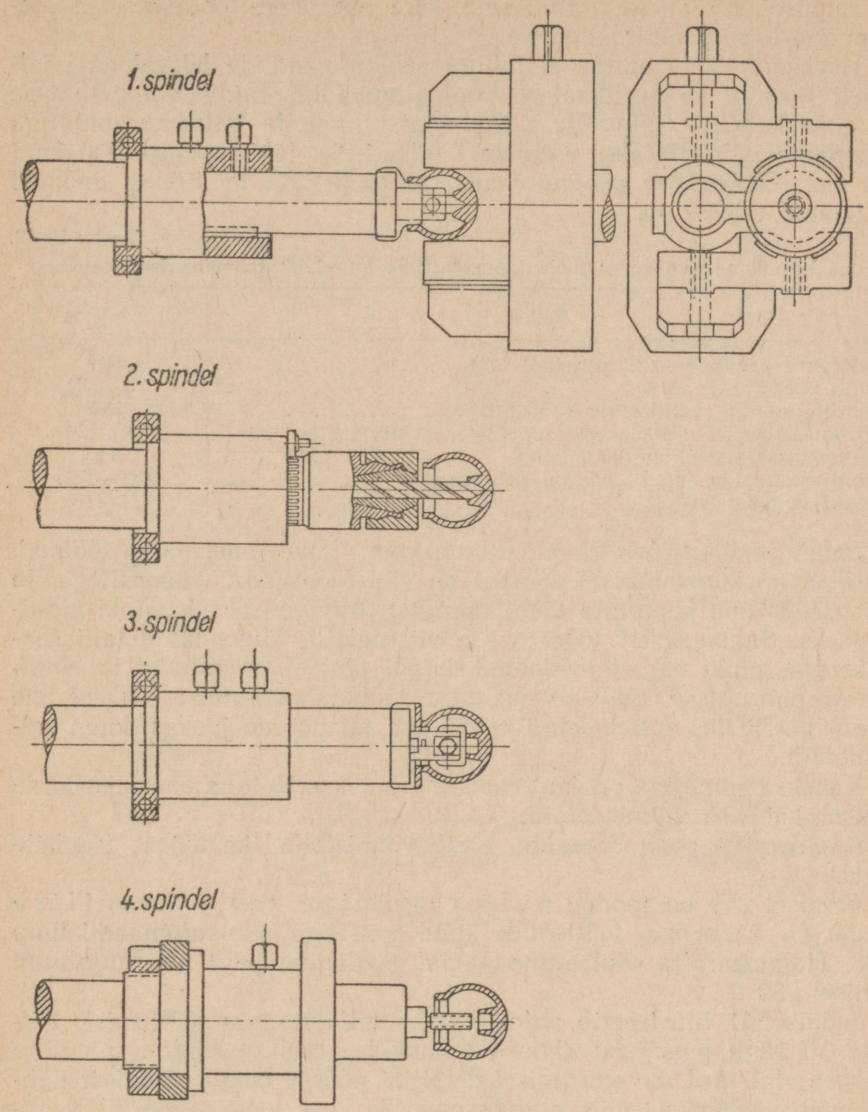
Kodumaiste mitme spindliga horisontaalsete treimise poolautomaatide tehniline iseloomustus.

Tüüp	127A	127Б	129M	—
Spindlite arv	6	6	6	8
Töödeldava detaili suurim läbimõõt mm	180	180	120	65
Töödeldava detaili suurim pikkus mm	150	150	160	250
Spindlite arv	6	6	—	—
Spindlite kiiruste arv	3	3	—	—
Spindli pöörete arv	59—828	59—828	1.,2. ja 3. spindel: 80—733, 4. spindel: 60—375	1., 2., 3. ja 4. spindel: 140, 5. ja 6. spindel: 108, 7. ja 8. spindel: 80
Ühe detaili suurim ja väikseim töötlemise aeg sek.	118—7,34	118—7,34	—	—
Mootori võimsus kW	5—13	5—13	3,5	11
Ristsupordite arv	2	3	—	—
Pikisupordite arv	5	4	—	—



Joon. 257. Karburaatori kere töötlemine poolautomaadil tüüp 129M.

1. spindel — puurimine ja tsentreerimine. 2. spindel — puurimine. 3. spindel — otsa treimine ja faasimine. 4. spindel — keermetamine, töödeldud detaili pingist äravõtmine ja uue pinki asetamine.



Joon. 258. Karburaatori kere töötlemine poolautomaadil tüüp 129M

1. spindel — puurimine ja tsentreerimine. 2. spindel — puurimine. 3. spindel — otsa treimine ja faasimine. 4. spindel — keermetamine, töödeldud detaili pingist äravõtmine ja uue pinki ülesseadmine.

Joonisel 257 on kujutatud selle kere ühe poole töötlemine ja joonisel 258 teise poole töötlemine.

Horisontaalsete mitme spindliga poolautomaatide kõrval on laialdaselt levinud ka vertikaalsed poolautomaadid, mida valmistatakse kuue ja kaheksa spindliga. Kodumaisi kuue ja kaheksa spindliga automaate valmistatakse esemete töötlemiseks läbimõõduga 200 kuni 400 mm. Ühe sellise poolautomaadi tüüp 23-1283 tehnilised andmed on toodud tabelis 49.

Tabel 49.

Kuue spindliga vertikaalse poolautomaadi tüüp 23—1283 tehniline iseloomustus.

Tüüp	23-1283
Töödeldava eseme suurim läbimõõt mm	300
Spindli pöörete arv min.	23—212
Supordite suurim vertikaalne käik mm	150
Horisontaalsete ja vertikaalsete supordite arv normaalse vahetushammasrataste komplekti puhul	11
Supordite ettenihe spindli pöörde kohta mm	0,22—1,95
Mootori võimsus kW	11—18

Sellel poolautomaadil on ümmargune kuue padruniga töölaud. Vertikaalsel kuuetahulisel sambal on viis tööasendit supporditega ja üks asend ilma supordita detaili pingist äravõtmiseks ja pinki kinnitamiseks. Samaaegselt töödeldakse viit detaili, kuuendat detaili seatakse üles pinki pärast töödeldud detaili pingist äravõtmist ja kinnitatakse padrunisse. Selliselt saadakse töölaua pööramise jooksul ühe asendi võrra üks valmisdetail ja töölaua täispöörde jooksul kuus valmisdetaili.

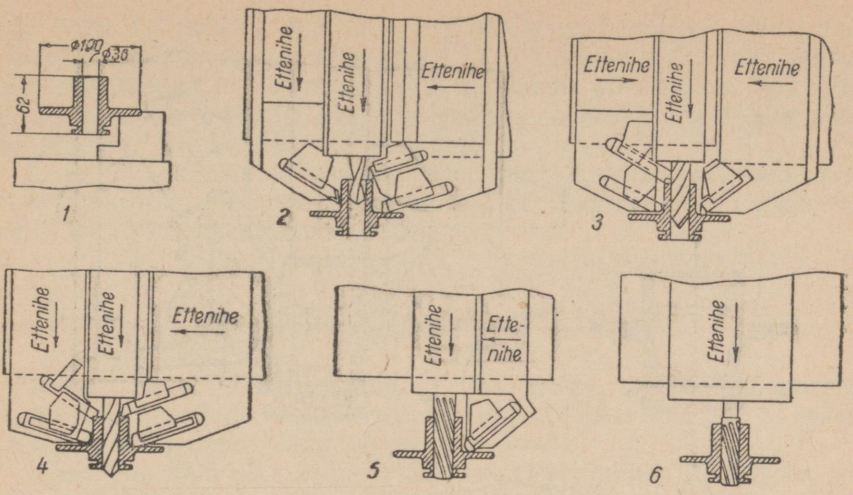
Kaheksa spindliga poolautomaadil saadakse töölaua ühe täispöörde jooksul kaheksa valmisdetaili.

Analoogilisi poolautomaate saab valmistada ka tööks tsentrite vahel.

Joonisel 259 on toodud auto tagumise ratta koonilise auguga rummu töötlemine kuue spindliga poolautomaadil tüüp 1283. Hammasratta töötlemine samal poolautomaadil on kujutatud joonisel 260.

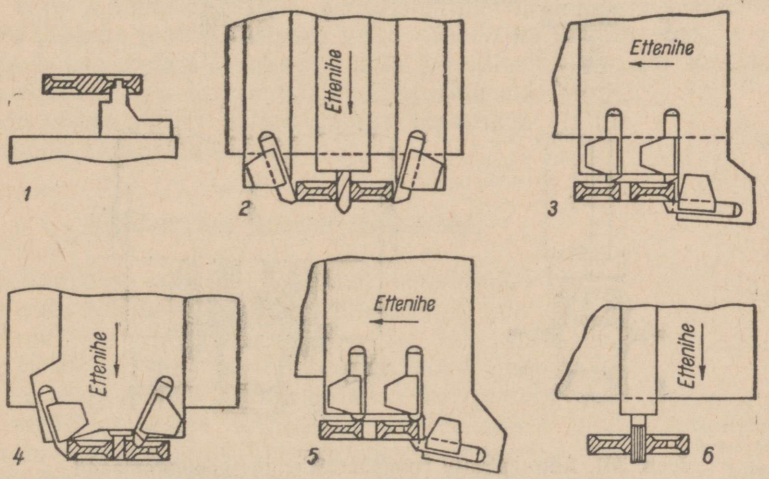
Joonis 261 illustreerib auto esimese ratta rummu töötlemist, millesse 10 augu puurimist (kuues asend) teostatakse kümne spindliga puurpea abil. Aukude puurimisel detail ei pöörle. Nagu näidetest nähtub, võib üksikus asendis olla rakendatud kuni kolm supordit vertikaalse, horisontaalse, kaldse või isegi kõverjoonelise ettenihke suunaga.

Peale kirjeldatud konstruktsiooniga poolautomaatide valmistatakse samasuguseid poolautomaate pidevaks tööks; nendel töölaud koos padrunitesse kinnitatud detailidega asendi muutumisel ei peatu,



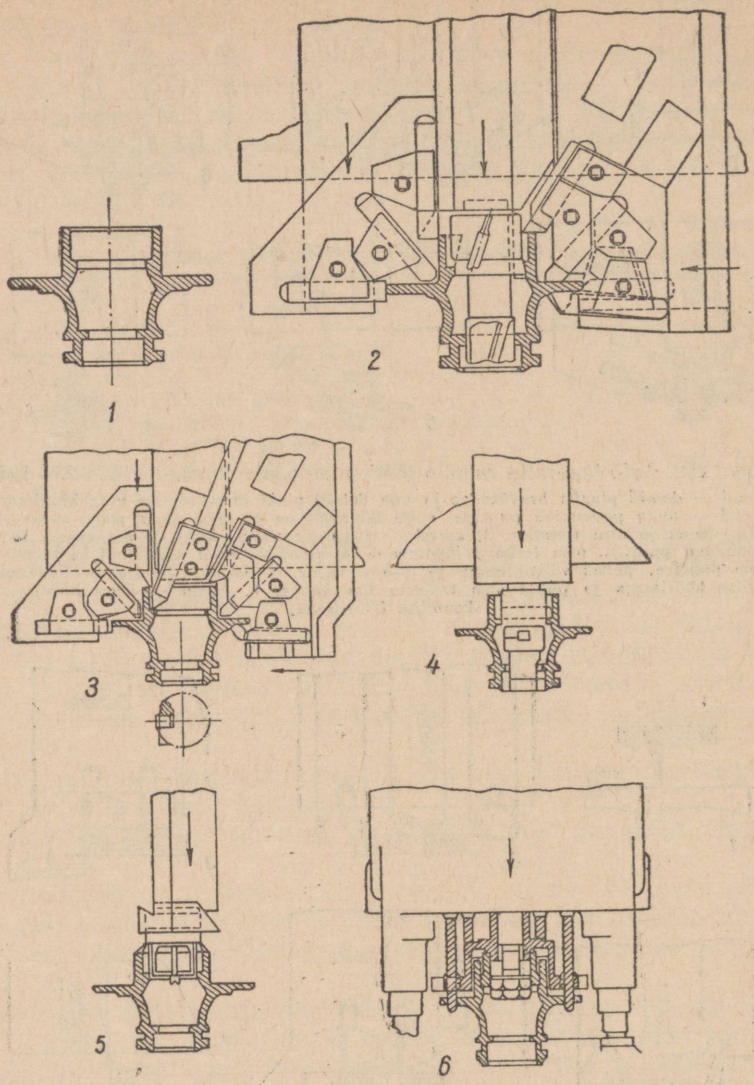
Joon. 259. Auto tagaratta rummu töötlemine poolautomaadil tüüp 23—1283.

1. asend — detaili pingist äravõtmine ja uue detaili pinki ülesseadmine ning kinnitamine. 2. asend — augu puurimine puuriga, mille läbimõõt on 32 mm, augu poole sügavuseni, väliskoorimine ja otsa treimine. 3. asend — augu puurimine kuni 2/3 sügavuseni 20 mm läbimõõduga puuriga, otsa treimise lõpetamine. 4. asend — augu ülejäänud 1/3 puurimine 17 mm puuriga, puhas välistreimine ja otsa treimine. 5. asend — augu eelhõõritsemine koonilise hõõritsaga ja puhta otsa treimise lõpetamine. 6. asend — augu hõõritsemine koonilise hõõritsaga.



Joon. 260. Hammasratta töötlemine poolautomaadil tüüp 23—1283.

1. asend — detaili pingist äravõtmine ja uue pinki kinnitamine. 2. asend — augu puurimine ja välisläbimõõdu koorimine. 3. asend — mõlema otsa eeltreimine. 4. asend — augu süvistamine süvishõõritsaga, välisläbimõõdu silumine ja faasimine. 5. asend — mõlema otsa silumine. 6. asend — augu hõõritsemine.



Joon. 261. Auto esiratta rummu töötlemine poolautomaadil tüüp 23—1283.

1. asend — detaili pingist äravõtmine ja uue pinki kinnitamine. 2. asend — augu sisekoorimine ja välispindade koorimine. 3. asend — välispindade silumine. 5. asend — augu hõõritsemine. 6. asend — 10 augu puurimine.

vaid kogu aja pöörleb supordite tugisamba samaaegsel pöörlemisel. Töödeldud eseme pingist äravõtmine ja uue eseme pinki ülesseadmine ning kinnitamine toimub tööpaua ja tugisamba pöörlemisel. Supordeid saab korrastada kas ühe või kahe erineva operatsiooni teostamiseks kas ühe või kahe erineva detaili juures.

Detailide magasinide laialdane kasutamine poolautomaatide juures on nende automatiseerimise põhivahendiks, ilma milleta ei oleks võimalik luua pinkide automaatseid liine.

IX. KEERMETAMISE MEETODID.

Keermetamist võib teostada: 1) treiteraga, 2) keermekammiga, 3) keermelõikuritega, 4) keermepuuriga, 5) ketasfreesiga, 6) rühmfreesiga, 7) lihvimiskäiaga, 8) survemeetodil.

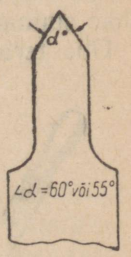
Keermetis võib olla kolmnurkne, trapetsikujuline, täisnurkne, kooniline, ühekäiguline ja mitmekäiguline jne.

Üht või teist keermetamise meetodit kasutatakse vastavalt keerme profiilile, eseme iseloomule, materjali sordile, tootmise mahule ja nõutavale täpsusele.

Keermetamist võib teostada kolme täpsusklassi järgi; töötlemise täpsus arvestatakse keerme keskmise läbimõõdu järgi. Kasutatavamad on 2. ja 3. täpsusklass, mida võib võrdsustada võllide ja aukude 4. ja 5. täpsusklassiga. Keermetamisel tuleb peale keskmise läbimõõdu täpsuse teatud ulatuses välja pidada ka profiili nurk ja samm, mis teeb keermetamisprotsessi üsna keeruliseks ja mitte nii lihtsaks, nagu võiks arvata keermetamise täpsusklasside järgi, mis on võrdsustatud küllalt vähese täpsusega võllide ja aukude täpsusklassidega.

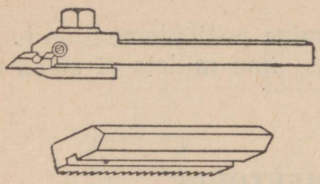
Kolmnurkse keerme lõikamine.

Kolmnurkse keerme lõikamist treipinkidel teostatakse enamalt jaolt tavaliste treiteradega, mis on teritatud 60°-lise nurga all meeter- ja Sellersi keerme jaoks ja 55° all Whitworth'i keerme jaoks (joon. 262). Keerme õige profiil kindlustatakse keermetera vastava profiiliga, mille tõttu viimase teritamist tuleb teostada eriti hoolikalt. Teiseks lõigatava keerme õige profiili saamise kindlustuseks on keermetera õige asend keermetatava detaili suhtes. Tera peab asetsema rangelt risti pingi teljega, kuna vastasel juhul saadakse viltune keermetis. Peale selle peab keermetera esitahk asuma tsentrite joone kõr-

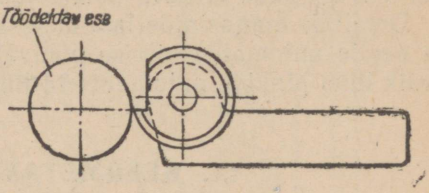


Joon. 262. Tera kolmnurkse keerme lõikamiseks.

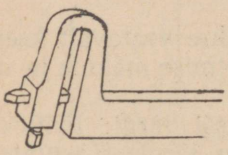
gusel, kuna tera mõne teise asendi juures keerme profiil ei tule õige nurgaga. Terade teritamisele ja keerme õige profiili säilitamisele esitatavad kõrged nõuded põhjustasid profiilsete keermeterade — prismaliste (joon. 263), ümmarguste (joon. 264) — kasutamisele võtmist



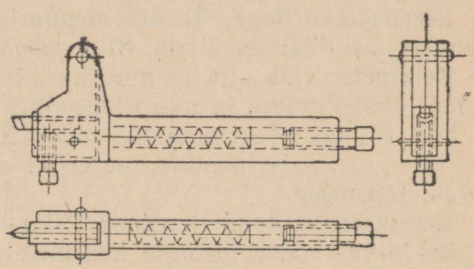
Joon. 263. Prismalised keermeterad.



Joon. 264. Ümmargune keermetera.



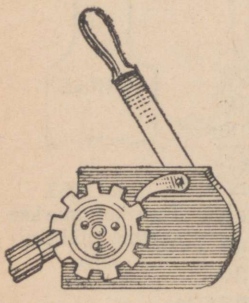
Joon. 265. Vedrutav terahoidja.



Joon. 266. Parendatud konstruktsiooniga vedrutav terahoidja.

tööstuses. Kasutatakse ka veel teri vedrutavates terahoidjates (joon. 265 ja 266), mis peavad vedrutama lõikamise suunas, mitte aga eitenihke suunas.

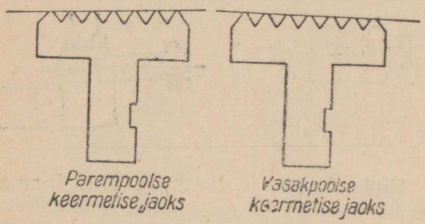
Ühe teraga keerme lõikamisel kaotab selle lõikeserv kiire kulumise tõttu õige kuju ja selle tõttu soovitatakse eelkeermetamist teostada vähem täpse profiiliga teraga ja silumis-terakäigud treida täpse profiiliga teraga.



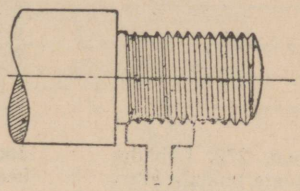
Joon. 267. Pööratava keermeteraga rakis.

Käesoleval ajal kasutatakse rakist (joon. 267) koos eriteraga, millel on 8—10 hammast, millede profiilid omavahel erinevad. 1. hammas on koorimisteraks ja 8. või 10. hammas lõplikuks silumisteraks; teiste sõnadega, igaks terakäiguks kasutatakse eriprofiili. Tera hambaid pööratakse ette käepideme abil, mis koos teraga on kinnitatud supordisse. Täiuslikum keermetamispea erineb mitme hambaga terast ainult selle poolest, et hammaste asemel kasutatakse ümmargusi

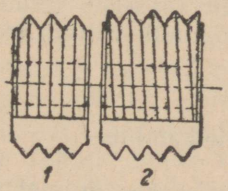
ketasteri, mille iga on palju suurem. Keermetamisterade produktiivsuse tõstmiseks ja koos sellega ka keermetamiseks kuluva aja vähendamiseks kasutatakse mitme lõikeservaga teri, nn. keermekamme (joon. 268). Kammiga keermetamisel jaguneb töö mitme hamba vahel. Selleks otstarbeks ihutakse hammaste otsad ühest kammi servast teise serva poole viltu maha, nii et lõikesügavus järk-järgult suureneb. Keermekamme on eriti kasulik kasutada suurte ühesuguste esemete partiide töötlemisel. Kamme ei saa kasutada esemete keermetamisel, kus keere ulatub kuni teatud väljaulatiseni (joon. 269), kuna väljaulatisele ligemal asuv osa ei saa täit keeret. Erilise täpsusega



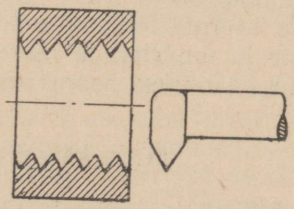
Joon. 268. Keermekammid.



Joon. 269. Keermetamine väljaulatiseni.



Joon. 270. Ümmargused keermekammid.

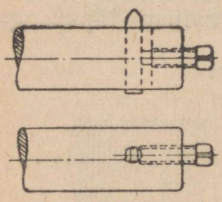


Joon. 271. Sisekeerme tera.

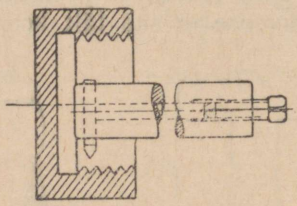
keerme lõikamiseks ei kasutata samuti keermekamme, äärmisel juhul võib neid kasutada selle juures ainult eelkeermetamiseks. Ümmargusi keermekamme valmistatakse ketaste kujul või varustatakse keermega (joon. 270); esimesi (joon. 270, 1) kasutatakse väikese tõusunurgaga teravnurkse keerme lõikamiseks; teisi (joon. 270, 2) kasutatakse suure tõusunurgaga keerme lõikamiseks. Viimased on varustatud lõigatavale keermele vastassuunalise keermega; kui detailil on vasakpoolne keere, siis teral on parempoolne keere ja vastupidi.

Sisekeerme lõikamiseks kasutatakse sageli joonisel 271 toodud tera. Neid teri tuleb sepistada; neid on raske teritada ja seetõttu kasutatakse neid ainult väikeste läbimõõtude juures. Suuremate läbi-

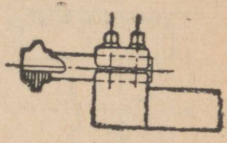
mõõtude juures kasutatakse torne, millesse kinnitatakse läbiulatuvate aukude (joon. 272) või umbaukude (joon. 273) keermetamise terad. Viimastes aukudes tuleb treida eelnevalt soon keermetera väljatulekuks. Sissepandavad terad valmistatakse ja teritatakse ühesuguselt, olenemata torni liigist. Sisekeerme lõikamiseks kasutatakse ka ümmargusi teri, mis tavaliselt valmistatakse sabaga ühest tükist (joon. 274). Peene trapetskeerme lõikamist teostatakse peaaegu samal viisil, nagu kolmnurkse keerme lõikamist, kasutades samu teri.



Joon. 272. Läbiulatuvate aukude keermetamiseks kasutatava tera torn.



Joon. 273. Umbaukude keermetamiseks kasutatava tera torn.



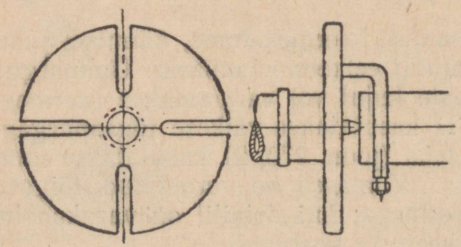
Joon. 274. Ümmargune keermetera sisekeerme lõikamiseks.

Suuremõõtelise ja suure tõusunurgaga trapetskeerme, samuti ka täisnurkse keerme lõikamine toimub ainult tavaliste teradega, kuna prismaliste ja ümarterade juures ei ole võimalik vältida tera hõõrdumist vastu täisnurkse soone seinu.

Mitmekäigulise keerme lõikamine.

Mitmekäiguliste keermete lõikamist teostatakse mitmel viisil, milledest kirjeldame rohkemkasutatavaid.

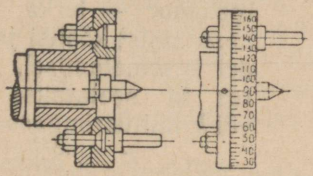
Väga lihtne on mitmekäigulist keeret lõigata mitme sisselõikega veopadruni abil; sisselõigete arv peab vastama keermekäikude arvule (joon. 275) või peab olema sellega kordne.



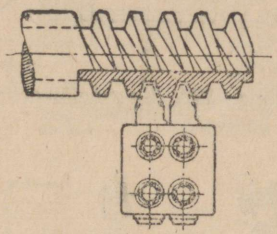
Joon. 275. Nelja sisselõikega veopadrun kahe- ja neljakäigulise keerme lõikamiseks.

Pärast iga keermeniidi lõikamist võetakse detail tsentritelt ära ja asetatakse neile uuesti selliselt, et kaasavedaja sõrm satuks järgmisse veopadruni sisselõikesse, mille järel lõigatakse järgmist keermeniiti.

Tunduvalt levinud on ka mitmekäiguliste keermete lõikamine eri-plaanseibi abil (joon. 276), millel on kaks ketast. Üks neist ketastest on teise suhtes pööratav mitmesuguste nurkade alla vastavalt keerme käikude arvule. Pööratava ketta silindrilisele pinnale on kantud jaotused, millede abil määratakse kindlaks ühe ketta asend teise suhtes. Treipinkidel, milledel on ülekanne spindlilt käigukruvile vahetatavate hammasrataste kaudu, võib mitmekäigulise keerme lõikamist teostada vahe-hammasratta abil, mis on hambumises kitarril oleva hammasrattaga. Ühele neist hammasratastest tehakse märk, mille järel kitarr lülitakse välja ja spindlit pööratakse nurga võrra, mis vastab hammasratta hammaste arvule ja lõigatava keerme käikude arvule.



Joon. 276. Mitmekäigulise keerme lõikamiseks kasutatav eri-plaanseib.



Joon. 277. Kahe teraga terahoidja kahekäigulise keerme lõikamiseks.

Antud meetodit kasutatakse siis, kui hammasratta hammaste arv jagub keerme käikude arvuga; kui seda ei ole, siis katsutakse valida teised hammasrattad või kasutatakse teisi keermelõikamise viise.

Vähem täpseks mitmekäigulise keerme lõikamise viisiks, mis ei nõua mingit rakist, on keerme lõikamine supordi ülemise kelgu ja koos sellega ka tera edasinihutamisega keermekäikude vahekauguse võrra. Seda meetodit, nagu ka kõiki eelmisi, saab kasutada ka sisemise mitmekäigulise keerme lõikamiseks.

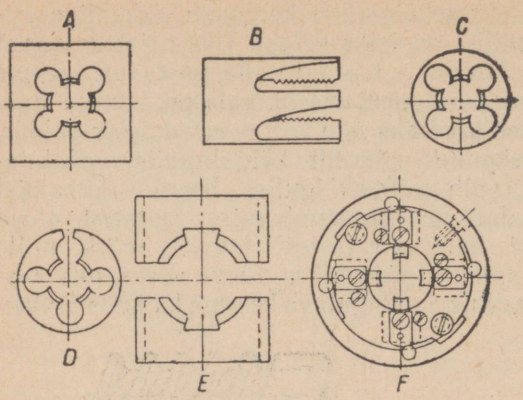
Mitme teraga terahoidja abil on võimalik lõigata mitut keermekäiku korraga. Joonisel 277 on toodud selline terahoidja, mille abil on võimalik lõigata kahekäigulist keeret.

Keermetamine keermelõikuritega.

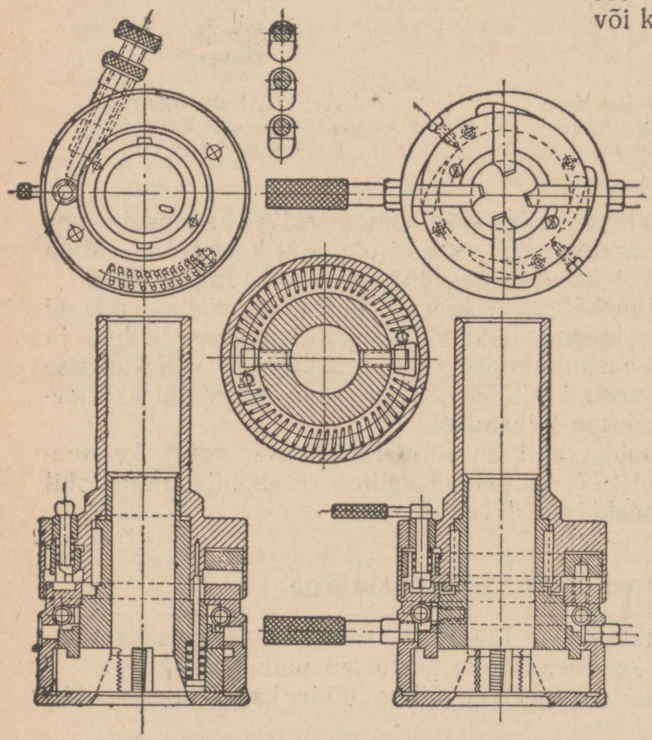
Keermelõikuriks nimetatakse lõikeriista väliskeermetamiseks. Joonisel 278 on näidatud keermelõikurite peamised tüübid.

A — neljakandiline tervik-keermelõikur, mida kasutatakse poldilõike-pinkidel.

B — vetruv toru-keermelõikur, mida kasutatakse mõnikord revol-



Joon. 278. Keermelõikurite tüüpe.



Joon. 279. Pitleri tüüpi keermelõikurid.

verpinkidel ja automaatidel. Sel keermelõikuri tüübil on see paremus, et teda on kerge teritada ja ta ei riku keerme pinda.

C — ümmargune tervikkeermelõikur, mida sageli nimetatakse ka l e r k a k s. Teda kasutatakse revolverpinkidel; läbimõõdus reguleerimise võimatust kompenseerib tema suur jäikus.

D — ümmargune keermelõikur — lerka — leiab kasutamist käsitsi ja pinkidel keermetamisel, kusjuures ta asetatakse kluppi või kinnitusrõngasse.

E — lukksepaklupis kasutatavad keermepakid leiavad kasutamist käsitsi-keermetamisel.

F — keermelõikur sissepandavate kammidega. Seda tüüpi keermelõikurid on täpseimad selle tõttu, et neid saab lihvida ja remontida. Kõikide keermelõikurite tüüpide puuduseks on asjaolu, et neid on tarvis detaililt pärast keermetamist maha keerata, mis on aeganõudev ja vähendab tõõ kvaliteeti.

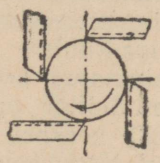
Käesoleval ajal kasutatakse erilisi keermelõikepäid ja iseavanevaid Pitleri tüüpi keermelõikureid radi-

aalselt asetatud kammidega (joon. 279) ja Lendise tüüpi tangentsiaalsete kammidega (joon. 280). Automaatselt avanevate kammide tõttu ei ole nende keermelõikurite juures tarvis töödeldavalt detaililt mahakeeramist. Nende keermelõikurite põhimiseks puuduseks on kallis hind, hooldamise ja remontimise raskus, neid on aga otstarbekohane kasutada suure arvu esemete väljalaskmisel. Laialdaselt kasutatakse neid keermelõikureid automaatidel ja poldilõike-pinkidel.

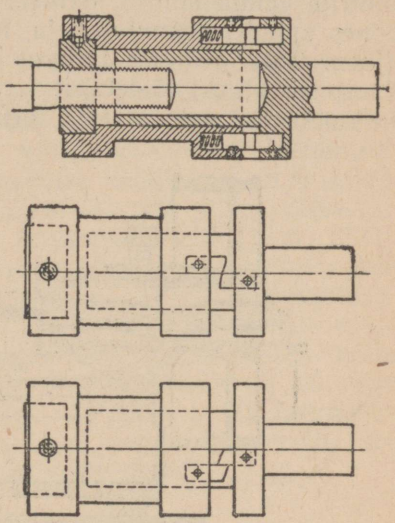
Joonisel 281 on kujutatud ise väljalülituv padrun Kluppi keermelõikurite jaoks.

Lõikekiirus on kiirlõiketerasest kammide juures 5 kuni 7 m/min. terase töötlemisel, 9 kuni 11 m/min. malmi töötlemisel. Tööriistaterasest kammide lõikekiirused on 25—30% väiksemad. Tööriistaterasest ümmarguste keermelõikurite lõikekiirus võetakse 50—70% väiksem. Väliskeerme lõikamiseks kasutatakse erilisi poldilõike-pinke, mis võivad olla ühe või kahe spindliga.

Kodumaised poldilõike-pingid valmistatakse Lenini-nimelises tehases maksimaalsele keermetatavale läbimõõdule 20 mm ja minimaalsele — 6 mm. Keermetamise maksimaalne pikkus on 145 mm. Mootori võimsus on 1,3 kW. Keerme alla treitud eseme läbimõõt peab olema umbes 0,2 keerme sügavust keerme nimiläbimõõdust väiksem, kuna keermetamisel materjal tõuseb. Keskmise täpsuse puhul keermetatakse ühe terakäiguga, suuremate täpsuste puhul või läbimõõtude juures üle 20 mm tuleb teha kaks või kolm terakäiku.



Joon. 280. Lendise tüüpi keermelõikuri kammide asetus.



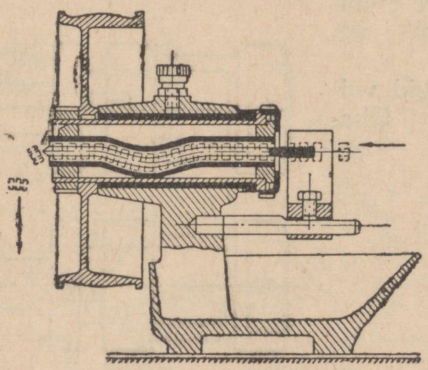
Joon. 281. Ise väljalülituv padrun Kluppi keermelõikuritele.

Keermetamine keermepuuridega.

Keermepuure kasutatakse sisekeermetamiseks. On olemas käsi- ja masin-keermepuure. Viimaseid kasutatakse pinkidel, peamiselt puurpinkidel keermetamiseks.

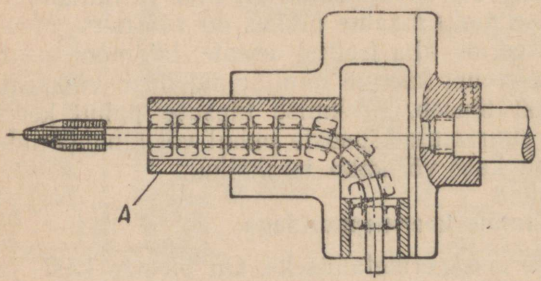
Käsi-keermepuurid on tavaliselt kahe- või kolmekaupa komplektis. Mutri keermepuuridega lõigatakse mutri keere ühe puurikäiguga ja teda tagasi enam ei keerata, vaid ta läheb läbi augu. Keermepuuri saba tehakse pikem ja kui keermetamisel kogu saba on täis mutreid, võetakse ta padrunist välja, mutrid võetakse ära ja töö võib uuesti otsast peale alata. Selle viisi järgi mutrite keermetamiseks kasutatakse erilisi mutrikeermetamise pinke, mis valmistatakse peamiselt kuue spindliga; neid teenindab üks tööline.

Käesoleval ajal kasutatakse mutrite keermetamiseks eripinke, mis töötavad painutatud keermepuuridega. Neid kasutatakse suurel hulgal mutrite valmistamisel. Sellisel pingil on laager, kuhu on kinnitatud õõnes spindel painutatud ja kahe ääriku abil tsentreeritava toruga (joon. 282). Sellesse torusse on paigutatud painutatud keermepuur. Enne töö algust täidetakse toru mutritega. Mutrid liiguvad pärast keermetamist automaatselt torus edasi ja kukuvad kasti. Keermepuuril on painutatud kuju, mis takistab teda spindlist välja kukkumast.



Joon. 282. Pink mutrite keermetamiseks painutatud keermepuuri abil.

Kasutatakse ka kodumaisi mutrikeermetamise automaate 508B ja 508Г, mis keermetavad mutreid eripadrunisse kinnitatud painutatud keermepuuridega. Selline padrun (joon. 283) koosneb kahest poolest. Keermepuur koos juhtpuksiga asetatakse ühte padruni poolesse, mille järel teine pool kinnitatakse esimese külge poltide abil. Keermepuur hoitakse liikumatuna mutrite abil, mis asetsevad tema sabal. Mutrid laaditakse pingi punkrisse ja erilise liuguri abil antakse keermepuuri juurde. Pink valmistatakse kahe spindliga.



Joon. 283. Eripadrun painutatud keermepuuriga keermetamiseks.

Kodumaise päritoluga kahe spindliga mutri keermetamise pinkide iseloomustus on toodud tabelis 50.

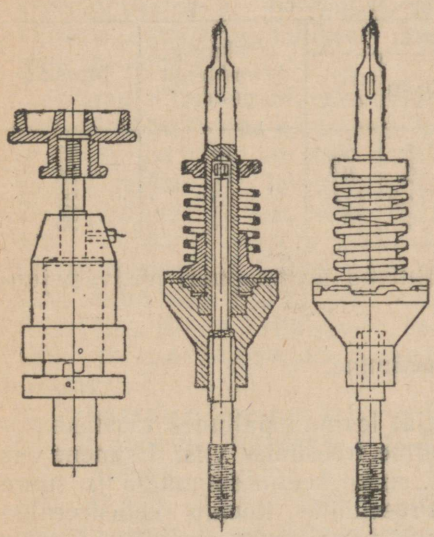
Tabel 50.

Kodumaiste kahe spindliga mutrite keermetamise automaatide iseloomustus.

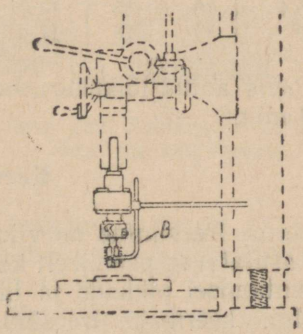
	Pink tüüp 508B	Pink tüüp 508Г
Lõigatava meeterkeerme läbimõõt mm	5 kuni 12	12 kuni 22
Spindli kiiruste arv	4	3
Spindli pöörete arv minutis	210 kuni 520	156 kuni 250
Mootori võimsus kW	1,3	2,3

Sisekeerme lõikamise kiiruse ja odavuse tõttu neil pinkidel teostatakse seda sageli automaatide ja ka revolverpinkide asemel just kirjeldatud pinkidel.

Umbaukude keermetamise juures on tarvis keermepuur pärast keermetamist välja keerata, milleks on paljudel pinkidel, nii revolverpinkidel kui ka puurpinkidel, töölise poolt sisselülitatavad reversiivseadeldised. Keermepuuri murdumise vältimiseks tema toetumisel umbaugu põhja vastu, samuti ka ülekoormuse puhul, mis on tingitud materjali kõvadusest, jahutamise puudumisest või liiga väikesest august keerme all, kasutatakse erilisi kaitsepadruneid (joon. 284), mis võimaldavad keermepuuril pöörleva spindli puhul peatuda, kui pöördemoment ületab keermepuuri tugevusele ohtliku piiriväärtuse. Kui pingil puudub reversiivmehhanism, siis kasutatakse erilisi reversiivpadruneid (joon. 285), mille hammasratasülekanne lülitakse peataja *B* poolt augu keermetamise lõpul tagasikäigule, kui see tõukub vastu detaili.

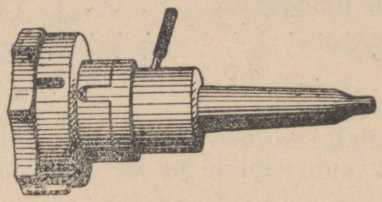


Joon. 284. Eripadrunid keermetamiseks.



Joon. 285. Reversiivpadrun puurpingile.

Keermepuuridega saab peale kolmnurkse keerme lõigata ka trapets- ja täisnurkset keeret. Selleks võetakse 2—5 keermepuurist koosnev komplekt. Keermepuure kasutatakse ka mitmekäiguliste ja kooniliste keermete lõikamiseks. Käesoleval ajal on hakatud tootlikkuse suurendamise eesmärgil kasutama muudetava läbimõõduga keermepuure (joon. 286), keerme läbimõõtudele 25—265 mm, nii parempoolse kui ka vasakpoolse keerme jaoks. Nende eelis seisab selles, et keermetamise lõpul ei ole neid tarvis välja keerata, sest on võimalik keermekamme kokku suruda ja keermepuuri august kiiresti välja võtta.



Joon. 286. Muudetava läbimõõduga keermepuur.

Lihvimata masin-keermepuuride lõikekiirused on antud tabelis 51.

Tabel 51.

Lihvimata masin-keermepuuride lõikekiirused (m/min.)

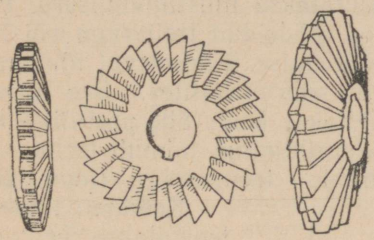
Keerme läbimõõt mm	Meeter- ja tollkeere							
	Hall malm			Teras			Keskmise kõvadusega pronks	Messing
	pehme	keskmine	kõva	Ст.10	Ст.40	Ст. 40 X		
6	10,5	9,5	9	5	7	6,5	15	15
12	13	12	11	7	9	8,5	17	18
25,4	16	15	14	9,5	11,5	11,0	20	22
50	19	18	17	11	14	13	24	25

Tabelis antud lõikekiirused on kehtivad keermepuuri püsivuse juures 90 min.

Keerme freesimine.

Keerme freesimine on viimasel ajal levinud paljudes tööstusharudes. Kasutatakse peamiselt kahte keerme freesimise viisi. Esimene viis on kasutamisel pikkade ja lühikeste, suure keermesammuga ja suure profiiliga keermete freesimisel. Freesimine toimub ketasfreesiga (joon. 287) ühe terakäiguga ja ainult väga suure profiiliga keerme puhul kahe või kolme käiguga. Mõnikord freesitakse suure keerme

puhtuse ja täpsuse saamiseks kahe käiguga. Kasutatavad ketasfreesid on sümmeetrilised (joon. 287) ja ebasümmeetrilised (joon. 288), olenevalt pingi konstruktsioonist. Freesi profiil vastab keerme profiilile. Freesi telg asetatakse detaili telje suhtes nurga alla α, mis võrdub keerme kaldenurgaga (joon. 289). Peale pöördliikumise antakse freesile ka edasiliikumine piki detaili telge, kusjuures see edasiliikumine ühe detaili pöörde jooksul peab vastama keerme sammule. Eseme pöörlemine toimub aeglaselt ja seoses ettenihkega.



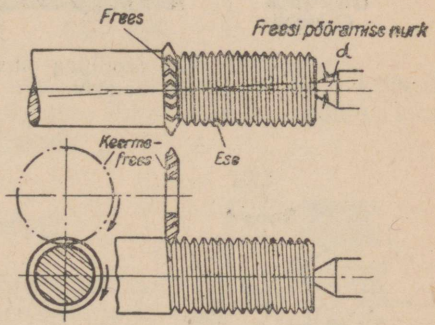
Joon. 287. Keerme freesimise ketasfreesid.



Joon. 288. Ebasümmeetrilise profiiliga ketasfrees.

Teist keerme freesimise meetodit — keermetamist silindriliste keermefreesidega — kasutatakse väikese sammuga lühikeste keermete saamiseks.

Silindriline keermefrees kujutab enesest nagu rühma ketasfreesidest, mis on pandud samale tornile. Freesi pikkus valitakse harilikult 2—5 mm freesitavast keermest pikem. Silindriline frees asetatakse keermetatavale detailile paralleelselt, mitte aga nurga alla, nagu ketasfrees. Suure kallakusega keermeid ei saa silindrilise freesiga freesida.



Joon. 289. Kolmnurkse keerme lõikamine ketasfreesiga.

Silindrilise freesiga toimub keerme freesimine detaili 1,1 kuni 1,2 pöörde jooksul, kusjuures 0,1—0,2 pööret kulub freesitavate soonte ülekatmiseks. Esialgu toimub freesi sisselõikumine keerme sügavuseni. Detaili täispöörde jooksul frees liigub telgsuunas ühe keermesammu võrra edasi. Tigufreesiga keerme freesimist kasutatakse mõnikord mitmekäiguliste keermete lõikamiseks hambalõikepinkidel.

Keerme lihvimine.

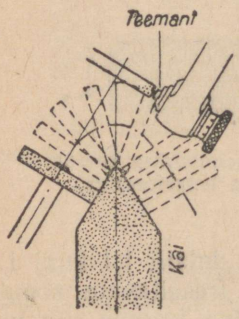
Keerme töötlemise täpsus ei olene mitte ainult mehaanilisest, vaid ka termilisest töötlemisest, mis suurendab tunduvalt keerme vigu. Kuna detailide asendamise põhimõtte rakendamine nõuab keermetatud esemetelt erilist täpsust, siis selliseid esemeid, nagu keermepuure, keermefreese, keermekaliibreid jne., lihvitakse. Lihvimine teostub, samuti nagu freesiminegi, kas ühe profiilkäiaga või selliste käiade rühmaga (joon. 290). Viimasel juhul suureneb tootlikkus, kuid väheneb täpsus, mille tõttu rühmkäiu kasutatakse mustlihvimiseks. Enamikul juhtudel lihvitakse keeret, mis on töödeldud treiteraga või freesiga ja selle järel läbinud termilise töötlemise. Käesoleval ajal kasutatakse ka keerme lihvimist karastatud «tervikvõllile». See meetod seisab selles, et karastatud võllile lihvitakse keere ühe profiiliga käia või rühmkäia abil. Ühe profiiliga käia rihtimine toimub teemandiga või eriseadmega, mida omakorda rihitakse teemandiga (joon. 291).



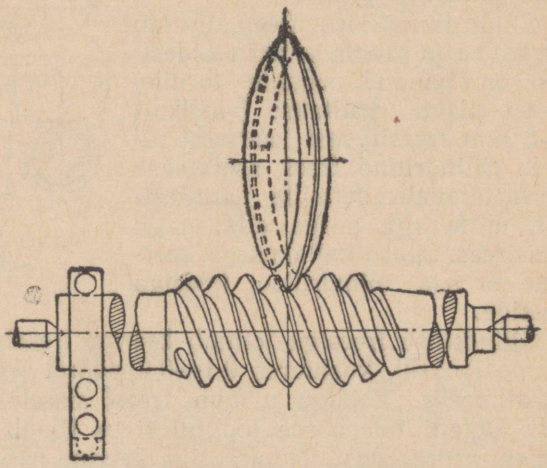
Joon. 290. Ühe profiiliga lihvimiskäi ja rühmkäi.

Keerme lihvimist teostatakse peamiselt erilistel keermelihvimise pinkidel. Mittespetsialiseeritud tööstustes saab keermelihvimist teostada ka treipinkidel erirakiste abil.

Joonisel 292 on näidatud mitmekäigu-



Joon. 291. Profiilkäia rihtimine teemandiga.



Joon. 292. Mitmekäigulise tigu lihvimine.

lise tigu lihvimine. Keermelihvimiseks kasutatavate käiade teralisus oleneb keermesammust (tabel 52). Keerme freesimise töötlusvarud on toodud tabelis 53.

Tabel 52.

Keermelihvimise käiade teralisus.

Lihvitava keerme samm mm	Lihvimiskäia teralisus
1,0	220—320
2,0	200—250
3,0	180
4,0	150
6,0	120

Tabel 53.

Keermelihvimise töötlusvarud.

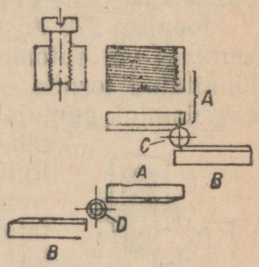
Keerme läbimõõt mm	Lihvitava keerme samm mm	Töötlusvaru mm	Eseme pöörlemise kiirus m/min.
5—8	1,0 —1,25	0,1	0,08
8—15	1,0 —1,5	0,12—0,20	0,10
15—25	1,25—2,0	0,18—0,25	0,14—0,21
25—35	1,5 —2,25	0,25—0,30	0,21—0,27
35—50	1,5 —3,0	0,30—0,40	0,27—0,35
50—80	1,5 —3,5	0,50—0,70	—
80—120	1,5 —3,5	0,70—0,90	—

Keeret saab lihvida täpsusega kuni 2μ; mikromeetriliste kruvide juures on keerme sammu ja keskmise läbimõõdu tolerants kuni 0,01 mm, nurga tolerants ei tohi ületada $\pm$ 10″.

Keermetamine survemeetodil.

Keermetamine survemeetodil toimub külmalt. Selle meetodi põhimõtteline erinevus keerme lõikamisest ja keerme freesimisest seisab selles, et keere saadakse siin mitte laastuvõtmise teel, vaid surve abil.

Survemeetodil saab keermetada kahel viisil: 1) lamedate keermelaudade ja 2) rullide abil.

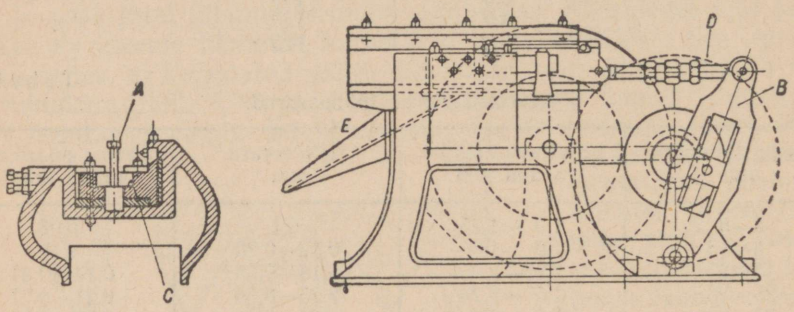


Joon. 293. Kolmnurkse keerme valmistamine survemeetodil.

Joonisel 293 on toodud keermelaudade abil keermetamise skeem. Üks keermelaud *A* on liikumatu, teisele keermelauale *B* on antud sirgjooneline edasi-tagasi liikumine; *C* — on eseme asend enne keermetamist, *D* — tema asend pärast keermetamist.

Keermelaudade töötav pind kujutab enesest nagu poldi keerme laotust, kuna tal on sirgkeere keermetõusule vastava nurga all. Eeltoote läbimõõt võetakse tavaliselt võrdne keerme keskmise läbimõõduga või 0,05—0,08 mm sellest suurem. Survemeetodil töötavad keermetamise pingid on kas keermetatava detaili horisontaalse või vertikaalse asendiga.

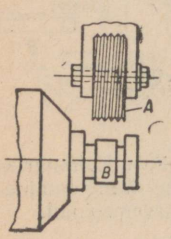
Joonisel 294 on kujutatud survemeetodil keermetamise pink, milles keermetatav detail *A* asub vertikaalasendis. Joonisel on näha kulissülekanne *B*, mis annab tööliikumise liikuvale keermelauale *C* ja samuti ka kahe- kuni kolmekordse kiirusega tagasiliikumise analoogi-



Joon. 294. Survemeetodil keermetamise pink.

liselt šepingpinkidele (*D* — ajami hammasratas, *E* — valmisesemete renn). Pinke, milledes töödeldav ese on vertikaalasendis, loetakse paremateks, sest tagi hea eraldumise tõttu on keermelaudadel suur püsivus. Selliste pinkide tootlikkus on 30 kuni 60 eset minutis.

Joonisel 295 on toodud rullidega keermetamise skeem. *B* on revolverpingi või automaadi padrunisse kinnitatud detail, *A* — supordisse kinnitatud tornile asetatud rull. Rulli ettenihe eseme suhtes toimub sagedamini puutuja suunas, harvemini raadiuse suunas. Rulli ettenihe valitakse 0,05 kuni 0,10 mm eseme pöörde kohta. Rullil asuva keerme suund on valmistatava keerme suunaga vastupidine. Rulli läbimõõt valitakse keermetatava eseme läbimõõduga võrdne või 2—3 korda sellest suurem, vastavalt keermekäikude arvule, mis on vajalik keerme kaldenurga säilitamiseks.



Joon. 295. Keermetamine rulliga.

Rullid valmistatakse harilikult kroomnikkel- või volframterasest. Töödeldava eseme materjal mõjutab tugevasti keerme kvaliteeti. Soovitatav on plastiline materjal (nagu messing). Kõva materjali juures on keermetamine raskendatud (eriti suuremõõtelise keer-

me keermetamine) ja seda tuleb teostada võimsatel pinkidel. Eseme ringkiirus soovitatakse valida mitte suur; tema valik toimub sõltuvalt rulli ja eseme materjalist. Suurimat kiirust kasutatakse messingi keermetamisel — umbes 20 m/min.

Survemeetodil keermetamine on kõige tootlikum ja odavam keermetamise viis. Selle meetodi paremus seisab peale selle veel selles, et keermel on sile, puhas ja tihendatud pind. Selletõttu on survemeetodil keermetatud keermepuurid pikema eaga kui lõigatud keermega keermepuurid.

Mitmesuguste keermetamise meetodite kasutamise alad.

Keerme lõikamist treipingil kasutatakse peamiselt täpsete ja pikkade kruvide juures, mittestandardse profiiliga keerme lõikamisel, samuti ka neil juhtudel, kui erilõikeriista kasutamine või valmistamine on raskendatud. Selle meetodiga saavutatakse suurem täpsus ja selle juures kasutatakse lihtsamat lõikeriista, kui keerme freesimisel.

Treipingil keermelõikamiseks vajalik töölise kõrge kvalifikatsioon ja selle meetodi väike tootlikkus on tema suurimaks puuduseks.

Revolverpinkidel ja automaatidel keermetamine toimub peamiselt keermelõikuritega ja keermelõike-peadega (harvemini teradega), kusjuures keermetamine toimub samaaegselt eseme teiste pindade töötlemisega.

Keerme freesimist on otstarbekohane kasutada küllaldase töömahu juures, sest see meetod on tootlikum kui keerme lõikamine treipingil. Freesimisel võib töölise kvalifikatsioon olla madalam, kusjuures ta võib samaaegselt töötada mitmel pingil.

Keerme lihvimist kasutatakse peamiselt keermetamis-lõikeriistade või -mõõteriistade töötlemisel, kuna selle meetodiga võib saada karastatud pinnal üsna täpset keeret.

Keermetamist survemeetodil kasutatakse massilise ja seerialise tootmise juures tema suure tootlikkuse ja küllaldase täpsuse tõttu.

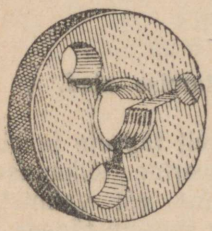
Keerme kontrollimise meetodid.

Keerme valmistamise raskused seisavad selles, et keerme kvaliteet ja täpsus oleneb paljudest elementidest.

Keerme põhielementideks on: 1) keerme profiili nurk; 2) keermesamm; 3) keskmine läbimõõt; 4) väline läbimõõt; 5) sisemine läbimõõt.

Kõik need elemendid on tähtsad mitte ainult oma suuruse poolest, vaid ka nende omavahelise seose ja vahekorra tõttu.

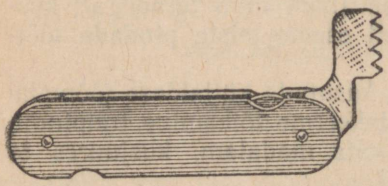
Harilikult teostatakse keerme kontrollimist vastavate piirikaliibritega: väliskeerme kontrollimist mutter-piirikaliibriga (joon. 296) ja sisekeerme kontrollimist kork-piirikaliibriga (joon. 297). Keerme piirikaliibrite kontrollimist teostatakse keerme elementide järgi. Keermesammu vähem täpseks määramiseks kasutatakse keermešablooni (joon. 298). Keerme mikromeeter on keskmise läbimõõdu mõõtmise levinud mõõteriistaks (joon. 299), mille juures kasutatakse erilisi otsikuid (joon. 300). Joonisel 301 on kujutatud keerme piirikaliiber kahe paari mõõterullidega.



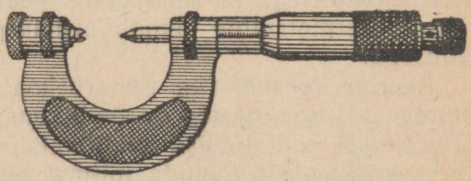
Joon. 296. Mutter-piirikaliiber väliskeerme jaoks.



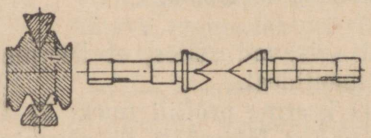
Joon. 297. Kork-piirikaliiber sisekeerme jaoks.



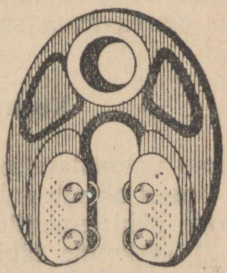
Joon. 298. Keerme šabloon.



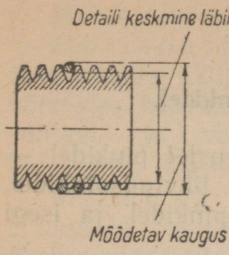
Joon. 299. Keerme mikromeeter.



Joon. 300. Eriotsikud keerme mikromeetrile.

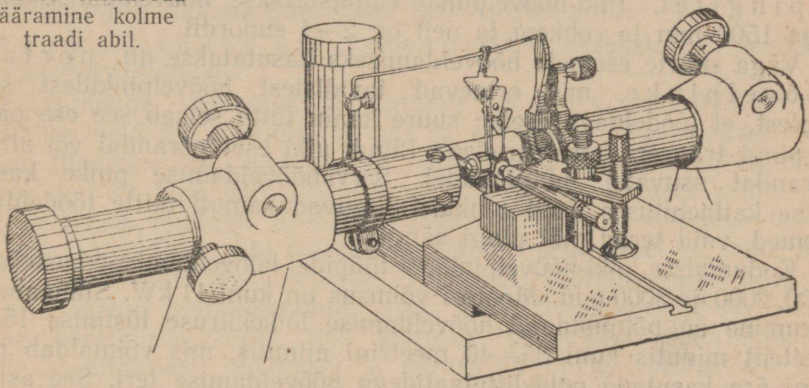


Joon. 301. Keerme piirikaliiber kahe paari mõõterullidega.



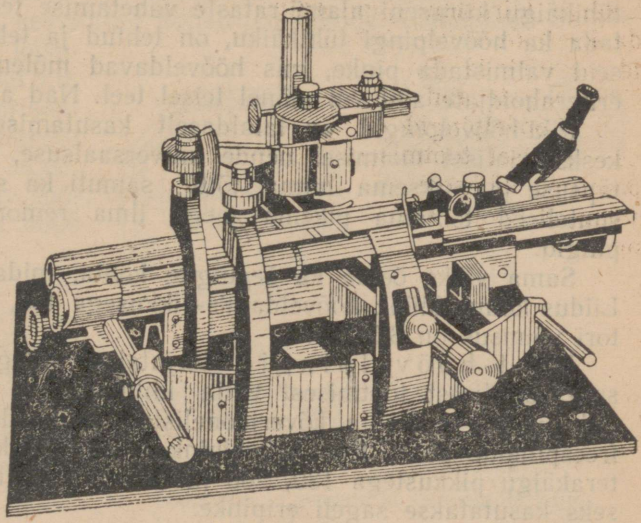
Joon. 302. Keerme keskmise läbimõõdu määramine kolme traadi abil.

Joonistel 302 ja 303 on kujutatud ameerika viis keerme keskmise läbimõõdu mõõtmiseks, mis seisab selles, et keermeniitide vahele asetatakse kolm traati ja nende vahelist kaugust mõõdetakse mikromeetriga või optimeetriga. Traatide läbimõõt peab olema valmistatud täpsusega kuni 0,5 μ ja nende sirgjoonelisus peab olema täpsusega 0,5 μ ¼″ pikkuse kohta, kusjuures traatide läbimõõdud ei tohi erineda üksteisest rohkem kui 0,8 μ.



Joon. 303. Keerme keskmise läbimõõdu mõõtmine kolme traadi abil.

Keermesammu täpseks mõõtmiseks kasutatakse universaalmikroskoopi (joon. 304), mis võimaldab mõõta kolme peamist keerme-elementi — profiili nurka, sammu ja keskmist läbimõõtu.



Joon. 304. Universaalmikroskoop keerme mõõtmiseks.

X. TASAPINDADE TÖÖTLEMINE.

Tasapindade töötlemine mitmesugustel pinkidel.

Tasapindade töötlemine võib toimuda mitmesugustel pinkidel — höövelpinkidel, püst-höövelpinkidel, freespinkidel, lihvimispinkidel, karussellpinkidel, sisetreimise pinkidel, kammlõikepinkidel ja isegi kaabitsemispinkidel.

Hööveldamine teostub kas piki-höövelpinkidel või šepingitel. Piki-höövelpinke valmistatakse hööveldamise pikkusega 1500 mm ja rohkem ja neil on 2—4 supordit.

Väga suurte esemete hööveldamiseks kasutatakse nn. portaal-höövelpinke, mis erinevad tavalistest höövelpinkidest sellepoolest, et töödeldava eseme suure kaalu tõttu seisab see ese paigal ja pingi traavers koos teradega liigub piki eset põrandal või allpool põrandat asuvatel juhtpindadel. Servahööveldamise pinke kasutatakse katlaehituses. Neil pinkidel liiguvad samuti mitte töödeldavad esemed, vaid terad piki pingi sängi.

Kodumaiste piki-höövelpinkide tüüpide hööveldamispikkusteks on 1500, 2000 ja 3000 mm. Mootori võimsus on kuni 11 kW. Stahaanovlik liikumine on põhjustanud hööveldamise lõikekiiruse tõstmise 15—20 meetrilt minutis kuni 35—40 meetrini minutis, mis võimaldab paremini ära kasutada pobediitplaatidega hööveldamise teri. See asjaolu sundis uuesti valmistatavate pinkide konstruktsiooni muutma ja ümber tegema olemasolevad, suurendades nende töökäigu kiirust tühikäigu kiiruseni ajami rataste vahetamise teel. Püüdes ära kasutada ka höövelpingi tühikäiku, on tehtud ja tehakse ka praegu katseid valmistada pinke, mis hööveldavad mõlemale poole liikumisel eriterahoidjate abil või mõnel teisel teel. Nad aga ei ole levinud.

Piki-höövelpingid on laialdaselt kasutamisel väikeseerialisel ja keskseerialisel tootmisel nende universaalsuse, lihtsuse, saavutatava täpsuse ja väiksema hinna tõttu, samuti ka selle tõttu, et nad on suutelised töötama pikemat aega ilma remondita, kui piki-freespingid.

Sama võiks öelda ka šepingite kohta, mida valmistatakse NSV Liidus kolme tüüpi: hööveldamis-pikkusega 450, 500 ja 650 mm. Mootori võimsus on 3,5 kW.

Püst-höövelpingid tõrjutakse praegu keskseerialisest ja suurseerialisest tootmisest välja kiilunuutide valmistamisel kammlõikepinkide poolt ja kõverjooneliste kontuuride töötlemisel kopeerfreespinkide poolt. Püst-höövelpinke valmistatakse meil kolme tüüpi: terakäigu pikkustega 130, 200 ja 320 mm. Kiilunuutide hööveldamiseks kasutatakse sageli eripinke.

Harva töödeldakse tasapindu ka *käsipressidel*.

Horisontaal- ja vertikaal-freespinke kasutatakse tasapindade töötlemisel laialdaselt nende suurema tootlikkuse tõttu võrreldes höövelpinkidega. Kodumaistes tehastes valmistatakse horisontaal- ja vertikaal-freespinke töölaua suurusega 125 × 450, 250 × 500, 225 × 750, 270 × 900, 270 × 1250 ja 420 × 1600 mm.

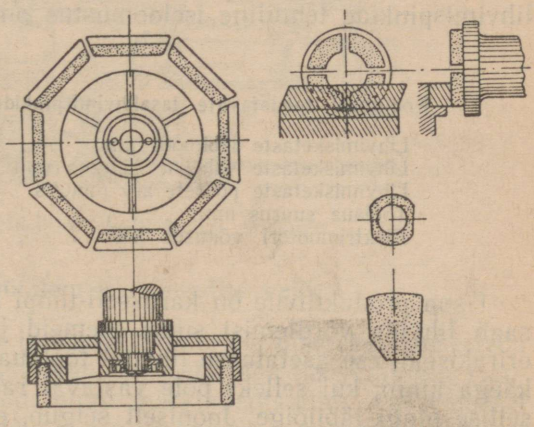
Mitme spindliga piki-freespingid (spindlite arvuga 2 kuni 9) on harilikkudest höövelpinkidest märksa produktiivsemad. Kodumaistes tehastes valmistatakse ühe ja kahe spindliga piki-freespinke töölaua suurusega 300 × 1000 ja 450 × 1600 mm ja nelja spindliga pinke töölaua suurusega 900 × 3250 mm.

Trummeltüüpi eri-freespinke kasutatakse peamiselt auto-traktoritööstuses.

Tasapindade töötlemist teostatakse ka *lihvimispinkidel*, kasutades neid nii koorimiseks kui ka silumiseks. Tasapindade koorimine lihvimise teel leiab järjest suuremat kasutamist nii eeltöötlemisena kui ka lõppoperatsioonina sel juhul, kui ei nõuta erilist täpsust ja pinna puhtust. Koorivlihvimise töötlusvaru võetakse tavaliselt märksa väiksem kui freesimisel või hööveldamisel ja tema suurus 1 kuni 3 mm ühele küljele. Suuremate töötlusvarude juures ei ole see meetod majanduslikult tasuv. Koorivlihvimise täpsus oleneb eseme konfiguratsioonist, mis mõjutab võimalikku deformatsiooni eseme kinnitamisel, lihvimisel ja pärast lihvimist. Töötlusvaru suurus, lihvimise režiim ja lihvimiskäia mõõted mõjutavad ka töötlemise täpsust, mis võib kõikuda 0,04—0,4 mm piirides. Koorivlihvimist kasutatakse malm- ja harvemini terasvalandite töötlemisel, samuti ka sepiste ja keevitatud konstruktsioonide töötlemisel. Suurte esemete lihvimiseks kasutatakse pinke, milledel lihvimiskäia telg on horisontaalne, käia läbimõõt 1500—2000 mm ja edasitagasi liikumist omav töölaud pikkusega kuni 4000 mm.

Sellistel pinkidel kasutatakse käiu, mis koosnevad segmentidest, silindritest, luiskudest jne. (joon. 305).

Malmdetailide lihvimiseks kasutatakse *karborundumkäiu*, terase



Joon. 305. Luiskude ja segmentide kuju.

lihvimiseks — korundkäiu. Väga suurte esemete töötlemiseks kasutatakse mõnikord rippuvaid pendelpinke, kõverpindade töötlemiseks aga teisaldatavaid lihvimisseadmeid, millede abil aga pole võimalik saavutada rahuldavat täpsust; neid kasutatakse peamiselt valamis- ja sepatsehhides, harvemini mehaanikatsehhides valandite ja sepiste ebatasasuste mahalihvimiseks, samuti keevitusõmbluste puhastamiseks. Keskmise ja väikese suurusega esemete lihvimiseks kasutatakse karussell-tüüpi tasalihvimispinke, piki-tasalihvimispinke töölaua edasi-tagasi liikumisega, ja horisontaalses või vertikaalses tasapinnas asetsevate lihvimisketastega tasalihvimispinke. Lihvimiskettad on tavaliselt terasest, millele on peale kleebitud lihvimismass. Soojuse väiksema eraldumise otstarbel on lihvimismassi pinnale tehtud süvendid; mida raskemad on lihvimise tingimused, seda laiemad ja sügavamad peavad olema need süvendid. Koorivlihvimist teostatakse tavaliselt kuivalt — õhukeste lihvimisketaste rikkumise vältimiseks. Lõikerežiimi seisukohalt kasutatakse kahte koorivlihvimise meetodit: 1) suure lõikesügavusega — kuni 1,0—1,5 mm ja väikese laua ettenihkega — 1,0—1,5 m/min.; 2) väikese lõikesügavusega — kuni 0,03—0,3 mm ja suure ettenihkega — 5—10 m/min.

Tasapindade siluvlihvimist teostatakse peeneteraliste tervikkäiadega, lihvimiskettaid kasutatakse harvemini.

Lihvimine teostub nii käia küljepinnaga kui ka ta piirdepinnaga (joon. 306 ja 307). Viimane viis annab suurema täpsuse väiksema kasutatava jõu, väiksema soojenemise ja väiksema deformatsiooni tõttu, kuid see viis on väheproduktiivne.

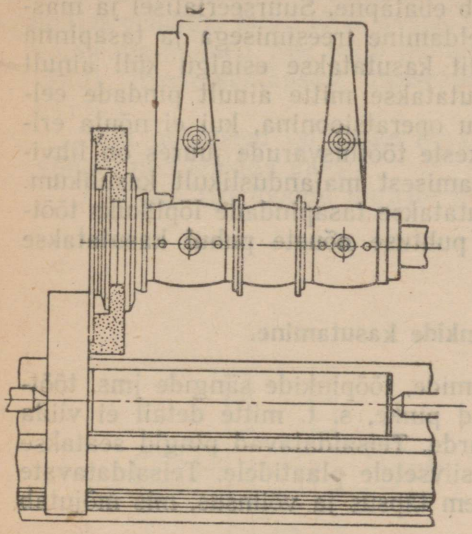
Kodumaiste tehaste poolt valmistatavate kahe lihvimiskettaga tasalihvimispinkide tehniline iseloomustus on toodud tabelis 54.

Tabel 54

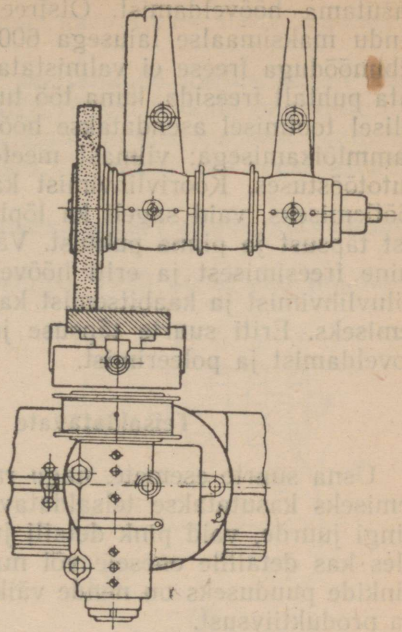
Kodumaal toodetavate tasalihvimispinkide tehniline iseloomustus.

Lihvimisketaste läbimõõt mm	750
Lihvimisketaste vaheline kaugus mm	1110
Lihvimisketaste pöörete arv minutis	800
Töölaua suurus mm	350×200
Elektrimootori võimsus kW	10

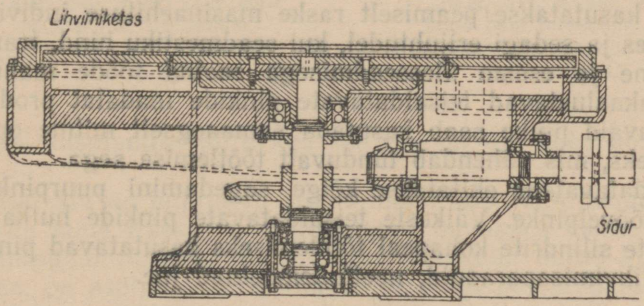
Üsna produktiivne on karussell-tüüpi lihvimispink. Karussellpingil saab lihvida võrdlemisi suuri esemeid ja selle juures ei ole tarvis erirakiseid, ese asetatakse lihtsalt töölauale ja tööline hoiab teda seal käega kinni, kui selleks pole vastavat rakist. Joonisel 308 on toodud sellise pingi läbilõige. Jooniselt selgub, et selline pink on lihtsa ehitusega.



Joon. 306. Käia küljepinnaga lihvimine.



Joon. 307. Käia piirdepinnaga lihvimine.



Joon. 308. Karussell-tasalihvimispingi läbilõige.

Tasapindade töötlemise meetodite valik.

Kui töödeldav ese on pikk ja kitsas, siis ei ole otstarbekohane teda töödelda freespingil; palju kasulikum on seda teha höövelpingil. Hööveldada tuleb ka laiad pinnad, nagu märkimisplaadid, sest väikesel arvul valmistatavatele esemetele ei ole otstarbekohane koostada suurt silindrilist freesi. Peale selle sunnib ka plaadi deformeerumise oht

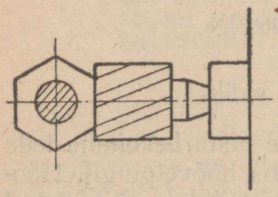
kasutama hööveldamist. Otsfreesidega saab puhtalt töödelda tasapindu maksimaalse laiusega 600 mm ühe töökäiguga, sest suurema läbimõõduga freese ei valmistata. Laia pinda kahe freesiga ei soovitata puhtalt freesida, kuna töö tuleb ebatäpne. Suurseerialisel ja massilisel tootmisel asendatakse hööveldamine freesimisega ja tasapinna kammlõikamisega; viimast meetodit kasutatakse esialgu küll ainult autotööstuses. Koorivlihvimist kasutatakse mitte ainult pindade eeltöötlemiseks, vaid sageli ka lõpliku operatsioonina, kui ei nõuta erilist täpsust ja pinna puhtust. Väikeste töötlusvarude juures on lihvimine freesimisest ja eriti hööveldamisest majanduslikult kasulikum. Siluvlihvimist ja kaabitsemist kasutatakse tasapindade lõplikuks töötlemiseks. Eriti suurte täpsuse ja puhtuse nõuete puhul kasutatakse soveldamist ja poleerimist.

Teisaldatavate pinkide kasutamine.

Üsna suurte esemete, nagu raamide, tööpinkide sängide jms. töötlemiseks kasutatakse teisaldatavaid pinke, s. t. mitte detail ei viida pingi juurde, vaid pink detaili juurde. Teisaldatavad pingid seatakse üles kas detailile enesele või massiivsetele plaatidele. Teisaldatavate pinkide puuduseks on nende väiksem täpsus ja võimsus, mis mõjutab ka produktiivsust.

Selle tõttu soovitatakse suurseerialisel tootmisel kasutada statsionaarseid seadmeid ka suurte detailide töötlemisel. Teisaldatavat seadmestikku kasutatakse peamiselt raske masinaehituse individuaaltootmise juures ja sedagi erijuhtudel, kui seadmestiku hind, transpordiaja vähenemine ja eseme ülesseadmisega seotud tööde mahu vähenemine tasakaalustavad teisaldatavate pinkide madalat produktiivsust. Teisaldatavaid pinke saab kasutada samaaegselt mitme operatsiooni teostamiseks, mis vähendab tunduvalt töötlemise aega.

Teisaldatavatena ehitatakse kõige sagedamini puurpinke, samuti aga ka hööveldpinke. Väikeste teisaldatavate pinkide hulka kuuluvad ka vedurite silindrite kohapeal töötlemiseks kasutatavad pingid, elektritrellid, lihvimisaparaadid, neetimismasinad jne.



Joon. 309. Mutri ühe tahu freesimine horisontaal-freespingil.

Mutri tahkude töötlemine.

Mutri tahkude töötlemist võib teostada järgmiste meetoditega.

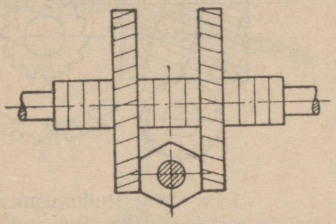
Joonisel 309 on kujutatud mutri iga tahu eraldi freesimise viis horisontaal-freespingil. Mutrid asetatakse tornile ja surutakse sellel kokku, mille järel torn asetatakse tsentrite vahele.

Mutritega torni keeratakse pärast iga tahu freesimist 60° võrra. See meetod on väheproduktiivne ja teda kasutatakse individuaalsel ja väikeseerialisel tootmisel.

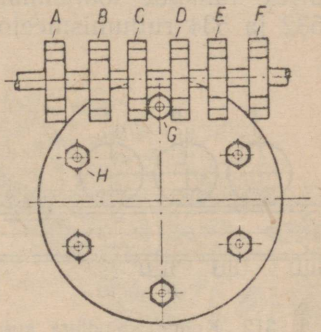
Sellisel viisil töödeldud mutritel on tahkude asetus sageli augu suhtes ebaõige, mille tõttu samal mutril võivad tekkida mitmesugused võtmeava mõõted. See tekib jaotusmehhanismi ebatäpsusest (kulumise tõttu), freesi ebatäpsest ülesseadmisest ja mutri ebaõigest asendist tornil.

Neid põhjuseid on raske kõrvaldada; pärast nende kõrvaldamist võivad nad tekkida uuesti.

Joonisel 310 toodud mutrite freesimise viisil on samad puudused,



Joon. 310. Mutri kahe tahu samaaegne freesimine kahe freesiga horisontaal-freespingil.



Joon. 311. Kolme mutri kuue tahu freesimine kuue freesi abil horisontaal-freespingil.

kahe freesi kasutamise tõttu aga see viis on ligi kaks korda produktiivsem.

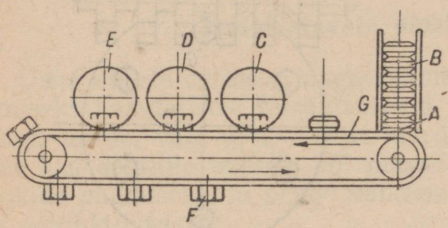
Joonisel 311 on kujutatud kolme mutri kuue tahu samaaegse freesimise viis kuue freesiga. Eelnimetatud puudused esinevad ka siin, kuigi väiksemal määral. Rakis, millel on kuue mutri kinnitamiseks kuus pesa, on asetatud horisontaal-freespingi pöördlauale.

Pärast iga freesikäiku pööratakse töölauda koos rakisega 60° võrra ja üks töödeldud tahkudega mutter võetakse laualt ära.

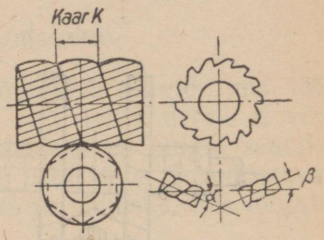
Töötlemine toimub järgmiselt. Freesid *A* ja *B* freesivad mutri *H* kahte kanti. Töölaua pööramisel 60° võrra asetub mutter *H* mutri *G* kohale ja freesid *C* ja *D* freesivad kahte järgmist tahku; selle järel pööratakse lauda uuesti 60° võrra, mutter asetub järgmisesse asendisse ja freesid *E* ja *F* freesivad kahte ülejäänud tahku. See meetod on eelmisest kahest meetodist palju produktiivsem ja teda kasutatakse peamiselt suurseerialisel tootmisel.

Massilisel tootmisel on üsna levinud meetodiks joonisel 312 kujutatud töötlemisviis, mille juures kasutatakse lõputu ketiga varustatud kolme spindliga eriautomaati. Mutter *A* tuleb magasinist *B* lõputule lindile *G*, kus ta automaatselt kinnitatakse erirakisesse ja liigub esimese freesipaari *C* juurde. Esimese kahe tahu freesimise järel freesipaariga *C* pöördub lindile kinnitatud rakis koos mutriga automaatselt 60° võrra ja liigub teise freesipaari *D* juurde, mis freesivad kahte järgmist tahku. Uuesti automaatselt 60° võrra pööratud mutter liigub pärast seda viimase freesipaari *E* juurde ja need freesivad mutri viimased tahud. Kett liigub edasi ja mutter vabastatakse punktis *F* automaatselt rakisest ning kukub alla.

Mutrite tahkude töötlemist võib teostada ka hambalõikepinkidel tüüp 532 ja 534 rullumismeetodil, kasutades selleks joonisel 313 too-



Joon. 312. Kolme spindliga automaadi skeem mutrite freesimiseks.



Joon. 313. Rullumismeetodil mutrite freesimise skeem.

dud tigufreesi. Sellise freesiga freesimine ei nõua erilisi rakiseid peale torni, millele asetatakse mitu mutrit ja surutakse nad sellel kokku. Need freesid annavad rullumise meetodi tõttu väga täpsed tahud.

Muutes freesi telje asendit (nurgad α ja β) mutreid kandva torni telje suhtes, võib ühe freesiga töödelda mitmesuguste mõõdetega mutrite tahkusid. Nii ei ole mutri mõõdete muutumisel tarvis vahetada freesi, vaid ainult muuta freesi telje asendit.

Frees seatakse üles selliselt, et kaare *K* pikkus vastaks mutri tahu mõõtele. Väiksemate mõõdetega mutrite töötlemisel seatakse frees üles selliselt, et kaare *K* projektsioon võrduks mutri tahu pikkusega.

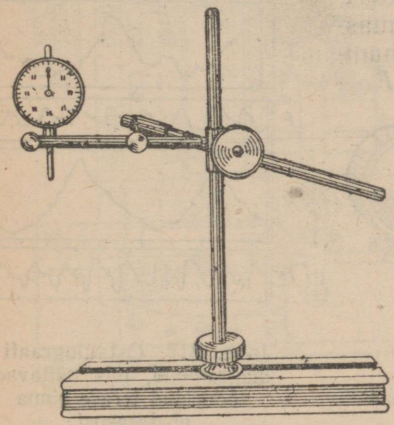
Sellisel meetodil saab freesida mitte ainult kuuekandilisi mutreid, vaid ka nelja- ja kaheksakandilisi mutreid. Igal juhul saadakse küllaldane tahkude täpsus, pinna puhtus ja suur produktiivsus. Kuna mutrite töötlemisel kasutatakse ühekäigulisi freese, siis mutritega torni ühe pöörde jooksul teeb frees nii mitu pööret, kuipalju tahkusid on töödelda. Nii näiteks kuuekandilise mutri töötlemisel teeb frees mutri ühe pöörde jooksul kuus pööret.

Selle meetodi puuduseks on hinnalt kallis lõikeriist ja kallis pink.

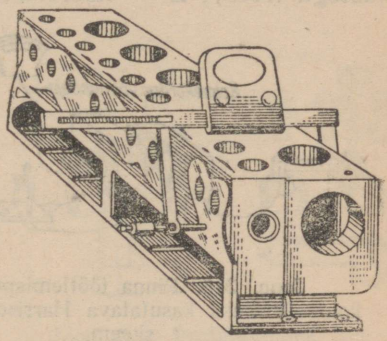
Tasapindade täpsuse ja puhtuse kontrollimise meetodid.

Tasapindu kontrollitakse puhtuse ja täpsuse suhtes mitmel viisil. Üheks põhimeetodiks on tasapinna kontrollimine värvi järgi erilise kontrollplaadi abil. Seda viisi kasutatakse pinkide juhtpindade, märkimisplaatide jne. kontrollimiseks. Sinise värviga kaetud kontrollplaat jätab kokkupuutel kontrollitava pinnaga viimasele värvitäpid. Nende täppide asetuse järgi võib otsustada, kuivõrd vastab eseme pind kontrollplaadi pinnale. Kontrollplaate valmistatakse mitmesuguse suurusega: 100×150 kuni 1000×1500 mm.

Pika pinna kontrollimiseks pikkuses kasutatakse kontrolljoon-



Joon. 314. Indikaator statiivil.



Joon. 315. Eseme laiuse mõõtmise mikromeeter.

laudu, mida valmistatakse pikkusega 500 kuni 5000 mm ja laiusega 40 kuni 150 mm.

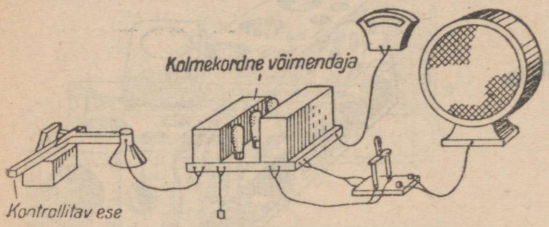
Prismaliste juhtpindade kontrollimiseks ja sobitamiseks kasutatakse kolmekandilisi kontrolljoonlaudu nurkadega 60° ja 45° ja pikkusega 250 kuni 1000 mm. Täisnurga all alusega või teise pinnaga asuva tasapinna kontrollimiseks kasutatakse nurgikuid ja nurkplaate.

Ühe tasapinna kauguse mõõtmiseks teisest tasapinnast kasutatakse nurgikule monteeritud mikromeetrit ja samade tasapindade paralleelsuse kontrollimiseks kasutatakse statiivil asuvat indikaatorit (joon. 314).

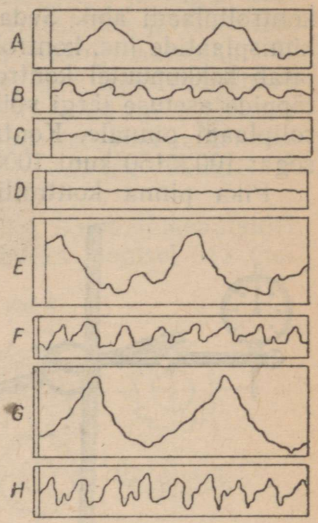
Eseme laiuse mõõtmiseks kasutatakse joonisel 315 kujutatud mikromeetrit.

Tasapindade töötlemispuhtuse kontrollimist teostatakse tavaliselt silma järgi etaloonidega võrdlemise teel. Käesoleval ajal kasutatakse

pinna puhtuse määramiseks eriaparaate. Töötlemise puhtust saab kontrollida Harrisoni eriaparaadiga (joon. 316), mis pinna kareduse määrab kindlaks pinnal libiseva safiirist nõela ja kolmekordse võimendaja abil, mis on ühendatud valjuhääldaja või millivoltampermeetriga; viimase osuti näitab pinna kareduse suurust. Ühendades selle aparaadiga ostsillograafi, võime saada ostsillogrammi, millel kareduse suurus on 200 kuni 500 korda suurendatud. Joonisel 317 on toodud diagrammid, mis näitavad pinna karedust terase töötlemisel: *A* — musthööveldamine; *B* — puhashööveldamine; *C* — freesimine (sirgete hammastega frees); *D* — freesimine (spiraalhammastega frees); *E* — koorivtreimine; *F* — siluvtreimine; *G* — kooriv otsatreimine; *H* — siluv otsatreimine. Diagrammi mõõt: *A* — 217 : 1; *B*, *C*, *D*, *F* ja *H* — 455 : 1; *E* ja *G* — 52 : 1.



Joon. 316. Pinna töötlemispuhtuse kontrolliniseks kasutatava Harrisoni aparaadi skeem.



Joon. 317. Ostsillograafi diagrammid, mis näitavad töödeldud terase pinna ebatasasusi.

XI. PROFIILPINDADE TÖÖTLEMINE.

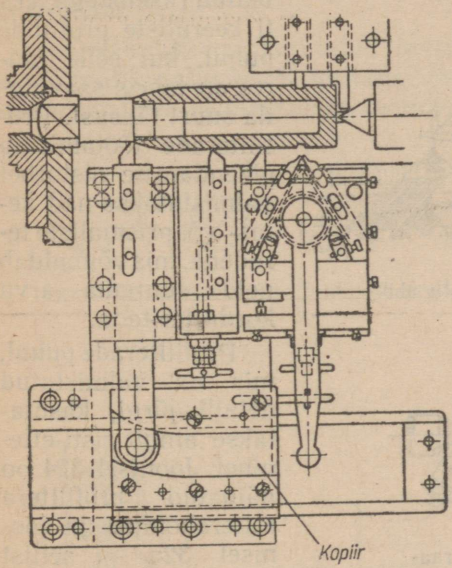
Profiilpindadeks loetakse need pinnad, mis erinevad tasapindadest ja silinderpindadest.

Profiilpindade töötlemise meetodeid võime jagada kahte liiki: 1) normaalse, tavalise treiteraga või freesiga töötlemine, kusjuures lõikeriistale antakse detaili suhtes kõverjooneline liikumine, ja 2) sellise lõikeriistaga töötlemine, millele on antud töödeldava detaili profiil. Esimesel meetodil töödeldakse kopiiride, rakiste ja pingi osadele eriliikumiste andmise teel. Teisel meetodil kasutatakse profiilset lõikeriista vastava tera, süvihõõritsa, freesi või lihvimiskäia näol.

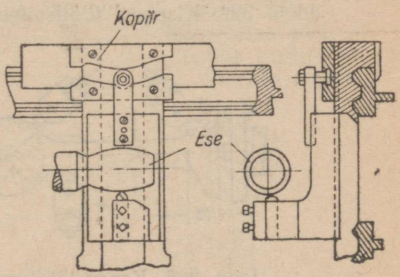
Profiilpindade töötlemine treipinkidel.

Joonistel 318 ja 319 on näidatud esemete treimine mitme teraga ja tavalisel treipingil kahepoolse kopiiri abil. See kopiir annab täpsema pinna, kui ühepoolne vedruga või rippuva raskusega varustatud kopiir (joon. 320). Viimane kopiir on hinnalt odavam.

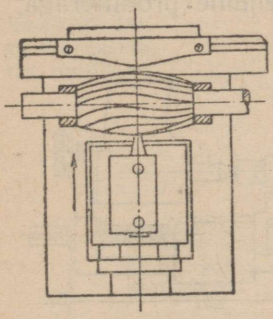
Joonisel 321 on kujutatud kolvi sfäärilise põhja treimine liikumatult treipingile kinnitatud kopiiri abil. Ettenihe teostub supordi ristliikumisega. Joonisel 322 on kujutatud klapipea trei-



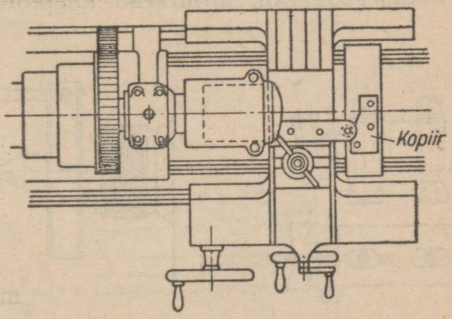
Joon. 318. Profiiltreimine mitme teraga pingil kahepoolse kopiiri abil.



Joon. 319. Profiiltreimine treipingil kahepoolse kopiiri abil.



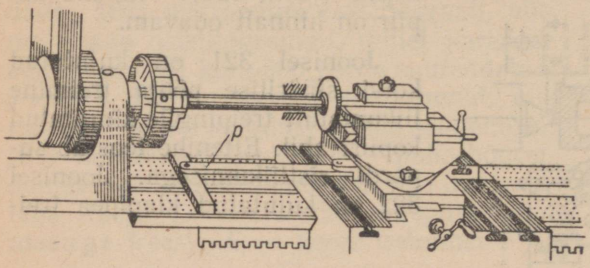
Joon. 320. Profiilfreesi treimine treipingil ühepoolse kopiiri abil.



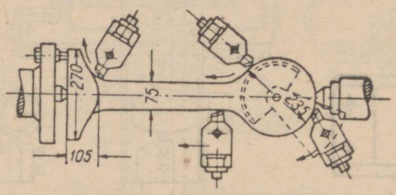
Joon. 321. Kolvi sfäärilise põhja treimine treipingil kopiiri abil.

mine liistu p abil. Joonisel 323 on näidatud kepsu profiilpindade töötlemine raadiusel pöörleva supordi abil.

Teise meetodi järgi töödeldakse profiilpindu profiilsete lõikeriistade abil. Lihtsamateks sellisteks lõikeriistadeks on mitmesuguse profiiliga treiterad — keermeterad jt. Profiilterade valmistamine on seotud teatud raskustega, eriti keeruliste profiilide puhul, kui selle juures on tarvis saavutada suurt täpsust. Profiilterade töötamisaja pikendamise otstarbel valmistatakse nad ketas- või prismaliste teradena, mis võimaldab neid suurema arvu kordi teritada.



Joon. 322. Klapipea töötlemine liistu abil.

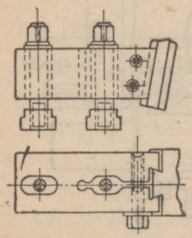


Joon. 323. Kepsu töötlemine raadiusel pöörleva supordi abil.

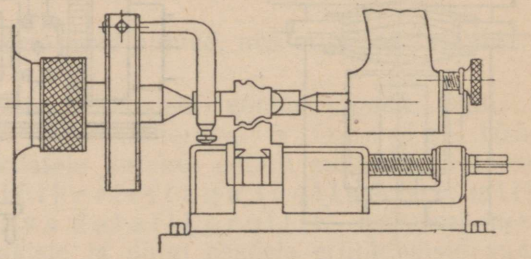
Profiilterade puhul, mis on valmistatud detaili järgi, kasutatakse ainult risti-ettenihet. Joonisel 324 on näidatud profiiltera eriterahoidjas ja joonisel 325 — sellist tüüpi teraga profiilpinna töötlemine.

Joonisel 326 on toodud mitmesuguseid profiilteri, mida kasutatakse ainult risti-ettenihkega.

Joonisel 327 on kujutatud käepideme treimine profiilteraga, mis



Joon. 324. Sirge profiiltera terahoidjas



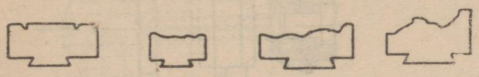
Joon. 325. Pinna töötlemine profiilteraga risti-ettenihke kasutamisel.

töötab risti-ettenihkega. Selliseks töötlemiseks on vajalik võimas pink ja jäik eeltoode.

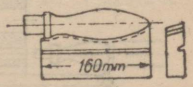
Joonisel 328 on näidatud profiilterade kasutamine rihmaratta töötlemisel.

Joonistel 329, 330 ja 331 on toodud rida profiilteradega töötlemise juhte.

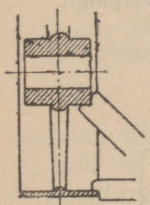
Joonisel 332 on kujutatud kettalise profiilitera kasutamine, mida on võimalik palju kordi teritada. Selliseid teri kasutatakse laialdaselt suurseerialises ja massilises tootmises.



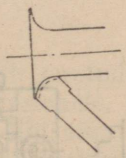
Joon. 326. Mitmesuguse profiiliga profiilterad.



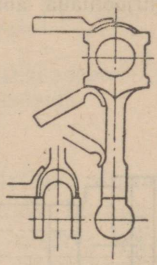
Joon. 327. Käepideme töötlemine profiilteraga.



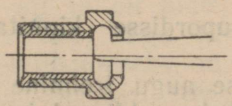
Joon. 328. Rihmaratta ümaruste treimiseks kasutatav profiiltera.



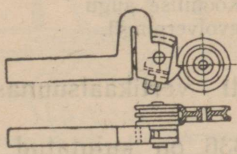
Joon. 329. Ümaruste treimise tera.



Joon. 330. Sepistatud profiilterad kepsu töötlemiseks.



Joon. 331. Sepistatud profiiltera tihendi soone treimiseks.

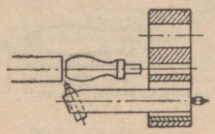


Joon. 332. Kettalise profiilteraga töötlemine.

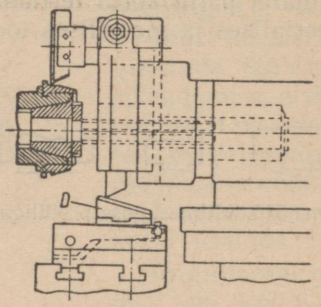
Profiilpindade töötlemine revolverpinkidel.

Joonisel 333 on toodud käepide, mille profiilpinda töödeldakse erilise profiilse kopiirjoonlaua abil. Joonisel 334 on näidatud koonuse pinna töötlemine horisontaalse revolverpeaga varustatud pingil. Töötlemine toimub erisupordi abil, mis liigub ristsupordisse asetatud kopiiri *D* toimel.

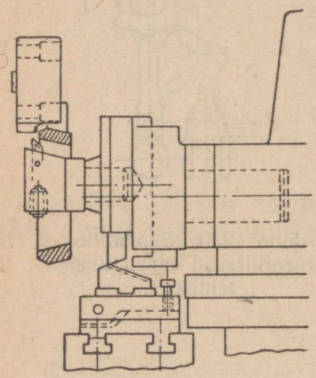
Joonisel 335 on näidatud koonusaugu treimine supordi abil, mis



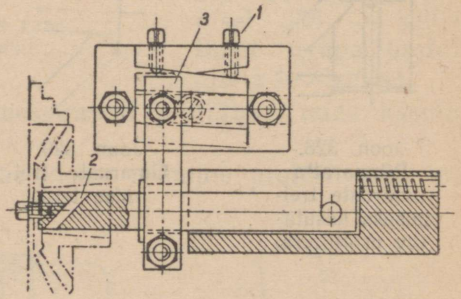
Joon. 333. Profiilpinna töötlemine revolverpingil kopiirjoonlaua abil.



Joon. 334. Koonilise pinna töötlemine revolverpingil.



Joon. 335. Koonilise augu treimine revolverpingil.



Joon. 336. Koonilise augu treimine joonlaua ja kiikuva terahoidja abil.

liigub samuti vertikaalsuunas ristsupordisse kinnitatud kopiiri toimel.

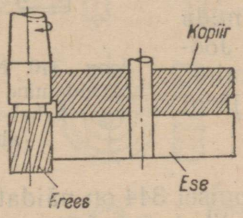
Joonisel 336 on kujutatud koonilise augu treimine hammasrattasse joonlaua abil, mis on kinnitatud kahe poldiga 1 ja mille nuudis liigub liistu 3 ühele otsale kinnitatud rull, kuna liistu teine ots annab kiikuva liikumise tera 2 kandvale terahoidjale.

Profiilpindade töötlemine freespinkidel.

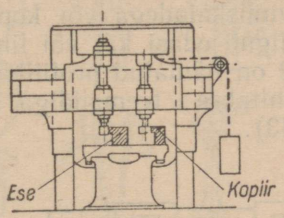
Profiilpindade freesimine võib toimuda freespingil kopiiri ja erirakiste abil. Töötlemine teostub kahe ettenihke-liikumise abil, millest üks saadakse automaatselt pingi ajamilt ja teine kopiirilt. Vastu viimast surutakse kogu töötlemise ajal rullike (või teda asendav detail), mis on jäigalt ühendatud pingi selle osaga, millele antakse ettenihe.

Võib töötada ka ilma automaatse ettenihketa, asendades selle käsitsi-ettenihkega.

Kopiiri järgi freesimisel on põhiliikumiseks töölaua piki-ettenihe või töölaua pöörlemine. Viimane meetod on kujutatud joonisel 337;



Joon. 337. Otsese kopeerimise viis.

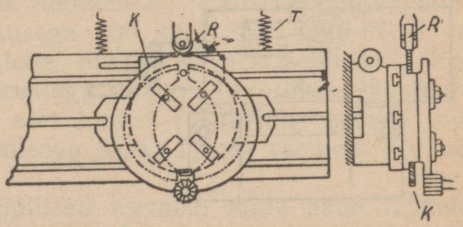


Joon. 338. Piki-kopeerimise freespink.

siin asendab frees rullikest, puutudes oma silindrilise pinnaga vastu kopiiri, mis on asetatud esemele, ja pöörleb koos lauaga. See on kopiiri kasutamise kõige lihtsam juhus — nn. otsene kopeerimine. Kopiir on ühtlasi ka kinnitusvahendiks; teda on käepärane kasutada sel juhul, kui töödeldaval esemel on auk. Augu puudumisel töödeldakse üks pool ja selle järel teine pool.

Joonisel 338 on kujutatud piki-kopeerimise freespink. Rull, mis toetub kopiirile, on kinnitatud erilisse spindlisse. Trossi otsas olev raskus surub rulli vastu kopiiri. Ettenihe toimub töölaua abil.

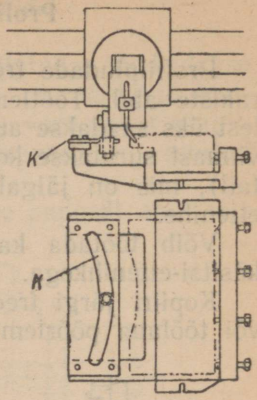
Joonisel 339 on kujutatud freesimine pöörleva lauaga vertikaal-freespingil. Kopiir *K* asub eseme all ja on pidevas kokkupuutes rulliga *R*. Ettenihke põhiliikumiseks on töölaua pöörlemine. Risti-ettenihe teostub kopiiri ja rulliga. Vedrud *T* asendavad raskust.



Joon. 339. Kopiiri järgi freesimine vertikaal-freespingil.

Profiilpindade töötlemine höövelpinkidel.

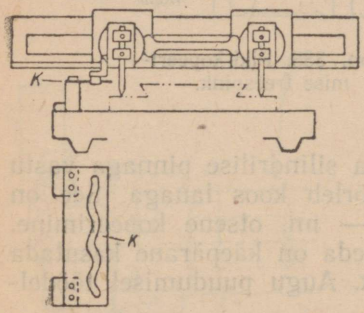
Kõverpindade töötlemist võib teostada ka höövelpinkidel. Joonisel 340 on näidatud nõgusa pinna töötlemine piki-höövelpingil kahekordse kopiiri *K* abil. Joonisel 341 on näidatud juhtpindade õlisoonte hööveldamine piki-höövelpingil kopiiri *K* abil.



Joon. 340. Nõguspinna hööveldamine piki-höövelpingil kahekordse kopiiri abil.

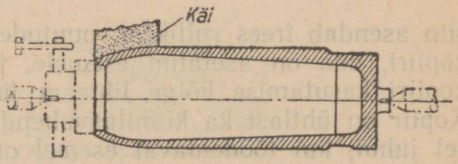
Profiilpindade töötlemine lihvimispinkidel.

Profiilpindade lihvimist teostatakse profiilsete lihvimiskäiadega või kopiiri abil, mida mööda liigub edasi käi või lihvitav ese. Joonisel 342 on näidatud profiilkäiaga lihvimine. Käia rihitakse teemandiga kopiiri järgi (joon. 343).

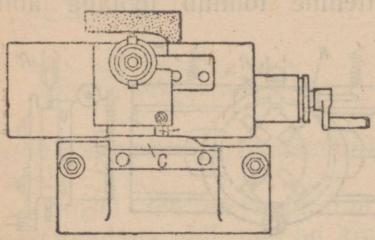


Joon. 341. Õlisoonte hööveldamine piki-höövelpingil.

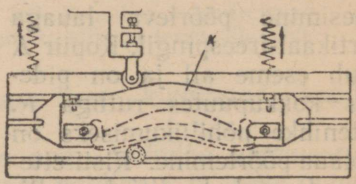
Joonisel 344 on näidatud nõguspinna lihvimine käiaga kopiiri *K* abil, mis annab esemele risti-ettenihke samal ajal, kui piki-ettenihet teostab töölaud.



Joon. 342. Profiilpinna lihvimine profiilkäiaga.



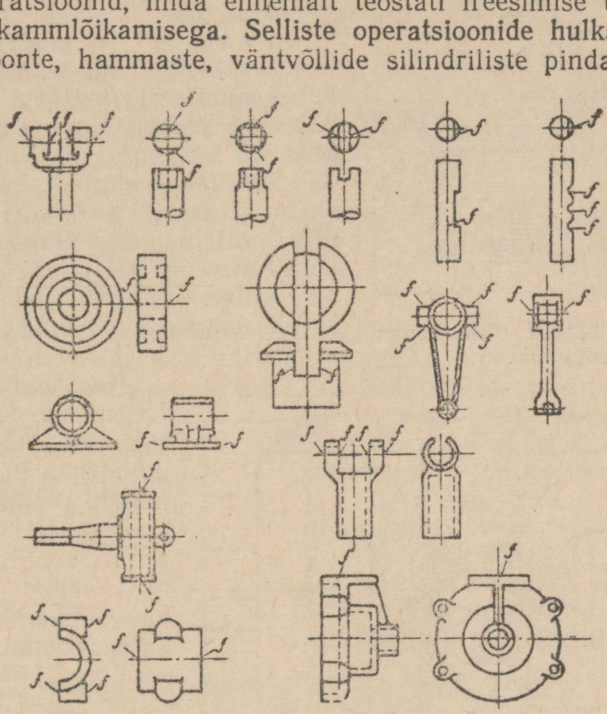
Joon. 343. Lihvimiskäia teemandiga rihtimine kopiiri järgi.



Joon. 344. Nõguspinna lihvimine kopiiri järgi.

Profiilpindade töötlemine kammlõikepinkidel.

Viimasel ajal leiab välispindade kammlõikamine järjest suuremat kasutamist suurseerialisel ja massilisel tootmisel oma suure produktiivsuse ja odavuse tõttu. See meetod on majanduslikult kasulik, vaatamata seadmestiku ja lõikeriistade kõrgele maksumusele. Paljud operatsioonid, mida ennemalt teostati freesimise teel, toimuvad nüüd kammlõikamisega. Selliste operatsioonide hulka kuuluvad nuutide, soonte, hammaste, väntvõllide silindriliste pindade, mooto-



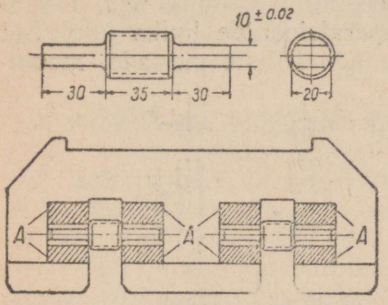
Joon. 345. Kammlõikamise teel töödeldavad tüübilised esemed; *f* — lõikekammiga töödeldud pinnad.

rite plokkide ja teiste detailide töötlemine. Välise kammlõikamise lõikekammid valmistatakse pikkusega 200 kuni 2000 mm. Neid valmistatakse peamiselt koosnevatena üksikutest sektsioonidest. Enamik lõikekamme töötab lõikekiirustega 5 kuni 12 m/min., kusjuures produktiivsus on 15 kuni 2000 eset tunnis (olenevalt esemete mõõdetest). Lõikekammi ühe teritamisega töödeldavate esemete arv kõigub 2000 — 3000 tüki ümber.

Joonisel 345 on toodud tüüpilised esemed, mida saab töödelda välise kammlõikamise meetodil (töödeldavad pinnad on tähistatud tähega *f*).

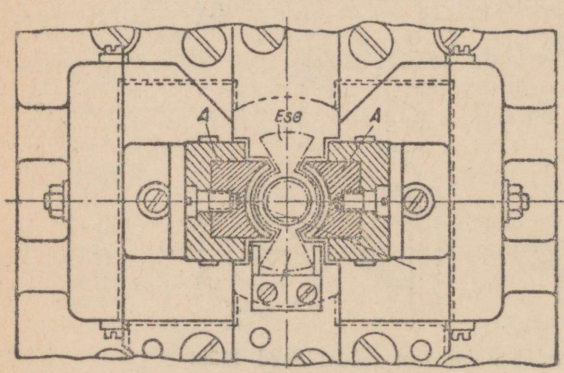
Välise kammlõikamise kasutamise tüüpilise näitena on näidatud joonisel 346 võlliku otstele tasapinnaliste väljalõigete tegemine; samaaegselt töödeldakse kahte võllikut. Iga võllikut töödeldakse nelja lõikekammiga *A*. Produktiivsus on 300 detaili tunnis.

Joonisel 347 on kujutatud tiivikvõlli ringkontuuri töötlemine kahe lõikekammiga *A* vertikaalsel pingil.



Joon. 346. Võlliku otste kammlõikamine.

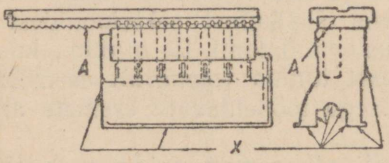
Joonisel 348 on toodud automootori ploki ülemise pinna töötlemine lõikekammi abil. Analoogiliselt töödeldakse ka ploki pinnad laagrite jaoks. Joonisel 348 on *A* — lõikekamm, *X* — töödeldavad pinnad. Antud operatsioon teostatakse liikuva lõikekammiga horisontaalsel pingil. Pingi produktiivsus on 100 — 120 tükki tunnis, millist produktiivsust loomulikult ei ole võimalik saavutada freesimisega.



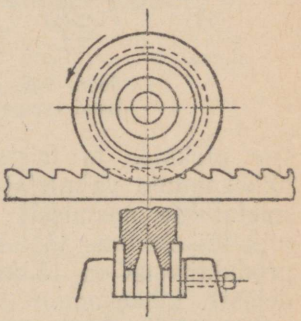
Joon. 347. Tiivikvõlli ringkontuuri kammlõikamine.

Kooskõlastades lõikekammi ja eseme liikumisi võib töödelda ka silindrilisi ja mõne teise kujuga pindu.

Joonisel 349 on kujutatud ventilaatori malmist rihmaratta põia kammlõikamine, kus kammlõikamisega on



Joon. 348. Mootoriploki kammlõikamise skeem.

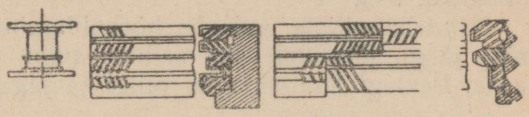


Joon. 349. Ventilaatori rihmaratta põia töötlemine kammlõikamise teel.

asendatud profiiltreimine. Ratta pöördumine ühe pöörde võrra toimub lõikekammi edasi liikumisel ühe hamba võrra.

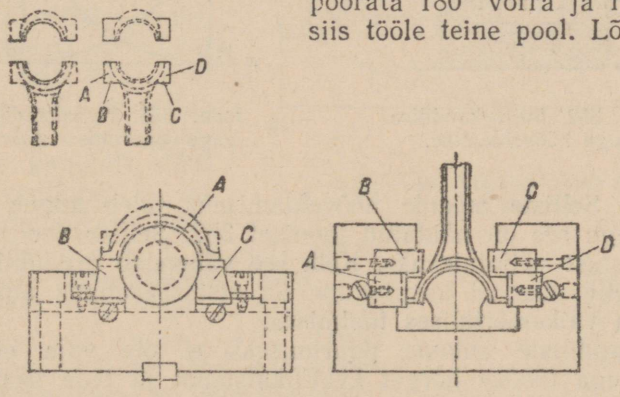
Käesoleval ajal kasutatakse kammlõikamist ka väntvõllide kaelte töötlemiseks.

Väntvõll pöörleb (40 pööret minutis) ja lõikekammid liiguvad vertikaalsuunas kiirusega 6 m/min. Lõikekammi pikkus on 1200 mm; lõikekamm koosneb 10 sektsioonist (joon. 350), millede abil teostubki töötlemine ja antakse kaeltele vastav kontuur. Pingil on kolm elektrimootorit: üks neist võimsusega 10 HJ teostab lõikekammi liikumist, teine — 20 HJ pöörab väntvõlli ja kolmas — 2,5 HJ on pingi hüdrauliliste seadmete käitamiseks.



Joon. 350. Väntvõlli kaelte kammlõikamise skeem.

Joonisel 351 on toodud automootori kepsu pea ja kaane kammlõikamise skeem. Kaane silindrilise pinna kammlõikamine teostub ümmarguse lõikekammiga *A*, mida saab ühe poole nürinemise järel pöörata 180° võrra ja rakendada siis tööle teine pool. Lõikekammid



Joon. 351. Automootori kepsu pea ja kaane kammlõikamise skeem.

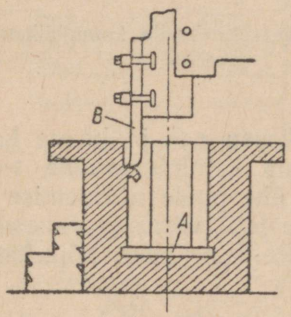
B ja *C* töötlevad kaane kokkupaneku-tasapindu. Kepsu pead töötlevad neli lõikekammi *A*, *B*, *C* ja *D*. Lõikekammide valmistamise hinna vähendamiseks valmistatakse neid pikkuse järgi kolmest sektsioonist — koorimissektsioonist, poolpuhta töötlemise sektsioonist ja kalibreerimissektsioonist. Kulumise korral kalibreerimissektsioon teritatakse ja asetatakse poolpuhta töötlemise sektsiooni kohale ja viimane koorimissektsiooni kohale.

Mitmekandiliste aukude töötlemine.

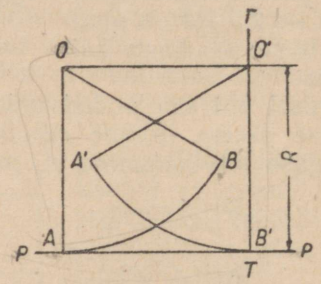
Käesoleval ajal esineb pinkides ja teistes masinates järjest rohkem detaile, milledel on mitmekandilised augud — kolme-, nelja-, viie- ja kuuekandilised, kusjuures need augud võivad olla kas läbiulatuvad või umbsed.

Umbaukude töötlemine toimub püst-hööveldamise ja puurimise teel, läbiulatuvate aukude töötlemine aga peale selle veel kammlõikamise teel.

Mitmekandiliste aukude hööveldamine toimub harilikult märkimise järgi, järelikult on sellise augu täpsuse saavutamine väga raske. Pealegi suurendavad pingi ja jagamisseade ebatäpsused augu



Joon. 352. Mitmekandilise augu hööveldamine.



Joon. 353. Neljakandilise augu puurimise skeem.

ebatäpsust. Selliste aukude hööveldamiseks tuleb augus ette näha soon *A*, nagu see on näidatud joonisel 352. Selline soon on vajalik tera *B* laastust väljatulekuks. Kõik see vähendab produktiivsust niivõrd, et selle meetodi kasutamine on otstarbekohane ainult individuaalses ja väikeseerialises tootmises.

Mitmekandiliste aukude puurimiseks ei ole vaja ei keerulisi lõikeriistu ega töölise kõrget kvalifikatsiooni ja teda saab teostada mitmesugustel pinkidel: treipinkidel, vertikaal-puurpinkidel, sisetreimise pinkidel ja freespinkidel.

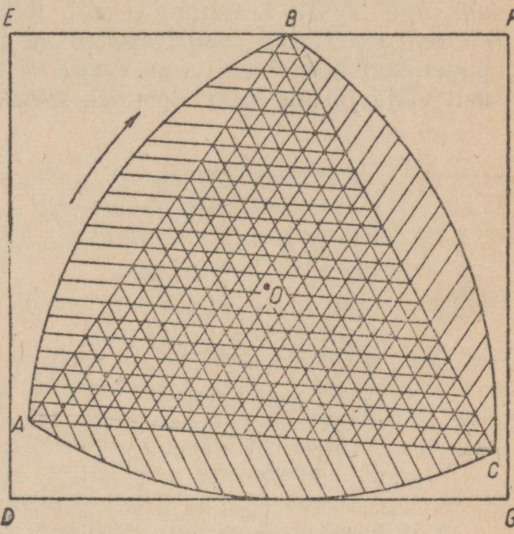
See meetod on kammlõikamisest väiksema produktiivsusega, hööveldamisest aga on ta palju produktiivsem. Teda saab kasutada nii läbiulatuvate kui ka umbaukude töötlemiseks, kusjuures umbaukude juures ei ole vaja joonisel 352 *A*-ga tähistatud soone treimist.

Mitmekandiliste aukude puurimine baseerub järgmisel põhimõttel. Kui sektor *OAB* raadiusega *OA* (joon. 353) panna veerema tasapinnal *PP*, siis selle sektori tipp *O* joonestab sirge *OO'* sektori

liikumisel asendist *AOB* asendisse *A'O'B'*. Samuti veeretades sektorit raadiusega *AB'* tasapinnal *TT*, mis on risti tasapinnaga *PP*, joonestab sektori tipp *A* sirge *OA*, mis on risti sirgega *OO'*.

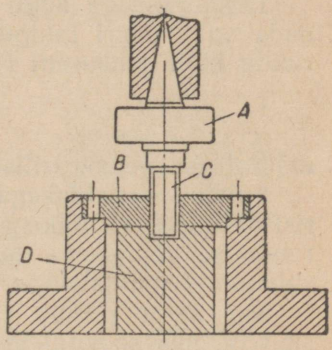
Analoogiliselt saab joonestada ka sirgeid *O'B'* ja *AB'*, s. t. sektori järk-järgulise veeretamisega saab joonestada korrapärast nelinurka *AOO'B*.

Sellist sektori järk-järgulist veeremist saab asendada kolmest sektorist koostatud keha *ABC* (joon. 354) veeremisega jäigas ruudus *DEFG*.



Joon. 354. Neljakandilise augu moodustumine.

Tõepoolest, pööreldes kellaosuti suunas selle keha punkt *B* joonestab kaare *AC* veeremisel tasapinnal *DG* sirge *EF*. Edasi algab kaare *BC* veeremine tasapinnal *FG* ja punkt *A* joonestab sirge *DE;* selle järel kaar *AB* algab veeremist tasapinnal *EF* ja punkt *C* joonestab sirge *DG*. Lõpuks hakkab veerema jälle kaar *AC*, nüüd aga tasapinnal *DE* ja punkt *B* joonestab sirge *FG*. Kui nüüd kujutada enesele kujundit *ABC* kui puuri ristlõiget ja varustada seda lõikeservadega punktides *A, B* ja *C* ja anda sellele puurile peale pöördliikumise oma telje *O* ümber rida telje ümberpaigutusliigutusi analoogiliselt kujundi *ABC* tsentri *O* liikumisega joonisel 354, siis nende liikumiste tulemusena on võimalik puurida nurgelist auku, antud juhul ruudulise ristlõikega. Puurimine toimub joonisel 355 toodud skeemi järgi.

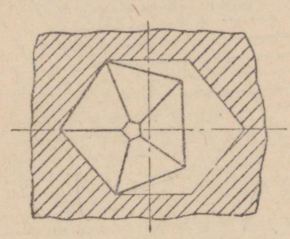


Joon. 355. Mitmekandilise augu puurimise skeem.

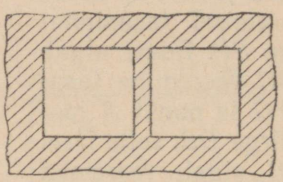
Nurgelise augu puur *C*, mille ristlõige on sarnane joonisel 354 tooduga, lõikeservadega otsal ja laastu ärajuhtimise soontega, on kinnitatud sellisesse padrunisse *A*, mis võimaldab puuril liikuda ka oma teljega risti. Puuri juhib konduk-

torpuks *B*, kusjuures puksis olev auk on kas täpselt ühesugune puuritava auguga või sellest veidi suurem. See puks annab automaatselt puurile vajaliku liikumise risti telge. Lõikeservade arv peab puuril olema ühe võrra väiksem töödeldava augu kantide arvust.

Nii on kuuekandilise augu puurimiseks kasutatav puur viiekandiline (joon. 356). Neljakandiliste aukude puurimisel konduktori järgi, milles augu konfiguratsioon on puuritava augu konfiguratsiooniga täpselt ühesugune, peab lõikeservale vastasasuv puuri tahk olema joonestatud raadiusega $R = a$, kus a on ruudu külg. Sellise puuri konstruktsiooni juures aga ei võta ta augu nurki teravnurkselt välja ja ühe tahu üleminek teisele toimub teatud kõverusega.



Joon. 356. Viiekandiline puur kuuekandilise augu puurimiseks.



Joon. 357. Ristkülikulise ristlõikega augu puurimine.

Kui konstrueerida puur selliselt, et ta puhastaks välja ka täisnurgad ruudulise ristlõikega augus, siis töödeldud augu kant tuleks veidi kumer, kusjuures suurim kumerus oleks 0,07 a, kus a on ruudu külg.

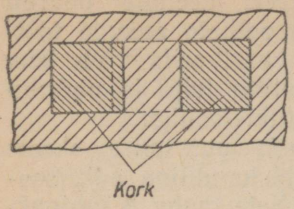
Täisnurkadega augu puurimine lihtsustub tunduvalt, kui suurendada auku puuri juhtpuksis (joon. 355), võrreldes auguga detailis, ruudu külje pikkuseni b, kusjuures

$$b = 2{,}414\ a$$

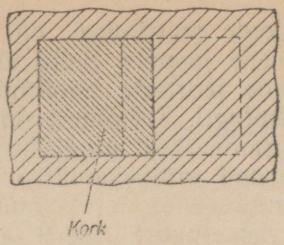
määratakse geomeetriliselt.

Ruudulise ristlõikega aukude puurimise võimalus võimaldab ka ristkülikulise ristlõikega auke. Selleks puuritakse kaks iseseisvat ruudulise ristlõikega auku (joon. 357), mille järel nende vaheline vahesein eemaldatakse.

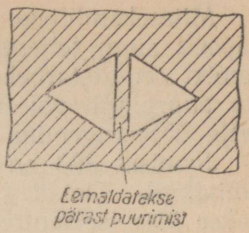
Kui augu pikkus on tema kahekordsest laiusest märgatavalt suurem, siis soovitatakse kahe ruudulise ristlõikega augu puurimise järel (joon. 358) lüüa nendesse korgid ja puurida auk vaheseina, mille järel tuleb korgid kõrvaldada. Kui ristkülikulise augu pikkus



Joon. 358. Ristkülikulise augu puurimine, kui selle pikkus on suurem kui kahekordne laius.



Joon. 359. Ristkülikulise augu puurimine.



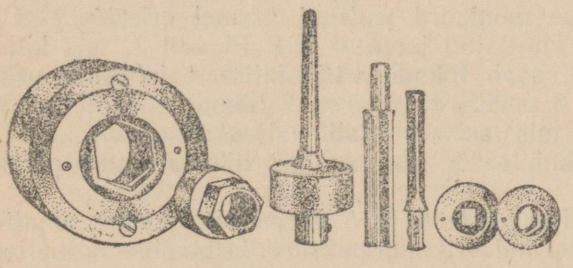
Joon. 360. Rombilise augu puurimine.

on tema kahekordsest laiusest märgatavalt väiksem, siis puuritakse üks ruudulise ristlõikega auk, lüüakse sellesse kork ja selle järel puuritakse teine auk (joon. 359). Rombilise augu puurimine on näidatud joonisel 360.

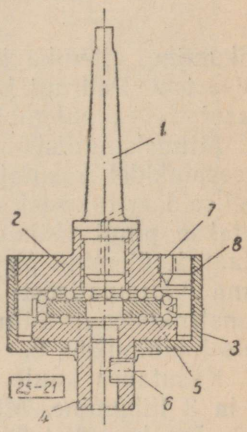
Joonisel 361 on kujutatud rakised ja puurid nelja- ja kuuekandiliste aukude puurimiseks.

Kandiliste aukude puurimise padrun on kujutatud joonisel 362. Tema ehitus on järgmine. Morse koonusega saba 1 keeratakse kettasse 2, mis omakorda keeratakse kaussi 3. Kausis 3 asetseb puks 4, milles on puuri jaoks auk, ja ketas 5, mis on varustatud nelja soonega, kahekaupa kummalgi küljel ristisuundades. Sooned on kuulikeste jaoks, mis kindlustavad ketta 5 ja puksi 4 liikumise vabadust ketta 2 suhtes. Puur kinnitatakse puksi 4 kruvi 6 abil. Kruvi 7 ja kork 8 takistavad ketta 2 pöörlemist kausis 3.

Padruni valmistamisel on oluline tema telje ristseis kuulikeste soontega.



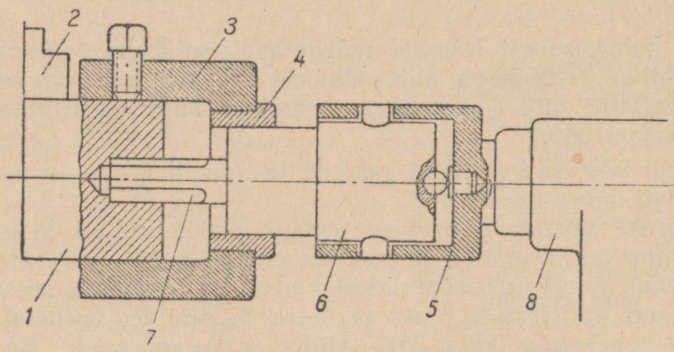
Joon. 361. Rakised ja puurid nelja- ja kuuekandiliste aukude puurimiseks.



Joon. 362. Puurpadrun mitmekandiliste aukude puurimiseks.

Mitmekandiliste aukude puurimisel on tarvis asetada padrun täpselt augu teljega ühele joonele. Selle tõttu selliste aukude töötlemist on otstarbekohane teostada treipingil, kuigi seda võib teha ka puurpingil või freespingil. Treipingil on detaili telje ja padruni telje ühtelangemine garanteeritud pingi konstruktsiooniga.

Joonisel 363 on toodud mitmekandilise augu puurimise skeem treipingil. Detail 1, millesse on tarvis puurida kandiline auk, seatakse üles isetsentreerivasse padrunisse 2 ja sellele muhv 3 juhtpuksiga 4. Kiikuva torniga 6 padrun 5, millesse on kinnitatud puur, seatakse üles tagumise tsenterpuki 8 keresse. Detailile antakse pöörlev

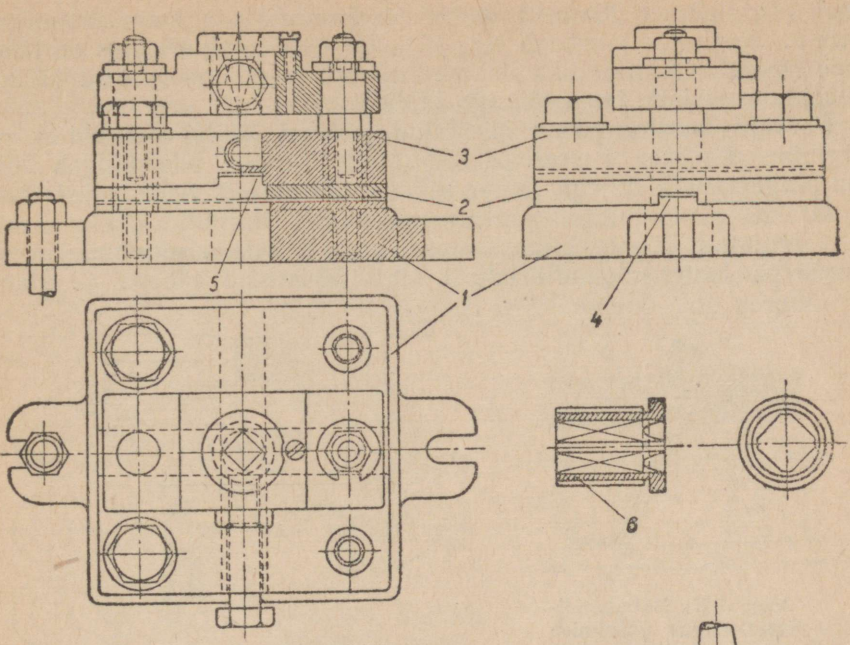


Joon. 363. Puuri ülesseadmise skeem mitmekandiliste aukude puurimisel treipingil.

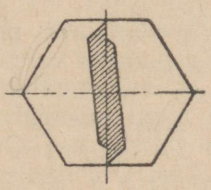
liikumine, ettenihe teostub käsitsi tagumise tsenterpuki edasinihutamise teel. Padruni kinnitamisel supordile asetatud terahoidjasse võib kasutada ka automaatset ettenihet.

Mitmekandiliste aukude töötlemisel vertikaalpuurpinkidel ja freespinkidel kasutatakse mõnikord padruni asemel erirakist. Üks selliseid erirakiseid on kujutatud joonisel 364. Plaadil 1, mis kinnitatakse pingi töölauale, saab liikuda väljaulatise 4 juhituna vaheplaat 2, ülemine plaat 3 omakorda aga saab liikuda plaadil 2 juhituna väljaulatisest 5, mis asetseb risti väljaulatisega 4. Sellise konstruktsiooni tõttu saab rakis igas suunas liikuda puuri pöörlemisel juhtpuksis 6.

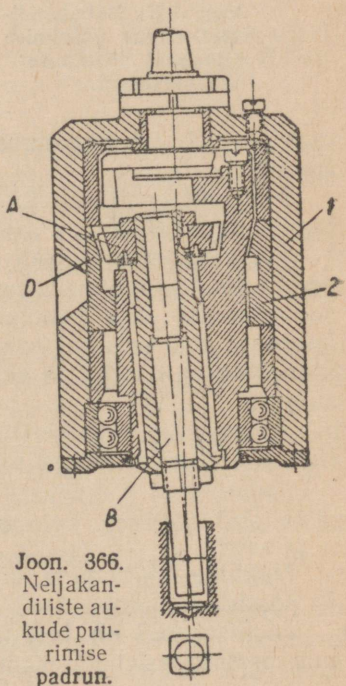
Kasutades kuule väljaulatiste 4 ja 5 asemel kergendub plaatide 2 ja 3 liikumine. Mitmekandiliste juhtpukside kasutamise tõttu langeb ära keeruliste puuride vajadus ja nende asemel võib näiteks kuuekandiliste aukude puhul kasutada kahe poolega puuri (lamepuuri), mida kasutatakse ka kolmekandiliste aukude juures (joon. 365).



Joon. 364. Erirakis mitmekandiliste aukude **puurimiseks vertikaal-puurpinkidel** ja vertikaal-freespinkidel.



Joon. 365. Lame-puur kuuekandilise augu puurimiseks.

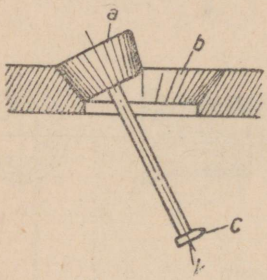


Joon. 366. Neljakandiliste aukude puurimise **padrun.**

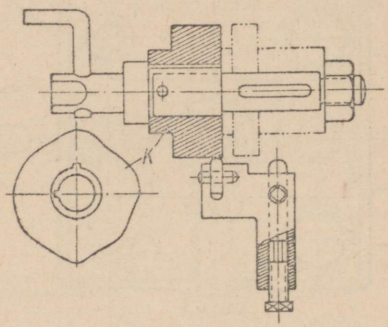
Üsna väärtuslikuks täienduseks neljakandiliste aukude puurimisel on hiljuti konstrueeritud eripadrun ainult neljakandiliste aukude puurimiseks (joon 366). Tema töötamise põhimõte seisab selles, et teatud juhtudel tsükloidkõverad võivad võtta suletud kuju, mis on lähedane ruudule. Selle põhimõtte praktiliseks teostamiseks konstrueeriti joonisel 367 kujutatud seadeldis. Tera *c* kinnitatakse koonushammasratta *a* võllile punktis *k*. See hammasratas

omab planetaarset liikumist ümber sisehammastega koonushammasratta *b*. Seejuures joonistab tera neljakandilise kontuuri, mis on lähedane ruudule. Sellise liikumise skeemi juures on mehhanism küllalt kompaktne ja jäik, tema töö aga küllalt täpne.

Padruni konstruktsioon on antud joonisel 366. Tema ehitus on järgmine. Korpuse 1 sees pöörleb puks 2, mille telg langeb ühte puurpingi spindli teljega ja on sellega ühendatud. Selle puksi sisse on 30° 20' all kinnitatud padruni tööspindel *B*, mille ühele otsale on kinnitatud koonushammasratas *A* ja teisele sisetreimise tera; lõikeserva kaugus spindli teljest olgu tähistatud tähega *C*. Ham-



Joon. 367. Neljakandilise augu puurimise padruni töötamise skeem.



Joon. 368. Nuki treimine kopiiri abil.

masratas A on hambumises koonilise sisehammastega hammasrattaga *D*.

Padrunil on ainult kaks pöörlevat detaili: puks 2 ja hammasrattaga spindel *B*. Selles seisab selle padruni esimene paremus.

Teine paremus seisab selles, et on võimalik laiades piirides varieerida töödeldava neljakandilise augu mõõteid ja tahkude kuju, mis saavutatakse tera vahetamisega ja suuruse *C* muutmisega, samuti ka suhte *K*/*C* muutmisega, kus *K* on tera tipu poolt tööspindli ümber joonestatava ringjoone ekstsentrilisus pingi spindli või puksi 2 telje suhtes.

Suuruse *K* reguleerimine toimub mutri reguleerimise teel, mis lükkab tööspindli välja või tõmbab ta sisse.

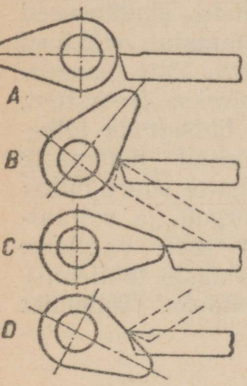
Nukkide töötlemine.

Nukkide töötlemine võib toimuda treimise, freesimise, lihvimise ja püsthööveldamise teel.

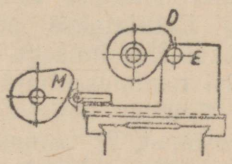
Joonisel 368 on toodud nuki töötlemine treipingil kopiiri *K* abil, mis asetseb esemega samal tornil. Supordile on kinnitatud tera ja

rull, mis toetub kopiirile ja teostab risti-ettenihet, samal ajal kui piki-ettenihe toimub automaatselt.

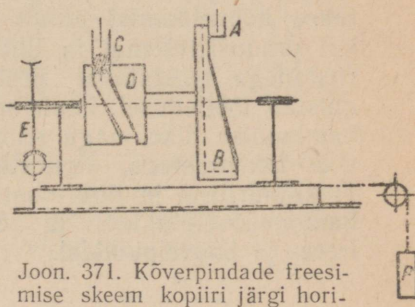
Treipingil nuki treimist pöörleva kopiiri abil on võimalik teostada ainult siis, kui nuki suurima ja väikseima raadiuse vahel on väike vahe. Vastasel korral on tarvilik eriline kiikuv suport, mille abil on võimalik kasutada normaalsete lõikenurkadega tera, nagu see nähtub jooniselt 369. Nuki asendite puhul, mis on märgitud *B* ja *D*, on tera õiged asendid toodud punktiirjoontega. Nuki asendi juures *D* ei saa normaalselt asetsev tera (joonisel pideva joonega) üldse laastu võtta. Supordi kiikumapanekuks kasutatakse lisakopiiri, mis muudab tera asendit.



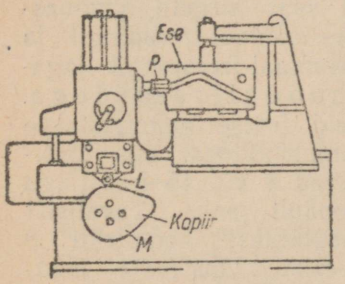
Joon. 369. Nuki töötlemine treipingil.



Joon. 370. Nukkide töötlemise skeem universaalsel kopeerpingil.



Joon. 371. Kõverpindade freesimise skeem kopiiri järgi horisontaalfreespingil.



Joon. 372. Automaatpink nukkide freesimiseks.

Selliselt teostatakse automootori jaotusvõlli kõikide nukkide samaaegset töötlemist erilistel mitme teraga pinkidel.

Joonisel 370 on toodud nukkide töötlemise skeem universaalsel kopeerpingil: *E* — frees, *D* — töödeldav detail, *M* — kopiir.

Kõverpindade freesimise skeem kopiiri järgi vertikaal- või horisontaal-freespingil on toodud joonisel 371: *A* — rull, *B* — kopiir, *C* — frees, *D* — töödeldav detail, *E* — tiguülekanne, *P* — raskus, mis garanteerib tiheda kontakti *A* ja *B* vahel.

Suure arvu mitmesuguse konfiguratsiooniga nukkide töötlemisel on otstarbekohane kasutada erilisi automaatpinke (joon. 372): *M* — kopiir, *L* — rull, *P* — frees.

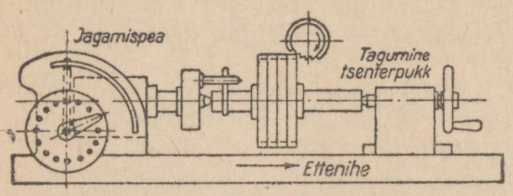
Nukkide lihvimist teostatakse kas freespingil sõrmkäiaga või kopiiril kiikuvate tsenterpukkidega lihvimispingil. Sellisel meetodil lihvitakse paljunukilisi jaotusvõlle, kusjuures nukid lihvitakse ükshaaval.

XII. HAMMASRATASTE HAMMASTE LÕIKAMISE, VIIMISTLEMISE JA KONTROLLIMISE MEETODID.

Hammasrataste hambumise suure täpsuse ja sujuvuse nõuded ja pinkide produktiivsuse tõstmise püüe põhjustasid hambalõike eripinkide loomise. Käesoleval ajal on rakendatud terve rida hambalõikepinkide tüüpe. Levinumateks on sellised pingid, mis moodustavad hamba profiili freesimise või hööveldamise teel katkematus rullumise protsessis. Hööveldamise teel saadakse õigem profiil kui freesimise teel, sest hööveldamisel mõjutavad lõikeriista ebatäpsused hamba profiili vähe, seejuures aga töötlemisel paratamatult tekkivad löögid kahjustavad nii pinki kui ka lõikeriista. Selle tõttu kasutatakse hööveldamist ainult hammaste puhastöötlemiseks; freesimist, kui produktiivsemat ja lihtsamatel pinkidel ning lihtsamate lõikeriistadega teostatavat protsessi kasutatakse peamiselt hammaste mustalt töötlemisel. Peale selle saab freesimisega lõigata suure hulga hambumise liike, nagu silindrilisi hammasrattaid sirgete ja spiraalsete hammastega, tigurattaid, tigusid, ketirattaid jne. Vaatleme 1) silindriliste ja tiguratast freesimist, 2) hammasrataste töötlemist hambahöövelpinkidel ja 3) kooniliste hammasrataste töötlemist frees- ja höövelpinkidel.

Hammaste freesimine ketas-moodulfreesidega.

Eri-hambalõikepinkide puudumise korral saab sirgete hammastega silindrilisi hammasrattaid töödelda horisontaal-freespingil ja spiraalhammastega hammasrattaid — universaal-freespingil jagamispea kaasabil (joon. 373) k e t a s - m o o d u l f r e e s i d e g a. Neid freese valmistatakse komplektidena, mis sisaldavad 8 või 15 freesi iga mooduli jaoks. Tavaliselt kasutatakse komplekti 8 freesist, täpsemate hammasrataste freesimiseks aga on vajalik 15 freesist koosnev komplekt. Selline arv freese igas komplektis on vajalik selle tõttu, et mitmesuguse hammaste arvuga hammasrataste hambavahede mõõted on erinevad. Iga komplektis olev frees on määratud ainult teatud hammaste arvu intervalli jaoks (tabelid 55 ja 56), tema profiil aga vastab antud intervalli väikseimale hammaste arvule.



Joon. 373. Sirgete hammasratastega silindriliste hammasrataste freesimine horisontaal-freespingil jagamispea kaasabil.

Tabel 55.

Komplekt kaheksast freesist.

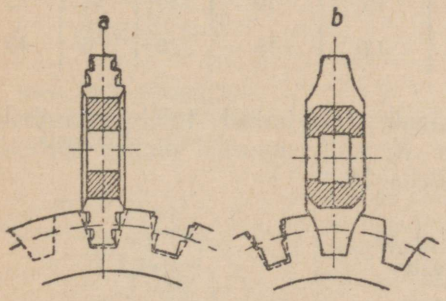
Freesi nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Hammaste arv	12—13	14—16	17—20	21—25	26—34	35—54	55—134	135 ja üle

Tabel 56.

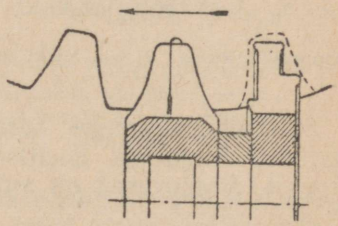
Komplekt viieteistkümnest freesist.

Freesi nr.	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½
Hammaste arv	12	13	14	15—16	17—18	19—20	21—22	23—25
Freesi nr.	5	5½	6	6½	7	7½	8	
Hammaste arv	26—29	30—34	35—41	42—54	55—79	80—134	135 ja üle	

Viimistlemiseks kasutatavate moodulfreeside ökonoomse ärakasutamise eesmärgil kõva materjali töötlemisel, samuti ka suure mooduli puhul valmistatakse koorimisfreese, millede profiil tehakse astmelisena (joon. 374; *a* — koorimisfrees, *b* — viimistlusfrees).



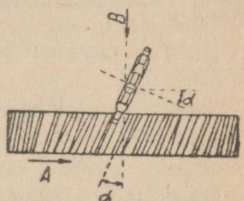
Joon. 374. Hammasrataste töötlemine koorimisfreesiga (*a*) ja viimistlusfreesiga (*b*).



Joonis. 375. Koorimisfreesi ja viimistlusfreesi samaaegne töö.

Joonisel 375 on näidatud koorimis- ja viimistlusfreeside samaaegne töötamine.

Nagu eespool oli märgitud, saab moodulfreesidega töödelda ka spiraalhammastega silindrilisi hammasrattaid, pöörates freesi hamba kaldenurga võrra, nagu see on näidatud joonisel 376, kus *A* on eseme pöörlemise suund, *B* freesi ettenihke suund. Spiraalhammas-



Joon. 376. Moodulfreesi ülesseadmise skeem spiraalhammastega silindrilise hammasratta töötlemisel.

tega hammasrataste töötlemisel valitakse frees mitte hammasratta hammaste arvu järgi, vaid ideaalse hammaste arvu järgi, mis vastab normaalsele moodulile ja määratakse järgmise valemiga:

$$z = \frac{z_r}{\cos^3 \alpha}, \qquad (71)$$

kus z on otsitav hammaste arv, z_r — hammasratta hammaste arv ja α — hammaste kaldenurk.

Kasutatavad lõikerežiimid on toodud tabelis 57.

Tabel 57.

Silindriliste hammasrataste moodulfreesidega freesimise lõikerežiimid.

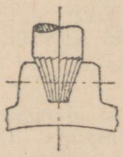
Materjal	Lõikekiirus m/min.		Ettenihked mm/min.		
	eeltöötlemine	viimistlemine	moodul		
			2	4	6
Keskmise kõvadusega malm ja kõva pronks	25	30	280	200	160
Teras σ_b = 40—60 kg/mm²	20	25	180	130	110
Teras σ_b = 70—80 kg/mm²	16	20	130	90	75
Kroomnikkelteras σ_b = 80 kg/mm² . .	12	15	75	50	40

Spiraalhammastega hammasrataste freesimisel tuleb ettenihete suurused korrutada koefitsiendiga K, mille suurus oleneb spiraali nurgast. K suurused on antud tabelis 58.

Tabel 58.

Koefitsiendi K suurus olenevalt spiraali nurgast.

K	α^0
1	0—36
0,8	37—48
0,67	49—60



Joon. 377. Hammasrataste freesimine sõrmfreesiga.

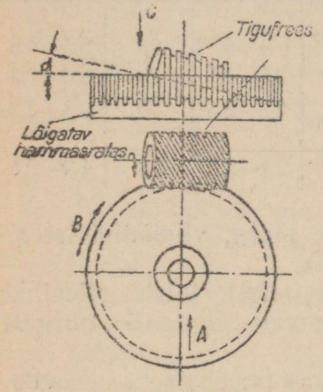
Tavaliselt freesitakse mitut ühisele tornile asetatud hammasratast korraga, mis suurendab produktiivsust freesi sisselõikumise ja abiaja arvel. Joonisel 377 on näidatud hammaste freesimine sõrmfreesiga, mida kasutatakse tema väikese produktiivsuse tõttu ainult individuaalsel tootmisel hammasrataste juures mooduliga üle 20.

Hammasrataste freesimine tigufreesidega.

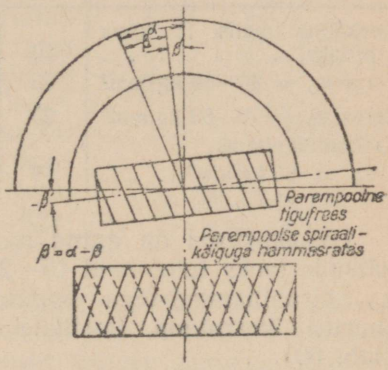
Seda hammasrataste freesimise meetodit kasutatakse laialdaselt tema suure produktiivsuse tõttu.

Hammasrataste freesimiseks tigufreesidega on vajalikud erifreespingid ja eri-lõikeriistad — tigufreesid.

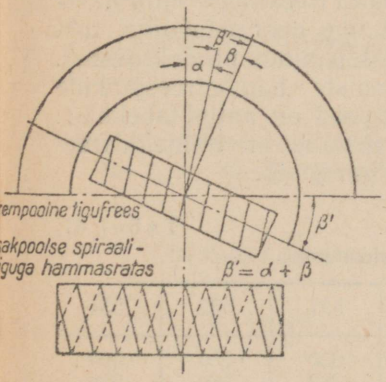
Frees kinnitatakse supordisse, mida tuleb pöörata selliselt, et freesi telg oleks kallutatud freesi kruvijoone tõusunurga α võrra (joon. 378). Freesitav hammasratas seatakse üles töölauale; teda on võimalik nihutada noole *A* suunas hamba sügavusele seadmi-



Joon. 378. Silindrilise hammasratta tigufreesiga freesimise skeem.



Joon. 379. Freesi ülesseadmise skeem juhul, kui freesi ja hammasratta spiraalid on ühesuunalised.



Joon. 380. Freesi ülesseadmise skeem, kui freesi ja hammasratta spiraalid on erisuunalised.

seks ja talle antakse pöördliikumine *B*, mille tulemusena toimub hammasratta rullumine tigufreesi suhtes. Freesi kandev suport teostab ettenihet *C* piki hammasratta telge (joon. 378). Spiraalhammastega hammasratta freesimisel seatakse frees üles, arvestades freesi kruvijoone kaldenurka ja hammasratta hamba spiraali nurka. Kui frees ja tiguratas on mõlemad ühesuguse spiraali suunaga (joon. 379), siis freesi ülesseadmise nurk võrdub freesi ja hamba spiraali nurkade vahega, s. t. $\beta^1 = \alpha - \beta$; kui aga freesi ja hamba spiraalid on erisuunalised (joon. 380), siis freesi ülesseadmise nurk võrdub nende nurkade summaga, s. t. $\beta^1 = \alpha + \beta$.

Olenevalt moodulist, määratakse freesikäikude arv: moodulite juures 1—7 freesitakse ühe freesikäiguga, suuremate moodulite puhul kahe või isegi kolme freesikäiguga.

Tigufreesidega freesimise lõikerežiimid on antud tabelis 59.

Tabel 59.

Hammasrataste tigufreesidega musta freesimise lõikerežiimid.

Materjal	$m = 2$		$m = 4$		$m = 6$	
	v m/min.	s mm, kui $z =$ 20—120	v m/min.	s mm, kui $z =$ 20—120	v m/min.	s mm, kui $z =$ 20—120
Keskmine malm ja kõva pronks	20	4,6—6,2	28	4—5	25	3,5—4,6
Teras $\sigma_b = 40$—60 kg/mm²	26	4—5	25	3,3—4,2	23	3,0—3,9
Teras $\sigma_b = 70$—80 kg/mm²	23	3,3—4,2	20	2,8—3,5	20	2,5—3,3
Kroomnikkelteras $\sigma_b = 80$ kg/mm² . . .	19	2,6—3,2	18	2,1—2,8	18	1,9—2,5

Lõikekiirused on antud musta freesimise jaoks, viimistlus-freesikäikude jaoks tuleb neid 15—20% suurendada.

Spiraalhammastega hammasrataste freesimisel tuleb ettenihke suurusi korrutada koefitsiendiga K vastavalt spiraali nurgale (tab. 60).

Tabel 60.

Koefitsient K spiraalhammastega hammasrataste freesimisel.

Spiraali nurk kraadides	Koefitsient K
0—36	1,0
37—48	0,8
49—60	0,67
61—70	0,50
üle 70	0,33

Mustaks freesimiseks soovitatakse kasutada kahekäigulisi tigufreese, mille tõttu produktiivsus suureneb peaaegu kaks korda. Harilikult freesitakse mitu hammasratast ühe operatsiooniga, mis samuti tõstab pingi produktiivsust.

Kodumaiste hambafreespinkide iseloomustused on antud tabelis 61. Samadel pinkidel on võimalik freesida ka tigurattaid.

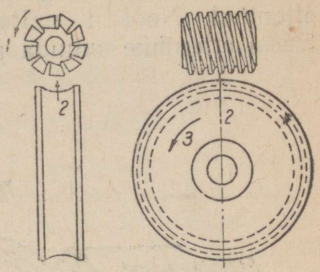
Tabel 61.

Kodumaiste hambafreespinkide iseloomustus.

Põhiandmed	531	532	534
Suurim sirgete hammastega hammasratta läbimõõt mm	350	750	300
Sama, kui spiraali nurk on 30°	265	560	250
Sama, kui spiraali nurk on 60°	90	190	85
Hammasratta maksimaalne moodul	4	8	4
Mootori võimsus kW	2,5	2,5	3,5

Tiguratаste freesimine.

Tiguratаste freesimisel asetatakse freesi telg risti töödeldava tiguratta teljega ja täpselt tema laiuse keskjoonele. Tiguratаste töötlemist võib teostada 1) radiaalse ettenihkega, 2) tangentsiaalse ettenihkega ja 3) kombineeritud ettenihkega. Radiaalse ettenihkega tiguratаste freesimine on kasutatava lõikeriista konstruktsiooni lihtsuse tõttu laialdaselt tarvitusel.



Joon. 381. Tiguratta freesimine radiaal-ettenihkega.

Frees 1 (joon. 381) ja lõigatav ratas 3 pöörlevad. Nende pöörlemine on arvestatud selliselt, et freesi ühe pöörde jooksul ratas pöörduks hammaste arvu võrra, mis võrdub freesi käikude arvuga. Erinevalt silindriliste hammasrataste freesimisest, seisab suport koos freesiga paigal, töölaud aga koos temale kinnitatud töödeldava rattaga teostab horisontaalset ettenihet hamba sügavusse freesi poole noole 2 suunas, s. t. radiaalsuunas.

Hambafreespinkides, mis töötavad rullumispõhimõttel ja on määratud suure läbimõõduga rataste freesimiseks, teostab horisontaalset ettenihet mitte töölaud, vaid supordit kandev sammas. Radiaalse ettenihke meetodit kasutatakse peamiselt ühekäiguliste tiguratаste, harvemini kahekäiguliste rataste lõikamiseks. Radiaal-ettenihke meetodil töötlemise lõikerežiimid on antud tabelites 62 ja 63.

Tabel 62.

Tiguratаste radiaal-ettenihkega freesimisel kasutatavad lõikekiirused.

Materjal	v m/min.
Keskmise kõvadusega malm ja kõva pronks	28—32
Teras σ_b = 40—60 kg/mm²	30—35

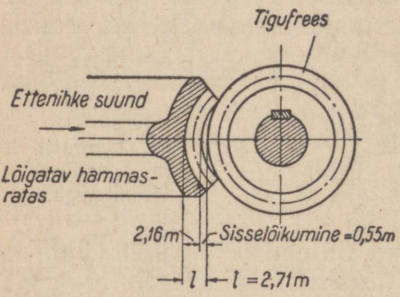
Tabel 63.

Radiaalne ettenihe mm lõigatava hammasratta ühe pöörde kohta.

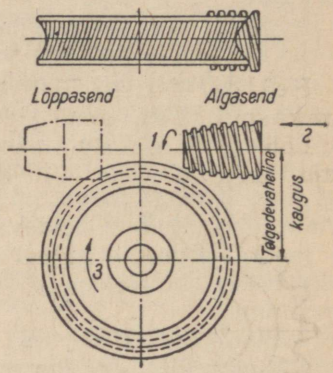
Materjal	$m = 2$		$m = 4$		$m = 6$	
	$z = 20$	$z = 120$	$z = 20$	$z = 120$	$z = 20$	$z = 120$
Teras σ_b = 40—60 kg/mm² . . .	0,85	1,10	0,70	0,95	0,65	0,8
Keskmise kõvadusega malm ja kõva pronks	1,0	1,3	0,85	1,10	0,75	1,0

Freesi tee radiaalsuunas (joon. 382) võrdub hamba kõrguse (on $2{,}16 \cdot m$) ja sisselõikumise (võrdub umbes $0{,}55 \cdot m$) summaga; kokku on $l = 2{,}71 \cdot m$.

Tiguratast e freesimist tangentsiaal-ettenihkega (joon. 383) kasutatakse peamiselt mitmekäiguliste tigude tiguratast e valmistamisel. Freesimist teostatakse erisupordi abil, mis võimaldab freesi tangentsiaalset (s. o. hammasratta puutuja suunas) ettenihet. Nool 1 näitab tigufreesi pöörlemise suunda, nool 2 — freesi ettenihke suunda ja nool 3 — tiguratta pöörlemise suunda.



Joon. 382. Tigufreesi tee tiguratta freesimisel.

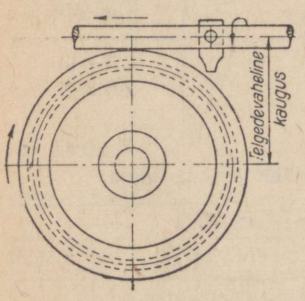


Joon. 383. Tiguratta freesimine koonilise tigufreesiga tangentsiaal-ettenihke puhul.

Tangentsiaal-ettenihke puhul saadakse täpsem profiil ja kasutatakse paremini ära koonilist freesi. Tiguratta freesimine on lõppenud, kui kõik freesi hambad on jõudnud teisele poole ratta teljest. Freesi liikumise ulatus tangentsiaal-ettenihke juures on ligikaudselt arvutatav järgmise valemiga:

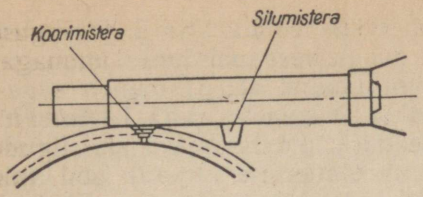
$$l_T = 2{,}94 \cdot m \cdot \sqrt{z} \qquad (72)$$

kus m on moodul, z — hammaste arv.



Joon. 384. Tiguratta töötlemine kombineeritud viisil.

Tiguratast e töötlemist kombineeritud viisil (joon. 384) kasutatakse üksikute normaliseerimata rataste lõikamiseks, millede jaoks tigufreesi valmistamine ei ole majanduslikult õigustatud. Hammaste lõikamine teostub kahe tera abil, mis on asetatud samale tornile, moodustades nagu ühehambalise freesi. Silumistera valmistatakse täpselt profiilile vas-

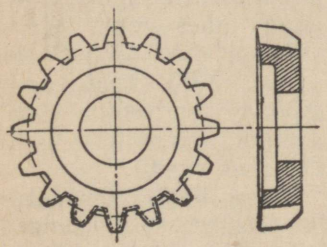


Joon. 385. Tiguratta töötlemise skeem, mille juures on koorimis- ja silumistera asetatud samale tornile.

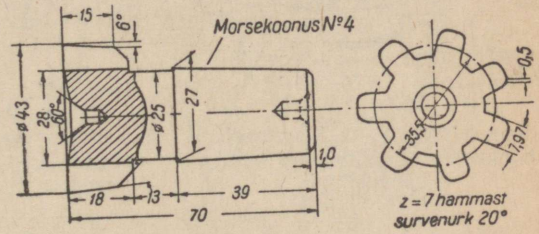
tavana, koorimistera aga sellest kitsam, mille tõttu jääb töötlusvaru 0,5 mm ulatuses külje kohta. Koorimistera lõikub määratud sügavuseni radiaal-ettenihkega, mille järel silumistera töötleb hamba lõpuni tangentsiaal-ettenihkega. Teri võib tornil vahetada, sagedamini aga asetatakse nad kõrvuti samale tornile (joon. 385).

Hammasrataste töötlemine hambahöövelpinkidel.

Fellow-tüüpi hambahöövelpinki kasutatakse nii sirgete kui ka spiraalsete hammastega silindriliste hammasrataste töötlemiseks. Lõikeriistana kasutatakse nn. Fellow-tera, millel on hammasratta kuju, kusjuures tema hammaste moodul on sama, mis lõigatava

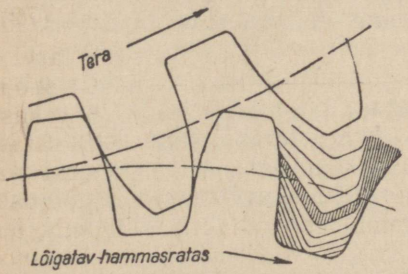


Joon. 386. Välishambumisega hammaste tera.

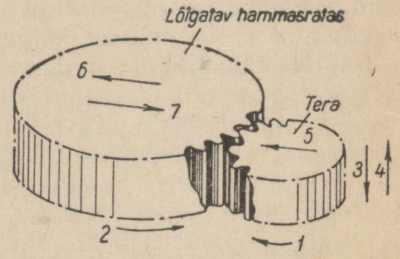


Joon. 387. Sisehambumisega hammaste tera.

hammasrataste hammastel. Joonisel 386 on toodud välishammaste töötlemisel kasutatav tera, joonisel 387 sisehammaste töötlemisel kasutatav tera. Pink töötab rullumise põhimõttel (joon. 388), teostades järgmisi liikumisi (joon. 389 ja 390): 1) tera ja lõigatav ham-

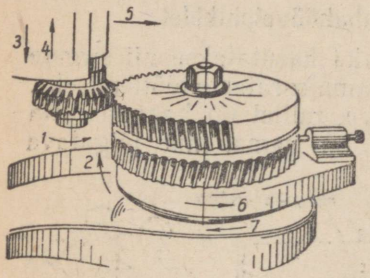


Joon. 388. Rullumise põhimõte.

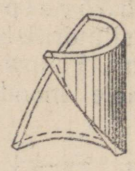


Joon. 389. Silindrilise hammasratta töötlemise skeem Fellow-teraga.

masratas pöörlevad oma telgede ümber suundades 1 ja 2, teostades tera ring-ettenihet; 2) tera liigub ja lõikab vertikaalsuunas, moodustades töökäigu (suund 3) ja tühikäigu (suund 4); 3) hamba sügavuseni sisselõikumiseks on terale antud liikumine ratta keskpunkti suunas (suund 5), mida nimetatakse horisontaalseks või sisselõikumise ettenihkeks; see liikumine teostub töötlemise alguses kas koos rullumisega (suunad 1 ja 2) või ilma; 4) töölaua (koos hammasrattaga) eemaldumine terast suunas 6 tühikäigu ajal (suund 4) selleks, et tera hambad ei nürineks vastu hammasratta pinda hõõrdudes; 5) töölaua lähenemine terale töökäigu alguses (suund 7).



Joon. 390. Spiraalhammastega hammasratta töötlemine hambahöövelpingil.



Joon. 391. Spiraalhammaste lõikamiseks kasutatav erikopiir.

Spiraalhammastega hammasrataste töötlemiseks (joonis 390) kasutatakse ka spiraalhammastega Fellow-tera, millel spiraali tõus on lõigatava hammasratta spiraali tõusuga ühesugune. Terale antakse erikopiiri abil (joon. 391) lisaliikumine mööda spiraali. Kopiir asetseb Fellow-tera spindli ülemises osas.

Tera horisontaal-ettenihet teostatakse kahel viisil: 1) suurtes pinkides erilise automaatse jagamisseadme käigukruvi abil; 2) väiksemates pinkides ühega kolmest erikopiirist, mis pannakse tööle vastavalt terakäikude arvule. Ühe terakäiguga töödeldakse hammasrattaid, milledel hamba moodul on 1 kuni 2, kahe terakäiguga hammasrattaid mooduliga 2 — 4 ja kolme terakäiguga hammasrattaid, milledel moodul on üle 4, samuti ka väiksemate moodulite puhul, kui nõutakse kõrgendatud täpsust ja puhtust.

Tavaliselt ka keskmiste moodulitega hammasrataste eeltöötlemine toimub hambafreespinkidel ja silumine hambahöövelpinkidel kahe, sagedamini siiski ühe terakäiguga.

Suurte moodulitega hammasrataste hööveldamisel kahe operatsiooniga (koorimis- ja silumisteradega), samuti ka väikeste moodulitega hammasrataste hööveldamisel kahe terakäiguga kulutatakse palju aega ebaproduktiivselt tera sisselõikumisele, tema eemaldamisele ja lähendamisele hammasratta tornilt mahavõtmiseks jne. Nende ajakulude vältimiseks kasutatakse kombineeritud teri, milledest üks on kujutatud joonisel 392.

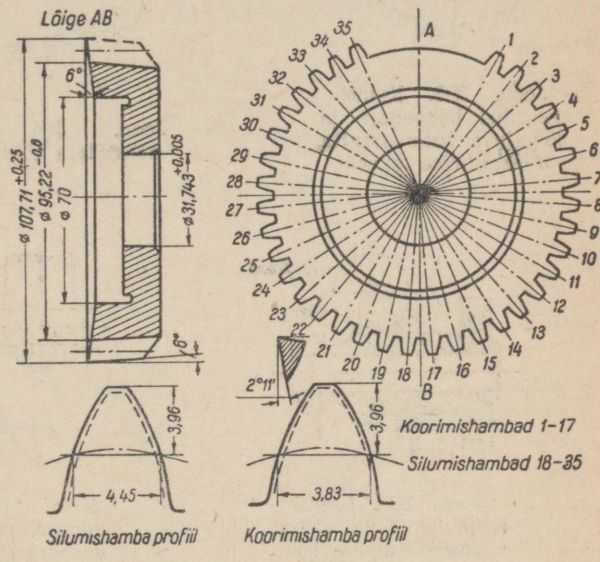
Tera hambad 1—17 on koorimishambad ja neil on väiksem paksus, hambad 18 kuni 35 on silumishambad. Peale selle on teral

hammaste 35 ja 1 vahel hammasteta piirkond, mis võimaldab hammasratast tornilt maha võtta ja tornile asetada ilma tera eemaldamata (joon. 393) ja vähendab miinimumini tera hammasrattasse sisselõikumise aega.

Kombineeritud hööveltera töö toimub joonisel 394 toodud skeemi kohaselt.

Kombineeritud tera puuduseks on see, et ta on kitsalt spetsialiseeritud lõikeriist, mida saab kasutada ainult kindla hammaste arvuga rataste valmistamiseks, mille tõttu teda on otstarbekohane kasutada peamiselt suurseerialise ja massilise tootmise juures. Kombineeritud hambahööveldamise pole kõlblikud suuremate hammaste arvuga hammasrataste töötlemiseks, kuna tera hammaste arv peab võrduma lõigatava hammasratta kahekordse hammaste arvuga. Suuremate hammaste arvude puhul muutuvad tera mõõted liiga suureks.

Kombineeritud tera kasutamine vähendab töötlemise aega umbes 30%.

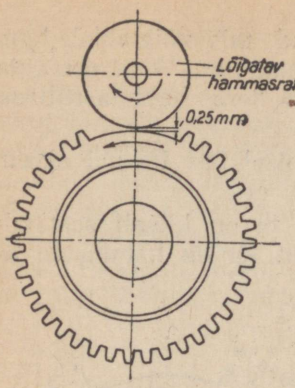


Joon. 392. Kombineeritud hambahööveltera.

Spiraalhammastega hammasrataste töötlemiseks kasutatakse spiraalhammastega kombineeritud teri.

Hambahööveldamise pinkidel on järgmised paremused: 1) nad on suure produktiivsusega; 2) nad annavad puhta hammaste pinna; 3) annavad kõrgema täpsusastme; 4) võimaldavad lõigata hambaid hammasratas-plokkidele siis, kui nende freesimine üksikute hammaskrantside läheduse tõttu ei ole võimalik.

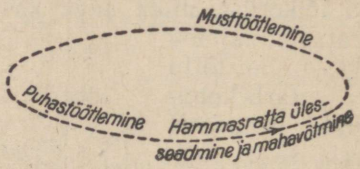
Joonisel 395 on punktiiriga näidatud frees, millega pole võimalik freesida hambaid nelja hammaskrantsiga hammasratas-ploki teisel krantsil, kuna ei ole ruumi tema väljumiseks hammastest. Joonisel 396 on näidatud sellise hammaskrantsi töötlemine hööveltera, mis asub



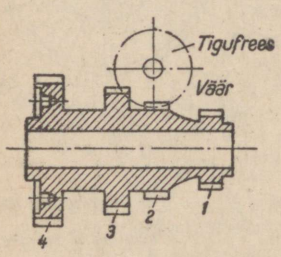
Joon. 393. Kombineeritud hööveltera ja lõigatava hammasratta ülesseadmise skeem.

naaberkrantsist ainult 5—6 mm kaugusel. Hööveltera jätkub, kui talle on jäetud hambasse lõikumiseks ja sealt väljumiseks à 2—4 mm.

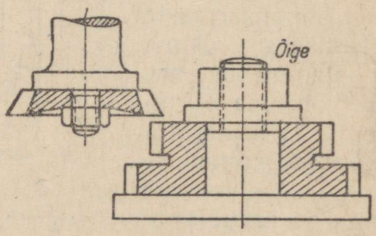
Kodumaal valmistatakse kahes suuruses hambahöövelpinke. Nende iseloomustus on toodud tabelis 64.



Joon. 394. Kombineeritud hööveltera töötamise skeem.



Joon. 395. Freesi asend, millega ei ole võimalik freesida hambaid teisel hammaskrantsil.



Joon. 396. Hamba hööveldamine hammaskrantsil, mis asub naaberkrantsist 5—6 mm kaugusel.

Tabel 64.

Kodumaiste hambahöövelpinkide iseloomustus.

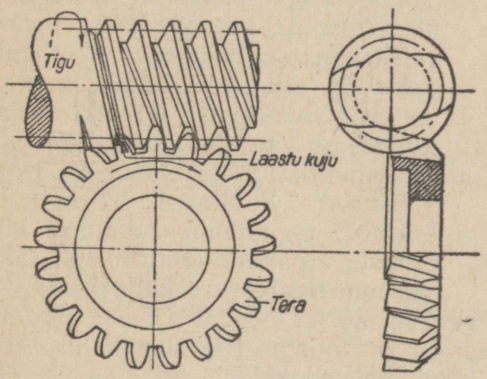
	512	516
Töödeldava hammasratta suurim läbimõõt mm . .	180	450
» » » laius mm	50	
Hammasratta suurim moodul	4	6,5
Sisemise hambumise suurim läbimõõt mm	140	435
Hööveltera kaksikkäikude arv minutis	250—500	111—350
Hööveltera ettenihe ühe kaksikkäigu kohta . . .	0,1—0,38	0,08—0,32
Mootori võimsus kW	1,3	2,5

Hambahöövelpinkide lõikerežiimid on toodud tabelis 65.

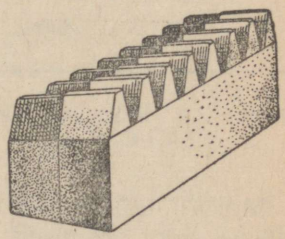
Tabel 65.

Hambahöövelpinkide lõikerežiimid.

Materjal	Lõikekiirus m/min.						Ring-ettenihe mm/kaksikkäigule					
	$m = 2$		$m = 4$		$m = 6$		$m = 2$		$m = 4$		$m = 6$	
	koorimine	silumine	koorimine	silumine	koorimine	silumine	tera 25—50 mm	tera 75—100 mm	tera 25—50 mm	tera 75—100 mm	tera 25—50 mm	tera 75—100 mm
Malm ja kõva pronks . . .	34	44	33	43	32	42	0,45	0,60	0,32	0,42	0,26	0,34
Teras $\sigma_b = 40—60$ kg/mm² . .	39	48	38	47	37	46	0,38	0,50	0,26	0,34	0,21	0,28
Teras $\sigma_b = 60—70$ kg/mm² . .	34	44	34	43	33	42	0,32	0,42	0,22	0,30	0,18	0,24
Kroomnikkelteras $\sigma_b =$ $= 70—80$ kg/mm²	31	39	31	38	30	37	0,28	0,37	0,20	0,26	0,16	0,21



Joon. 397. Tiguratasteid töötlemise skeem hambahöövelpingil.



Joon. 398. MAAG'i kamm.

Käesoleval ajal kasutatakse hambahöövelpinke ka tiguratastele lõikamiseks. Töötlemise skeem on toodud joonisel 397. Laialdast levikut need pingid veel ei ole saanud, kuna neil puuduvad erilised eelised freesimise ees.

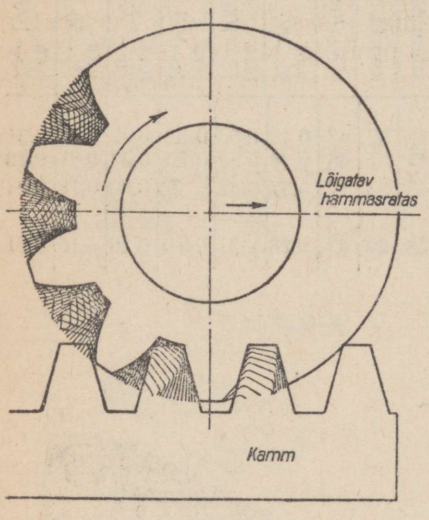
MAAG-tüüpi hambahöövelpinke kasutatakse peamiselt sirgete ja spiraalhammastega silindriliste hammasrataste töötlemiseks. Hambalõikamiseks kasutatakse nn. MAAG'i kammi (joon. 398), mille valmistamine ja teritamine on palju lihtsam kui Fellow-tera puhul.

Pink töötab rullumise põhimõttel (joon. 399), teostades järgmisi liikumisi:

1) Kammi vertikaalne liikumine (töökäik alla, tühikäik — üles).

2) Horisontaalne töölaua koos lõigatava hammasrattaga ettenihe, mis on kooskõlastatud töölaua ring-ettenihkega; teisiti öeldes, toimub siin nagu lõigatava hammasratta veeremine hammaslatil.

3) Perioodiline töölaua horisontaalne tagasiliikumine, mida mõnikord nimetatakse ka reverseerimiseks, mille tulemusena töölaud liigub tagasi algasendisse pärast kahe või kolme hamba lõikamist, vastavalt pingi häälestamisele. Horisontaalne ja ring-ettenihe on katkendilised ja nad teostuvad kammi tühikäigu ajal.



Joon. 399. Rullumise põhimõte MAAG-tüüpi pingil.

Spiraalsete hammaste lõikamisel MAAG'i kammiga pööratakse kammi kandvat supordit hamba kaldenurga võrra.

MAAG'i kamme valmistatakse kolme tüüpi, vastavalt moodulile ja töötlemise iseloomule: 1) koorimiskamm — hamba eeltöötlemiseks; 2) silumiskamm — hamba puhastöötlemiseks; 3) lihvimiskamm — nende hammasrataste töötlemiseks, mille hambaid pärast lõikamist lihvitakse. Koorimiskammid on silumiskammidest kitsamad, pärast koorimist jääb 0,5 mm töötlusvaru külje kohta.

MAAG'i-tüüpi pinke kasutatakse nende võrdlemisi väikese produktiivsuse tõttu peamiselt hammasrataste töötlemiseks läbimõõduga üle 450 mm, mida ei saa töödelda hambahöövelpinkidel.

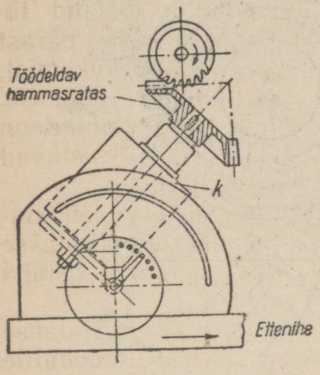
Neid pinke ehitatakse hammasratastele läbimõõduga 450 kuni 2000 mm, moodulile kuni 20 ja võimsusega kuni 15 HJ. Lõikerežiimid valitakse vastavate graafikute ja tabelite järgi, vastavalt moodulile, hammaste arvule, materjalile ja hamba pikkusele.

Koonushammasrataste töötlemine.

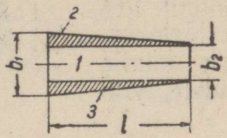
Koonushammasrataste töötlemiseks kasutatakse juhul, kui on nõutav hammaste täpsus, eripinke. Nende puudumisel võib sirgete hammastega koonushammasrattaid töödelda ka universaalfreespinkidel jagamispea ja tavalistest veidi kitsamate moodulfreeside abil. Töötlemise täpsus on muidugi sel juhul väiksem.

Parimaid tulemusi saadakse siis, kui hammaste arv on üle 25 ja hamba pikkus ei ületa kolmandikku moodustavast koonusest.

Koonushammasratta eeltoode seatakse üles jagamispea K spindlile torni abil (joon. 400). Jagamispead pööratakse vertikaal-tasapinnas seni, kui hambavahe põhja moodustaja on jõudnud horisontaalsesse asendisse. Hambalõikamine teostub tavaliselt kolme freesikäiguga ja ainult väikeste moodulite juures kahe käiguga. Esimese freesikäiguga freesitakse hambavahe laiusega b_2 (joon. 401); freesi kuju vastab hambavahele tema kitsamas otsas; teda võib freesida ka täisnurkse profiiliga ketasfreesiga. Teine freesikäik teostatakse moodulfreesiga, mille



Joon. 400. Koonushammasratta freesimine universaal-freespingil.



Joon. 401. Sirgete hammastega koonushammasrataste freesimise skeem.

profiil vastab hamba välisele profiilile, pöörates töölauda koos jagamispeaga nurga α võrra. See nurk saadakse järgmiselt:

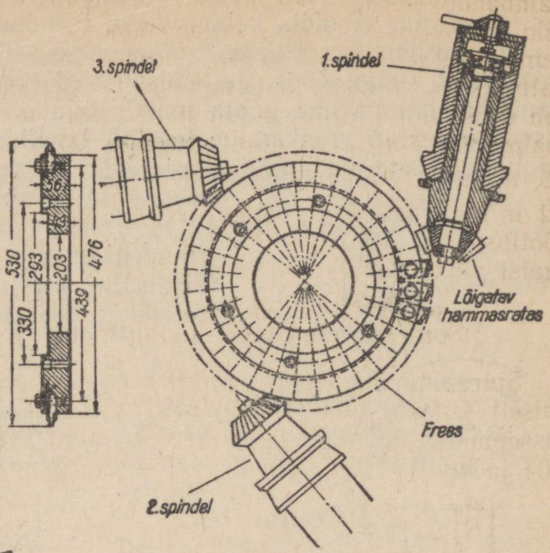
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b_1 - b_2}{2\,l}.$$

Sellises asendis freesitakse kõik hammaste vasakud küljed (pindala 2, joon. 401). Kolmanda freesikäiguga freesitakse kõikide hammaste paremad küljed (pindala 3), milleks jagamispead pööratakse sama nurga α võrra, nüüd aga vastupidises suunas.

Täpsema profiili saamiseks tuleb pärast moodulfreesidega freesimist hambaid parandada viiliga — võtta maha kiilutaoline kiht liigset metalli, mis jääb selle tõttu, et frees valitakse vastavalt hamba profiilile ratta välisel otsal.

Kesk- ja suurseerialisel tootmisel toimub koonushammasrataste freesimine tavaliselt kahe freesikäiguga (välja arvatud rattad mooduliga 1—2, mis lõigatakse ühe freesikäiguga) eripinkidel. Koonushammasrataste sirgete hammaste mustfreesimine toimub keskseerialisel tootmisel tavaliselt horisontaal-freespingil ühekaupa, suurseerialisel tootmisel kasutatakse erilisi automaatpinke, milledel freesitakse

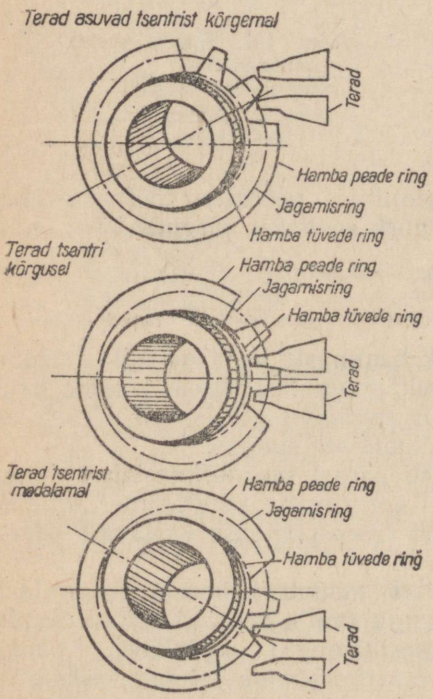
korraga kolme ratast. Jagamine ja töölaua vastavad liikumised on automatiseeritud. Joonisel 402 on toodud ühe sellise suure tootlikkusega kolme spindliga automaadi spindlite asetuse skeem. Spindlid asetsevad erifreesi ümber ja pink töötleb korraga kolme hammasratast. Pinki teenindab üks tööline, kes järjekorras seab üles detaile tööpea tornidele, viib



Joon. 402. Kolme spindliga hambafreespingi spindlite asetusskeem sirgete hammastega koonushammasratta töötlemisel.

pea tõkestajani ja lülib automaatliikumise sisse. Kõik teised vajalikud liikumised teostab pink automaatselt, nagu ettenihe, hammasratta eemaldumine ühe hamba võrra pööramiseks, hammasratta uuesti freesile lähendamine, pea tööst väljalülimine sel ajal, kui kaks teist pead töötavad. Maksimaalne moodul on 8. Hamba lõikamise aeg on 4,5 kuni 29 sekundit, lõikekiirus 30 — 40 m/min., ettenihe 0,15 mm/hambale.

Koonushammasrataste puhastöötlemine teostub Saraatovi pingitehase hambahöövelpinkidel. Nende pinkide töötamise põhimõte seisab selles, et kaks

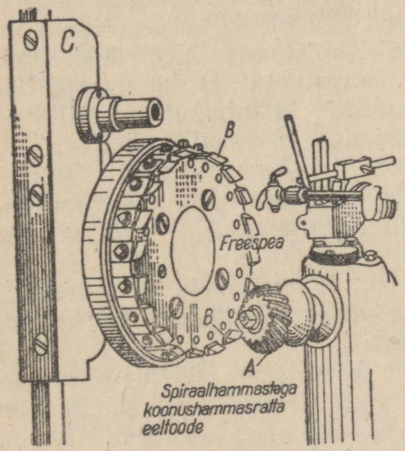


Joon. 403. Lõigatava hammasratta ja terade asend rullumisel.

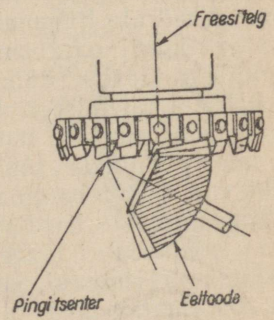
hambahööveltera teostavad sirgjoonelist edasi-tagasi liikumist piki töödeldava hammasratta hambaid (joon. 403). Tagasikäigul eemaldatakse terad veidi hamba pinnalt tera asjata kulumise vältimiseks. Terade ja hammasratta vastastikune rullumine kindlustab evolvendi profiili saamist. Lõikekiirused: keskmise kõvadusega malmi töötlemisel 30 m/min., terase $\sigma_b = 40—60$ kg/mm² töötlemisel 25 m/min., kroomnikkelterase $\sigma_b = 80$ kg/mm² töötlemisel 20—22 m/min. Hamba töötlemise aeg, olenevalt materjalist, moodulist, töötlusvarust ja teistest teguritest, kõigub 3,5 kuni 30 sek. Kodumaisi pinke valmistatakse moodulitele 3, 8, 12 ja 18.

Spiraalhammastega koonushammasrataste töötlemine.

Spiraalhammastega koonushammasrataste töötlemine toimub peamiselt Glisson-tüüpi eripinkidel, milledel lõikeriistana kasutatakse sissepandavate nugadega erifreesi läbimõõduga 6", 9" ja 12" (joon. 404 ja 405). *A* on eeltoode, *B* — sissepandavad noad, *C* — tugisam-



Joon. 404. Spiraalhammastega koonushammasrataste töötlemine Glisson-tüüpi pingil.



Joon. 405. Sissepandavate nugadega erifrees spiraalhammastega koonushammasrataste töötlemiseks Glisson-tüüpi pinkidel.

mas. Tugisambale *C* koos freesiga antakse kiikuv liikumine, mis langeb ühte lõigatava hammasratta kiikumisega. Ühe kaksikkiikumise jooksul töödeldakse kahe naaberhamba kaks külge. Eeltöötlemine toimub kiikumiseta. Ühe hamba töötlemise aeg kõigub 14 kuni 72 sekundini. Lõikekiirus on: keskmise kõvadusega malmi töötlemisel ja terase $\delta_b = 40—60$ kg/mm² töötlemisel — 30 m/min., kõva terase töötlemisel — 22 kuni 26 m/min.

Hammaslati hammaste töötlemine.

Hammaslati hammaste töötlemine toimub moodul-ketasfreesidega freespinkidel ja eripinkidel.

Hammaste jagamiseks kasutatakse eri-jagamispäid, mis võimaldavad lõigata hammaslatte, mille pikkus on võrdne töölaua pikkusega. Lõikerežiimid on analoogilised silindriliste hammasrataste töötlemise lõikerežiimidega.

Hammasrataste puhastöötlemise meetodid.

Masinate käigukiiruse suurenemisega on seotud ka mürata töötavate hammasrataste saamise probleem. Töötamisel tekkiv hammasrataste müra on tingitud hammas-ajami ebanormaalsetest töötingimustest, mis toovad kaasa hammasrataste kiirendatud kulumise. Müra mõjub kahjulikult ka inimese organismile. Viimasel ajal teostatakse laiaulatuslikke uurimistöid selle küsimuse lahendamiseks.

Käesolevaks ajaks aga ei ole kogu hammasrataste müra põhjuste kompleks veel kindlaks tehtud ega ole leitud ka õigeid ja produktiivseid mürata hammasrataste valmistamise meetodeid. Hammasrataste kvaliteedi paranemist on saavutatud: 1) hammaste lõikamisega, millede täpsus küünib sajandikeni ja tuhandikeni millimeetrist, 2) termilise töötlemisega tsüaneerimise ja gaasilise tsementeerimise teel, mis deformeerivad hammasrattaid palju vähem kui karastamine, 3) hammaste lõplikuks töötlemiseks uute meetodite kasutamisega, mis võimaldavad saada hammasrattaid täpsusega 2—3 μ, 4) mittemetalsete hammasrataste kasutamisega.

Müra põhjused ei olene mitte ainult hammaste töötlemisest, vaid ka kokkumonteerimisest, kerede ja võllide ebatäpsest valmistamisest, võllide deformatsioonist, õlitamisest jt.

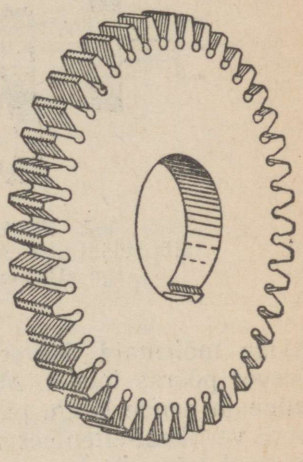
Hammasrataste puhastöötlemist teostatakse järgmistel meetoditel: 1) sissetöötamisega, 2) kombineeritud sissetöötamisega, 3) šeeving-protsessi abil, 4) lihvimisega, 5) soveldamisega ja sissetöötamisega, 6) hooning-protsessiga, 7) hammasrataste valikuga.

S i s s e t ö ö t a m i s e k s nimetatakse sileda hammaste pinna saamist hammasratta pöörlema panemise teel kolme karastatud ja lihvitud hammastega hammasratta vahel (etaloonid), millede täpsus on $\pm 5\mu$. Sileda pinna saamisel aga halveneb hamba profiil pinna kõvenemise arvel, mis eriti deformeerib profiili pärast termilist töötlemist. 1935. a. seda meetodit muudeti veidi ja ta sai kombineeritud sissetöötamise nimetuse.

K o m b i n e e r i t u d s i s s e t ö ö t a m i n e erineb harilikust sissetöötamisest ainult tööriista poolest. Sissetöötamise etaloonid on varustatud teljega risti olevate või spiraalsete soontega. Need sooned moo-

dustavad lõikeservi, mis lõikavad või õigemini kaabivad hammaste pinnalt õhukese juuksekarvataolise laastu. Need etaloon-hammasrattad valmistatakse kiirlõiketerasest, mille kõvadus Rockwelli järgi on 62—64 kg/mm² (skaala C). Kombineeritud sissetöötamine vähendab metalli mahakaapimise tõttu sissetöötamise negatiivseid külgi, kuid ei kõrvalda selle põhipuudusi, nagu pinnakõvenemise tekkimist ning hammasrataste «viskumist«, ja selle tõttu antud viisi soovitatakse kasutada ainult olemasolevate hamba-sissetöötamise pinkide ratsionaalsemaks ärakasutamiseks.

Šeevingprotsessi kasutatakse toorhammasrataste puhastöötlemiseks. Selle meetodi juures kaabitakse maha väga õhukesi laaste, mille tõttu parandatakse märgatavalt jagamisringi ekstsentrilisust, sammu ebatäpsusi, evolvendi profiili vigu ja spiraali nurga vigu.



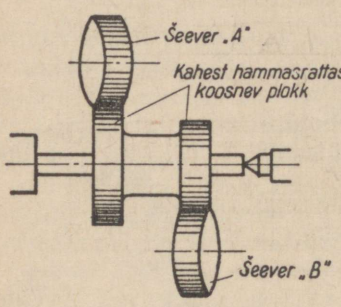
Joon. 406. Šeever-hammasratas.

Šeevingprotsessi teostatakse kahel viisil. Esimesel viisil teostatakse šeevingprotsessi eritööriistade abil, mida nimetatakse šeever-hammasrattaks (joon. 406). Ta on varustatud hammaste külgedel 12 soonekesega, mille sügavus on 0,8 mm. Soonekesed moodustavad lõikeservi, mis kaabivad maha juuksekarvataolist laastu. Tornile asetatud töödeldav hammasratas kinnitatakse töölaua tsentritele ja šeever seatakse tema kohale 15° nurga all (šeeveri hambad on kallutatud samuti 15° võrra sirgete hammastega silindriliste hammasrataste töötlemisel), moodustades nagu kruviülekande, s. t. ristuvate telgedega ülekande. Selle juures teostab šeever ühtlast laastukaapimist kogu hamba laiuses. Tekkivat hambumist täiendatakse veel töödeldava hammasratta telgliikumisega, mille ulatus peab olema hammasratta laiusest veidi suurem. Peale pöörlemise ja telgliikumise antakse töölauale veel vertikaalne liikumine 0,025—0,075 mm ulatuses töölaua ühe käigu kohta. Viimast liikumist on tarvis selleks, et laastuvõtmine toimuks kogu profiili ulatuses ühtlaselt. Telg-ettenihkeks võetakse 0,2 kuni 0,5 mm töödeldava hammasratta ühe pöörde kohta. Mootor 2 HJ annab hammasratas-ülekande kaudu šeeverile püsiva kiirusega (2 m/sek.) pöörlemise. Iga käigu lõppedes muudetakse šeeveri pöörlemise suunda ja ta töötleb siis hamba teist külge.

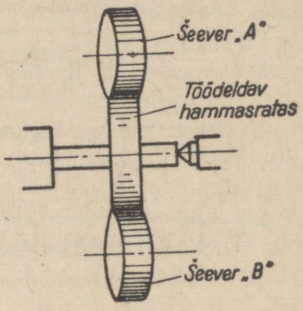
Samasuguseid pinke valmistatakse produktiivsuse tõstmise mõttes ka kahe supordiga, nn. «Duplex»-pinkidena. Nendesse suporditesse

kinnitatud šeeveritest asub üks töödeldava eseme peal ja teine selle all.

Kahe šeeveri kasutamine võimaldab töödelda korraga kahte hammasratast või kahest hammasrattast koosnevat hammasratasplokki (joon. 407) või ka ühte hammasratast kahe šeeveriga (joon. 408). Pink töötab samuti telgede ristumise põhimõttel, nagu ühe spindliga pink, ainult selle vahega, et «Duplex»-pingil pöörab



Joon. 407. Plokk-hammasratta töötlemine šeevingpingil «Duplex».



Joon. 408. Hammasratta töötlemine kahe šeeveriga «Duplex» — šeevingpingil.

toode mõlemaid šeevereid samaaegselt, ühe spindliga pingil aga šeever pööras toodet. Mõlemal šeeveril on ka sirgjooneline telgliikumine ja nende käigu pikkust on võimalik eraldi reguleerida. Iga šeeveri vertikaal-ettenihet reguleeritakse nukkidega, mis oma liikumise saavad erimootorilt.

Kodumaise päritoluga šeevingpingi tüüp 571 iseloomustus on antud tabelis 66.

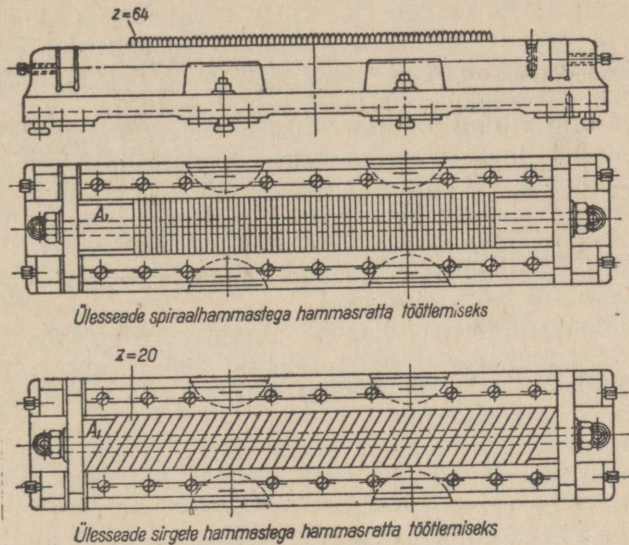
Tabel 66.

Šeevingpingi tüüp 571 tehniline iseloomustus.

Töödeldava hammasratta suurim läbimõõt	190 mm
Töödeldava hammasratta suurim laius	75 mm
Suurim kaugus tsentrite vahel	380 mm
Töödeldava hammasratta suurim moodul	6
Šeeveri suurim läbimõõt	188 mm
Šeeveri pöörete arv minutis	232
Töölaua ettenihked:	
horisontaalne	0,188—0,41 mm
vertikaalne	0,02 —0,08 mm
Mootorite võimsus	1,5 —0,25 kW

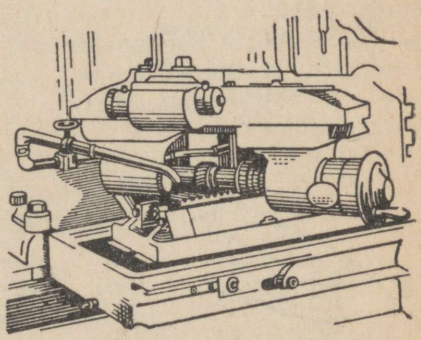
Teisel viisil teostatakse šeevingprotsessi eritööriista, nn. šeever-hammaslati abil (joon. 409), mis koosneb üksikutest vahetatavatest hammastest. Hamba külgedel on sooned, mis moodustavad kokku 75 lõikeserva iga hamba külje kohta. Šeeving-hammaslatte valmistatakse täpsusega kuni 0,6 μ.

Pingi töölaud liigub koos temale kinnitatud šeever-hammaslatiga



Joon. 409. Šeever-hammaslatt šeevingprotsessiks.

piki telge (joon. 410). Šeever-hammaslatt, nagu šeever-hammasratasski valmistatakse kaldhammastega, kui on tarvis töödelda sirgete hammastega hammasrattaid. Spiraalhammastega hammasrataste töötlemiseks spiraali tõusunurgaga kuni 15° kasutatakse šeever-hammaslatti, mille hambad on paigutatud risti hammaslati teljega, moodustades nii ühel kui ka teisel juhul kruviülekande. Ühe hammasratta töötlemine toimub umbes 15—20 töölaua kaksikkäiguga.



Joon. 410. Šeevingprotsessiks kasutatav pink, kus töötlemine toimub šeever-hammaslatiga.

Hammasrataste töötlemise täpsus šeevingprotsessi juures 400 hammasratta töötlemisel on:

Ekstsentrilisus	0,005—0,010 mm
Profiil	0,008—0,025 „
Samm	0,008—0,010 „
Produktiivsus	40—60 tk. tunnis.

Šeever-hammaslatt töötleb kuni 30 000 hammasratast kahe teritamise vahel ja teda on võimalik teritada 15—20 korda. Šeever-hammasratas töötleb kahe terituse vahel 5000 kuni 15 000 hammasratast, kusjuures teda on võimalik teritada ainult 4 korda. Selle juures on šeever-hammasratta hind 5 korda väiksem šeever-hammaslati hinnast. Suure kalliduse tõttu kasutatakse šeever-hammaslatti harva.

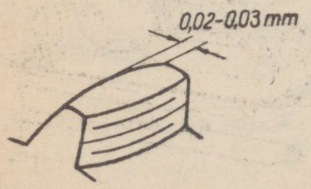
Enamikku hammasrattaid töödeldakse pärast šeevingprotsessi termiliselt, mis vähendab saadud täpsust ja pinna puhtust. Vaatamata sellele kasutab enamik tehaseid šeevingprotsessi selleks, et saada ainult termilise töötlemise vigadega hammasrattaid, lülides välja sellega mehaanilise töötlemise vead.

Šeever-hammasratastega töötavad pingid on majanduslikult kasulikumad, kuid annavad väiksema täpsuse, kui šeever-hammaslatiga töötavad pingid. Selle juures saadav täpsus aga on paljude masinaehitusharude jaoks küllaldane.

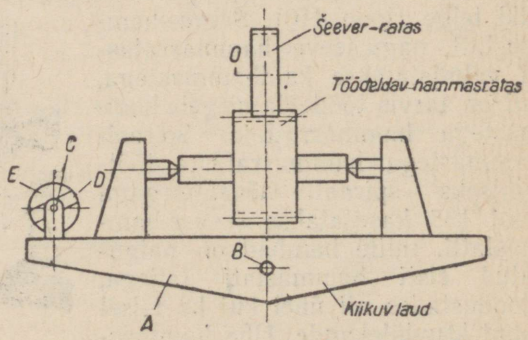
Šeevingprotsessi põhiparemus seisab selles, et tema abil võib töödelda must-töötlemiselt tulnud hammasrattaid ilma vahepealse puhastöötlemiseta.

T ü n n i t a o l i s t e h a m m a s t e š e e v i n g p r o t s e s s. Viimasel ajal on autotööstuses levinud silindrilised hammasrattad, mille hammas on otstelt 0,02—0,03 mm võrra õhem kui keskelt, mis annab hambale tünnitaolise kuju (joon. 411).

Tünnitaoliste hammaste saamiseks kasutatakse kiikuvat erirakist (joon. 412) šeevingpinkidel.



Joon. 411. Hammasratta tünnitaoline hammas pärast šeevingprotsessi.



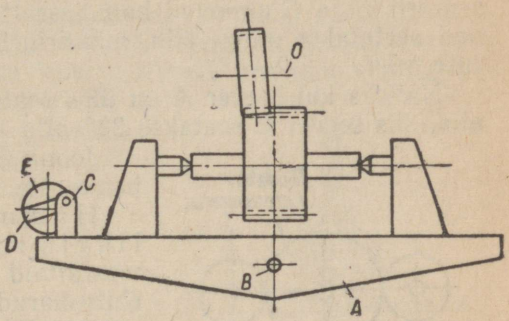
Joon. 412. Kiikuv erirakis šeevingpingile tünnitaolise hamba töötlemiseks. Asend I — hamba keskkoha töötlemine.

Selle rakise konstruktsioon seisab selles, et töölauale asetatakse teine laud *A*, mis kiigub telje *B* ümber sõrme *C* toimel. Viimane liigub töölaua piki-edasiliikumisel ketta *E* kaldnuudis *D*. Ketas *E* on kinnitatud liikumatule kronsteinile ja teda saab seada iga soovitava nurga alla piirides 0—60°.

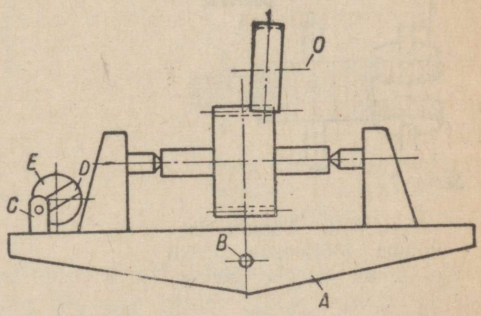
Joonisel 413 on toodud kiikuva laua asend, kus ta on nihutatud keskasendist paremale. Sellises asendis saab hammasratta vasak pool veidi ülespoole tõusta ja šeever saab võtta täiendavat laastu.

Laua vasakpoolse külje tõusmine toimub sõrme samaaegse tõusmise tõttu nuudis *D*.

Joonisel 414 on toodud vastupidine asend, kus laud on nihutatud vasakule; selle juures laua vasakpoolne külg laskub alla sõrme *C* alla liikumisel nuudis *D*. Laua parempoolne külg tõuseb ja võimaldab täiendavat laastu võtta hamba parempoolselt otsalt.



Joon. 413. Kiikuv erirakis šeevingpingile tünnitaolise hamba töötlemiseks. Asend 2 — hamba vasakpoolse osa töötlemine.



Joon. 414. Kiikuv erirakis šeevingpingile tünnitaoline hamba töötlemiseks. Asend 3 — hamba parempoolse osa töötlemine.

Hamba tünnitaoline kuju väldib koormuse kontsentreerumist hammaste otstel ja võimaldab hammaste deformeerumist termilise töötlemise ajal, nende läbipaindumist koormuse tõttu ja hambuvate hammasrataste telgede mitteparalleelsust, mis võib tekkida kerede aukude sisetreimisel, montaažil ja ekspluatatsioonis. Neil juhtudel leiavad hambad ise teised kokkupuutetsoonid hammasrataste hammaste sfäärilisel pinnal. Selle juures väheneb hammasrataste müra ja välditakse nende kinnikiilumist.

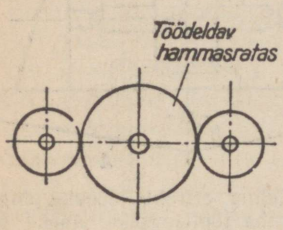
Katsed on näidanud, et hammasrataste soveldamiseks kuluv aeg (vt. samas peatükis edaspidi) tünnitaoliste hammaste juures on umbes poole väiksem sellest ajast, mida tavaliselt kulutatakse normaalsete hammaste soveldamiseks ja soveldi vastupidavus suureneb veel

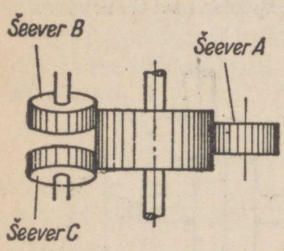
suuremal määral. Selle juures väheneb soveldi pinna kulumine hammaste teravate otste puudumise tõttu.

Tünnitaoliste hammaste töötlemise täiuslikum viis seisab hammasratta töötlemises kolme šeeveriga *A*, *B* ja *C* eripingil (joon. 415).

Töödeldav hammasratas seatakse üles tsentrite vahele. Pingil on kolm eripead šeeverite jaoks, mida saab asetada iga soovitava nurga alla. Üks neist kolmest šeeverist *A* on harilikku tüüpi; teised kaks šeeverit *B* ja *C* annavad hammasrattale tünnitaolise kuju sel teel, et nad asetatakse nurga alla, mis erineb šeeveri *A* nurgast teatud suuruse võrra (±2—4°).

Näiteks kui šeever *A* on üles seatud hammasratta telje suhtes 30° alla, siis šeever B seatakse 33° alla ja šeever C — 27° alla.

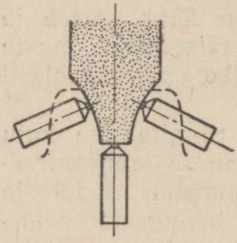




Joon. 415. Tünnitaolise hamba töötlemise skeem kolme šeeveri abil.

Joonisel 415 on toodud tünnitaoliste hammaste töötlemine kolme šeeveri abil.

Hammasrataste hammaste lihvimine. Lihvitud hammastega hammasrattaid kasutatakse paljudes masinaehitusharudes (lennumootorite ehituses, autotööstuses, tööpinkide ehituses jne.).



Joon. 416. Lihvimiskäia profiili riħtimine kolme teemandi abil.

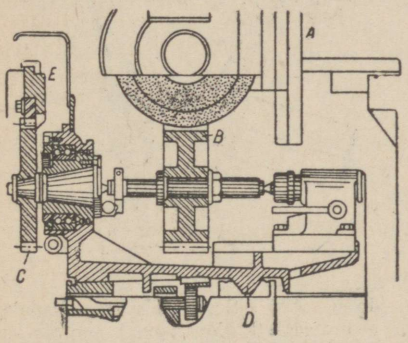
Hammaste lihvimine tõstab karastamata hammasrataste ja eriti termilise töötlemise jooksul deformeerunud hammasrataste täpsust.

Evolventprofiiliga hammaste lihvimist teostatakse 1) kopeerimise meetodil evolventprofiiliga profiilkäia abil ja 2) rullumismeetodil.

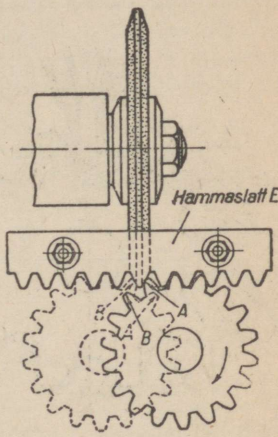
Kopeerimismeetodil töötavad pingid on levinud nende suurema produktiivsuse tõttu võrreldes rullumismeetodil töötavate pinkidega. Nad annavad aga väiksema täpsuse. Lihvimist teostatakse käiaga, mille profiil vastab hambavahe profiilile, nagu see esineb ka moodulfreesi juures. Käia kulumisel taastatakse ta õige profiil kolme teemandi abil (joon. 416). Selline käi lihvib kahe naaberhamba kahte vastastikku asetsevat külge.

Mitmesuguste moodulitega hammasrataste jaoks peavad olema vastavalt hammaste arvule mitmesugused šabloonid käia profiili rihtimiseks. Selliseid pinke kasutatakse peamiselt suurseerialisel ja massilisel tootmisel ja mõnikord ka keskseerialisel tootmisel (tööpinkide ehitus).

Kopeerimismeetodil hammaste lihvimisel on see suur puudus, et suure hammaste arvuga hammasratta lihvimisel käi järk-järgult kulub ja kui lihvimine toimub järjestikku hambalt hambale, siis tekib suurim viga esimesena ja viimasena lihvitud hammaste profiilide vahel. Selle tõttu soovitatakse pöörata hammasratast lihvimisel mitte ühe hamba võrra, vaid mitme hamba võrra, et paratamatut viga jaotada kogu hammasratta ringjoonele, mis vähendab naaberhammaste profiilide vahelist viga. Saavutatav täpsus on 0,010—0,015 mm.



Joon. 417. Rullumismeetodil töötav hammaste lihvimise pink.



Joon. 418. Hamba-lihvimise pingi hammaslatt.

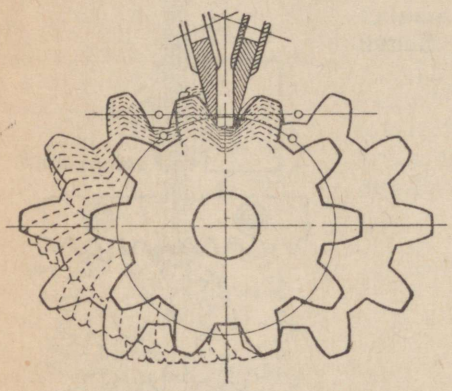
Teine hammaste lihvimise meetod (rullumismeetod) on vähem produktiivne, kuid annab suurema täpsuse (kuni 0,0025 mm). Lihvimine toimub kas ühe või kahe käiaga. Joonisel 417 toodud pink lihvib ühe käiaga, mida rihitakse kahe teemandiga hammaslati profiili järgi. Käi on kinnitatud peasse A, mis teostab edasi-tagasi liikumist piki hammast. Lihvitav hammasratas B, mis on kinnitatud tornile pingi töölaua kahe tsentri vahel, teostab käia suhtes rullumisliikumist. See liikumine, mis moodustab evolvendi profiili, toimub üsna täpse hammasratta *C* abil, mis asub lihvitava hammasrattaga samal teljel; töölaua *D* edasi-tagasi liikumisel, mis toimub risti hammasratta teljega, hammasratas *C* veereb üsna täpsel hammaslatil *E* (joon. 418).

Hammaste lihvimine teostub hammasratta 2—4 pöörde jooksul olenevalt lihvimiseks jäetud töötlusvarust (tavaliselt on viimane 0,1—0,3 mm

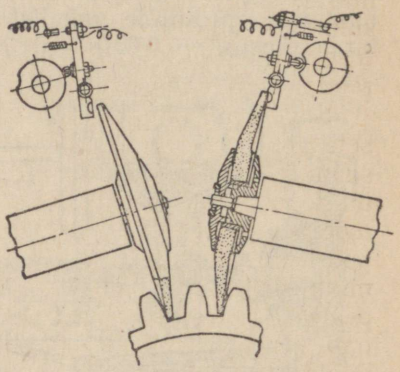
hamba paksuse kohta) ja nõutavast täpsusest. Sellest hammasratta pöörete arvust läheb 1—2 pööret mustlihvmiseks suurendatud ettenihkega ja 1 — 2 pööret puhaslihvimiseks vähendatud ettenihkega.

Levinud MAAG-tüüpi hambalihvimise pink töötab kahe taldrikkäiaga, mis on asetatud teineteise suhtes 30° või 40° alla ja moodustavad nagu hammaslati hamba, millel toimubki hammasratta rullumine.

Joonisel 419 on kujutatud käiade asetus ja hammasratta rullumise skeem. Tornile asetatakse mitu hammasratast ja torn kinnitatakse tsentrite vahele, mis asuvad töölaual. Töölauale antakse edasi-tagasi liikumine ulatuses $H = B + b$, kus B on hammasrataste summaarne



Joon. 419. Hammaste lihvimise skeem MAAG-tüüpi pingil.



Joon. 420. Seade lihvimiskäiadele automaatselt õige asendi andmiseks MAAG-tüüpi hambalihvimise pingil.

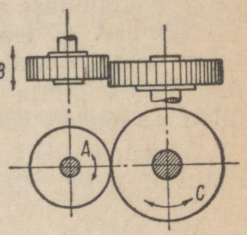
laius mm-tes, b — töölaua ülejooksu suurus, s. t. töökäigu pikkuse suurenemine käia sisenemise ja väljumise arvel. Viimane on 40 kuni 140 mm, olenevalt moodulist. Hammasratta automaatne pööramine ühe hamba võrra toimub pärast ühe- või kahekordset käia käiku. Tavaliselt jäetakse lihvimiseks töötlusvaru 0,1 — 0,2 mm hamba paksuse kohta, mis võetakse maha kahe või rohkem arvu käia käikudega. Käia ringkiirus on 27—32 m/sek. Hammasratta kõikumiste arv käia suhtes on 164 kuni 244 minutis ja hammasratta telg-ettenihe ühe kõikumise jooksul — 1,08 kuni 3,1 mm.

Taldrikkäiad lihvivad hambaid kitsa, 2 — 3 mm ribana, mistõttu käia surve hambale ja soojenemine on väike, mis kindlasti tõstab töötlemise täpsust. Lihvimiskäiade kulumisest tingitud ebatäpsuste vältimiseks on pink varustatud eriseadmega (joon. 420) nende automaatseks reguleerimiseks. Iga 3—6 sekundi järel lähenevad käia-

dele hoovakesed lamedaks lihvitud teemantidega ja kui käia lihviva pinna asend ei ole muutunud üle 0,001 mm, siis hoob liigub tagasi. Kui aga kulumise tõttu on selle pinna asend muutunud üle selle suuruse, siis hoob lülib sisse voolu ja käivitab abimehhanismi, mis liigutab käia kandvat kelku seni, kui on lihviv pind jõudnud õigesse asendisse. MAAG-tüüpi pingi põhipuuduseks on tema väike produktiivsus ja kallis hind.

Hammasrataste soveldamine ja sissetöötamine. Soveldamise protsessi nimetatakse teisiti lapingprotsessiks. Hamba lihvimine kui väheproduktiivne operatsioon on paljudes tehastes kasutamisel peamiselt «viskamise» tõttu praagitud hammasrataste parandamiseks. Hammaste puhastöötlemiseks aga kasutatakse käesoleval ajal hammasrataste soveldamist, mis seisab hammaste kunstlikus kulutamises eriliste soveldite abil. Kiirendatud kulumine, mis on tavalise hammasülekande juures negatiivseks nähtuseks, muutub siin positiivseks teguriks ja suurendab soveldamise produktiivsust.

Soveldamispingid ehitatakse kas paralleelsete või ristuvate telgedega. Suurima leviku on saanud soveldamispink, mille töötamise skeem on toodud joonisel 421. Tema töötamise põhimõte seisab selles, et töödeldav hammasratas *C* pöörleb hambumises soveldiga *A*. Pöörete arv minutis on 38 kuni 390. Soveldile *A* antakse peale pöörleva liikumise veel telgliikumine suunas *B*, selle liikumise ulatus on 0—12 mm. Peale selle antakse hammasrattale *C* radiaalne liikumine 0 kuni 4 mm ulatuses. Nii toimub soveldamine kolme samaaegse liikumise tulemusena ja teda nimetatakse kolmekordseks soveldamiseks. See meetod võimaldab hamba kogu pinnalt võtta ühtlast laastu. Pingil on kaks alumist ja kaks ülemist spindlit, mis võimaldab korraga töödelda kahte hammasratast.



Joon. 421. Hammasratta ja soveldi liikumise skeem soveldamispingis.

Alumised spindlid koormatakse eriliste lintpiduritega, mis loovad hammasrataste soveldamisel tingimused, mis on analoogilised hammasrataste töötamise tingimustega pingis või mootoris koormatuna.

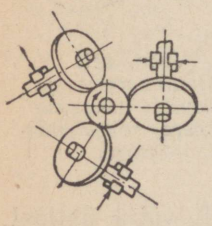
Pink töötab täiesti automaatselt. Pärast töökäikude pikkuse ja käikude arvu kindlaksmääramist pöörlevad spindlid vaheldumisi mõlemale poole. Ühele poole pöörlemise aeg määratakse kindlaks piirides 24 sekundist kuni 4 minutini, mille järel võib spindel automaatselt hakata pöörlema vastupidises suunas. Kõikide hammaste töötlemise lõpul pink peatub automaatselt. Hästi töödeldud hammasrataste soveldamise aeg on 2—6 minutit, eelnevalt lihvitud hammasrataste soveldamise aeg — 0,5 kuni 2 minutit. Toodud aeg on

antud kahe hammasratta korraga soveldamise kohta. Soveldid valmistatakse hallist malmist (mõnikord ka legeeritud malmist), mille kõvadus on H_B = 180 — 200 kg/mm², ja neid töödeldakse ekstsentrilisuse suhtes 0,02 mm täpsusega, sammu osas 0,01 mm täpsusega. Soveldi hamba paksus peab olema 0,08 mooduli võrra hammasratta hamba paksusest väiksem. Soveldamisel kasutatakse õli ja lihvimispulbri segu, mida valatakse hammaste vahele. Soveldamise töötlusvaru ei tohi ületada 0,04 mm, sest suurema töötlusvaru puhul soveldamine ei ole majanduslikult kasulik suure ajakulu tõttu. Soveldamisel saadakse hambasammus 0,010—0,015 mm täpsus ja ekstsentrilisuses umbes 0,04—0,05 mm täpsus.

Soveldamist saab kasutada mitte ainult karastatud hammasrataste, vaid ka karastamata hammasrataste juures, asendades soveldi materjali — malmi või vaske terasega.

Peale soveldamise saab sellel pingil teostada ka puhastöötlemist, mida nimetatakse s i s s e t ö ö t a m i s e k s. See meetod seisab selles, et soveldamist ei teostata mitte soveldi, vaid kahe paarishammasrattaga. Sissetöötamisel kasutatakse lihvimismaterjali pulbrit, mis annab sileda pinna ja kiirendab sissetöötamise protsessi. Sissetöötamisel saadakse väiksem hammasrataste täpsus kui soveldamisel.

Suurima levikuga on soveldamispink, millel soveldite teljed on ristuvad (joon. 422), ja neid on võimalik seada soovitava nurga alla teineteise suhtes. Üks soveldidest asetatakse tavaliselt paralleelselt töödeldava hammasratta teljega. Sellise soveldite asendi juures töötab hammasratas nagu kruviülekandes, ja detaili täiendava telgnihutamise teel 0—2,5 mm ulatuses toimub soveldamine ühtlaselt kogu hamba külgpinna ulatuses. Soveldatavale hammasrattale antakse vaheldumisi pöörlemine ühele ja teisele poole mõlema hamba külje ühtlaseks soveldamiseks. Vajalik surve hammasratta hammaste külgedele saavutatakse soveldite telgedele mõjuvate hüdrauliliste pidurite abil.



Joon. 422. Soveldite ja hammasrataste asendi skeem soveldus-pingis.

Hammasratta telgliikumist teostab töölaud. Hammasrataste pöörlemise kiirus on tavaliselt 30 kuni 60 m/min., töölaua liikumise kiirus võetakse umbes 8 kuni 12 korda väiksem. 0,03 mm töötlusvaru võetakse maha 2 minuti jooksul. Pingi produktiivsus on normaalse töötlusvaru juures 15—30 hammasratast tunnis, olenevalt moodulist ja hammaste arvust.

Nendel pinkidel saavutatav täpsus on eespoolkirjeldatud tüüpi pinkide täpsusest suurem (kuni 0,008 — 0,010 mm hamba sammus); ekstsentrilisust saab parandada kuni 0,03 mm. Soveldamine annab

kõrge kvaliteediga, peaaegu peegelläikega pinna, vähendades märgatavalt hammasrataste töötamise müra ja ületades kvaliteedilt lihvitud pinda. Soveldamist saab kasutada täiendavalt lihvimisele, kuid teda täielikult asendada ei suuda. Kui on vajalik suur täpsus ja läikiv pind, siis tuleb hambad enne lihvida ja siis soveldada.

Hamba külgpinna lihvimismaterjali tolmuga küllastumise ja selle pinna kiire kulumise võimaluse tõttu on tarvis enne kokkumonteerimisele saatmist hammasrattad hoolikalt läbi pesta. Kokkuvõttes tuleb soveldamist soovitada eriti pärast karastamist; soveldamisel toimub ebatasasuste silumine hammaste külgpindadel, mis omandavad peegelläike. Soveldamine võimaldab hammasrataste sujuvat ja müratut tööd tingimusel, et hammasrattad on õieti valmistatud, sest soveldamisega saab parandada ainult väikesi vigu. Suuremate vigade korral tuleb hammasrattaid esmalt lihvida ja siis soveldada.

Hooning-protsess. Käesoleval ajal on laialdaselt levinud silindrite lõpliku töötlemise viis, mida nimetatakse hooning-protsessiks. Seda meetodit saab kasutada ka hammasrataste töötlemiseks.

Hooning-protsessi juures mahavõetav töötlusvaru (kuni 0,15 mm hamba paksuse kohta) võimaldab kõrvaldada mehaanilise töötlemise vigu ja termilise töötlemise juures tekkinud deformatsioone. Selle juures saavutatav täpsus on 0,01—0,02 mm.

Hammasrataste hooning-protsessi teostatakse hambasoveldamise pinkidel kolme lihvimishammasratta abil. Need annavad üsna hea pinna ja on suure produktiivsusega.

Hammasrataste valik. Vaatamata rea viimistlusoperatsioonide kasutamisele võtmisele tuleb hammasrataste müratu töötamise kindlustamiseks neid valida ja kontrollida müratut töötamist eripinkidel, milledel müra mõõdetakse erilise heliindikaatori abil helikõvaduse ühikutes.

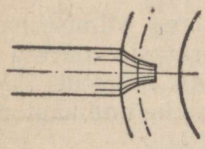
Üldine järeldus hammasrataste viimistlemise meetoodi valiku kohta.

Käsiteldu põhjal võib teha järelduse, et produktiivseimaks ja ratsionaalseimaks täpsete hammasrataste saamise viisiks on šeeving-protsess, mida kasutatakse pärast hambalõikamist, kuid enne termilist töötlemist. Pärast termilist töötlemist on otstarbekohane kasutada väikeste profiili ja sammu ebatäpsuste ning hammaste puhta pinna saamise eesmärgil soveldamist ja ainult suuremate deformatsioonide puhul kasutada lihvimist. Selle tõttu tuleb lugeda ratsionaalseimaks hammasrataste töötlemise järjekorraks järgmist: 1) hammaste lõikamisele eelnevad operatsioonid, 2) hammaste lõikamine, 3) šeeving-protsess, 4) termiline töötlemine, 5) soveldamine.

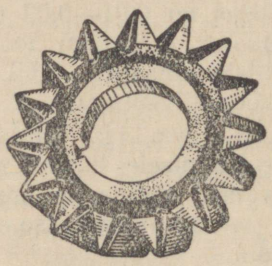
Kalasabahammastega hammasrataste valmistamise meetodid.

Kalasabahammastega hammasrataste eelised sirgete ja isegi spiraalhammastega silindriliste hammasratastega võrreldes on järgmised: 1) suur töötamise sujuvus, 2) müra ja värisemise puudumine, 3) telgjõudude puudumine, 4) võimalus samale hammaskrantsi laiusele üle anda suuremat koormust, kui sirgete hammastega hammasratta juures, s. t. suurem tugevus hamba pikkuse suurenemise arvel sama hammaskrantsi laiuse juures. Kalasabahammastega hammasrataste põhipuuduseks on nende valmistamise keerukus. Lihtsamaks kalasabahammaste valmistamise viisiks on nende freesimine sõrm-freesiga (joon. 423). See viis aga on vähe produktiivne ja teda kasutatakse individuaalses ja väikeseerialises tootmises.

Produktiivsemaks viisiks on nende hammasrataste hööveldamine eripinkidel, kusjuures lõikeriistaks on spiraalne tera või eriline hambalõikekamm. Joonisel 424 on toodud spiraalse hambaga hambahööveltera ja joonisel 425 hambalõikekamm, mida kasutatakse kalasabahammaste lõikamisel. Keskmise soonega kalasabahammaste lõikamiseks võib kasutada moodulfreese (ketasfreese või tigufreese) ja lõikamist teostada hambafreespinkidel.



Joon. 423. Kalasabahammaste lõikamiseks kasutatav otsfrees.



Joon. 424. Spiraalhammastega hööveltera kalasabahammaste lõikamiseks.



Joon. 425. Kalasabahammaste lõikamiseks kasutatav hambalõikekamm.

Hammasrataste kontrollimise meetodid.

Hammasrattad, mis on paljude mehhanismide ja agregaatide (kiiruste kastid, ettenihete kastid jne.) põhidetailideks, peavad olema valmistatud täpselt, kuna ükskõik missuguse hammasratta ebatäpsus võib põhjustada ebaühtlast käiku, värisemist, müra, mis omakorda toob kaasa enneaegse kulumise ja detailide, sageli isegi kogu agregaadi tööst väljalangemise.

Kontrolli ülesandeks on peale hammasrataste kui valmistoodangu kvaliteedi määramise veel ka hambalõike- ja teiste pinkide ebatäpsuste ja vigade avastamine samuti ka hammasrataste töötlemisel kasutatavate lõike- ja mõõteriistade seisukorra kindlaksmääramine.

Tegelikkus näitab, et pingid, lõikeriistad ja termiline töötlemine on hammasratta üksikute elementide vigade põhjuseks. Jagamisringi ekstsentrilisus on põhjustatud peamiselt hammasratta pingil tsentreerimise vigadest ja plaanseibi või spindli «viskamisest».

Sammu ebatäpsus jagamisringil võib tekkida lõikeriista kui ka jagamispea ebatäpsusest.

Hamba profiili ebatäpsus oleneb pingist, lõikeriistast ja hammasratta pinki ülesseadmisest.

Hammasrataste põhielementide kontroll on üsna töömahukas operatsioon, mille tõttu kontrollitakse esimese 2 — 3 hambalõikepingilt tuleva hammasratta jagamisringi ekstsentrilisust, hamba paksust jagamisringi kõõlul ja sammu ning profiili kõrvalekaldumist.



Joon. 426. Piirikaliiber silindriliste hammasrataste hambasammu kontrollimiseks.

Täiesti valmis hammasrattaid kontrollitakse ekstsentrilisusele, sammu ja profiili kõrvalekaldumistele, milleks nad viiakse hambumisse etaloonhammasrattaga. Juhul, kui esimesed hammasrattad on ebatäpsed ja neid peab välja praakima, teatab kontrolör sellest otsekohe meistrile ja pingi korrastajale.

Silindriliste hammasrataste hammaste sammu ühtluse kontrollimiseks kasutatakse piirikaliibreid (joon. 426), mille mõõde A arvutatakse järgmise valemiga:

$$A = m \cdot \cos\alpha \left[(2s + 1)\frac{\pi}{2} + z \cdot (\operatorname{tg}\alpha - \alpha) \right],$$

kus m on moodul;

α — hambumisnurk (radiaanides);

z — hammasratta hammaste arv;

s — mõõtesse kuuluv hambavahede arv.

s suurus valitakse tabelist 67.

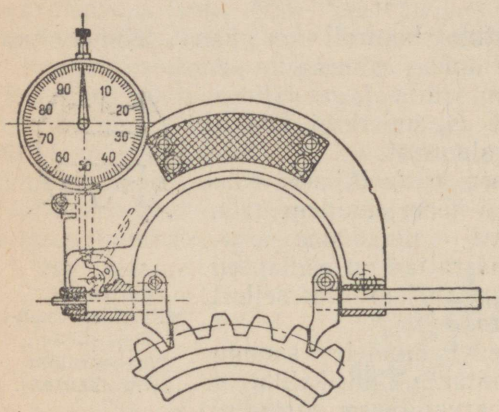
Tabel 67.

s suurused hambumisse kuuluvate hammaste arvutamiseks.

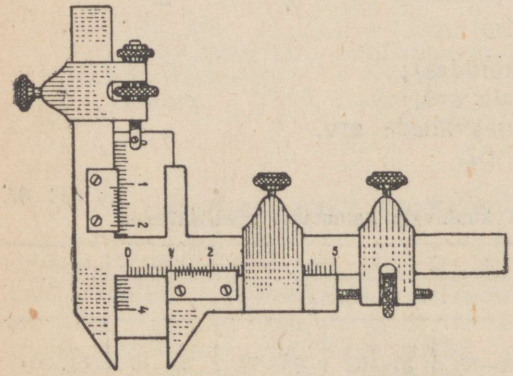
Hambumisnurk	1	2	3	4	5	6	7
	Hammasratta hammaste arv						
14,5	12—25	26—37	38—50	51—62	63—75	76—87	88—100
20	12—18	19—27	28—36	37—45	46—54	55—63	64— 72
25	12—14	15—21	22—29	30—36	37—43	44—51	52— 58

Pärast kaliibri normaalmõõte määramist määratakse tema piirilised mõõted, olenevalt hammasratta kasutamise eesmärgist ja tema täpsusest. Hammasrataste kontroll piirikaliibritega ei garanteeri küllaldast mõõtmistäpsust. Joonisel 427 on kujutatud indikaatoriga kaliibri kasutamine; see annab võimaluse määrata hammaste koonilisust ja spiraalsust, mida ei ole võimalik kindlaks teha ainult piirikaliibriga.

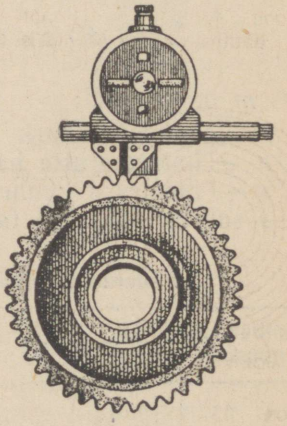
Hamba paksuse mõõtmiseks jagamisringil kasutatakse erilist hamba mõõtmise nihkkaliibrit (joon. 428). Tema ülemine nihutatav lingur asetatakse selliselt, et tema kaugus nihkkaliibri otstest on veidi suurem hamba pea kõrgusest; see kaugus saadakse tabelist. Pärast seda mõõdetakse hamba paksust horisontaalse linguri abil. Õige nooniuse lugemine on kirjeldataval nihkkaliibril raskendatud, sellepärast on parem kasutada optilist hambamõõtjat (joon. 429), mille abil on võimalik mõõta hammasrattaid mooduliga 1,5 kuni 18 täpsusega 0,02 mm.



Joon. 427. Indikaatoriga kaliiber hammasrataste hammaste kontrollimiseks.



Joon. 428. Hambamõõtmise nihkkaliiber.

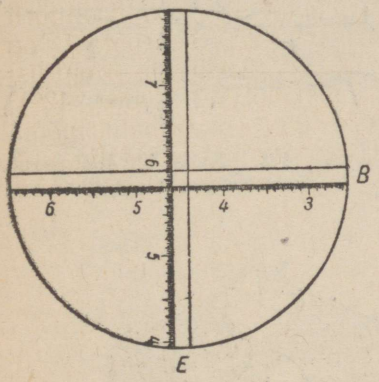


Joon. 429. Optiline hambamõõtja.

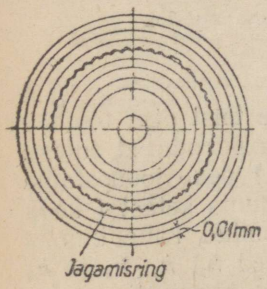
Nimetatud aparaadi keres on kaks klaasist skaalat (joon. 430); üks neist — *B* — on hambamõõtja seadmiseks kõrguse järgi, teine aga — *E* — hamba paksuse mõõtmiseks (arvud skaaladel on jaotused millimeetrites). Mõlemad skaalad on nähtavad aparaadi keskkohas olevas okulaaris.

Silindriliste hammasrataste hambumise kontrollimist teostatakse aparaadiga, millel võib kontrollida nii paarishammasrattaid (koostöötavaid) kui ka üksikuid hammasrattaid etaloonhammasrattaga. Kontrollimine teostub küllalt kiiresti ja täpselt ja aparaadi lihtsa häälestamise tõttu ei ole tema käsitamiseks tarvis kvalifitseeritud tööjõudu.

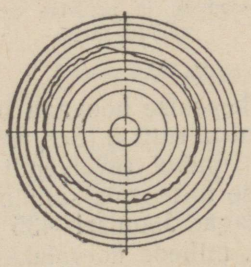
Kontrollimise tulemusi näeb kas indikaatoril või isekirjutav seadeldis joonestab diagrammi. Sellisel aparaadil on võimalik avastada hammasratta ekstsentrilisust, samuti aga ka hamba paksuse ja hambasammu vigu. Seda aparaati kasutatakse tsehhides nii vahepealseks kui ka lõplikuks kontrolliks. Joonistel 431, 432 ja 433 on toodud isekirjutava seadeldise diagrammid, milledel ringide kaugus üksteisest on 0,01 mm. Joonisel 431 on toodud õietivalmistatud hammasratta diagramm (kõver on kontsentriline diagrammi ringiga, välja arvatud väikesed kõrvalekaldumised). Joonisel 432 on kujutatud ekstsentrilise hammasratta diagramm ja joonisel 433 ebaõige hammaste profiiliga hammasratta diagramm.



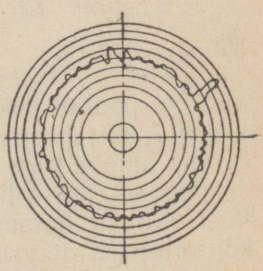
Joon. 430. Vaateväli optilise hambamõõtja okulaaris.



Joon. 431. Õietivalmistatud hammasratta diagramm.



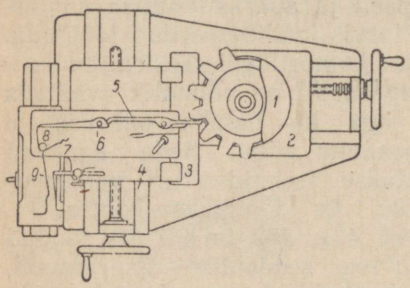
Joon. 432. Ekstsentrilise hammasratta kontrollimise diagramm.



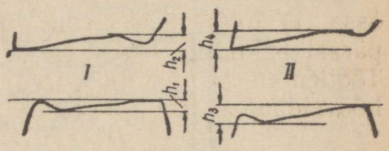
Joon. 433. Ebaõige hambaprofiiliga hammasratta kontrollimise diagramm.

Hamba profiili kontrollimist teostatakse MAAG'i aparaadiga, mille töötamise skeem on toodud joonisel 434. Jagamisringi erikettaga 1 varustatud hammasratas liigub koos kelguga 2. Ristjuhtpindadel liigub registreeriv kelk 4 koos temale kinnitatud karastatud ja lihvitud joonlauaga 3, mis puutub kokku kettaga 1.

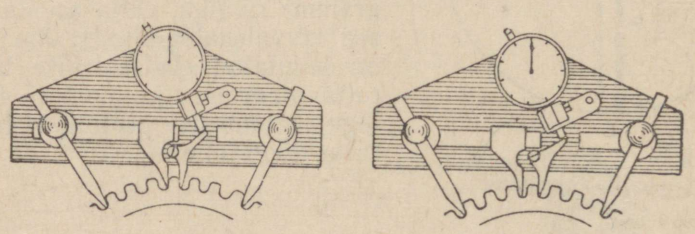
Kelgul 4 asetseb registreeriva seadme karp. Hoob 5 puutub oma keraotsaga kokku kontrollitava hammasratta hambaprofiiliga, teine



Joon. 434. MAAG-i aparaadi skeem.



Joon. 435. Kahe lihvitud hamba kontrollimise diagramm.



Joon. 436. Hambasammu ja paksuse kontrollimine siseläbimõõdu järgi.

ots aga puutub kokku vahepealse hoovaga 6, mille teist otsa tõmbab vedru 7, mis käändub ümber rulli 8. See rull 8 on ühendatud sulega 9, mis hamba õige profiili puhul (evolvendi puhul) peab joonestama sirgjoone kelgu 4 liikumise tõttu, mis sunnib pöörduma ketast 1 koos kontrollitava hammasrattaga. Joonisel 435 on toodud kahe hamba kontrollimise diagrammid, millede kõrvalekaldumised h_1, h_2, h_3 ja h_4 on suurendatud 250 korda ($h_4 = 0{,}016$ mm). Selle aparaadi puuduseks on vajadus eriketta 1 järele iga hammasratta puhul.

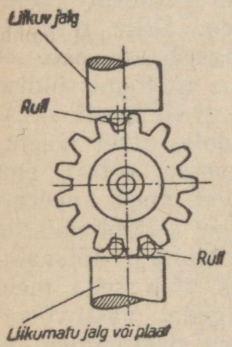
Hambasammu ja paksust saab kontrollida ka siseläbimõõdu järgi (joon. 436).

Jagamisringi läbimõõtu kontrollitakse täpse läbimõõduga rullide abil. Nende rullide arv on 2 või 3, olenevalt sellest, kas hammaste arv on paaris- või paaritu arv. Joonisel 437 on toodud hammasratta ülesseadmise skeem jagamisringi kontrollimiseks, mida võib teostada nihkkaliibriga, mikromeetriga või siis indikaatoriga etaloonhammasrattaga võrdlemise teel. Samal viisil saab kontrollida ka tigude läbimõõtu.

XIII. LAAGRITE TÖÖTLEMINE.

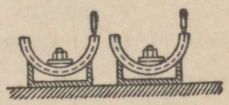
Kahest poolest koosnevate laagripukside töötlemine.

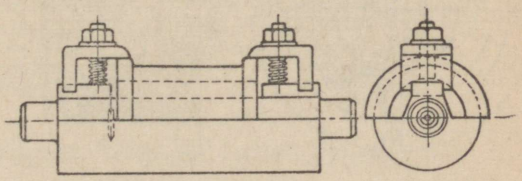
Kahest poolest koosnevate laagripukside töötlemine jaguneb kahte ossa: 1) töötlemiseks enne babiidiga täisvalamist ja 2) töötlemiseks pärast babiidiga täisvalamist. Poolte töötlemine algab liitepindadest. Töötlemine toimub tavaliselt freesimise teel vertikaal-freespingil või hööveldamise teel piki-höövelpingil. Viimasel juhul töödeldakse kor-



Joon. 437. Hammasratta jagamisringi kontrollimiseks ülesseadmise skeem.

Joon. 438. Laagripoolte hööveldamine piki-höövelpingil.





Joon. 439. Laagripoolte treimiseks kasutatav tsentertorn.

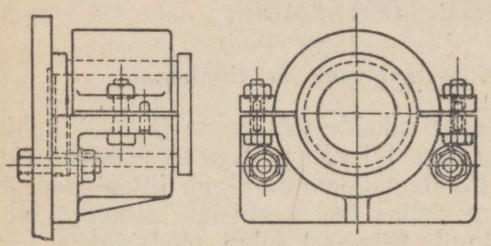
raga mitut laagripoolt (joon. 438). Šepingitel ja tasalihvimise pinkidel töötlemist kasutatakse harvemini. Kui freespingil või höövelpingil töötlemine ei ole olnud küllalt täpne, siis liitepinnad pärast seda operatsiooni kaabitsetakse.

Pärast liitepindade töötlemist võib laagripooli töödelda kahel meetodil: 1) töötlemist alustada v ä l i s t r e i m i s e s t või 2) töötlemist alustada s i s e t r e i m i s e s t.

E s i m e s e m e e t o d i järgi toimub töötlemine tsentertorni abil, millele laagripool kinnitatakse kahe liistu abil (joon. 439). Sellel

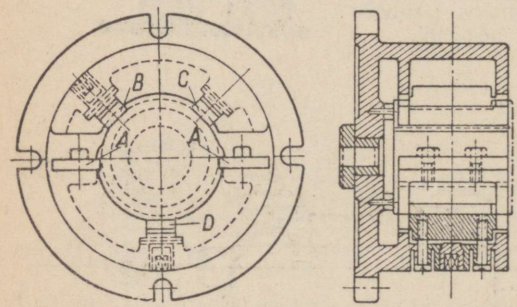
tornil treitakse esmalt laagripoole välispinna keskmine osa. Sellise rakise puuduseks on see, et liistudega kinnitamisel võib see kinnitus olla ebaühtlase survega, mille tulemuseks võib olla laagripoole kaardumine ja deformeerumine. Selle töötlemisviisi juures läheb palju aega detaili ülesseadmiseks. Puuduseks on ka see, et tera töötab ainult pool ringi.

Järgmiseks laagripuksi poole töötlemisoperatsiooniks on ava sisetreimine ja otste treimine. Need operatsioonid teostatakse padrunis, mis on kujutatud joonisel 440.



Joon. 440. Padrun laagripoolte sisetreimiseks.

Laagripuksi tsentreerimine toimub välise treitud läbimõõdu järgi alumise padrunipoole ja ülemise äravõetava padrunipoole abil. Mõlemad rakised tuleb eelnevalt tasakaalustada. Selle meetodi põhipuuduseks on see, et töötlemine ei toimu üldise reegli järgi — avast välispinna poole, vaid vastupidi. Arvesse võttes aga asjaolu, et need operatsioonid on eeltöötlemiseks enne babiidiga täisvalamist, siis võib seda meetodit lugeda vastuvõetavaks. Ava sisetreimist on otstarbekohane teostada enne otsatreimist selleks, et avastada valu vigu. Mõnikord teostatakse enne otsatreimine, mille järel treitakse välispinna keskkoht spindeltornide abil, s. t. selliste tornide abil, mis asetatakse spindlisse. Viimast varianti kasutatakse sagedamini väikeste mõõdetega pukside töötlemisel.



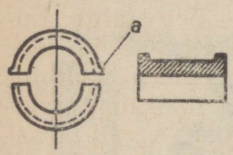
Joon. 441. Laagripuksi sisetreimise rakis.

Teise meetodi järgi teostatakse ava treimist kohe pärast liitepindade töötlemist isetsentreerivas padrunis või erirakises (joon. 441). Sellesse rakisesse seatakse üles enne puksi ülemine pool erilistele valamisnukkidele *a* (joon. 442). Ülemine puksi pool surutakse poldiga *B* vastu pindu *A* ja *A* (joon. 441). Horisontaalsuunas fikseeritakse puks väljaulatisega *C*. Pärast ülemise poole kinnitamist ase-

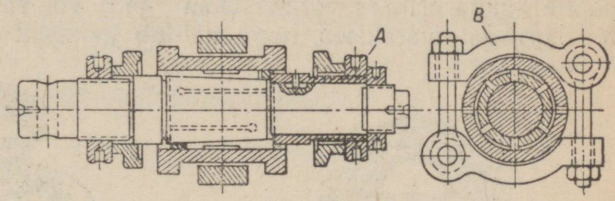
tatakse alumine pool ülemise alla liistude *A* vahele, mis fikseerivad tema asendit horisontaalsuunas, mille järel alumine pool kinnitatakse poltidega *D*.

Sellises padrunis treitud puksi liitepinnad ühtivad täpselt laagripuksi telgjoonega, mida ei saa alati kätte isetsentreerivas padrunis.

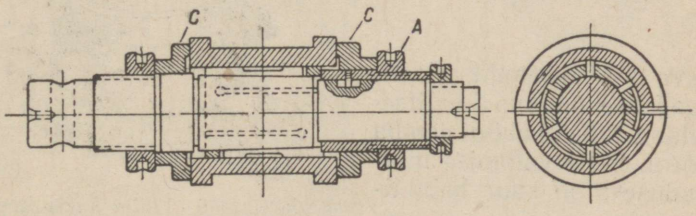
Tuntud laagrite töötlemise meetod, mille juures laagripooled joodetakse kokku ja töödeldakse ühest tükist koosneva laagrina, leiab järjest väiksemat kasutamist ja teda asendatakse kirjeldatuga selle tõttu, et jootmine on lisaoperatsiooniks ja, mis peaasi, võib tekkida ebatäpsus jootekihi ebaühtlase paksuse tõttu. Peale selle ei ole võimalik kõiki metalle hästi joota.



Joon. 442. Eriliste valatud nukkidega laagripuks.



Joon. 443. Laagripukside otste töötlemine eritornil.



Joon. 444. Laagripukside välispinna treimine eritornil.

Laagripuksi poolte lahtijootmiseks vajalik soojendamine on sageli ebasoovitav ja isegi kahjulik sel juhul, kui puksi pooltesse on juba babiit sisse valatud.

Nimetatud puuduste tõttu kasutatakse jootmise asemel puksipoolte kokkutõmbamist pingutusrangidega.

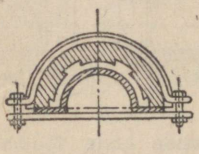
Pärast pukside sisetreimist toimub otste treimine erirakises (joon. 443), millel puksid tsentreeritakse lahtilõigatud puksi abil, mida nihutatakse mutriga *A* ja kinnitatakse pingutusrangidega *B*.

Välispinna treimist teostatakse samal tornil (joon. 444). Kinnitusrange *B* maha võtmata pingutatakse lahtilõigatud puksi mutriga *A* ja kinnitatakse puks kahe seibiga *C*, mille järel võetakse kinnitusrangid maha ja treitakse välispinda.

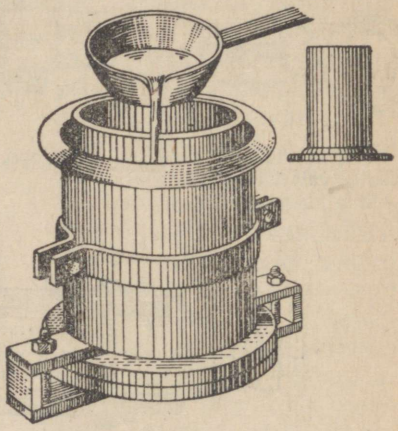
Suuremaid pukse treitakse tavaliselt karusselltreipingil. Suuremate pukside sisepinnasse treitakse kalasabaprofiiliga sooned babiidi paremaks kinnitumiseks.

Pärast pukside välis- ja sisetreimist asutakse babiidi valamisele. Pinnad puhastatakse enne babiidiga täisvalamist mustusest ja roostest, puhastatakse rasvast ja tinutatakse ning selle järel valatakse babiit.

Malmpuksid peitsitakse enne täisvalamist nõrga väävelhappe- või soolhappe-lahusega ja pestakse leiges jooksvas vees. Selle järel vabastatakse nad rasvast sooda- või ammoniaagilahuse abil ja tinutatakse. Babiidi valamine toimub tavaliselt vertikaalsuunas puksipoolte kaupa erilises vormis (joon. 445) või valatakse mõlemad pooled korraga täisrakises, nagu nähtub jooniselt 446.



Joon. 445. Ühe puksipoole babiidiga täisvalamine.



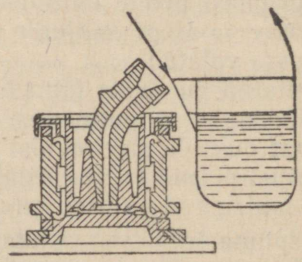
Joon. 446. Lihtne rakis laagrite babiidiga täisvalamiseks.

Tõusva joa meetodil (joon. 447) saadakse parema kvaliteediga valand tulise babiidi samba surve tõttu. Selle valamise meetodi puuduseks on suur babiidikulu.

Käesoleval ajal kasutatakse laialdaselt tsentrifugaalvalamise meetodit, mille paremus seisab selles, et saadakse ühtlase paksusega babiidi kiht ja on võimalik vähendada töötlusvaru kuni 2 mm.

Tsentrifugaalvalamise tähtsaks paremuseks on valamise kiire teostamine ja väike babiidikulu võrreldes käsitsi valamisega.

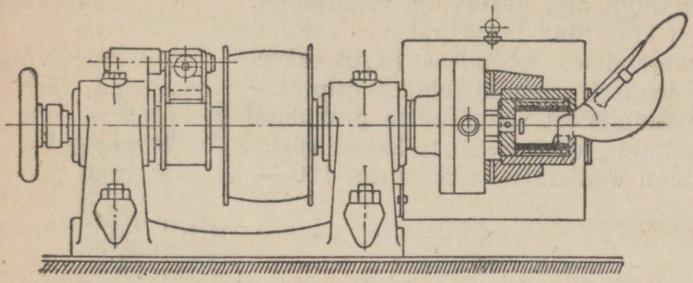
Kuna babiidiga valamise seade võtab vähe ruumi, siis



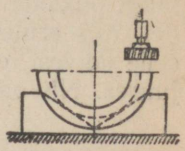
Joon. 447. Laagri täisvalamine tõusva joaga.

teda võib asetada pinkide vahele, kasutades sel juhul babiidi sulatamiseks elektriahje. Sellise seadme skeem on toodud joonisel 448.

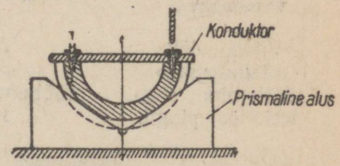
Viimasel ajal kasutatakse ka surve all valamist eriliste masinate abil. Valamist teostatakse metalliga, mis tuleb reservuaarist surve all. Reservuaari soojendatakse kogu aeg gaasi leegiga või elektri-



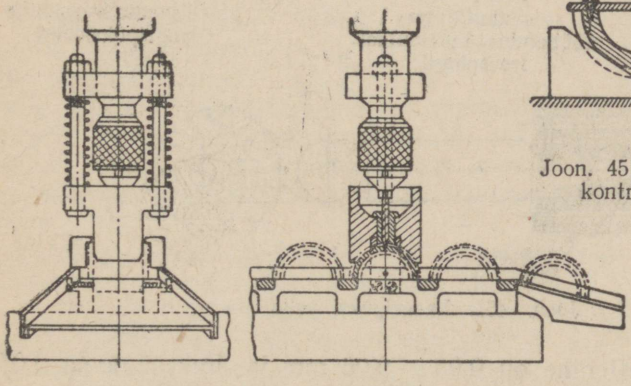
Joon. 448. Laagripukside babiidiga tsentrifugaalmeetodil täisvalamise seadme skeem.



Joon. 449. Liitepindade puhastamine vertikaal-freespingil.



Joon. 451. Aukude puurimine kontrolltihvtide jaoks.



Joon. 450. Määrdeõli aukude puurimine laagripuksi erirakise abil.

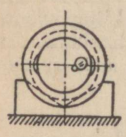
spiraaliga. Surve saavutatakse kolviga, millele antakse liikumine kas käsitsi või mehaaniliselt. Sellisel viisil saadakse väga hea valamise kvaliteet. Pärast valamist puhastatakse liitepinnad vertikaal-freespingil (joon. 449). Selle järel puuritakse määrdeõli augud erirakise abil (joon. 450) ja puuritakse augud kontrolltihvtide jaoks konduktori abil (joon. 451). Viimast operatsiooni teostatakse sageli enne babiidiga täisvalamist.

Nn. «jahutajate» (faasid liitepindade siseservadel) töötlemist võib teostada treipingil või sisetreimise pingil (joon. 452) või ka horisontaal-freespingil (joon. 453).

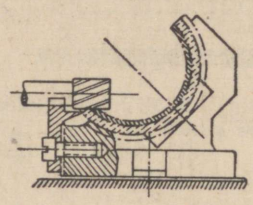
Õlisooned raiutakse individuaaltootmises lukkseppade poolt käsitsi, kesk- ja suurseerialisel tootmisel töödeldakse aga freespinkidel (joon. 454), sagedamini aga vastavatel eripinkidel.

Joonisel 455 on kujutatud laagripukside valtsimine.

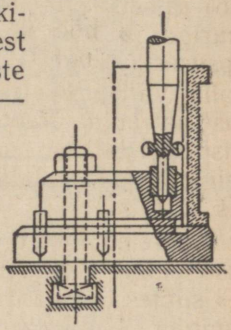
Kesk- ja suurseerialises tootmises kasutatakse laagripukside töötlemisel teemanttreimist eripinkidel, mis erinevad tavalistest sisetreimise pinkidest selle poolest, et treimine teostub suurte lõikekiiruste juures. Nii on malmi töötlemisel lõikekiirus 150 —



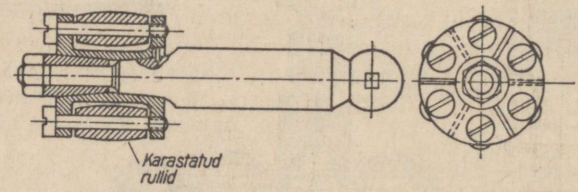
Joon. 452. «Jahutajate» töötlemine sisetreimise pingil.



Joon. 453. «Jahutajate» töötlemine horisontaal-freespingil.



Joon. 454. Õlisoonte freesimine laagripuksidesse.



Joon. 455. Laagripuksi valts.

200 m/min., kui ettenihe on 0,03 — 0,06 mm ja lõikesügavus 0,05 — 0,10 mm. Pronksi töötlemisel on lõikekiirus 200 — 400 m/min. ja babiidi töötlemisel — 1000 m/min.

Teemanttreimiseks kasutatakse teemantteri, viimasel ajal aga kasutatakse eranditult teemandi asemel kõvasulameid tüüp pobediit-alfa-21, РЭ-18 jt.

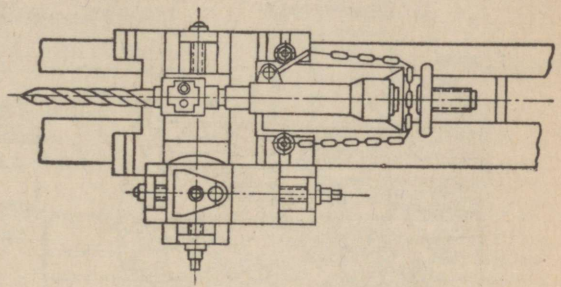
Käesoleval ajal hakkavad autotehased kasutama laagripukse teraslindist, millele on peale valatud õhuke kiht babiiti. Teraslindi paksus on 1—2 mm. Soojendatud lindituukid painutatakse pressides, asetatakse tootesse ja töödeldakse kammlõikamisega või hõõritsetakse.

Selline meetod annab suurt babiidi kokkuhoidu.

Väikeste pronksist ja malmist pukside valmistamise meetodid.

Väike- ja keskseerialises tootmises teostub malm- või pronks-pukside valmistamine valatud varbadest, mida tsentreeritakse, kooritakse treipingil ja selle järel töödeldakse vastavalt partii suurusele kas treipingil või revolverpingil.

Treipingil pigistatakse treitud varb kolmenukilisse padrunisse, puuritakse auk sisse tagumisse tsenterpukki kinnitatud puuriga (joon. 456) ja selle järel teostatakse välistreimist. Auk töödeldakse siis süvipuuriga ja hõõritsaga või ainult hõõritsaga, mis oleneb nõutavast täpsusest, pingi ja lõikeriista seisukorrast. Viimaks lõigatakse puks maha. Välispinna treimist ja augu töötlemist teostatakse sageli kahe puksi pikkuses korraga.



Joon. 456. Puurimine tagumise tsenterpuki automaat-ettenihkega.

Suure nõutava täpsuse puhul «viskamise» suhtes toimub välispinna lõplik treimine vastaval tornil.

Revolverpingil töötlemisel on operatsioonide järjekord sama, ainult sel juhul on otstarbekohane samaaegselt puurimisega teostada ka välistreimist. Augu puurimisel, mille pikkus on kahest läbimõõdust suurem, on puuri juhtimiseks tarvis tsentreerida auk lühikese puuriga, mis on teritatud 90° all. Ilma tsentreerimiseta võib puur viltu minna.

Lühikesi pukse töödeldakse nii revolverpingil kui ka treipingil kahekaupa korraga, neid eraldi maha lõigates.

Suurseerialisel tootmisel valatakse puksid aukudega, iga puks omaette eeltootena. Töötlusvaru moodustab 2—3 mm läbimõõdule. Augu töötlemine võib toimuda kolmel viisil.

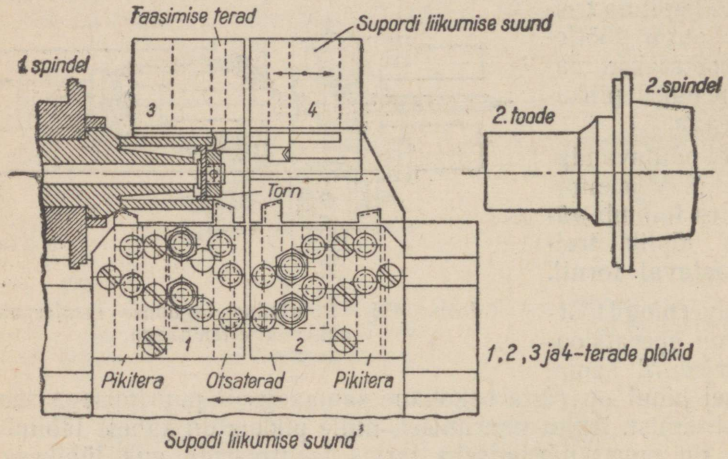
E s i m e n e v i i s — töötlemine revolverpingil. Ots treitakse supordilt, auk töödeldakse süvipuuriga ja hõõritsaga revolverpealt.

T e i n e v i i s — töötlemine vertikaal-puurpingil. Auk ja puksi ots töödeldakse kombineeritud süvipuuriga või töödeldakse ots ja auk eraldi süvipuuridega ja selle järel auk hõõritsetakse.

K o l m a s v i i s — augu sisetreimine ja otsa töötlemine kombineeritud süvipuuriga toimub vertikaal-puurpingil, millele järgneb kammlõikamine. Pärast augu lõplikku töötlemist treitakse vastaval tornil puksi välispind. Välispinna lõplik töötlemine toimub kas tee-

manttreimise või lihvimise teel ümarlihvimise või tsentriteta lihvimise pinkidel.

Laagripukside välistreimine suurseerialises ja massilises tootmises toimub erilisel kahe spindliga pingil (joon. 457), mille üks spindel on musttöötlemiseks, ühe otsa treimiseks ja faasimiseks ja teine spindel — puhastöötlemiseks, teise otsa treimiseks ja faasimiseks. Üldine suport saab automaatliikumise eritrumlilt. Vasakpoolsel spindlil asuva puksi treimisel võetakse parempoolselt maha treitud puks ja asetatakse pneumaatiliselt töötavale tornile uus puks. Selliselt on abiaja kaod viidud nullini.



Joon. 457. Puksi treimine kahe spindliga eripingil.

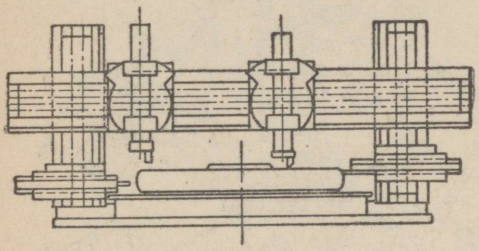
XIV. HOORATASTE JA RIHMARATASTE TÖÖTLEMINE.

Mitmesuguste masinate hoorattad valmistatakse kas ühest tükist või kahest poolest koostatuna, läbimõõduga kuni 3—5 m.

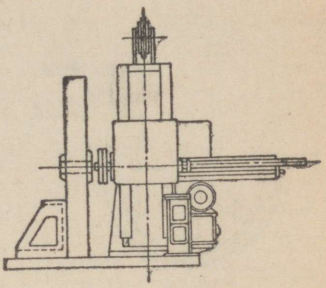
Tervik-hoorattad töödeldakse tavaliselt karussellpinkidel kahe ülesseadega. Hooratas seatakse töölauale üles vastavatele alusplaatidele (joon. 458), selleks et jääks vaba vahe töölaua ja hooratta põia vahele tera ülejooksuks. Hooratas kinnitatakse padruni nukkidega ja suruliistudega. Selle juures tuleb tähelepanu pöörata hooratta põia jäikuse astmele, sest ta võib nukkidega kinnitamisel deformeeruda. Rummu auku töödeldakse teraga ja selle järel süvipuuridega ja hööritsatega, kui pingil on revolverpea. Kui selline pea puudub, siis töödeldakse rummu auk lõplikult treiteradega. Esimese ülesseadega toi-

mub hooratta põia ja selle külgpinna treimine ja rummu otsa ja tema augu sisetreimine. Pärast ühe külje töötlemist pööratakse rattale teine külg ja korratakse rummu otsa ja põia külje töötlemist.

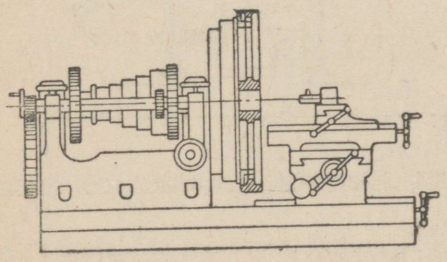
Suure karussellpingi puudumisel töödeldakse rummu ja auku horisontaal-sisetreimise pingil (joon. 459). Pärast seda, asetades hooratta tornile ja teostades selle tsentreerimist augu järgi, teostatakse edasist töötlemist plaantreipingil. Plaantreipingil võib teostada ka kogu hoo-



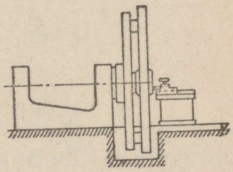
Joon. 458. Hooratta töötlemine suurel karussellpingil.



Joon. 459. Hooratta rummu töötlemine horisontaalsel sisetreimise pingil.



Joon. 460. Hooratta töötlemine plaantreipingil.

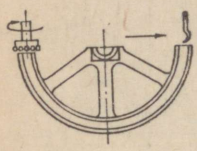


Joon. 461. Hooratta töötlemine suurel plaantreipingil.

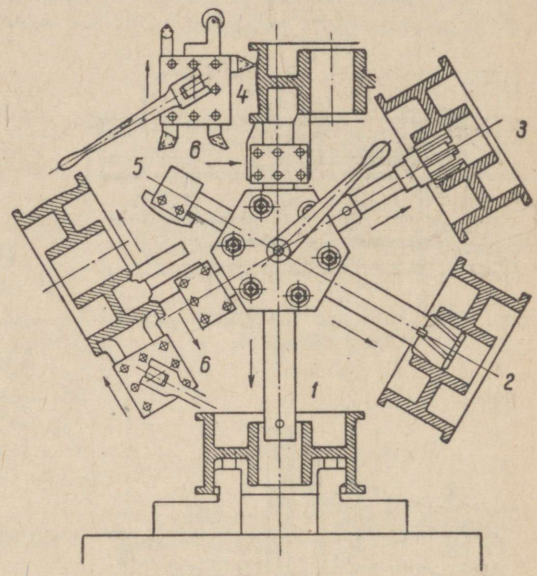
ratta töötlemist (rumm koos auguga ja põid) (joon. 460); sellise töötlemise produktiivsus aga on väiksem.

Suurte hoorataste töötlemisel (läbimõõduga üle 2 m) kasutatakse ilma sängita plaantreipinke (joon. 461), mille spindlikast ja suport on monteeritud eri vundamentidele; nende vahel on maa sees auk, millesse ulatub plaanseib koos hoorattaga. Viimasel ajal tõrjutakse plaantreipingid sellelt töölt karussellpinkide poolt välja nende suurema produktiivsuse ja suurema töötlemise täpsuse tõttu.

Kahest poolest koosnevate hooratаste töötlemist alustatakse poolte liitepindade töötlemisest, mida freesitakse horisontaal-freespingil või hööveldatakse piki-höövelpingil (joon. 462). Pärast seda toimub kinnituspoltide aukude puurimine rummusse radiaal-puurpingil märkimise või šablooni järgi. Alguses puuritakse augud ühesse poolesse, millele sobitatakse pärast teise poole vastavad augud. Pärast puurimist pooled kinnitatakse teineteisega kinnituspoltide abil ja puuri-



Joon. 462. Kahest poolest koosnevate hooratаste liitepindade töötlemine freesimise ja hööveldamise teel.



Joon. 463. Rihmaratta töötlemine karussellpingil.

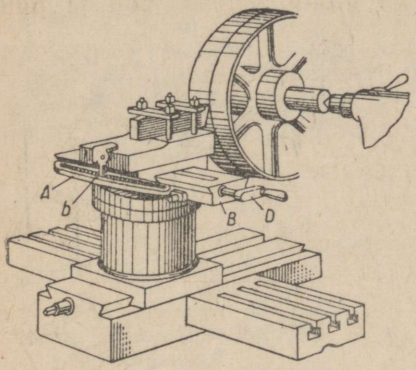
takse kontrolltihvtide augud. Kokkupandud hooratast töödeldakse selle järel nagu tervikulist.

Rihmarattad on välimuselt hooratastega üsna sarnased. Erinevad nad hooratastest peamiselt oma kumera pöia tõttu. Rihmarataste töötlemine sarnaneb hooratаste töötlemisega.

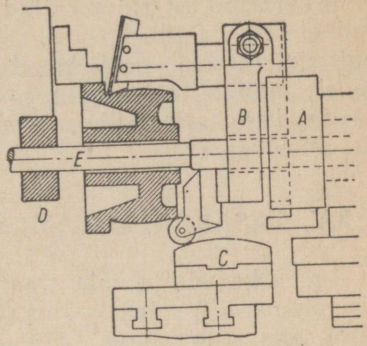
Joonisel 463 on kujutatud väikese rihmaratta töötlemine revolverpeaga varustatud karussellpingil. 1. siire — augu sisekoorimine, 2. siire — augu puhastöötlemine süvipuuriga, 3. siire — augu lõplik töötlemine kiikuva hõõritsaga, 4. siire — rummu otspindade ja pöia külgede treimine ja pöia välispinna koorimine, 5. siire — pöia välispinna silumine külgsupordisse asetatud teraga vertikaalse ettenihke juures revolverpeasse kinnitatud kopiiri järgi, 6. siire — pöia ja rummu nurkade faasimine ja pöia sisekülje treimine kahe eri-terahoidjasse kinnitatud teraga.

Sageli jäetakse aukude hõõritsemine ja pöia silumine lõpliku töötlemise siiretena viimasteks.

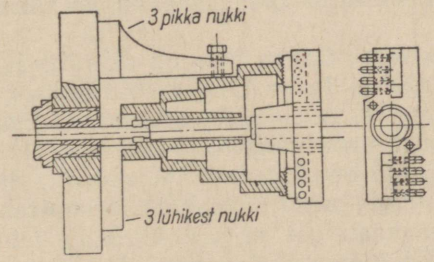
Joonisel 464 on kujutatud kopiirseade kumera pöiaga rataste töötlemiseks treipingil. Kopiir *A* on kinnitatud juhtpindadele *B*. Kruvi *D* pöörlemisel liigub ülemine kelk koos teraga rulli *b* abil kopiiri juhituna, sest selle operatsiooni juures võetakse risti-ettenihke kruvi välja.



Joon. 464. Kopiirseade kumera pöiaga ratta töötlemiseks treipingil.



Joon. 465. Kumera pöiaga rihmaratta töötlemine revolverpingil.



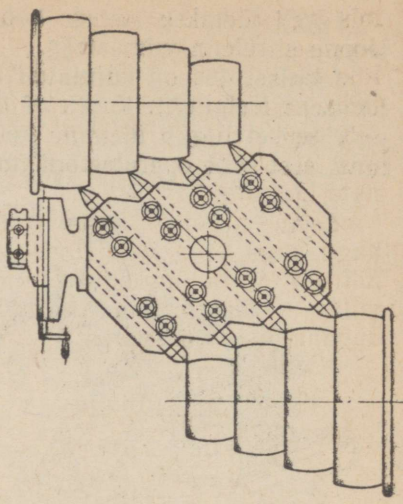
Joon. 466. Neljaastmelise rihmaratta augu ja otsa treimine revolverpingil.

Joonisel 465 on kujutatud kumera pöiaga rihmaratta treimine revolverpingil kopiiri *C* abil, mis on kinnitatud ristsupordisse. Tera on kinnitatud terahoidjasse *B*, mis liigub vabalt vertikaal-juhtpindadel *A*. Puurvõlli *E*, mis treib auku, toetatakse jäikuse saavutamiseks puksiga *D*.

Joonisel 466 on kujutatud augu ja otsa treimine neljaastmelise rihmaratta juures revolverpingil, kus toimub ka augu lõplik töötlemine. Augu sisetreimine toimub ristteraga, otsa treimine kahe laia

hambulise teraga. Selle järel treitakse kaasavedajaga tornil ratta kõik neli astet kas mitme teraga pingil või selleks kohandatud treipingil (joon. 467). Koorimine ja silumine võivad toimuda kas samal pingil või eraldi-pinkidel.

Hoorattad ja rihmarattad peavad olema staatiliselt tasakaalustatud juhul, kui neid kasutatakse suurte pöörete arvu juures. Seda teostatakse eripinkidel, milledest räägime edaspidi.



Joon. 467. Astmelise rihmaratta treimine selleks kohandatud treipingil.

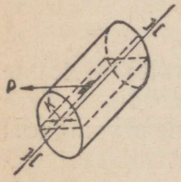
XV. TASAKAALUSTAMINE.

Iga keha võib asuda staatilises või dünaamilises tasakaalus. Staatilise tasakaalu juures keha seisab paigal mistahes asendis oma telje suhtes, s. t. keha raskuskese langeb ühte tema pöörlemisteljega. Dünaamilise tasakaalu juures pöörleb keha rahulikult, ilma tõugeteta ja värisemiseta.

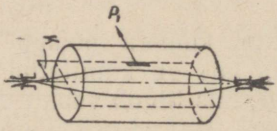
Dünaamilises tasakaalus olev keha on ka staatiliselt tasakaalustatud.

Joonisel 468 on toodud keha, mis on staatiliselt tasakaalustamata, s. o. tema raskuskese ei lange ühte eseme teljega, vaid asub sellest kaugusel *K*. Selline ese, prismadele asetatuna, püüab pöörduda, s. t. väljuda paigalseisust ilma välisjõu rakendamiseta, seni kui raskuskese ei ole saavutanud oma madalamat asendit. Staatiliselt tasakaalustamata keha paindub, nagu on näidatud joonisel 469.

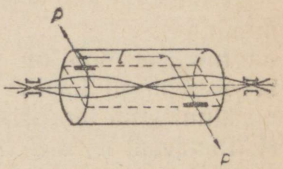
Dünaamilist tasakaalutust ei saa kindlaks teha paigalseisemisel. Pöörlemisel aga tekib kaugusel *l* asuvate jõudude paar *PP* (joon. 470).



Joon. 468. Staatiliselt tasakaalustamata keha.



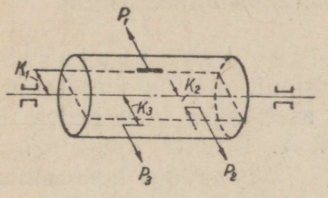
Joon. 469. Staatiliselt tasakaalustamata keha paindumine pöörlemisel.



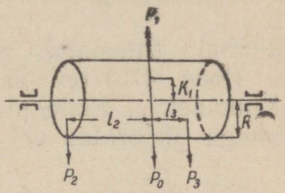
Joon. 470. Jõupaar, mis painutab keha telge dünaamilise tasakaalustamatuse tõttu.

mis painutab keha telge ja loob tugedes jõud, mis on erisuunalised. Joonisel 470 nähtub, et l lähenemisel nullile väheneb ka dünaamiline tasakaalutus ja läheneb samutigi nullile. Selle tõttu selliseid detaile, nagu hoorattad ja rihmarattad, tasakaalustatakse ainult staatiliselt, sest nende juures on l suurus väike ja dünaamilist tasakaalustamist ei ole vaja toimetada (välja arvatud väga kiire käiguga masinate hoorattad).

Esemeid, mille juures l suurus võib tõusta tundüvate mõõdeteni, nagu auto- ja aviomootorite väntvõllid, tuleb tasakaalustada dünaamiliselt. Mida suurem on eseme pöörete arv, seda suurem on dünaamilise tasakaalustamatuse mõju. Pöörlevate kehade staatilist kui ka dünaamilist tasakaalustamatust saab parandada raskuse juurdelisa-



Joon. 471. Staatiline tasakaalustamine.



Joon. 472. Dünaamiline tasakaalustamine.

misega (plii sissevalamine jne.) või vastupidi, esemelt osa materjali kõrvaldamisega, mis põhjustas tasakaalustamatust, puurimise, freesimise või mõnel muul teel.

Joonisel 468 kujutatud keha saab staatiliselt tasakaalustada, asetades mistahes raskuse selliselt, et lisaraskuse korrutis tema kaugusega pöörlemisteljest võrduks tasakaalustamatust põhjustava raskuse korrutisega tema kaugusega pöörlemisteljest. Kui tähistame tasakaalustamatust põhjustava raskuse P_1, tema kauguse pöörlemisteljest — K_1 (joon. 471), siis keha tasakaalustub vastukaaluga P_2 või P_3 jne. selliselt, et

$$P_1 \cdot K_1 = P_2 \cdot K_2 = P_3 \cdot K_3 = \ldots = P_n \cdot K_n .$$

Vastukaaluga P_2 või P_3 staatiliselt tasakaalustatud toode ei ole dünaamiliselt tasakaalustatud, sest tekib jõupaar (joon. 470), mis, nagu oli ülalpool märgitud, painutab eseme telge ja põhjustab värisemist.

Dünaamiliselt saab keha tasakaalustada, nagu nähtub jooniselt 472, raskusega P_0 kaugusel R pöörlemisteljest, tingimusel, et $P_1 \cdot K_1 = P_0 \cdot R$ ja et tasakaalustav raskus P_0 asetseks tasakaalustamatust põhjustava raskusega ühes tasapinnas. Tasakaalustavat raskust P_0 on võimalik asendada kahe raskusega P_2 ja P_3 (joon. 472) või ka suurema arvu raskustega tingimusel, et $P_2 + P_3 = P_0$ ja $P_2 \cdot l_2 = P_3 \cdot l_3$,

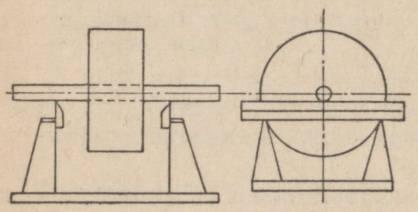
s. t. et komponentjõudude resultant asuks samas tasapinnas jõududega P_0 ja P_1. Teisiti öeldes peavad jõudude P_2 ja P_3 absoluutväärtused olema pöördvõrdelised nende kaugustega tasakaalutust põhjustava raskuse rakenduspunktist.

Tasakaalustamist teostatakse eripinkidel, mis jagunevad staatilise ja dünaamilise tasakaalustamise pinkideks. Staatilise tasakaalustamise pinke kasutatakse, nagu eespool märgitud, väikese pikkusega esemete (hoorattad, rihmarattad, auto rattad jne.) tasakaalustamiseks.

Dünaamilise tasakaalustamise pinke kasutatakse pikkade esemete (väntvõllid jne.) tasakaalustamiseks.

Staatilise ja dünaamilise tasakaalustamise pingid.

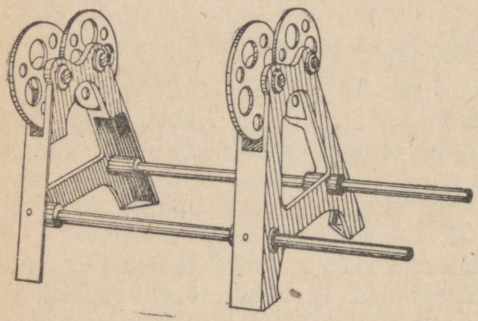
Levinumal lihtsaimal staatilise tasakaalustamise pingil (joon. 473) on kaks terasprismat, mis on kinnitatud vastavatele sammastele. Neile prismadele asetatakse torn sellele kinnitatud esemega (hooratas või rihmaratas). Prisma tipud põhjustavad väga väikest hõõrdumist, mida võib mittearvestada. Käega liigutatud ese pöörab end aeglaselt sellisesse asendisse, milles tema raskem osa asub allpool.



Joon. 473. Hoorataste ja rihmarataste tasakaalustamise pink.

Selle järel valitakse vastukaal, mis asetatuna eseme ülemisse ossa, teda staatiliselt tasakaalustaks. Tasakaalustamine toimub aukude puurimisega, plii juurdevalamisega või eriraskuste külgeneetimise teel põia sisekülgele.

Käesoleval ajal kasutatakse staatilise tasakaalustamise jaoks täpsemaid pinke, milles on noad asendatud kahe paari karastatud rullidega, mis pöörlevad kuullaagritel (joon. 474).



Joon. 474. Staatilise tasakaalustamise pink.

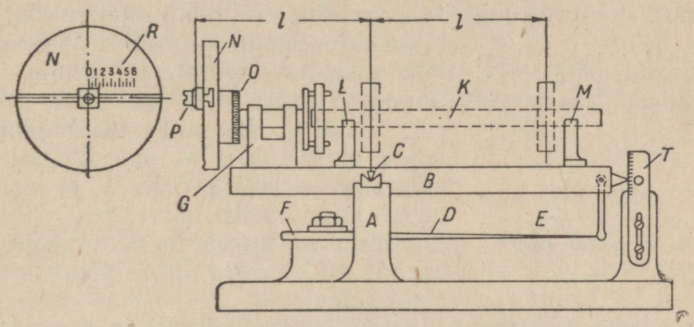
Dünaamilise tasakaalustamise pingid erinevad staatilise tasakaalustamise pinkidest selle poolest, et nendel tasakaalustatav ese

pöörleb, ja selle juures määratakse tasakaalustamatus erimõõteriistade abil.

NSV Liidus on levinuimaks joonisel 475 kujutatud skeemi järgi ehitatud dünaamilise tasakaalustamise pink. Väntvõllidel on keeruline konfiguratsioon ja suur pöörlemise kiirus, eriti automootorite väntvõllidel, mille tõttu neid tuleb tingimata dünaamiliselt tasakaalustada. Selle pingi töötamise põhimõte ja tema konstruktsioon nähtub skeemist joonisel 475.

Pingi malmist kerel asetsevad kaks sammast *A*, milledele on üles seatud kahele prismale *C* toetuv täisnurkne raam.

Raam hoitakse horisontaalasendis lameda vedruga *D*, mis on ühendatud teise vedruga *E*. Lameda vedru üks ots on kinnitatud



Joon. 475. Dünaamilise tasakaalustamise pingi skeem.

pingi kere külge punktis *F*. Raami vasakul küljel asetseb spindlikast *G*, mille spindel saab pöörlemise elektrimootorilt ja ta annab pöörlemise edasi tasakaalustatavale tootele — võllile *K*, mis toetub kahe kaelaga kahele paarile rullidele *L* ja *M*. Spindlikastile on üles seatud hooratas *O*, mille silindrilisele pinnale on kantud jaotused, ja korrigeeriv ketas *N*. Ketast saab pöörata mõlemale poole, kusjuures pöördenurka saab lugeda hooratta jaotustelt.

Kettal on radiaalselt asetsev nuut, milles saab liikuda vastukaal *P*. Joonlaual *R*, mis asetseb nuudi kõrval, saab vastavate jaotuste abil kindlaks määrata, millisele kaugusele on vastukaal nihutatud.

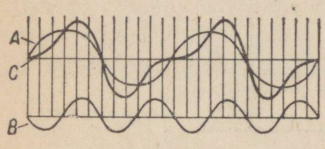
Eseme pöörlemise algusel kinnitatakse raam käepidemega, mis takistab tema kiikumist.

Kui on jõutud teatud pöörete arvuni, keeratakse käepidet ja raam hakkab kiikuma, näidates kiikumise ulatust erilisel skaalal *T*, mida nimetatakse amplimeetriks. Toote pöörlemise kiirust, mille juures saavutatakse maksimaalne võnkumise ulatus, nimetatakse krii-

tiliseks. Tasakaalustamata toote pöörlemisel tekivad võnkumised eseme *K* ja raami *B* liikumise tõttu. Nende võnkumiste amplituud on erinev, nende võnkumiste liitmisel aga saadakse nn. resultantlaine, mis võib teatud võnkumiste arvu juures saavutada maksimaalse suuruse. Joonisel 476 on toodud raami võnkumine *A*, toote võnkumine *B* ja nende resultantvõnkumine *C*.

Toote tasakaalustamine toimub alguses ühest otsast ja selle järel teisest otsast, s. t. tasakaalustamatus tasakaalustatakse kahe raskusega, mis asuvad toote kummaski otsas.

Tasakaalustamise protsessi teostatakse järgmiselt. Rullidele asetatud võll pannakse pöörlema. Amplimeetri osuti maksimaalne hälve määrab tasakaalustamatuse astme. Amplimeetri ühe jaotuse väärtust nimetatakse kalibreerimise konstandiks, mille suurus määratakse eelnevalt hästi tasakaalustatud võlli abil, mille tasakaalustamatus loetakse nulliks. Määrates kindlaks tasakaalustamatuse, nihutatakse vastukaal *P* (joon. 475) vajalikule kaugusele, s. t. luuakse kunstlik tasakaalustamatus teisel pingi otsal — spindlikastis. Toode pannakse uuesti pöörlema ja määratakse uuesti amplimeetri hälve. See hälbe suurus, jagatuna esialgse hälbe suurusega, määrab nurga, mille võrra tuleb pöörata korrigeerivat ketast.



Joon. 476. Raami *(A)*, toote *(B)* võnkumiste ja nende resultantvõnkumise *(C)* kõverad.

Pärast ketta pööramist kontrollitakse lõplikult ja märgitakse võllil koht, kus on tarvis liigne metall välja puurida.

Teades tasakaalustamatuse suurust ja valides vastava läbimõõduga puuri, määratakse väljapuurimise sügavus. Puurimist asendatakse sageli liigse metalli mahalihvimisega. Pärast seda teostatakse kontroll-tasakaalustamist.

XVI. RAKISED.

Pinkide juures kasutatakse rakiseid detailide pinki ülesseadmiseks ja kinnitamiseks nende mehaanilise töötlemise otstarbel. Rakiste abil detailide pinki ülesseadmine ja kinnitamine toimub palju täpsemalt ja kiiremini, kui detailide otse pinki ülesseadmine. Rakiste kasutamisel väheneb ülesseadmise aeg, seda võib teostada madalama kvalifikatsiooniga tööline ja peale selle on võimalik kasutada palju kõrgemaid lõikerežiime.

Peale selle ei ole rakiste kasutamisel vajadust detaile märkida enne töötlemist ja töötlemise ajal.

Küsimus, kas töödelda rakises või ilma selleta, tekib tavaliselt ainult individuaalses ja väikeseerialises tootmises. Suurseerialises ja massilises tootmises on rakiste kasutamine sunduslik. Igal üksikjuhul lahendatakse ainult rakise konstruktsiooni küsimus ja määratakse kindlaks, mitut ühesugust detaili vastava rakisega tuleb samaaegselt töödelda.

Individuaalses ja väikeseerialises tootmises töödeldakse laialdaselt ilma rakisteta või universaaltüüpi rakistes, mis on sageli pinkide tarvikuiks, nagu universaalsed jagamispead, pööratavad töölauad, kruustangid, lünetid, kaasavedajad jne.

Keskseerialises tootmises, eriti aga suurseerialises tootmises kasutatakse peamiselt erirakiseid, mis vähendavad tootmise abi- ja põhiaega suuremal määral, kui universaalsed rakised, võimaldades samal ajal suuremat täpsust. Näitena võib tuua asjaolu, et treipingi valmistamiseks ilma rakisteta kulub 700 tundi, rakiste kasutamisel aga 140 tundi, s. t. rakistega töötlemisel kulub selleks viis korda vähem aega. Kaasaegne suurseerialine ja massiline tootmine ei ole mõeldav ilma rakiste kasutamiseta.

Rakiste rentaablus.

Tehnoloogilise protsessi projektimisel on tarvis kindlaks määrata rakise kasutamise majanduslik otstarbekohasus ühe või teise operatsiooni teostamisel. Kui rakise kasutamine osutub majanduslikult otstarbekohaseks, siis selle järel määratakse kindlaks rakise konstruktsioon. Rakise majanduslikku otstarbekohasust saab kindlaks määrata alljärgnevalt. Tähistame ühe detaili töötlemise maksumuse ilma rakiseta tähega A_1. Ta võrdub töölise palga ja kaudsete kulude summaga. Tähistame viimase (koos kaudsete kuludega) tähega P_1, siis

$$A_1 = P_1. \tag{74}$$

Tähistame edasi tähega A_2 sama detaili töötlemise maksumuse rakise kasutamisel, tähega P_2 tootmisalase töötasu suuruse koos kaudsete kuludega ühe detaili töötlemisel rakise kasutamise puhul, H — rakise hinna rublades, G — rakise kasutamise aja aastates ja K — valmistatavate detailide arvu aastas; siis

$$A_2 = P_2 + \frac{H}{GK}. \tag{75}$$

Lahutades võrrandist 74 võrrandi 75, võime määrata, kas on kasulik kasutada rakist:

$$A_1 - A_2 = P_1 - P_2 - \frac{H}{GK}. \tag{76}$$

Kui vahe $A_1 - A_2$ on positiivne, siis on rakise kasutamine kasulik. Kui aga vahe $A_1 - A_2$ on negatiivne, siis rakise kasutamine ei ole majanduslikult otstarbekohane.

Näide. Treipingi spindlikasti sisetreimise maksumuseks ilma rakiseta horisontaal-sisetreimise pingil töötlemisel on 5. järgu kvalifikatsiooniga tööline 7-tunnise tööaja kulu ja 200% kaudsete kulude juures 25 rubla. Rakise kasutamisel aga kulutab 4. järgu tööline selleks 3,5 tundi ja töötlemise maksumus on 350% kaudsete kulude juures 15 rubla 75 kop.

Rakise hind on 1200 rubla, tema iga — 2 aastat; antud detailide aastane toodang on 2000 tükki. Siis saame

$$A_2 = P_2 + \frac{H}{GK} = 15{,}75 + \frac{1200}{2 \cdot 2000} = 15{,}75 + 0{,}30 = 16{,}05 \text{ rbl.},$$

s. o. 16 rubla ja 05 kop.

Rakise kasutamise kasulikkus selgub järgnevast:

$$A_1 - A_2 = 25 \text{ rub.} - 16 \text{ rub. } 05 \text{ kop.} = 8 \text{ rub. } 95 \text{ kop.},$$

st. sisetreimine ilma rakiseta on umbes 50% kallim kui rakisega.

Samuti on tarvis kontrollida, kas uue konstruktsiooniga rakise konstrueerimine ja valmistamine on otstarbekohane, kui vana on olemas.

Sel juhul on tarvis valem 75 kirjutada vana ja uue rakise kohta, s. t.

$$A_2 = P_2 + \frac{H}{GK}$$

(detaili töötlemise maksumus vana rakist kasutades) ja

$$A_3 = P_3 + \frac{H}{GK}$$

(detaili töötlemise maksumus uue rakisega töötlemisel).

Kui $A_2 - A_3 > 0$, siis on uue rakise valmistamine majanduslikult kasulik ja otstarbekohane.

Selline arvutus on õige, kui vana rakis on täielikult amortiseeritud; kui aga vana rakis ei ole täielikult amortiseeritud, siis tema maksumuse ülejäänud osa peab olema kaetud uue rakise kasutamisel saadava kokkuhoiuga. Kui tähistame vana rakise amortiseerimata maksumuse tähega B, siis

$$B < (A_2 - A_3) \cdot GH, \qquad (77)$$

kus H ja G tähistavad sama, mis eespool.

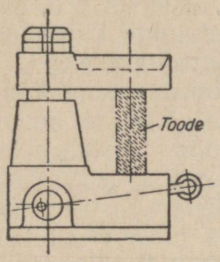
Rakiste valiku ja konstrueerimise üldised põhimõtted.

Rakise konstruktsioon peab olema selline, et detaili temasse ülessead-mise ja kinnitamise aeg oleks minimaalne, selle juures peab detaili kinnitus olema täiesti tugev ja kindel.

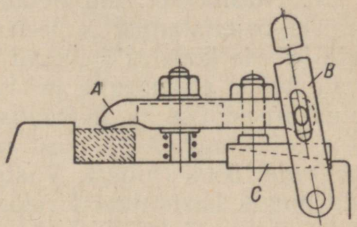
Ühe detaili kinnitamiseks kuluva aja jälgimine mitmesuguste kinnitusviiside juures andsid järgmisi tulemusi:

1. Lühima kinnitusajaga, $t = 0{,}014$ min., on normaalne konduktor (joon. 477), milles ühe käepideme pöördega ülemine plaat tsentreerib ja kinnitab eseme.

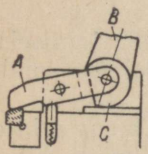
2. Joonisel 478 on toodud eseme kinnitus liistuga *A* käepideme



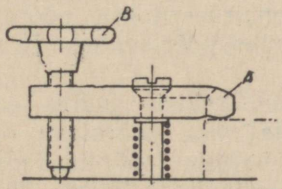
Joon. 477. Normaalne konduktor.



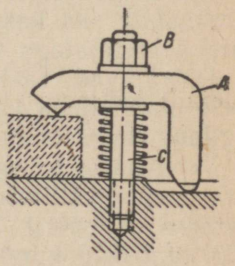
Joon. 478. Eseme kinnitus liistu abil.



Joon. 479. Eseme kinnitus plaadikesega ekstsentri abil.



Joon. 480. Eseme kinnitus plaadikesega kruvi abil.



Joon. 481. Eseme kinnitus plaadikesega tikkpoldi ja mutri abil.

B abil, mis üheaegselt kinnitamisega nihutab liistu kaldpinnal *C*. Kinnitamiseks kuluv aeg $t = 0{,}02$ min.

3. Eseme kinnitamine plaadikese *A* abil, mida liigutab ekstsentriga *C* käepide *B*, on toodud joonisel 479. Kinnituseks kulub aega 0,03 min.

4. Joonisel 480 on kujutatud eseme kinnitus plaadikesega *A* kruvi *B* abil. Kinnituseks kuluv aeg $t = 0{,}05$ min.

5. Joonisel 581 on kujutatud eseme kinnitamine plaadikesega *A* tikkpoldi *C* ja mutri *B* abil. Viimast keeratakse mutrivõtmega.

Kinnitamiseks kuluv aeg $t = 0{,}13$ min. Nii on praegu kirjeldatav viis kõige aeglasem, teda kasutatakse aga sageli kinnituse kindluse tõttu eriti freesimise ja hööveldamise tööde juures.

Viimane näide näitab, et kinnitusviisi valikul tuleb arvestada operatsiooni iseloomuga ning lõikejõuga ja valik teostada lähtudes mitte ainult kinnitamise kiirusest.

Rakiste konstrueerimisel on tarvis võimalikult laialdasemalt kasutada normaliseeritud detaile, nagu kruvid, käepidemed, käsirattad, kinnitid jne. Normaliseeritud detailide kasutamine kiirendab märgatavalt rakiste valmistamist ja teeb selle odavamaks.

Rakiste kerede konstruktsioonid projektitakse vastavalt nende abil teostatavate tööde eesmärgile ja iseloomule. Rakiste kered, mis on ette nähtud freesimise ja hööveldamise tööde teostamiseks, konstrueeritakse eriti tugevatena, sest nende juures arvestatakse freeside ja höövelterade löökkoormust. Vastupidi sellele konstrueeritakse puurimistööde juures kasutatavad rakised, mida tuleb pingi töölaual liigutada ja ümber pöörata, kergetena, kuid küllalt jäikadena. Rakiste kaalu vähendamiseks valmistatakse neid sageli alumiiniumist, terasest tugiplaatidega või keevitatuna leht- või latt-terasest.

Kui konstruktiivsetel kaalutlustel ei ole võimalik vähendada rakise kere kaalu, siis kasutatakse rakise keresid, mida saab liigutada erilistel tõkestajatega varustatud juhtpindadel.

Pööratavad rakised konstrueeritakse pööramise hõlbustamiseks horisontaalteljega kuullaagritel pöörlevatena ja vertikaalteljega kuultugilaagritel pöörlevatena.

Vertikaalse teljega raskete rakiste juures on tarvis kogu rakise pöördumise vältimiseks ette näha pööratava osa tugiplaadilt ülestõstmise võimalust. Selliste rakiste (pöördlaudade) pööramiseks kulub 0,05 kuni 0,20 minutit. Pöördlaudade juures pikkusega 2—3 m teostatakse tõste pneumaatilise mehhanismiga ja pööramise ajaks on ainult 0,3 kuni 0,4 minutit, mille sisse on arvatud laua vabastamine ja kinnitamine uues asendis.

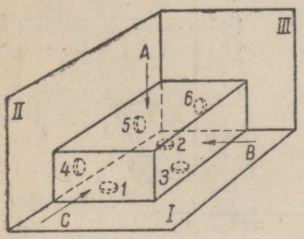
Ülesseade baaside valik.

Eseme rakisesse ülesseadmisel on teda tarvis orienteerida lõikeriista suhtes.

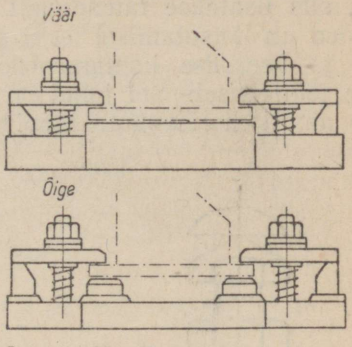
Joonisel 482 on kujutatud eseme asendi määramine ruumis kuue punkti abil. Esimesele kolmele punktile — 1, 2, 3 — ese toetub, selle tõttu nimetatakse tasapinda I toetuspinnaks; teise tasapinnaga puutub ese kokku kahes punktis 4 ja 5, mis määravad tema suuna ja sellepärast nimetatakse tasapinda II suunavaks või juhtpinnaks. Tasapinnale III toetab ese punktis 6; seda pinda nimetatakse tõkestuspinnaks.

Käsitelu alusel võime tuletada järgmise kuue punkti reegli: eseme kindla asendi kindlustamiseks on küllaldane omada kuut jäika punkti rakises ja nimelt — kolm ülesseade põhipinnal, kaks juhtpinnal ja üks tõkestuspinnal.

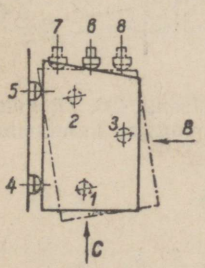
Ülesseade tasapinnal on otstarbekohane kasutada tugipunkte, aga mitte pinda. Kolm punkti määravad täielikult tasapinna asendi ja



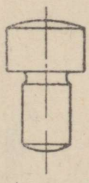
Joon. 482. Eseme täielik orienteerimine ruumis.



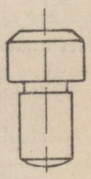
Joon. 483. Eseme töötlemiseks ülesseadmine.



Joon. 484. Eseme vastu tõkestuspinda surumine.



Joon. 485. Sfäärilise pinnaga tugitihvt.



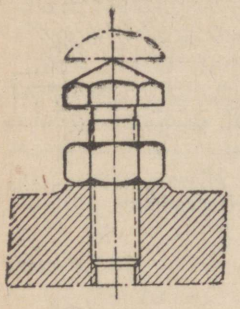
Joon. 486. Tasapinnaline tugitihvt.

võimaldavad täpsemat eseme ülesseadmist, sest tasapinnale ülesseadmisel võib väikene eseme ja pinna vahele sattunud laast anda esemele ebaõige asendi (joon. 483).

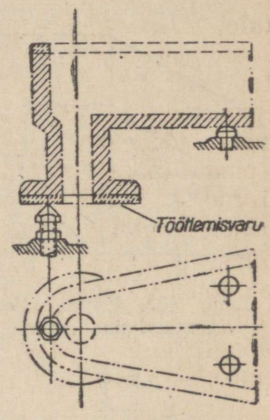
Tõkestuspinnal (joon. 484) on tarvis ainult ühte punkti 6, sest kahe tõkestuspunkti 7 ja 8 olemasolu puhul, kui tõkestuspind ei ole päris risti juhtpinnaga, kinnitussurve *C* kisuks eseme juhtpinnalt lahti, teiste sõnadega, juhtpinnaks muutuks tõkestuspind ja vastupidi. Töötlemata pindade juures kasutatakse sfäärilise pinnaga tugitihvte (joon. 485) ja töödeldud pindade juures tasapinnalisi tugitihvte (joon. 486).

Kui üks partii valandeid võib erineda teisest mõõdete poolest, siis nähakse ette rakises üks reguleerimistugi (joon. 487). Eriti soovitatav on see siis, kui kaks jäika tuge puutuvad kokku eseme töötlemata pinnaga ja kolmas puutub kokku pinnaga, millel on töötlusvaru (joon. 488).

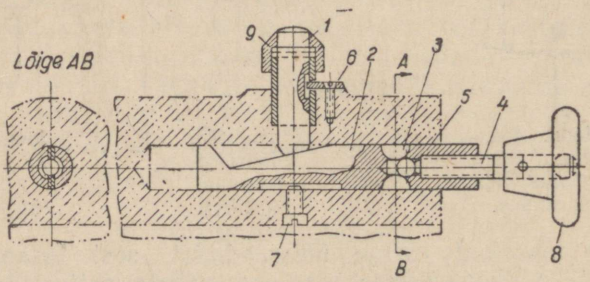
Kui kolm jäika tuge ei suuda luua töödeldavale esemele kindlat tuge, siis lisatakse täiendavalt mittejäiku liikuvaid tugesid. Sellised lisatoed on kasutamisel eriti suuremõõteliste ja keerulise konfiguratsiooniga esemete töötlemisel. Sel juhul on kolm jäika tuge ainult horisontaal-tasapinna tähistamiseks.



Joon. 487. Reguleerimistugi.



Joon. 488. Reguleerimistoe kasutamine.



Joon. 489. Käsitsi seatav tugi.

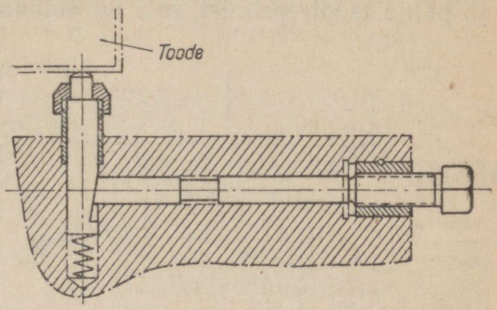
Täiendavad toed on kasutamisel eseme deformatsioonide vältimiseks kinnitite ja lõikeriista toimel.

Täiendavad toed võivad olla käsitsi seatavad ja iseseaduvad. Joonisel 489 on kujutatud käsitsi seatav tugi. Nihutades käsitsi liugurit 2, lükatakse tugitihvt 1 üles kuni tootega kokkupuutumiseni. Selle järel keeratakse käsiratast 8, mis pöörab kruvi 4 Kruvi surub kuuli 5

kiilude 3 vahele ja kinnitab sellega liuguri. Plaat 6 on selleks, et tihvt 1 ei saaks välja hüpata. Kruvi 7 väldib liuguri 2 pöördumist.

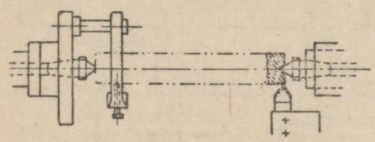
Joonisel 490 on kujutatud seaduv tugi, mis võtab teatud asendi toote enese raskuse mõjul ja kinnitatakse kõrvalt stopporkruviga.

Ülesseadepindade valik toimub sõltuvalt detaili konfiguratsioonist ja otstarbest. Esimeste operatsioonide juures tuleb ülesseadepindadeks võtta töötlemata pinnad. Järgnevate operatsioonide ülesseadepindadeks peavad olema tingimata töödeldud pinnad. Neid pindu jaotatakse (nagu märkisime I peatükis) põhipindadeks ja abipindadeks.

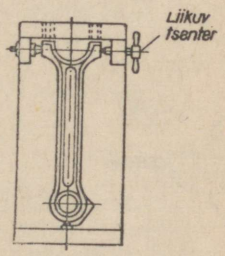


Joon. 490. Iseseaduv tugi.

Põhiseadepinnad töödeldakse konstruktsiooni poolt tingitud täpsusega. Abiseadepindade töötlemise vajadus on tingitud tehnoloogilistest nõuetest seoses baaside vajadusega detaili edasiseks töötlemiseks, mitte aga konstruktiivsetest nõuetest. Seadepindadena



Joon. 491. Võlli töötlemine tsentrites.



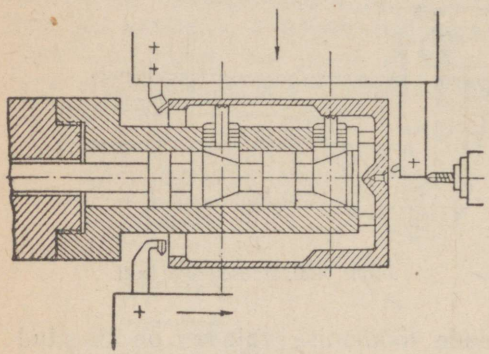
Joon. 492. Kepsu puurimine kolme tsentriaugu baasil.

(teisiti nimetatult baseerivate pindadena) kasutatakse, nagu juba eespool märgitud (I peatükk), tasapindu, auke, silindrilisi pindu, tsentriauke, kõverpindu (hammasrataste töötlemisel — hammaste pindu).

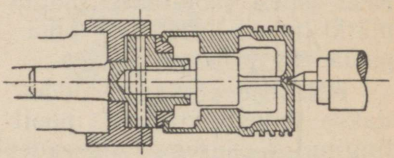
Toome mõned näited. Võllide töötlemisel (joon. 491) on tsentreerimisaugud abibaasideks, sest eseme konstruktsiooni jaoks ei ole neid tarvis, küll aga töötlemiseks. Kolm tsentreerimisauku on abibaasideks automootori kepsu töötlemisel (joon. 492).

Joonisel 493 on kujutatud automootori kolvi töötlemise esimene operatsioon, kus algbaasiks on võetud silindriline sisepind ja kolvi põhja sisepind; selline ülesseade kindlustab edaspidiste operatsioonide jooksul ühtlase külgpinna ja vastava põhja paksuse. Nimetatud operatsiooniga teostatakse otsa treimist, kolvi sisepinnal kaeluse treimist ja põhja tsentreerimist, mis on abibaasideks, sest nende pindade töötlemine ei ole vajalik konstruktsiooni seisukohalt, vaid järgnevate operatsioonide teostamiseks.

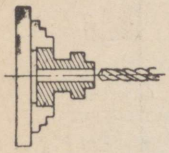
Joonisel 494 on kujutatud kolvi töötlemise teine operatsioon. Kolb seatakse selleks üles nimetatud abibaasidele.



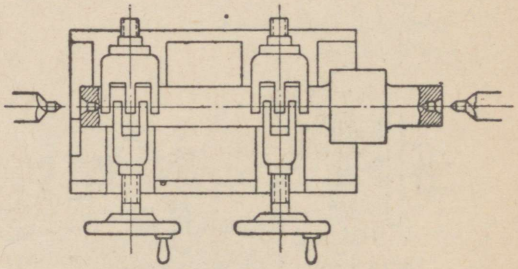
Joon. 493. Kolvi töötlemise esimene operatsioon — abibaaside töötlemine.



Joon. 494. Kolvi töötlemise teine operatsioon — ülesseadmine abibaasidele.



Joon. 495. Hammasratta rummu augu töötlemine.



Joon. 496. Võlli tsentreerimine (algbaasiks on välispind).

Väline silindriline pind ja ots on sageli nii abi- kui ka põhibaasiks.

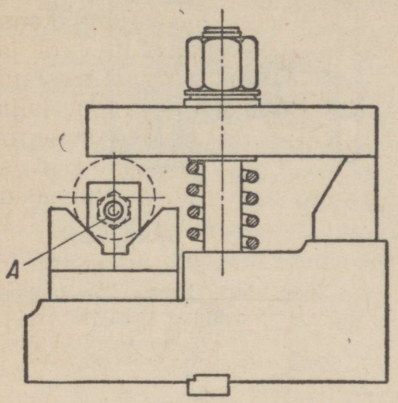
Joonisel 495 on kujutatud hammasratta rummu augu töötlemine, kusjuures abibaasideks on rummu otspind ja suurema hammaskrantsi väline silindriline pind.

Joonisel 496 on toodud kahe tsentreerimisaugu puurimine võllisse. Need tsentreerimisaugud on abibaasideks, algbaasiks nende puurimisel on võlli välispind.

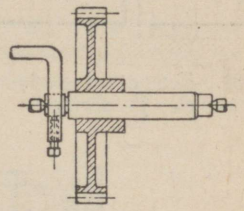
Võlli freesitud ots on antud operatsiooni juures põhibaasiks.

Joonisel 497 on kujutatud võllile kiilunuudi freesimine rakises; võlli silindriline pind ja võlli ots, mis toetub stopporpoldile *A*, on põhibaasideks.

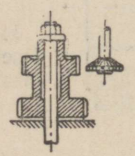
Joonisel 498 on kujutatud hammasratta töötlemine tsentertornil, millele hammasratas on peale surutud. Hammasratta rummu auk ja



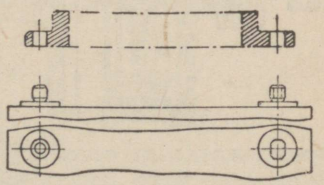
Joon. 497. Võlli kiilunuudi freesimine.



Joon. 498. Hammasratta töötlemine tsentertornil.



Joon. 499. Hammaste lõikamine tornil asetsevale hammasrattale.

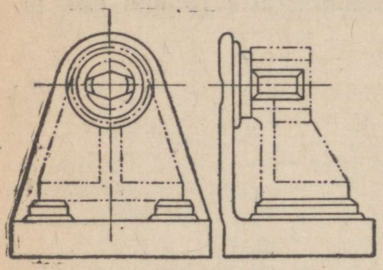


Joon. 500. Eseme ülesseadmine tasapinnale ja kahele tihvtile.

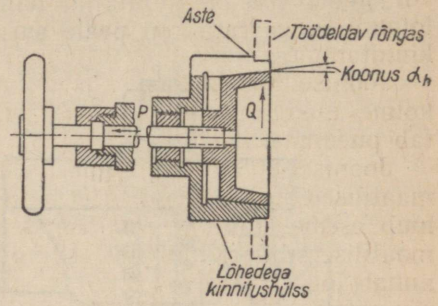
sageli ka selle otspind on põhibaasideks; seda meetodit kasutatakse laialdaselt pukside ja hammasrataste välistreimisel ja välislihvimisel, samuti ka hammaste lõikamisel (joon. 499).

Joonisel 500 on näidatud eseme ülesseadmine tasapinnale ja kahele täpsele tihvtile, mis on abibaasideks. Seda meetodit kasutatakse laialdaselt kesk- ja suurseerialises tootmises suurte ja keskmiste valandite töötlemisel.

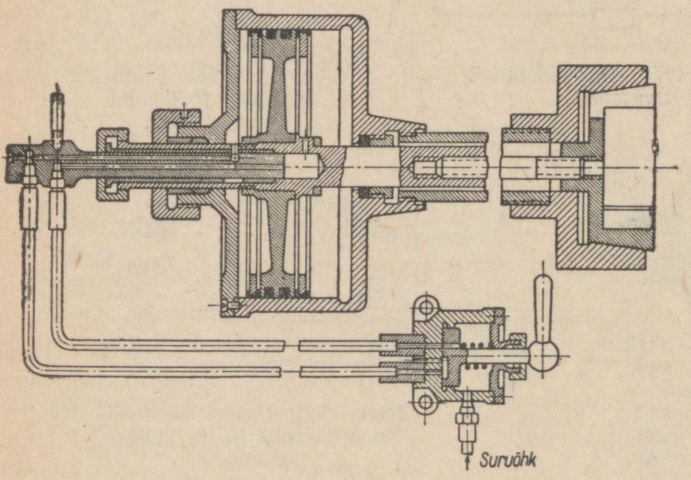
Eseme ülesseadmisel kahele sõrmele peab ühel neist olema kahepoolne faas ristisuunas nende sõrmede tsentreid ühendava joonega. Kahepoolne faas peab olema ka sõrmel sel juhul, kui ülesseadmine toimub tasapinnale ja sõrmele (joon. 501).



Joon. 501. Eseme ülesseadmine tasapinnale ja sõrmele.



Joon. 502. Eseme kinnitamine seatava hülsiga.



Joon. 503. Pneumaatiline tsangpadrun.

Joonisel 502 on kujutatud eseme ülesseadmine seatava läbimõõduga hülsi abil, millel ese tsentreeritakse ja töödeldakse.

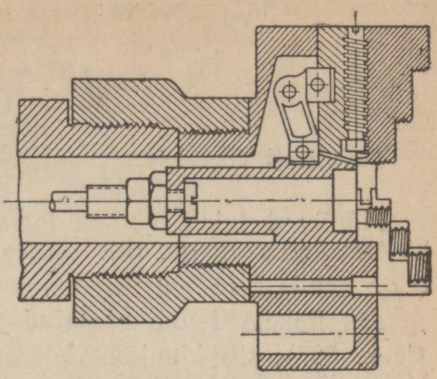
Käsiratta pööramisel tekitab käe jõud telgjõu. Telgjõu *P* poolt tekitatud radiaaljõud Q loob hõõrdumise piirdel, mis takistabki eseme pöörlemist hülsil.

Joonisel 503 on kujutatud tsangiga varustatud pneumaatiline padrun, mida kasutatakse tema kiire ja kerge töötamise tõttu laialdaselt

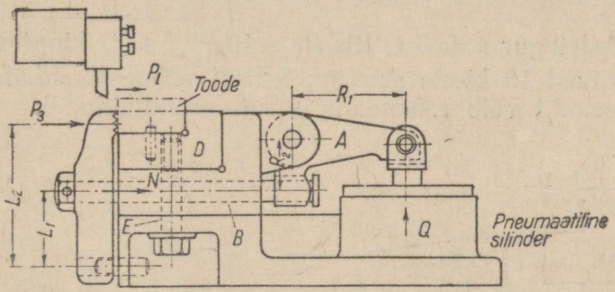
trei-, revolver- ja teistel pinkidel suurseerialises ja massilises tootmises. Selles padrunis juhitakse surutõhk kas padruni vasakusse või paremasse ossa; selle juures toimub kas eseme tsangpadrunisse kinnitamine või sealt vabastamine.

Joonisel 504 on toodud läbilõige kolme nukiga padrunist, mis töötab pneumaatiliselt.

Joonisel 505 on kujutatud pneumaatilised kruustangid, milles toimub eseme kinnipigistamine pneumaatilise silindri abil. See silinder annab jõu Q edasi hoova A kaudu tõmmitsale B ja pigistab eseme liikumatu moka D vastu; see mokk on kinnitatud kruvi E abil. R_1 ja R_2 on hoova A õlad; L_1 ja L_2 — jõudude N ja P_3 õlad. Kasutades kruustange freesimisel või hööveldamisel, nagu on näidatud joonisel 506, on soovitatav asetada kruustangid selliselt, et lõikejõu Pe suund langeks ühte kinnitusjõu P_3 suunaga. Sel juhul võime koostada, eseme kaalu ja jõudude reaktsiooni arvestamata, tasakaalu võrrandi:



Joon. 504. Pneumaatiliselt töötava kolme nukiga padruni läbilõige.

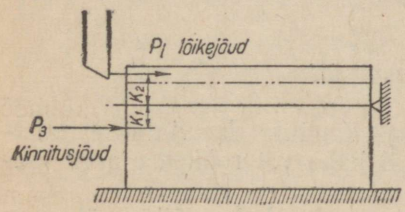


Joon. 505. Pneumaatilised kruustangid.

$$P_1 K_2 = P_3 K_1 . \qquad (78)$$

Siit saame

$$P_3 = \frac{P_1 K_2}{K_1}, \qquad (79)$$



Joon. 506. Jõudude mõjumise skeem pneumaatilistes kruustangides.

või lõikejõu määramiseks:

$$P_l = \frac{P_3 K_1}{K_2}. \qquad (80)$$

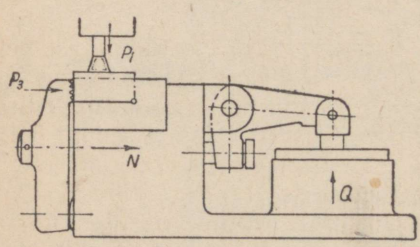
Tavaliselt võetakse $P_l < \frac{P_3 K_1}{K_2}$, s. t. luuakse tugevuse varu.

Mõnikord tuleb töötada lõikamise suunaga, mis on vastupidine kinnitusjõu suunaga. Siis on vajalik, et $P_3 > P_l$. Tegelikult võetakse nende kahe jõu vaheline suhe mitte alla 2, s. t. $P_3 \geqslant 2P_l$.

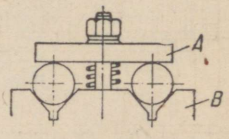
Kui lõikejõud on suunatud risti kinnitusjõuga, s. t. $P_l \perp P_3$ (joon. 507), siis kinnituse hõõrdejõud peab tasakaalustama lõikejõu. Hõõrdejõud $f = P_3\mu$ peab olema lõikejõuga võrdne või sellest suurem, s. t.

$$f = P_3\mu \geqslant P_l.$$

Kui hõõrdetegur $\mu = 0{,}1$, siis $P_3 \geqslant 10P_l$, s. t. kinnitusjõud peab olema lõikejõust 10 korda suurem. Sellest võime järeldada, et sellist töötlemismeetodit võib rakendada ainult erandjuhtudel.



Joon. 507. Pneumaatiliste kruustangide kasutamine lõikejõu puhul, mis on suunatud risti kinnitusjõuga.



Joon. 508. Rakis kahe võlli üheaegseks kinnitamiseks.

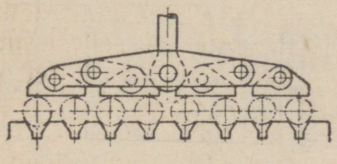
Esemete kinnitusviisid.

Peale eespoolnimetatud ühe eseme kinnitite kasutatakse laialdaselt ka rühmakinniteid, s. o. kinniteid kahe või rohkema arvu esemete kinnitamiseks.

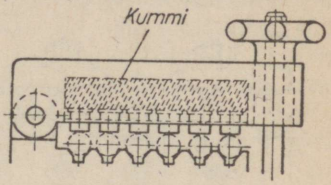
Joonisel 508 on näidatud väga lihtne rakis kahe võlliku üheaegseks kinnitamiseks liistu *A* abil. Võllikud tsentreeritakse prismadega *B*. Kaheks võlliku samaaegseks kinnitamiseks võib kasutada joonisel

509 kujutatud rakist. Rakis kuue võlliku üheaegseks kinnitamiseks on näidatud joonisel 510. Selles rakises on hoobsüsteemi asemel kasutatud kummi elastsust.

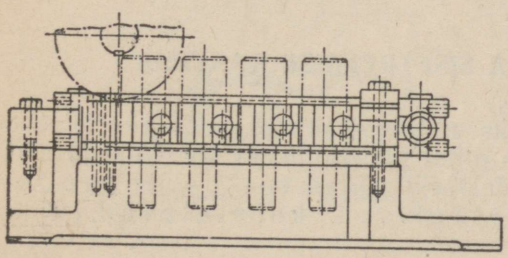
Kummi ei garanteeri pikemaaegset elastsust ja sellepärast mõnikord kasutatakse vaha, mis on küllaldaselt plastiline mitme eseme samaaegseks kinnipigistamiseks. Joonisel 511 on kujutatud rakis nelja võlliku freesimiseks, milles kõikide võllikute samaaegne kinnitamine on kindlustatud vaha elastsusega. Plaatides 1 on pikad kanalid 2, mis täidetakse vahaga, mis võimaldab kõigil neljal tihvtil 3 samaaegselt kinni pigistada kõik võllikud.

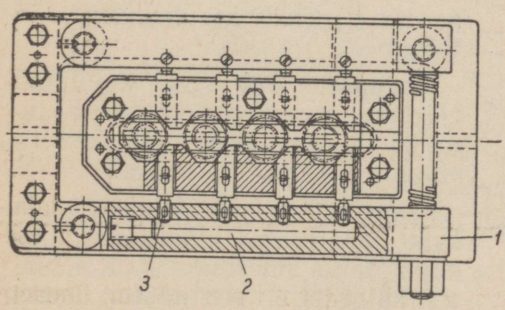


Joon. 509. Rakis 8 võlli üheaegseks kinnitamiseks.



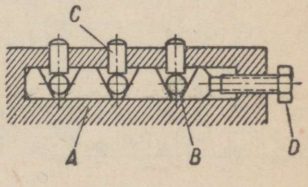
Joon. 510. Rakis, kus kasutatakse mitme eseme samaaegseks kinnitamiseks kummit.





Joon. 511. Rakis, kus kinnitatakse üheaegselt 4 võlli vaha abil.

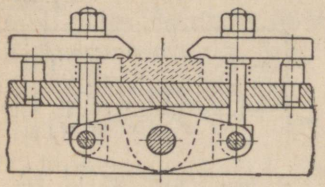
Vaha ja kummi asemel kasutatakse mitme eseme kinnitamiseks mõnikord erilisi terasprismasid *A* (joon. 512) ja nende vahelisi rulle *B*, millede abil terastihvtid *C* võivad võtta kõrguses mistahes asendi, mis on vajalik esemete samaaegseks kinnitamiseks. Kõik tihvtid tõkestatakse kruviga *D*.



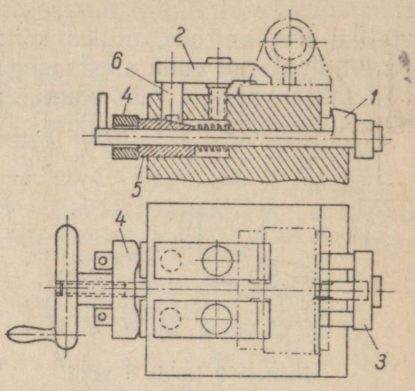
Joon. 512. Mitme eseme üheaegne kinnitamine.

Lamedate esemete kinnitamiseks kuluva aja vähendamiseks kasutatakse rakist (joon. 513), milles ühe liistu kinnipigistamisel teine liist surutakse hoova abil vastu eset automaatselt. Samal viisil saab kinni pigistada ka kahte eset, kumbagi ühes punktis.

Eseme kahekordne kinnipigistamine neljas punktis ühe käepideme abil on kujutatud joonisel 514. Liist 3 surub kinni eset kahes punktis kahe poldi 1 abil ja liist 4 paneb liikuma kaks liugurit 5, mis pigistavad kinni eseme liistudega 2 tihvtide 6 abil.



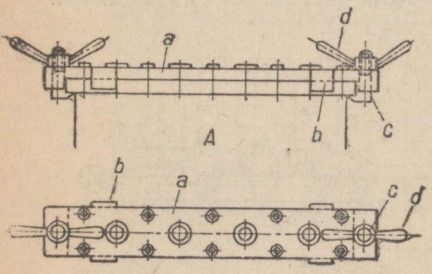
Joon. 513. Kahekordse kinnipigistamisega rakis.



Joon. 514. Kahekordne kinnipigistamine neljas punktis.

XVII. PUURIMISE JA SISETREIMISE RAKISED.

Puurimisel ja sisetreimisel kasutatakse rakiseid, mida nimetatakse konduktoreiks. Need rakised on mitut liiki, sõltuvalt konstruktsioonist ja kasutamise otstarbest. Konduktorid võivad olla pealepandavad, pööratavad, kastitaolised, koostatavad, universaalsed.



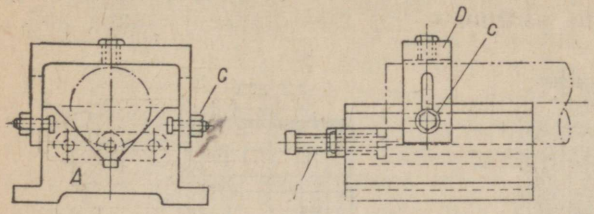
Joon. 515. Pealepandav konduktor 14 augu puurimiseks.

Vaatleme neid konduktorite tüüpe ning nende kasutamisviisi ja töötamist.

Joonisel 515 on kujutatud lihtne pealepandav konduktor 14 augu puurimiseks valatud eseme *A* äärikusse.

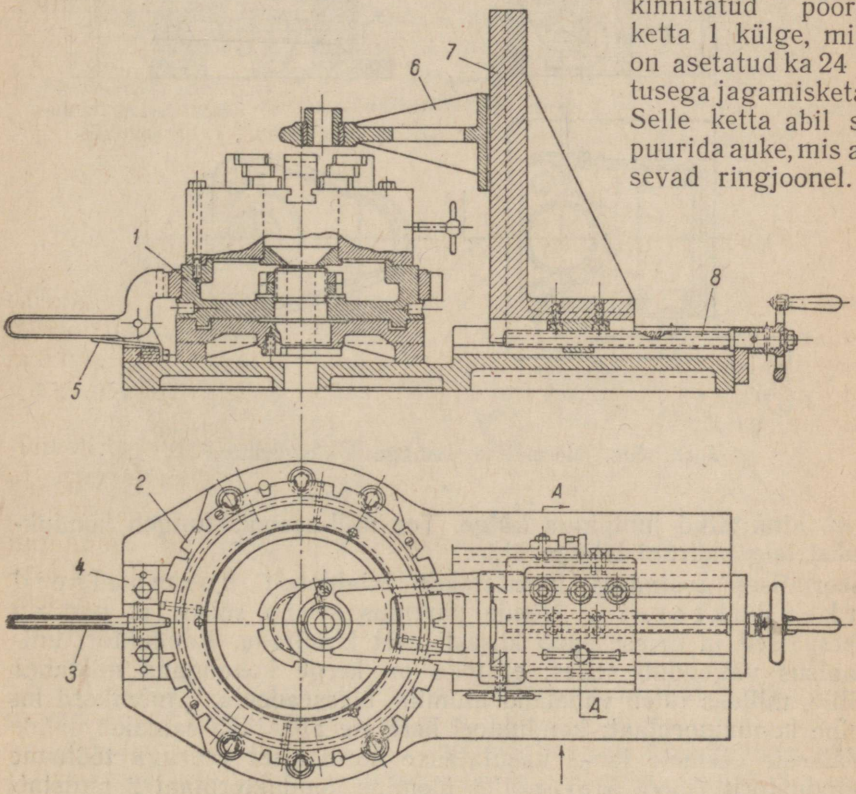
Konduktori kinnitamine toimub kahe haagitaolise kinnitiga *c*, mis kinnitatakse mutritega *d*. Konduktori külgedel on ette nähtud liistud *b* konduktori fikseerimiseks esemel ristisuunas.

Joonisel 516 on kujutatud universaalkonduktor võllikute puurimiseks. Võllikute tsentreerimine toimub prisma *A* abil. Polt *B* on tõkestajaks pikisuunas. Liikuv tugi *D* kinnitatakse mutritega *c* teatud kaugusel tõkestuspoldist *B*. Võllik kinnitatakse poltidega varustatud klambri või eriliistu abil.



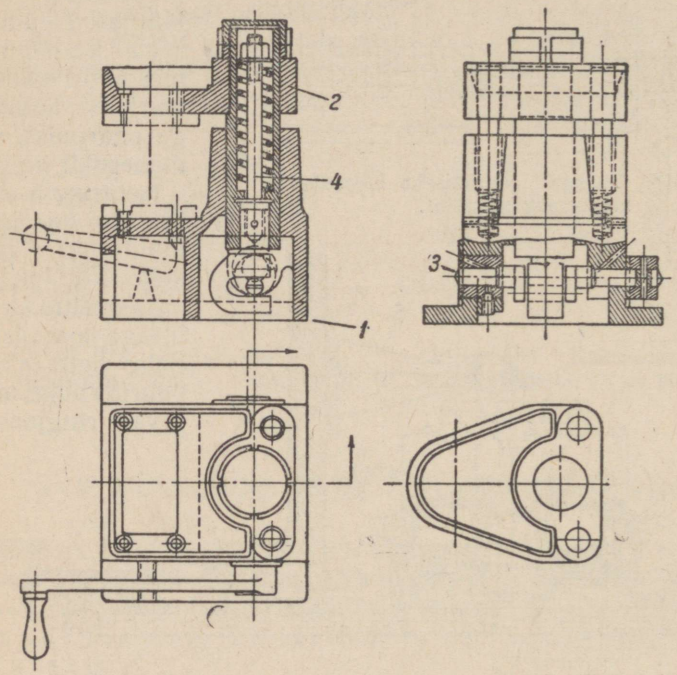
Joon. 516. Võllikute puurimiseks kasutatav universaalkonduktor.

Joonisel 517 on kujutatud universaalkonduktor, mis koosneb isetsentreerivast kolme nukiga padrunist, mis samaaegselt kinnitab ja tsentreerib eseme. Padrun on poltidega kinnitatud pöörleva ketta 1 külge, millele on asetatud ka 24 jaotusega jagamisketas 2. Selle ketta abil saab puurida auke, mis asetsevad ringjoonel. Ja-



Joon. 517. Universaalkonduktor.

gamine teostub peataja 3 abil, mis on kinnitatud toele 4 ja hüppab ise jaotusketta hambasse vedru 5 mõjul. Konduktori juhtpuks asub kronsteinil 6, mis liigub toe 7 vertikaalsetel juhtpindadel ja mida saab kinnitada soovitavasse asendisse vastavalt puuritava eseme kõrgusele. Seda puksi saab ümber paigutada ka horisontaalsetel juhtpindadel kruvi 8 abil. Puksi kaugus padruni teljest määratakse joonlaua abil,



Joon. 518. Normaalne vedruga kiirkonduktor.

mis on kinnitatud juhtpinna külge. Toe null-asendis langeb konduktorpuksi telg padruni teljega ühte.

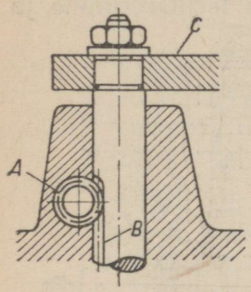
Seerialises tootmises kasutatakse laialdaselt normaalseid kiirkonduktoreid. Nende paremus seisab selles, et nad on universaalsed ja neisse saab kiiresti eset kinnitada. Konduktori universaalsus väljendub selles, et teda on kerge kohandada mistahes detailile, milleks tuleb vahetada alumine ülesseadeplaat, mõnikord ka ülemine konduktorplaat; konduktori kere ise aga jääb samaks.

Väikeste esemete jaoks kasutatakse normaalset vedruga töötavat kiirkonduktorit (joon. 518), milles ülemine konduktorplaat 2 pigistab detaili kinni ja tsentreerib teda käepideme toimel alla laskudes. Käe-

pide pöörab väntmehhanismi 3, väntmehhanism, liigutades tõmmitsat 4, surub vedru kokku. Käepideme tagasipööramisel tõstab vedru konduktorplaadi üles ja detail vabaneb.

Ese asetatakse erialusele, mis kinnitatakse konduktori kere 1 külge.

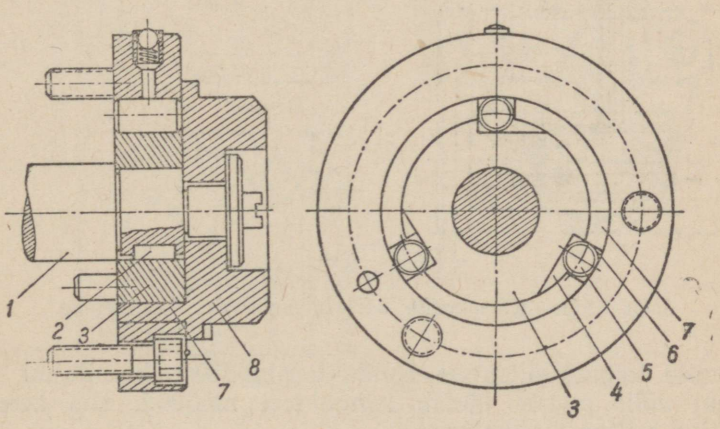
Keskmise suurusega esemete jaoks määratud konduktorid erinevad selle poolest, et eseme kinnitamine toimub ilma vedrudeta hammasvõlli *A* abil, mida pööratakse käepidemega ja mis annab liikumise edasi kahele vertikaalsele hammaslatile *B* (joon. 519), mis omakorda on ühendatud ülemise konduktorplaadiga *C*. Plaat *C*, surudes eseme kinni, ei saa ise liikuda üles eriliste kiirlukkude olemasolu tõttu.



Joon. 519. Hammaslatiga normaalse konduktori detailid.

Joonisel 520 on toodud k i i r l u k k.

Hammasvõllile 1 kinnitatakse kiilul 2 nukk 3. Nuki sissefreesitud astmetesse 4 asetatakse kolm rulli 5, mis on samaaegselt ka õõnessilindri 7 sisselõigetes 6. See õõnessilinder moodustab ühise terviku kuuekandilise mutriga 8. Mutri keeramisel annavad rullid surve edasi nuki pindadele, teda ja

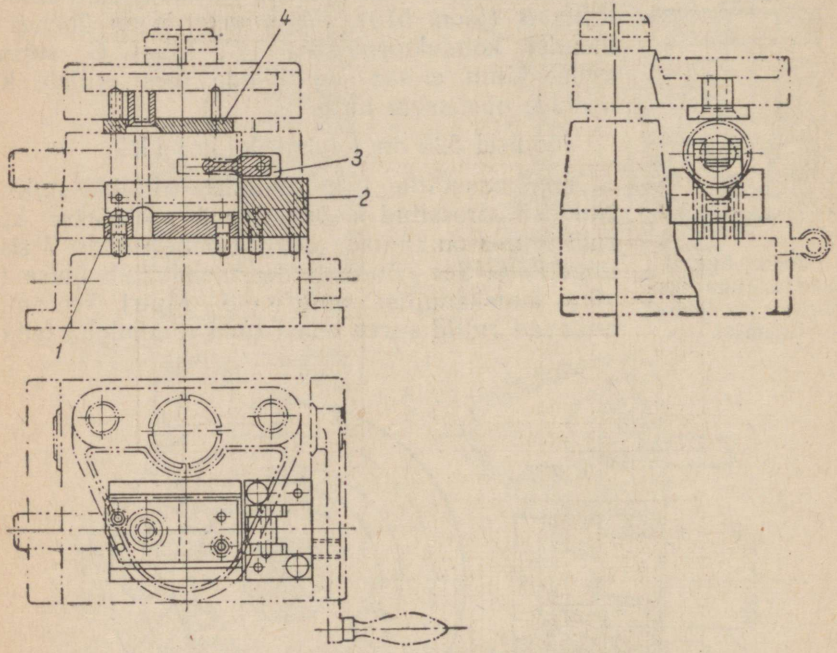


Joon. 520. Kiirlukk.

võlli 1 pöörates, misjuures hammaslatid koos konduktorplaadiga liiguvad alla. Eseme plaadiga kinnisurumisel nukk peatub ja rullid kiiluvad kinni, takistades nukki tagasi keerdumast. Operatsiooni lõpetamisel keeratakse eseme vabastamiseks käepidemega mutrit 8 vastupidises suunas. Mutter liigutab rulle vastupidises suunas, need omakorda paigutavad ümber nuki 3, hammasvõlli ja konduktorplaadi.

Kiirtoimega normaalkonduktori kasutamine võllile freesitud nuudile risti augu puurimiseks on kujutatud joonisel 521. Võll tsentreeritakse prisma 1 poolt ja fikseeritakse kiikuva liistuga 3, mis on kinnitatud toele 2. See tugi on ühtlasi ka eseme tõkestajaks. Liist 4 surub eseme vastu prismat.

Normaalkonduktori kasutamise teine näide kuue augu puurimiseks võlli äärikusse on toodud joonisel 522. Võlli tsentreerimine ja



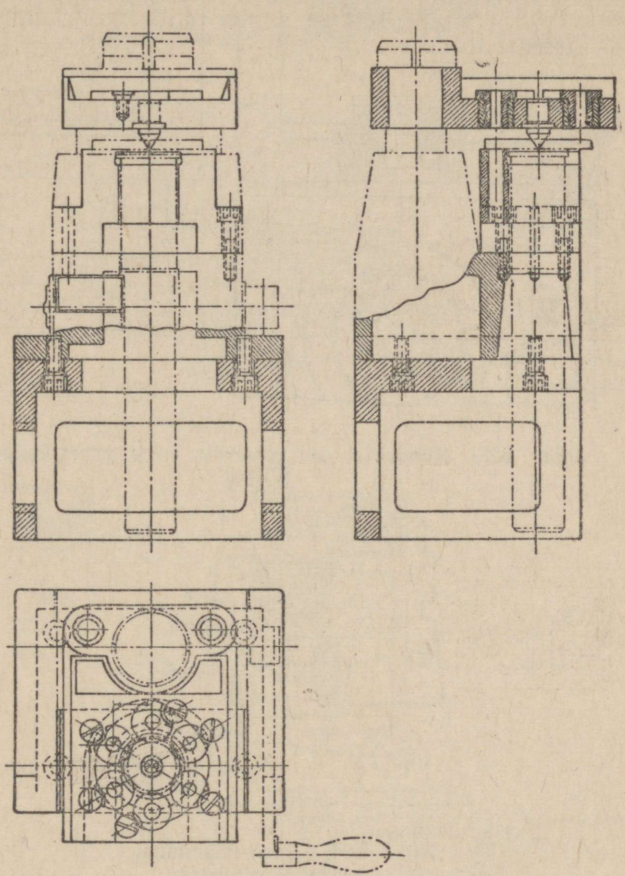
Joon. 521. Kiirtoimega normaalkonduktori kasutamine.

kinnitamine toimub ülemisse konduktorplaadisse kinnitatud tsentri abil. Kui võlli pikkus ületab konduktori mõõteid, siis keeratakse tema külge eriline malmalus.

Joonisel 523 on kujutatud konduktor survehoovale augu puurimiseks. Eseme tsentreerimine ja kinnitamine toimub eripuksi *G* abil, mis on keeratud puksisse *D*. Suunajaks on puksi *G* silindriline osa. *A* on konduktori kere, *B* — tugipuks, *C* — eseme seadetihvt. Puksi *G* sissekeeramise ebamugavus ja täpsuse kiire kaotamise võimalus, mis selles konduktoris esinevad, on kõrvaldatud kirjeldatuga analoogilises normaalkonduktoris (joon. 524), milles ese — äärik — tsentreeritakse ja kinnitatakse puksiga *A*, mis asub ülemises konduktor-

plaadis. Ese seatakse üles kolme tihvtiga erialusele. Tihvtid on eseme esialgseks orienteerimiseks.

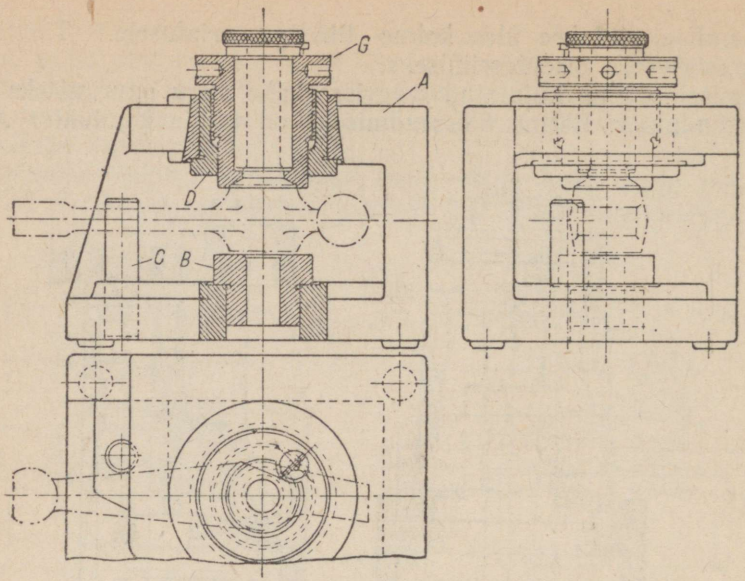
Joonisel 525 on kujutatud laagrisse kahe augu puurimiseks kasutatav konduktor. Eseme ülesseadmiseks on tarvis konduktor *A* üm-



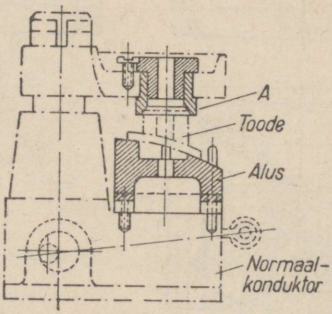
Joon. 522. Normaalkonduktor 6 augu puurimiseks võlli äärikusse.

ber pöörata, asetada paika liist *B* ja see mutriga *C* kinnitada. Puurimisel mõjub puuri jõud kinnitusliistule *B*, mis on selle konduktori puuduseks, sest mutter *C* võib järele anda. Kruvid *G* ja *D* on eseme ülesseadmiseks pikisuunas.

Sama detaili jaoks kasutatav normaalkonduktor (joon. 526) on eelnevast palju käepärasem. Teda ei ole detaili ülesseadmisel tarvis



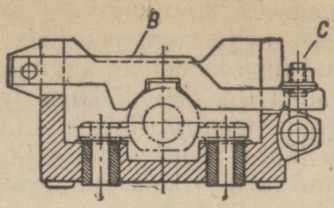
Joon. 523. Konduktor survehoovale augu puurimiseks.

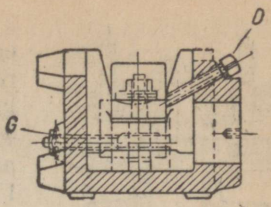


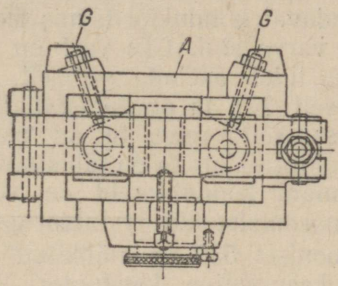
Joon. 524. Normaalkonduktor augu puurimiseks.

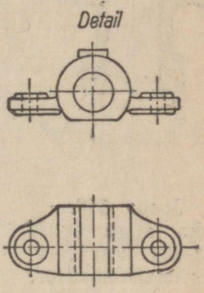
ümber pöörata, puuri jõud mõjub liikumatule toele, tsentreerimine on palju lihtsam, kui eelmises konduktoris.

Joonisel 527 on toodud normaalkonduktori kasutamise juhus esemele telgaugu puurimiseks. Tsentreerimine toimub aluse ja ülemise puksi abil, millel on viltulõigatud ääred tsentreerimise kergendamiseks. Puks on kinnitatud ülemise konduktorplaadi sisse ja teda kasutatakse ka eseme kinnitamiseks.

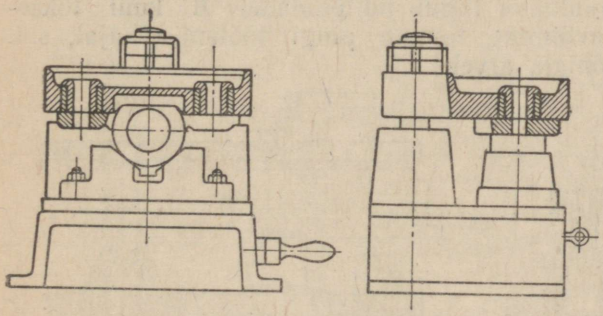




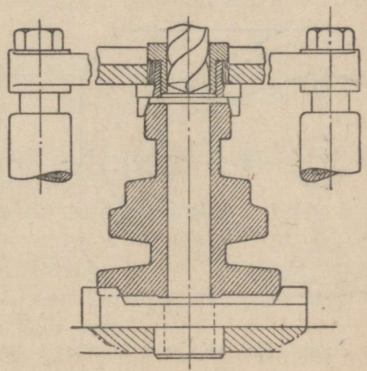




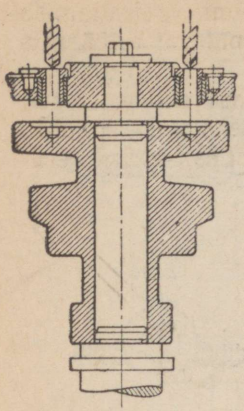
Joon. 525. Konduktor aukude puurimiseks laagrisse.



Joon. 526. Normaalkonduktor aukude puurimiseks laagrisse.



Joon. 527. Telgaugu puurimisel kasutatav normaalkonduktor.

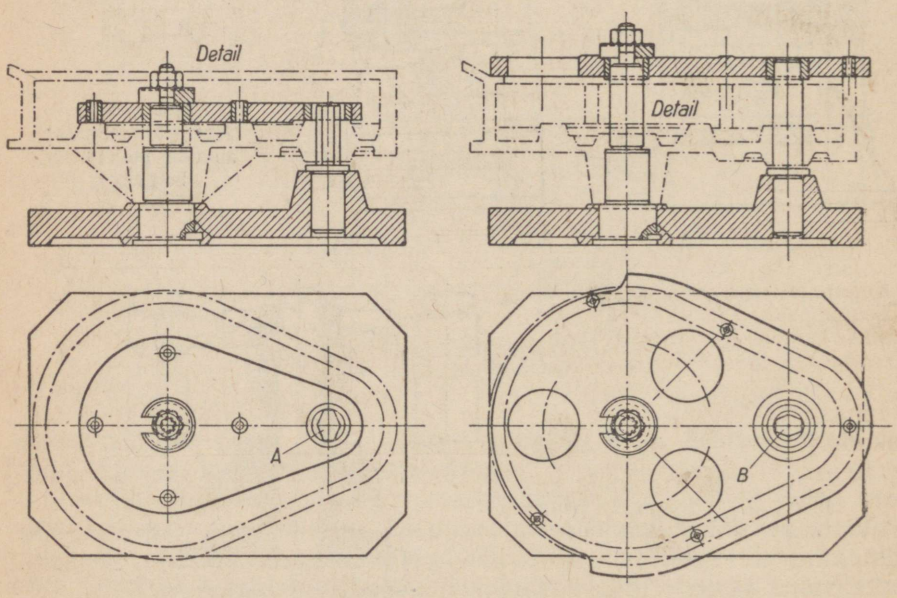


Joon. 528.
Nelja augu puurimiseks kasutatav normaalkonduktor.

Joonisel 528 on kujutatud konduktor samasse esemesse nelja augu puurimiseks, mis on tsentreeritud juba töödeldud augu järgi. Alumine varb käib auku 0,5 mm lõtkuga ja ta on mõeldud esialgseks tsentreerimiseks, ülemine varb aga annab täpse tsentreerimise ja kinnitab eseme. Ülemine varb ja kõik juhtpuksid asuvad ülemise konduktorplaadi sees.

Joonisel 529 on toodud kaks erialustega pealepandavat konduktorit, mis tsentreerivad eseme kahe varva abil. Üks varb on kahepoolse faasiga; ta tuleb asetada selliselt, nagu see nähtub jooniselt, kus ta on tähistatud tähega *A*, mitte aga selliselt, nagu ta on asetatud järgmises konduktoris, kus ta on tähistatud tähega *B*. Neid mõlemaid konduktoreid on võimalik asendada ühe normaalse kiirkonduktoriga.

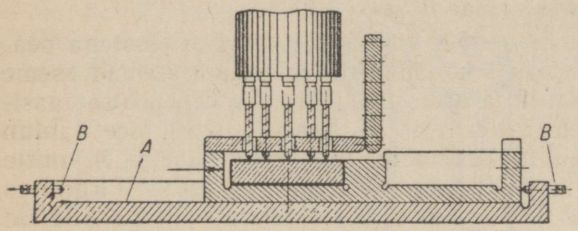
Joonisel 530 on näidatud mitme spindliga pea kasutamine konduktori järgi puurimisel. Konduktor liigub juhtpindadel *A* kuni tõkestajani *B*. Eseme mahavõtmine toimub pingi töötamise ajal, s. t. mahavõtmine toimub põhiaja arvel.



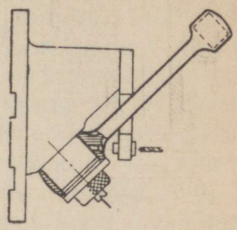
Joon. 529. Kaks erialustega pealepandavat konduktorit.

Sellist meetodit kasutatakse sageli konduktori ümberpaigutamise kergendamiseks, kui on tarvis puurida kaks või rohkem auku, mis asuvad ühel sirgel.

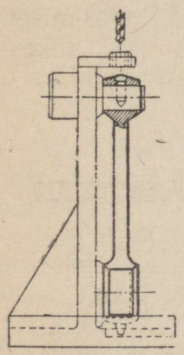
Kalduasuvate õliaukude puurimiseks kepsusse kasutatakse lihtsat konduktorit (joon. 531). Samade aukude süvistamiseks võib konduktori juhtpuksi välja võtta või teha kogu liist koos puksiga ärakeera-



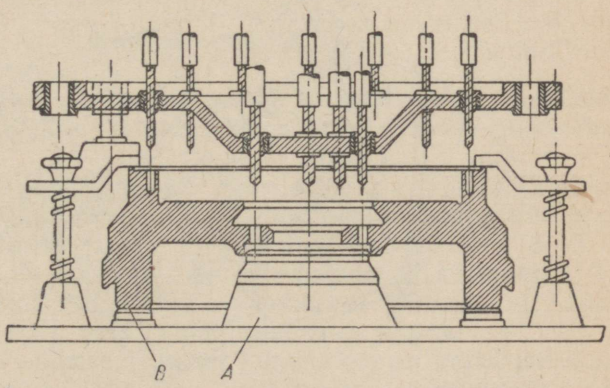
Joon. 530. Mitme spindliga pea kasutamine liikuva konduktori järgi puurimisel.



Joon. 531. Kepsusse kalduasuvate õliaukude puurimiseks kasutatav konduktor.



Joon. 532. Kepsu ülemise õliaugu puurimiseks kasutatav konduktor.



Joon. 533. Automootori hoorattasse mitme spindliga pingil 18 augu puurimiseks kasutatav konduktor.

tavana. Ärakeeratavad liistud annavad väiksema täpsuse, kuid õliaukude juures pole ka suurt täpsust tarvis.

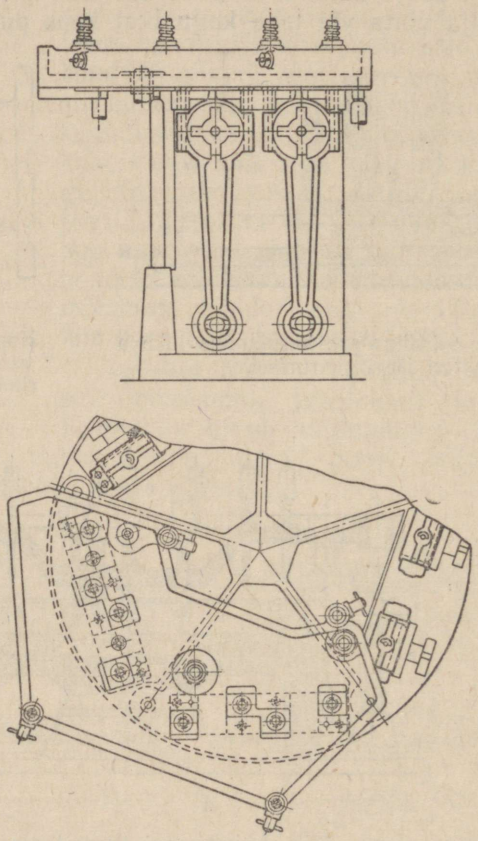
Kepsu ülemise õliaugu puurimine toimub samuti lihtsas konduktoris (joon. 532).

Viimase kahe konduktori kere valmistatakse tavaliselt mitte malmist, vaid keevitatakse kokku leht- või latt-terasest. See teeb konduktorite valmistamise lihtsamaks ja odavamaks.

Joonisel 533 on toodud automootori hoorattasse mitme spindliga

puurpingil 18 augu puurimiseks kasutatav konduktor. Ülemine plaat koos juhtpuksidega laskub koos puuridega esemele. Ese tsentreeritakse varva *A* abil ja toetub tugedele *B*.

P ö ö r a t a v a i d konduktoreid kasutatakse laialdaselt mitmel



Joon. 534. Kepsusse nelja poldiaugu ja ühe õliaugu puurimiseks kasutatav konduktor.

pool asuvate aukude puurimiseks. Olenevalt eseme mõõdetest kasutatakse ühe- või kahetoelisi konduktoreid.

Kepsusse nelja augu puurimiseks poltide jaoks ja ühe õliaugu puurimiseks kasutatav konduktor on toodud joonisel 534. Detailide kinnitamine toimub paariviisi pööratavaal laual puurimise ajal. Abiaega kulutatakse ainult töölaua pööramiseks ja tema kulu on umbes 0,1 minutit eseme kohta.

Mitme spindliga puurpead kasutatakse kõikide aukude puurimiseks samaaegselt kaheksas kepsus. Kuna augud asuvad üksteisele väga lähedal, siis puuritakse kahe augu kaupa, mis asuvad diagonaalil. Et augud on astmelised (poltide jaoks), siis esimesed, peenemad augud puuritakse juhtpukside abil, augu ülemine aste aga ilma nendeta.

Joonisel 535 on kujutatud ühetoeline pööratav konduktor treipingi trensli puurimiseks kolmest küljest. Tugi 1 ja pööramismehhanism on näidatud leppeliselt kriipsjoonega, sest nende konstruktsioon on normaalne, mida kasutatakse mitmesuguste esemete juures. Pööratav osa 2 aga konstrueeritakse eseme järgi. Eseme täpse asendi fikseerimiseks on ette nähtud käepidemega 3 varustatud fiksaator ja kolm auku 4, 5 ja 6. Käepide 7 on konduktori kinnitamiseks iga pööramise järel. Ese fikseeritakse kahele varvale 8 ja 9, milledest üks on väiksema läbimõõduga ja on kahelt poolt ära lõigatud. Ese kinnitatakse seibiga 10 käsiratta 11 abil.

Joonisel 536 on kujutatud treipingi tagumise tsenterpuki sisetreimiseks kasutatav rakis. Juhtpuksid valmistatakse nuutidega *A* tornil asuva tera läbilaskmiseks.

Konduktorpuksid.

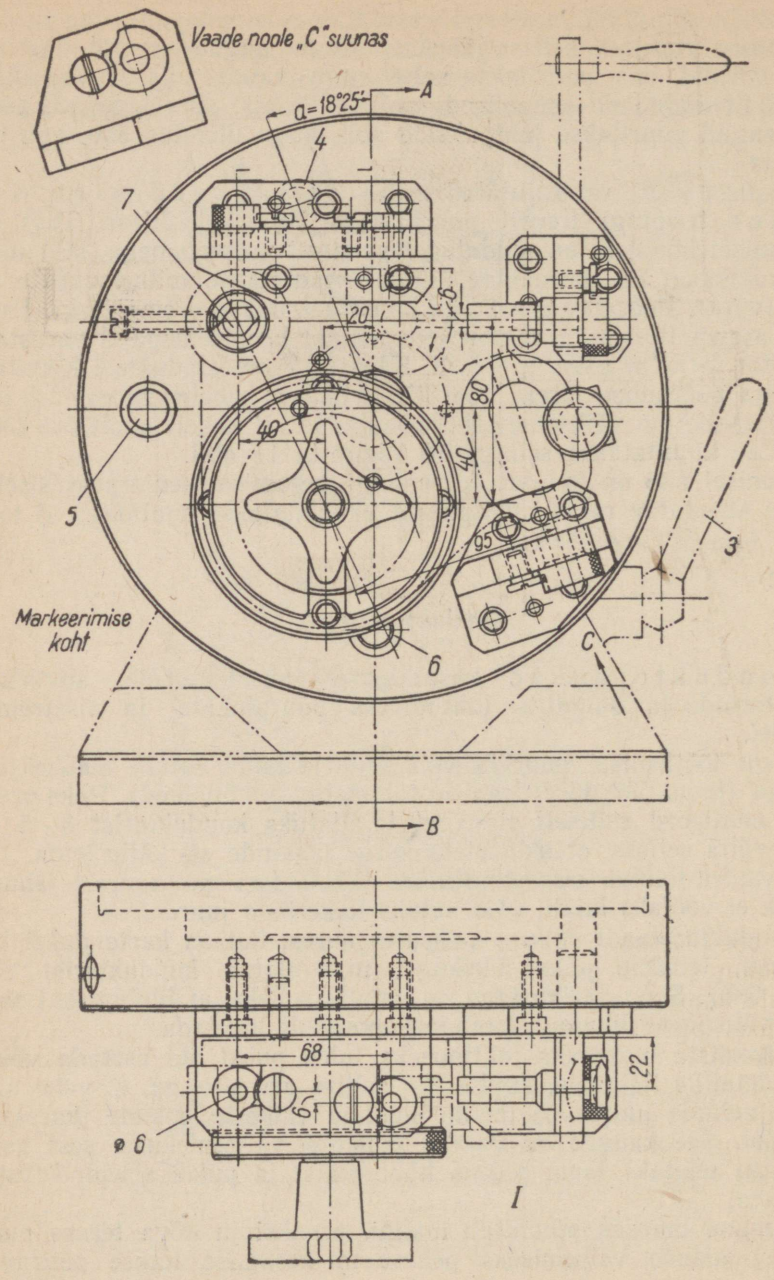
Konduktorpukse kasutatakse spiraalpuuride, süvihõõritsate, tornide ja spindlite juhtimiseks puurpinkidel ja sisetreimise pinkidel.

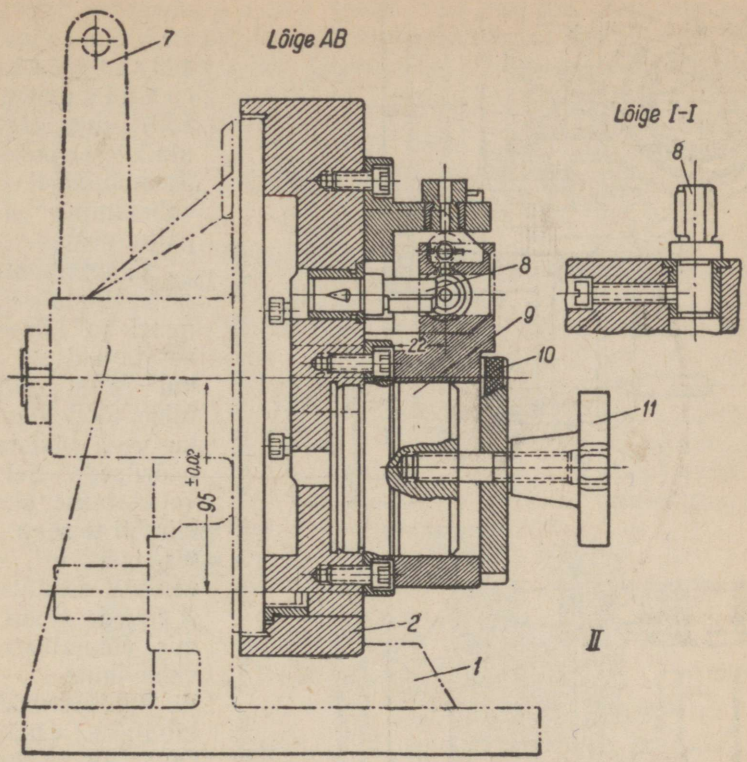
Augu töötlemisel puuriga võib puurile anda suuna alalise juhtpuksiga (joon. 537, tähtedega on tähistatud põhimõõted). Puks pressitakse mõnikord selliselt sisse, et ta ulatuks konduktorist 3—5 mm võrra välja selleks, et teda oleks kerge laastude all kätte leida. Teistel juhtudel toimub sissepressimine konduktori pinnani, et jahutusvedelik ei voolaks laiali, vaid satuks lõikeriista juurde.

Konduktorplaadi väikese paksuse juures, kui on karta puksi läbisurumist, tehakse puks äärikuga, mis ulatub konduktorist välja (joon. 538). Soon ääriku taga on vajalik selleks, et lihvimiskäi saaks puksi välispinna lihvimisel pinda korralikult lõpetada.

Lõikeriista paremaks juhtimiseks tuleb puksi ots asetada võimalikult detailile ligemale, kuid siiski sellise arvestusega, et vahe oleks suurte aukude juures $^1/_3$ läbimõõdust ja väikeste aukude juures üks läbimõõt. See kaugus on vajalik laastude väljatulekuks, sest vastasel juhul tekitaks laast puksis hõõrdumist ja puksi sisepind kuluks ruttu ära.

Viimane märkus puudutab malmi, pronksi ja kõva terase puurimist. Laastude väljumiseks pehme ja keskmise terase puurimisel


Vaade noole „C" suunas
α=18°25'
A
4
7
20
5
80
40
40
95
3
5
Markeerimise koht
6
C
B
68
22
ø 6
I



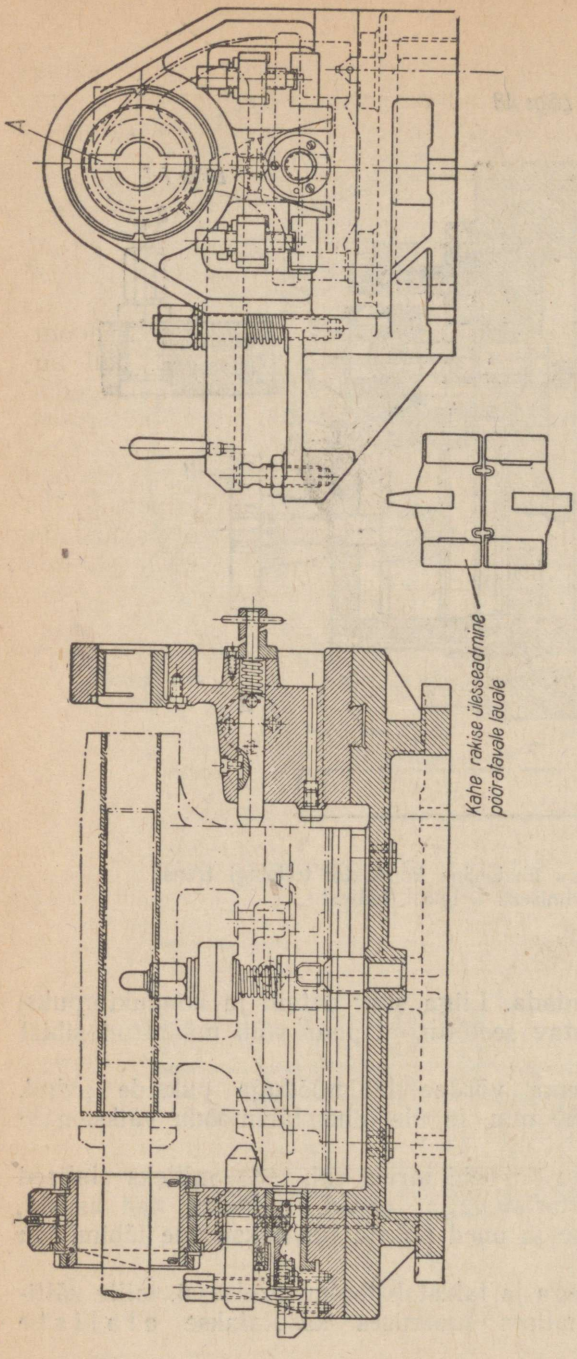
Joon. 535. Pööratav ühetoeline konduktor treipingi trensli puurimiseks kolmest küljest.

tuleb seda kaugust suurendada. Liiga suur detaili ja konduktorpuksi vahekaugus ei ole soovitatav seetõttu, et puur võib määratud sihist kõrvale kalduda.

Puksi pikkus peab olema võrdne läbimõõduga pukside puhul, millede läbimõõt on 40—50 mm, ja üle ühe läbimõõdu väiksemate puksi läbimõõtude juures.

Puksi sisekulumise tõttu on neid tarvis vahetada, milleks alalised puksid pressitakse konduktorist välja, pesad, milledes nad asusid, treitakse ning hõõritsetakse ja uued puksid lihvitakse uue läbimõõdu järgi.

Kõik see võtab palju aega ja takistab tootmisprotsessi, mille vältimiseks suur- ja keskseerialises tootmises kasutatakse a l a l i s t e



Joon. 536. Treipingi tagumise tsenterpuki sisetreimiseks kasutatav rakis.

pukside kõrval ka vahetatavaid ja kiiresti vahetatavaid pukse (joon. 539), mis asetatakse alalistesse puksidesse. Ärakulumisel nende vahetamine ei võta palju aega.

Vahetatavaid pukse kasutatakse puurimisel ja kiiresti vahetatavaid sel puhul, kui peale puurimise tuleb töödeldavat auku veel süvistada ja hõõritseda. Sel juhul vahetatakse üks puks kiiresti teisega, pöörates teda nii, et süvend *B* asetuks kruvi *A* juurde (joon. 539), mis võimaldab kiiret vahetamist.

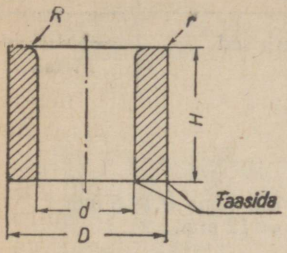
Pukside mõõted on kindlaks määratud OCT 4922, 4923 ja 4924 (tab. 68, 69 ja 70).

Erikonduktorpuksid. Esineb detaile, millede töötlemisel ei ole võimalik kasutada normaalseid konduktorpukse. See esineb siis, kui aukude vahekaugus on väike ja kui auk asub konduktorplaadist märksa madalamal.

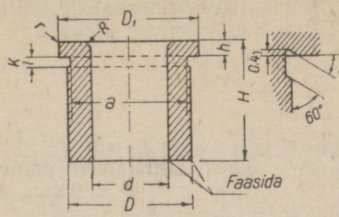
Aukudevaheliste väikeste kauguste puhul võib kasutada

faasitud alalisi pukse (joon. 540), millede vahetamine on raskendatud ja selle tõttu nende abil ainult puuritakse. Kasutatakse ka eripukse kahe auguga (joon. 541), mis on küll märgatavalt kallimad, kuid käepärasemad.

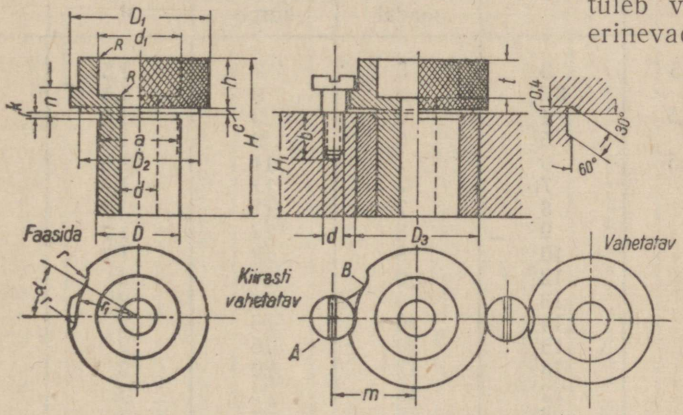
Mõnikord kasutatakse ka pööratavaid pukse, mis on kujutatud joonisel 542, kui aukude läbimõõdud on ühesugused. Kui aga aukude läbimõõdud on erinevad, siis tuleb valmistada erinevad puksid.



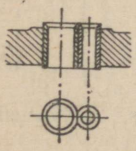
Joon. 537. Konduktorpuks (silindriline, alaline)



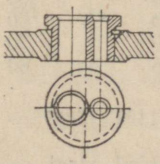
Joon. 538. Konduktorpuks (silindriline, alaline, äärikuga).



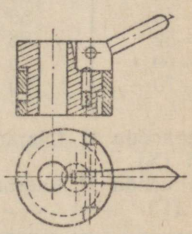
Joon. 539. Konduktorpuksid (vahetatav ja kiiresti vahetatav).



Joon. 540. Faasitud alalised puksid.

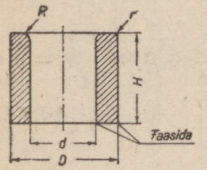


Joon. 541. Eripuks kahe auguga.



Joon. 542. Pööratav puks.

NSVL Töö- ja Kaitsenõukogu. Üleliiduline Standardimise Komitee	Üleliiduline standard	OCT 4922
	Konduktorpuksid, silindrilised alalised	Metall



Puksi tähistamise näide, kui tema $d = 5$ mm, $D = 9$ mm, $H = 12$ mm.

KONDUKTORPUKS 5×9×12 OCT 4922

mm

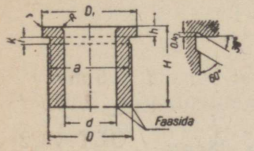
d	D	H		R	r
		madal	kõrge		
Kuni 0,5	3	6	9	1,5	0,5
0,5— 1	3,5	6	9	1,5	0,5
1,0— 1,5	4	6	9	1,5	0,5
1,5— 2	5	6	9	1,5	0,5
2,0— 2,5	6	7	11	1,5	0,5
2,5— 3	7	7	11	1,7	0,5
3 — 4	8	7	11	1,7	0,5
4 — 5	9	8	12	1,7	0,8
5 — 6	10	8	12	1,7	0,8
6 — 7	12	9	14	2	0,8
7 — 8	13	9	14	2	0,8
8 — 9	14	10	16	2	1,0
9 —10	15	10	16	2	1,0
10 —12	18	12	20	3	1,0
12 —15	22	15	22	3	1,0
15 —20	28	15	25	3	1,0
20 —25	34	20	32	4	1,0
25 —30	40	20	35	4	1,0
30 —35	46	25	40	5	1,0
35 —40	52	25	45	5	1,0
40 —45	58	30	50	5	1,5
45 —52	66	35	60	6	1,5
52 —60	76	40	70	6	1,5
60 —70	90	45	80	6	1,5

Läbimõõdu d tolerantsid OCT 1151 järgi — võllisüsteemis, 2. täpsusklass, käigu-ist (X).

Läbimõõdu D tolerantsid OCT 1045 järgi — augusüsteemis, 2. täpsusklass, umb-ist (Г).

Kinnitatud Üleliidulise Standardimise Komitee poolt Töö- ja Kaitsenõukogu juures 29. aprillil 1932. a. kui soovitatav.

NSVL Töö- ja Kaitsenõukogu. Üleliiduline Standardimise Komitee	Üleliiduline standard	OCT 4923
	Konduktorpuksid, silindrilised alalised, äärikuga	Metall



Puksi tähistamise näide, kui $d = 5$ mm, $D = 9$ mm, $H = 13$ mm

KONDUKTORPUKS 5×9×13 OCT 4923

mm

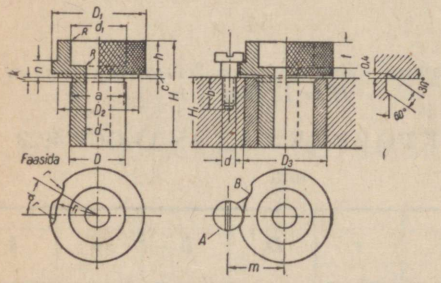
d	D	H		R	r	D_1	h	a	k
		madal	kõrge						
kuni 0,5	3	7	10	1,5	0,5	6	1,5	2,6	1
0,5— 1,0	3,5	7	10	1,5	0,5	7	1,5	3,1	1
1,0— 1,5	4	7	10	1,5	0,5	8	1,5	3,6	1
1,5— 2,0	5	7	10	1,5	0,5	9	1,5	4,6	1
2,0— 2,5	6	8	12	1,5	0,5	10	1,5	5,6	1,5
2,5— 3,0	7	8	12	1,7	0,5	11	1,5	6,6	1,5
3 — 4	8	8	12	1,7	0,5	12	1,5	7,6	1,5
4 — 5	9	9	13	1,7	0,8	13	1,5	8,6	1,5
5 — 6	10	9	13	1,7	0,8	14	1,5	9,6	1,5
6 — 7	12	11	16	2	0,8	16	2	11,6	1,5
7 — 8	13	11	16	2	0,8	17	2	12,6	1,5
8 — 9	14	12	18	2	1	18	2	13,6	2
9 —10	15	12	18	2	1	20	2	14,6	2
10 —12	18	15	23	3	1	23	3	17,6	2
12 —15	22	19	26	3	1	28	4	21,6	2
15 —20	28	19	29	3	1	34	4	27,4	2
20 —25	34	24	36	4	1	40	4	33,4	2,5
25 —30	40	25	40	4	1	46	5	39,4	2,5
30 —35	46	30	45	5	1	52	5	45	2,5
35 —40	52	30	50	5	1	60	5	51	2
40 —45	58	35	55	5	1,5	68	5	57	2
45 —52	66	40	65	6	1,5	76	5	65	2

Läbimõõdu d tolerantsid OCT 1151 järgi — võllisüsteemis, 2. täpsusklass, käigu-ist (X).

Läbimõõdu D tolerantsid OCT 1045 järgi — augusüsteemis, 2. täpsusklass, umb-ist (Г).

Kinnitatud Üleliidulise Standardimise Komitee poolt Töö- ja Kaitsenõukogu juures 29. aprillil 1932. a. kui soovitatav.

NSVL Töö- ja Kaitsenõukogu. Üleliiduline Standardimise Komitee	Üleliiduline standard	OCT 4924
	Konduktorpuksid, vahetatavad ja kokkupandud kujul	Metall



Puksi tähistamise näide, kui $d = 15$ mm, $D = 26$ mm ja $H = 38$ mm.

KONDUKTORPUKS
15 × 26 × 38 OCT 4924

mm

d	alates	1	1,5	2	4	6	8	10	12	15	18	22	26	31	36	42
	kuni	2	3	5	7	10	12	14	17	20	24	28	33	38	44	50
D		4	6	9	12	15	18	22	26	30	35	40	45	52	60	70
H	madal	13	16	19	22	27	29	36	38	40	47	49	61	68	75	85
	kõrge	17	20	25	30	34	39	48	53	56	62	69	86	98	110	110
H_1	madal	7	8	10	12	15	15	20	20	20	25	25	35	40	46	45
	kõrge	11	12	16	20	22	25	32	35	35	40	46	60	70	80	80
D_1		12	14	18	23	28	34	40	46	46	52	60	68	76	86	100
D_2		7	9	13	17	21	27	33	38	38	44	50	56	64	74	88
h		5,5	7	8	9	10,5	12.5	14,5	16.5	18,5	20	22	24	28	28	28
c		0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2	2
k		1	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2,5	2,5	2.5	2,5	3	3	3
D		3,6	5,6	8,6	11,6	14,5	17,6	21,5	25,4	29,4	34,4	39,4	44	51	59	69
d		3	5	8	10	15	18	20	25	28	32	36	45	50	60	65
n		0,5	0,7	1	1	1,6	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5
$r°$		65°	65°	65°	65°	50°	35°	35°	30°	30°	30°	30°	25°	25°	25°	25°
a		5,2	5,2	6,5	6,5	8	8	8	8	8	11	11	14,5	14,5	14,5	14,
r		3,8	5,3	6,5	9	11	14	17	20	20	21	25	27,5	31,5	30,5	43,5
m		3	4	5	5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	8	8	9	9	9	9
d		8	10	14	18	22	28	34	40	40	46	52	58	66	76	90
R		9	10,5	13	15,5	19	22	25	28	28	32	36	42	46	51	58
b		M4	M4	M5	M5	M6	M6	M6	M6	M6	M8	M8	M10	M10	M10	M10
b		10	10	15	15	18	18	18	18	18	20	20	25	25	25	25
l		4	5	6	7	9	11	12	13	15	17	19	20	21	22	22

Läbimõõdu d tolerantsid OCT 1151 järgi — võllisüsteemis, 2. täpsusklass, käigu-ist (X).

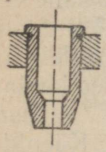
Läbimõõdu D tolerantsid OCT 1050 järgi — võllisüsteemis, 2. täpsusklass, liikuv-ist (D).

Kinnitatud Üleliidulise Standardimise Komitee poolt Töö- ja Kaitsenõukogu juures 29. aprillil 1932. a kui soovitatav.

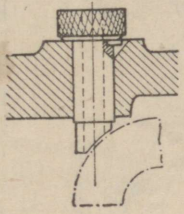
Kui auk asetseb konduktorplaadist märgatavalt madalamal, siis kasutatakse erilisi pikendatud pukse (joon. 543), mis võivad olla alalised ja vahetatavad.

Aukude puurimiseks kald- või sfäärilistel pindadel kasutatakse pukse, mis moodustavad esemega väikese pilu (joon. 544). Väike pilu on tarvilik puuri kõrvalesuundumise ja tema murdumise vältimiseks.

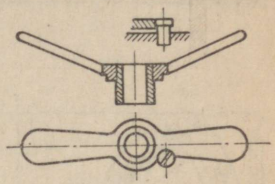
Suure läbimõõduga pukside käepärasema vahetamise otstarbel kasutatakse käepidemega pukse (joon. 545).



Joon. 543. Pikendatud puks.



Joon. 544. Puks aukude puurimiseks sfäärilistel pindadel.



Joon. 545. Käepidemega puks suure läbimõõduga aukude jaoks.

XVIII. RAKISED FREESIMISE JA HÖÖVELDAMISE TÖÖDE JAOKS.

Freesimisel kasutatavad rakised peavad olema massiivsemad ja tugevamad, kui puurimisel kasutatavad rakised, sest siin on tegemist muutuva lõikejõuga, eriti silindriliste freesidega freesimisel. Viimaste toimel tekivad veel jõud, mis tahavad eset pingilt lahti kiskuda. Seda asjaolu tuleb rakiste konstrueerimisel arvestada. Kinnitite konstruktsioon peab olema tugev ja käepärane eseme kiireks kinnitamiseks ja rakisest vabastamiseks.

Töötamine kahe või rohkema rakisega võimaldab esemete vahetamist teostada ühes rakises teise rakise masina-aja arvel. Selleks otstarbeks tuleb sageli kasutada pööratavaid töölaudu.

Pideva freesimise meetodid põhjustavad vajadust konstrueerida kompaktseid rakiseid, kuhu saab kiiresti kinnitada esemeid.

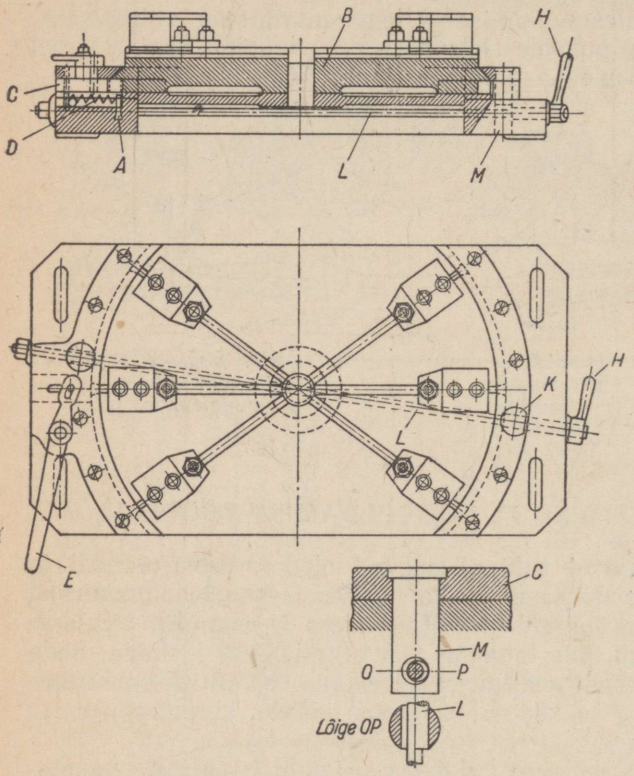
Lõikeriista ülesseadmiseks freesimisel, samuti ka höövelda misel kasutatakse laialdaselt nn. «gabariite», mis määravad esemel pärast töötlemist saadavaid mõõteid.

Gabariidid tuleb asetada igasse freesimise ja höövelda misse rakisesse. Nad ei tee rakist keerulisemaks, samal ajal aga kiirendavad märgatavalt lõikeriista õiget ülesseadmist.

Pöördlaudu kasutatakse laialdaselt kesk- ja suurseerialisel tootmisel peamiselt kahel rakisel freesimisel: sel ajal, kui ühes raki-

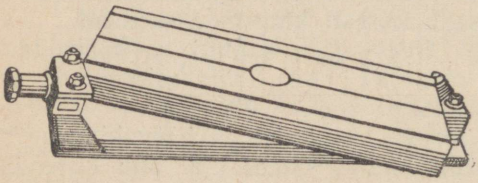
ses toimub töötlemine, teises toimub eseme ülesseadmine, mille tulemusena abiaeg võrdub peaaegu nulliga.

Pöördlaud (joon. 546) on liikumatu alusega *A*, mis on kinnitatud pingi töölauale, ja pealmise pööratava osaga B, mille pööramist fikseeritakse tihvtiga *C* vedru *D* abil. Fikseeriva tihvti väljatõmbamine toimub käepidemega *E*. Pööratava osa kinnitamine alumise osa külge toimub kahe liistu *K* abil võlli *L* vahendusel, millel on ekstsentrilised kaelad, mis asuvad varbade *M* nuutides. Käepideme *H* pööramisel tõmbavad võlliku *L* kaelad varbu *M* alla, mille tulemusena ülemine plaat surutakse aluse vastu.



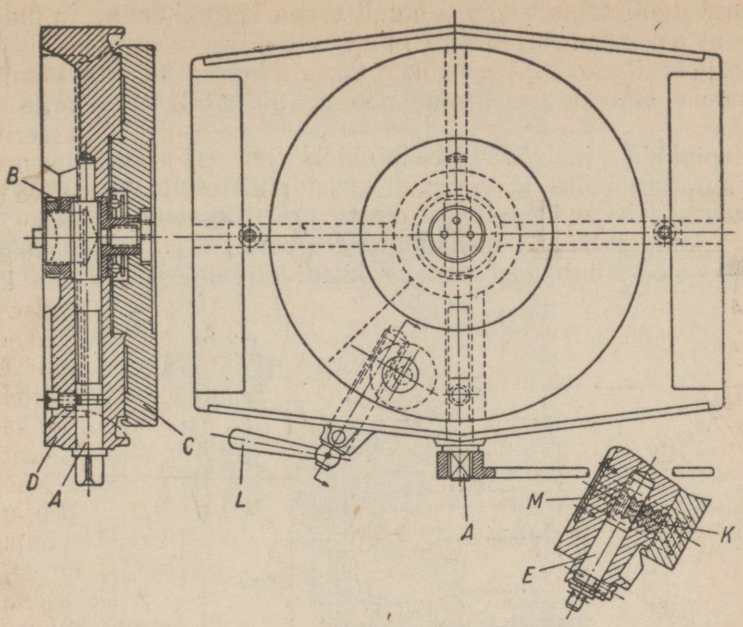
Joon. 546. Pöördlaud freesimiseks.

Joonisel 547 on kujutatud pöördlaud (üldvaade), mis erineb eelnevast ainult nuutide asetusega rakiste kinnitamiseks.



Joon. 547. Pöördlaud kahe rakise ülesseadmiseks.

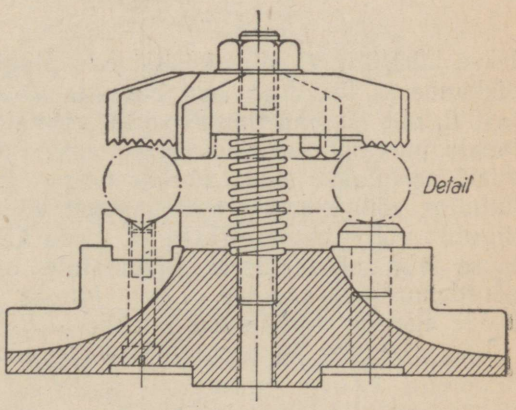
Joonisel 548 on toodud pöördlaud ühe rakise jaoks, kui eset töödeldakse kahelt poolt, pöörates teda 180 ° võrra. Selle laua iseärasuseks on võllik *A*, millel on laua keskkohas ekstsenter. Selle ekstsentri pööramisel tõuseb laud puksi *B* ja kuultugilaagri abil üles, mis kergendab laua pööramist. Free-



Joon. 548. Pöördlaud ühe rakise jaoks, pööramise võimalusega kuni 180°.

simisel sama võllik *A* surub puksiga *B* ülemise pööratava osa vastu alust. Võllik *E* on tema otsale lõigatud hammaste kaudu hambumises hammaslatt-fiksaatoriga *K*. Ta eemaldatakse alusest käepideme *L* abil ja lülitub sisse ise vedru *M* survel.

Sellist lauda kasutatakse joonisel 549 kujutatud rakisega sarnaste rakiste kinnitamiseks. Joonisel 549 toodud rakises freesitakse korraga kahte hooba. Alguses freesitakse hoobade ühed otsad ja selle järel pööratakse rakis 180° võrra ja freesitakse teised otsad. Hoovad asetatakse ühe otsaga prismale ja teise otsaga alalisele toele.

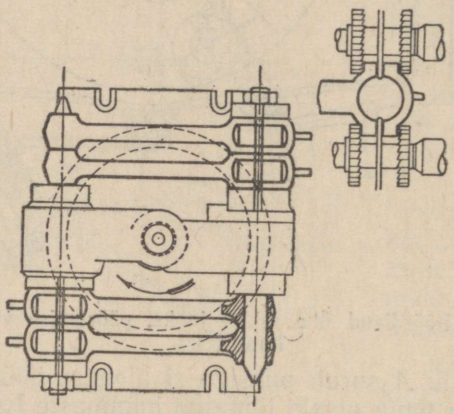


Joon. 549. Rakis hoova freesimiseks kahelt poolt.

Samasugusel pöördlaual, mis on üles seatud kahe spindliga erilisele horison-

taal-freespingile, toimub kepsu alumise pea läbilõikamine ja poldipea ning mutri asemete freesimine. Rakis kinnitatakse pöördlaua ülemisele osale ja pöördub koos sellega 180° võrra (joon. 550). Kepsud asetatakse kahele juhtvarvale, läbilõigatav pea kinnitatakse seibi ja mutri abil.

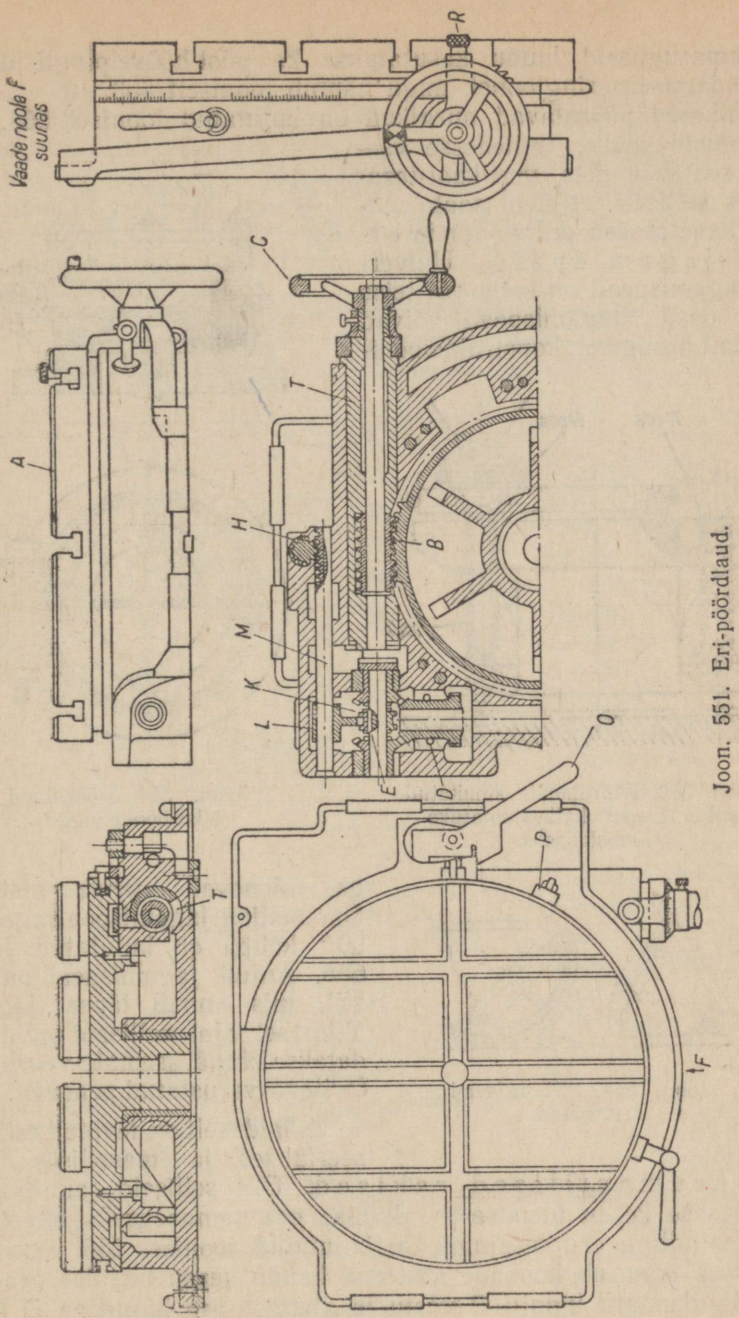
Freespinkidel ja püst-höövelpinkidel on eri-pöördlauad sageli nagu pingi tarvikuiks ja erinevad kirjeldatuist selle poolest, et neid saab kasutada katkestamatuks freesimiseks ringjoonel, kusjuures nad saavad liikumise pingilt mehaaniliselt (joon. 551). Sellise laua ülemises osas *A* on *T*-kujulised sooned rakiste kinnitamiseks. Tigu *B* pööra-



Joon. 550. Rakis kepsu freesimiseks.

takse käsiratta *C* abil käsitsi või pingi poolt mehaaniliselt liigendülekande ja koonilise hammasratta *D* abil. Kaks koonushammasratast *E*, mis istuvad tigu *B* võllil, võimaldavad nukksiduri *K* abil anda lauale parempoolset või vasakpoolset pöörlemist. Laua käsitsipööramisel asetatakse sidur keskasendisse kahvli *L* abil. Kahvli ümberlülimine võib toimuda automaatselt võlliku-hammaslati *M* abil, mida liigutab võllik-hammasratas *H*. Laua kasutamisel jagamispeana kantakse laua silindrilisele liikumatule osale jaotused, mis näitavad pöördenurka kraadides. Laua kiireks pööramiseks saab tigu välja lülida ekstsentrilise puksi *T* abil.

Joonisel 552 on kujutatud rakis katkestamatuks kepsu liitepinna freesimiseks. Rakis on asetatud mehaaniliselt pöörlevale lauale, mis oma ehituselt on eelkirjeldatuga analoogiline. Keps kinnitatakse kolmele tsentrile.

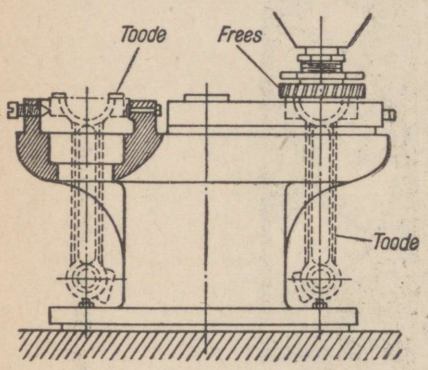


Joon. 551. Eri-pöördlaud.

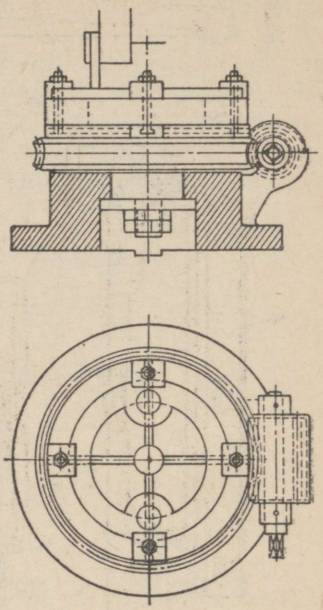
Samasuguseid laudu kasutatakse ka püst-höövelpingil detailide hööveldamiseks ringjoonel, nagu nähtub jooniselt 553.

Väikesed pööratavad nurgikud on kujutatud joonisel 554.

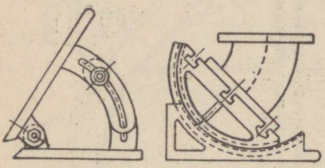
Rakiste jaoks, milledesse esemed seatakse üles vertikaal-tasapinnas selliselt, et neid saab pöörata, kasutatakse erilisi universaal-jagamispäid. Universaal-jagamispead on selle või teise pingi osad. Jagamispead võivad olla mitmesuguse konstruktsiooniga, olenevalt nende otstarbest. Üks selline jagamispea jagamiseks 90° kaupa on kujutatud joonisel 555. Antud jagamispeal on liikuv kiil, mis annab täpse jagamise. Viimasel ajal selliseid päid asendatakse käepärasemate vedrufiksaatoritega varustatud peadega.



Joon. 552. Pöördlauale kinnitatud rakis kepsu katkestamatuks freesimiseks.

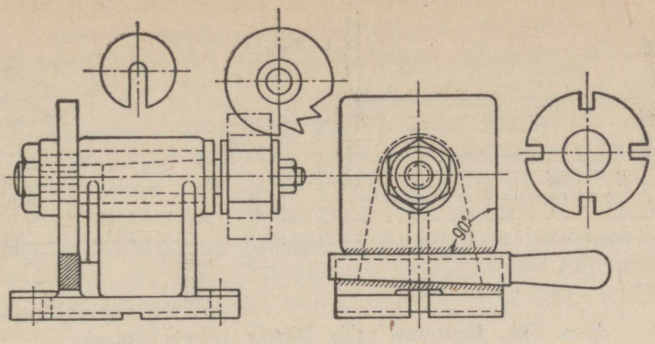


Joon. 553. Pöördlaud püst-höövelpingil.

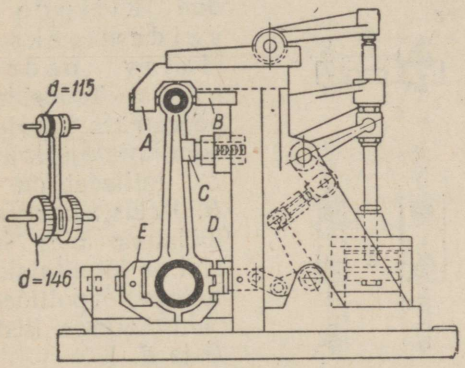


Joon. 554. Pööratavad nurgikud.

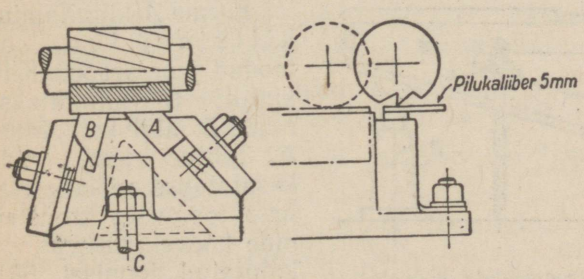
Laialdaselt on levinud eriti suurseerialises ja massilises tootmises pneumaatilised rakised. Üks selliseid rakiseid, mida kasutatakse kepsu ülemise ja alumise pea samaaegseks freesimiseks nelja spindliga erifreespingil, on kujutatud joonisel 556. Pneumaatiline silinder surub hoobade süsteemi kaudu kepsu ülemise pea kinnitiga *A* liikumatu kinniti *B* vastu ja alumise pea kinnitiga *D* liikuva



Joon. 555. Eri-jagamispea.



Joon. 556. Pneumaatiline rakis kepsu pea samaaegseks kahelt poolt freemiseks.

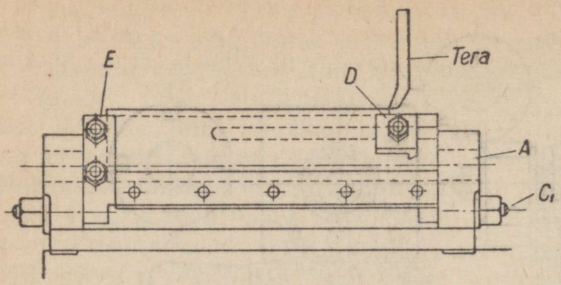


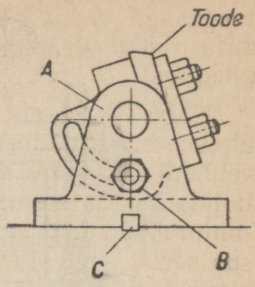
Joon. 557. Kiilude freesimise rakis.

hoova *E* vastu. Tõkestaja *C* on orienteeriv aks ülesseadmiseks ristisuunas.

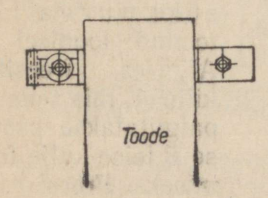
Lihtne rakis kiilude freesimiseks nurga all on toodud joonisel 557. Alguses freesitakse kiilu *A*, mis selle järel paigutatakse asendisse *B* teise külje freesimiseks. Freesi esialgseks ülesseadmiseks kasutatakse plaadikest — «gabariiti» —, millest 3 või 5 mm paksusega pilukaliibri abil mõõdetakse kaugus. Ese kinnitatakse liistude abil. Rakis kinnitatakse töölaua külge poltidega *C*.

Hööveldamisel kasutatavaid rakiseid võib nõrgemini kinnitada, sest hööveldamisel puudub rakist töölaua küljest lahti kiskuv jõud.

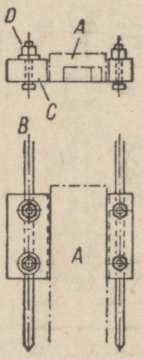




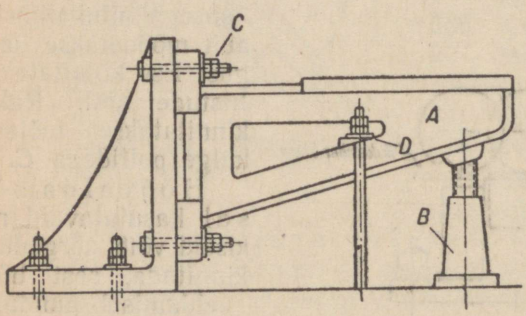
Joon. 558. Pööratav rakis kiilude hööveldamiseks.



Joon. 559. Õhukeste detailide kinnitusrakis.



Joon. 560. Kiilkinnitus.



Joon. 561. Lihtne rakis kronsteinide hööveldamiseks.

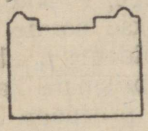
Joonisel 558 on toodud kiilude hööveldamiseks kasutatav pööratav rakis. Töödeldav ese pööratakse tugedel *A* ja kinnitatakse kruvidega C_1, milledel on mutrid *B*. Rakis seatakse pingi töölauale üles kiilu *C* abil ja kinnitatakse liistudega või poltidega. Ese kinnitatakse liistudega *D* ja *E*.

Õhukesi detaile kinnitatakse töötlemisel eriliste kinnitite abil (joon. 559). Tõkestaja *A* on liikumatu ja kinniti *B* saab pöörelda teljel *C*.

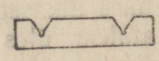
Eseme *A* kinnitamine kiilkinnitiga on toodud joonisel 560. Kiilkinniti *C* nihutatakse mutri *D* abil kaldpinnal *B*. Lihtne rakis, mida kasutatakse väikeseerialises tootmises kronsteinide hööveldamiseks, on kujutatud joonisel 561. Rippuv osa *A* on toeta-

tud tungrauaga *B*. Nurkrakise vastu surutakse ese poltide *C* abil ja tungraua vastu liistuga *D*. Väiksemaid esemeid hööveldatakse mitu tükki korraga ja nad asetatakse üksteise kõrvale töölaua pikkuses.

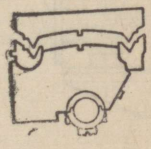
Nagu oli eespool märgitud, kasutatakse lõikeriista õige ja kiire ülesseadmise otstarbel rakistes gabariite. Keeruliste profiilide hööveldamiseks (pinkide juhtpinnad, spindlikastid ja teised sellised detailid) kasutatakse samuti gabariite. Joon. 562 on toodud pingi sängi juhtpindade hööveldamise gabariit. Gabariitide kasutamise käepärasus seisab selles, et nad võimaldavad töödelda eelmärkimiseta. Freesimisel ja tasahööveldamisel seatakse lõikeriist üles gabariidi järgi



Joon. 562. Sängi juhtpindade hööveldamise gabariit.



Joon. 563. Sängi juhtpindade kontrollimise šabloon.



Joon. 564. Revolverpingi spindlikasti kere kontrollimise šabloon.

pilukaliibri abil. Keeruliste profiilide hööveldamisel on gabariidi järgi töötamine palju raskem. Selle tõttu enamik tehaseid niisugustel juhtudel ei kasuta gabariite. Gabariitide kasutamine sel juhul põhjustab sagedasti terade ja gabariitide eneste purunemist. Pealegi keeruliste profiilide puhul on otstarbekohane märkimist teostada detaili kogu konfiguratsiooni õigsuse ja valandite ja töötlusvarude kontrollimiseks.

Samal ajal kasutavad tehased laialdaselt gabariite freesimise ja hööveldamise operatsioonide rakistes. Keerulise profiiliga detailide hööveldamist kontrollitakse šabloonide abil.

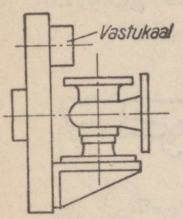
Joonisel 563 on toodud šabloon pingi juhtpindade kontrollimiseks, mida töödeldakse joonisel 562 toodud gabariidi järgi.

Joonisel 564 on toodud šabloon revolverpingi spindlikasti kere kontrollimiseks.

Šablooni järgi hööveldamist kasutatakse eriti sagedasti silumisoperatsioonide teostamisel. Selle juures saavutatakse selline täpsus, et 0,03 — 0,05 mm pilukaliiber ei mahu detaili ja šablooni vahele.

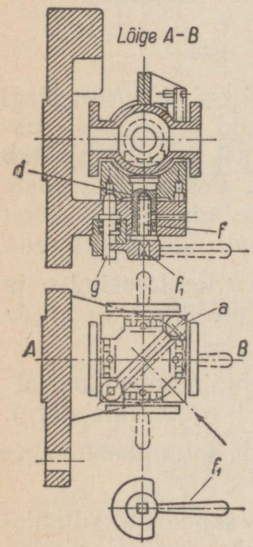
XIX. RAKISED TREIMISE, REVOLVERPINGIL TREIMISE JA LIHVIMISE TÖÖDE JAOKS.

Väikeseerialises tootmises teostatakse detailide töötlemist sageli nurgikuga varustatud plaanseibil (joon. 565). Detaili tasakaalustamiseks, mis ei asu plaanseibi tsentris, asetatakse plaanseibile vastukaal. Sel juhul on detaili iga külje töötlemine seotud ümberasetusega, mis kulutab aega. Ajakulu vältimiseks kasutatakse keskseerialises tootmises pööratavaid rakiseid. Üks sellistest rakistest on kujutatud joonisel 566. Sellise rakise abil on võimalik töödelda detaili neli külge ühe ülesseadega, milleks ta on varustatud pöördmehhanismiga. Rakise alumine osa saab pöörelda teljel *d*, mis on kinnitatud kruvi *f* abil padruni valatud osa külge. Pöörde fikseerimiseks 90° võrra kasutatakse sõrme *g*, mis nihutatakse alusest välja käepideme f_1 abil. Detail seatakse üles kolmele prismale ja ühele toele, mis on ühendatud ühe prismaga kiikuva segmendi abil. Nii toetub detail neljale punktile. Detaili kinnitamine toimub liistu *a* abil.

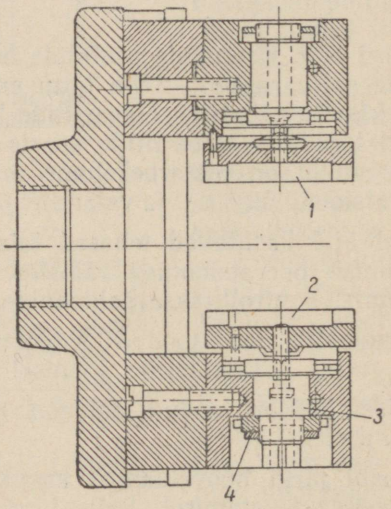


Joon. 565. Tremine nurgikuga varustatud plaanseibil.

Väikesed detailid (kolmikud) töödeldakse pööratavates kahe nukiga padrunites. Sellise padruni läbilõige on toodud joonisel 567. Tugiprismad 2 võivad pöörelda telje 3



Joon. 566. Pööratav rakis treipinkidele.



Joon. 567. Kahe nukiga pööratava rakise läbilõige.

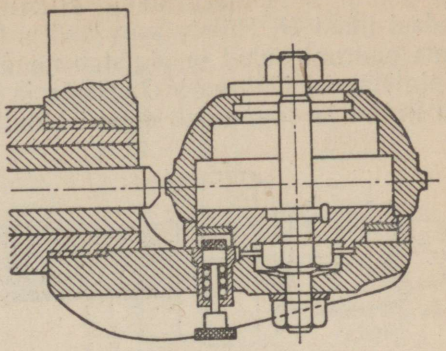
ümber, millega on ühendatud jagamisketas. Jagamisketas võimaldab fiksaatori abil pöörata eset 90° ja 180° võrra.

Joonisel 568 on toodud läbilõige pööratavast rakisest, mida kasutatakse treipingil; ta on üles seatud nurkplaadile ja on varustatud vedrufiksaatoriga.

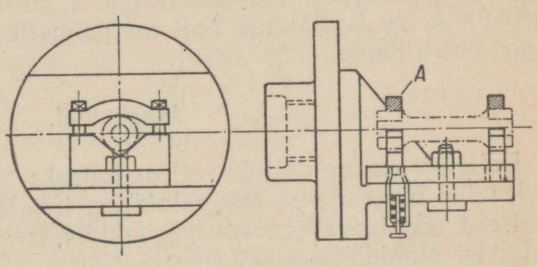
Analoogiline rakis pika puksi töötlemiseks on toodud joonisel 569. Detaili kinnitamine sellesse rakisesse toimub kahe liistu *A* abil.

Nurkdetaili töötlemiseks kasutatav erirakis on näidatud joonisel 570. Detail *I* surutakse vastu tsentreerivaid prismasid *C* haagiga *D* mutri *G* abil. Rakise *B* kere on kinnitatud plaanseibile *A*.

Kaks prismat *C* on ühendatud kerega *B*. Varb *E* on tõkestajaks, mis takistab detaili pöörlemast.



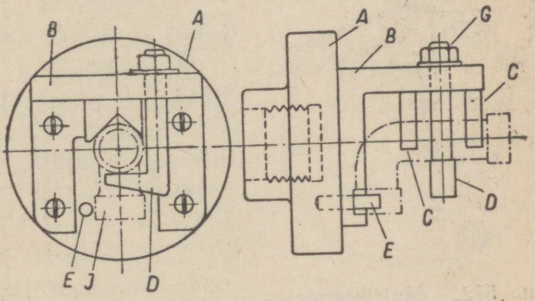
Joon. 568. Vedrufiksaatoriga varustatud pööratava rakise läbilõige.



Joon. 569. Pööratav rakis pika puksi töötlemiseks mõlemast otsast.

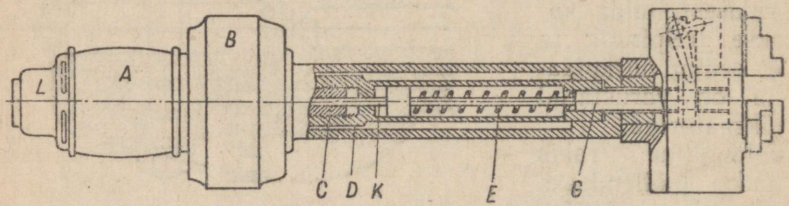
Elektrimootorilt töötavad padrunid.

Viimasel ajal on kasutamisele võetud padrunid, mis töötavad elektrimootorilt. Nende paremus, võrreldes pneumaatilistega, seisab selles, et on võimalik reguleerida kinnitamiseks kasutatavat jõudu.



Joon. 570. Nurkdetaili töötlemiseks kasutatav erirakis.

Joonisel 571 on kujutatud üks sellistest padrunitest. Mootori *A* rootor pöörab planetaarülekande *B* kaudu kruvi *C*, mis omakorda nihutab edasi hülsi *D*. Hülsis asuv vedru *E* nihutab varba *G*, mis paneb liikuma padruni nukid ja pigistab nende vahele detaili. Pärast detaili kinnipigistamist jääb varb *G* seisma ja hülss, jätkates liikumist, surub vedru kokku ja suurendab detaili kinnituse survet.



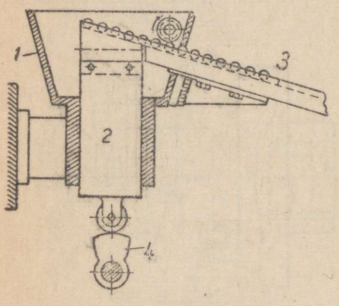
Joon. 571. Elektrimootorilt töötav padrun.

Toru K liigub olenevalt hülsi D ja varva G suhtelisest liikumisest ja, olles ühendatud jagamiskarbiga *L*, lülib mootori välja. Jagamiskarbis olevate kontaktide abil on võimalik reguleerida detaili kinnipigistamise jõudu.

Magasinid.

Detailide automaatseks etteandmiseks pinkidel kasutatakse rakiseid, mida nimetatakse magasinideks. Laialdaselt on magasinid kasutamisel massilises tootmises treipinkidel, freespinkidel, lihvimispinkidel ja teistel pinkidel töötlemisel.

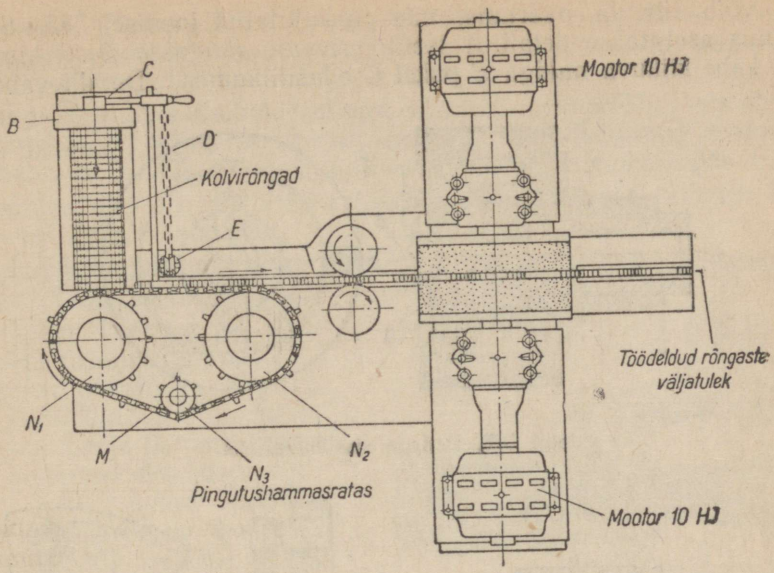
Joonisel 572 on toodud mutrikeermetamise pingi magasin, mis on varustatud väljalükkajaga. Väljalükkaja 2 võib liikuda vertikaalsuunas ekstsentri 4 toimel. Detailid — mutrid — puistatakse punkrisse 1 ja antakse renni 3 mööda pingi spindli juurde.



Joon. 572. Mutrikeermetamise pingil kasutatav väljalükkajaga magasin.

Joonisel 573 on antud kolvirõngaste lihvimise pingi skeem. Magasin koosneb V-kujulisest rennist *C*, millesse asetatakse 40—50 rõngast. Rõngaid nihutab rennis plaadike *B*, mis pannakse liikuma raskuse *E* poolt keti *D* abil.

Lõputu kett M, mis on asetatud kolmele hammasrattale N_1, N_2 ja N_3 ja mis pannakse liikuma elektrimootori poolt tähtratta abil, nihutab kolvirõngaid kidade abil.

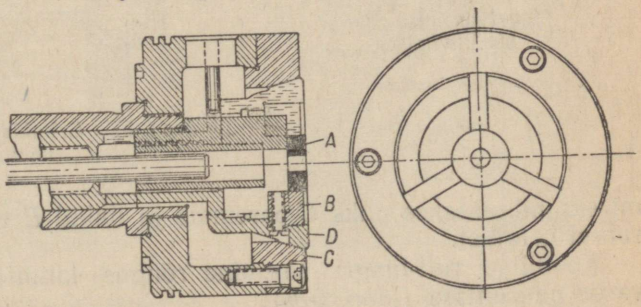


Joon. 573. Kolvirõngaste lihvimise pingi magasini skeem.

Rakised siselihvimiseks.

Siselihvimisel kasutatakse peamiselt tsangpadrunite või kolme nukiga isetsentreerivate padrunite tüüpi rakiseid. Paljud detailid, milledel on silindriline välispind, kontsentriline sisepinnaga, lihvitakse isetsentreerivates kolme nukiga padrunites.

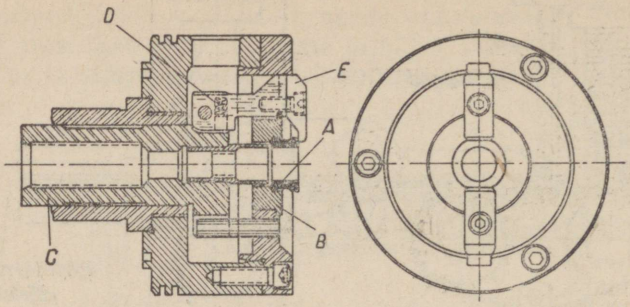
Täpsema lihvimise eesmärgil kasutatakse tsangpadruneid, mis on analoogilised joonisel 574 kujutatuga. Selles padrunis tsentreeritakse detail *A* nukkidega *B*, mis on keeratud lõhkilõigatud tsangi *D* külge. Tsang *D* pigistab detaili kinni ta edasiliikumisel mööda rõnga *C* koonust.



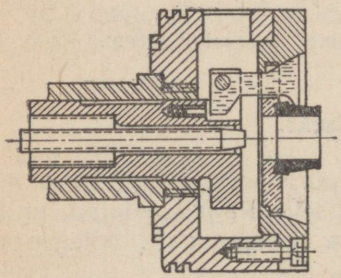
Joon. 574. Tsangpadrun siselihvimiseks.

Detaile, milledel on täpselt töödeldud välis-

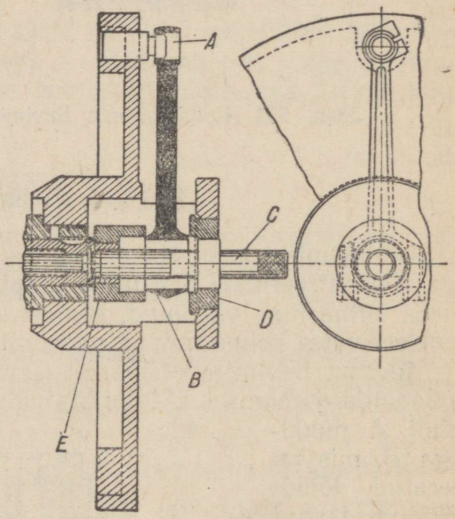
pind, võib lihvida padrunis, mis on kujutatud joonisel 575. Selles padrunis asetatakse detail *A* tsentreerivasse rõngasse *B* ja kinnitatakse kahe kiikuva nukiga *E* puksi *C* edasiliikumisel. Detaili vabasta-



Joon. 575. Padrun siselihvimiseks.



Joon. 576. Isetsentreeriv padrun koonilise rull-laagri sisemise rõnga siselihvimiseks.



Joon. 577. Erirakis kepsu suurema pea lihvimiseks.

miseks nihutatakse puks *C* paremale ja nukid *E* eemalduvad vedrude survel detailist.

Koonilise rull-laagri sisemine rõngas kinnitatakse isetsentreerivasse padrunisse (joon. 576).

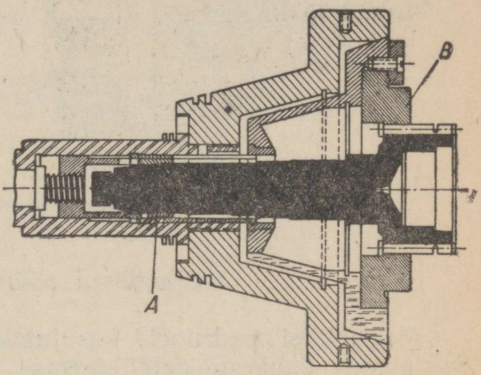
Kepsu suurema pea lihvimist (joon. 577) teostatakse erirakises, kusjuures ülesseadmine toimub ülemise pea *A* ja alumise pea *B*

augu järgi. Ülesseadmine toimub erikaliibri *C* abil. Puks *D* surub kepsu pea vastu rõngast *E*. Kaliiber *C* võetakse välja, mille järel võib lihvida auku *B*.

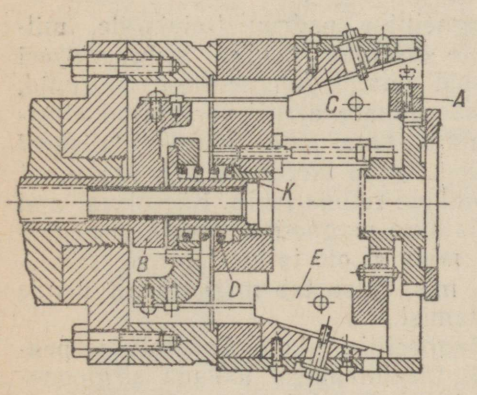
Augu lihvimine hammasrattaga võllikul (joon. 578) toimub eripadrunis, milles võllik tsentreeritakse lihvitud välise pinna *A* järgi ja hammasratta hammaste järgi erilises sisehammastega rõngas *B*.

Joonisel 579 on kujutatud eripadrun kahe hammaskrantsiga hammasratta augu lihvimiseks.

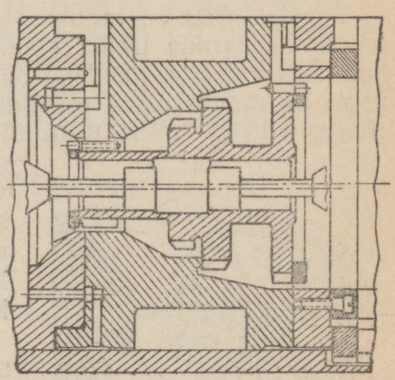
Suurema hammaskrantsi tsentreerimine teostatakse nukkidega *A* puksi *B* abil, mis surub nukid kokku koonuse *C* abil. Väiksem hammaskrants tsentreeritakse nukkidega *E* puksi *K* edasinihkumise tõttu vedru *D* toimel. Nelja hammaskrantsiga hammasratta auku lihvitakse selle suure pikkuse tõttu kahepoolses padrunis (joonis 580) erilisel kahe spindliga pingil. Hammasratta tsentreerimine toimub kahe hammaskrantsi järgi.



Joon. 578. Eripadrun augu lihvimiseks hammasrattaga võllikus.

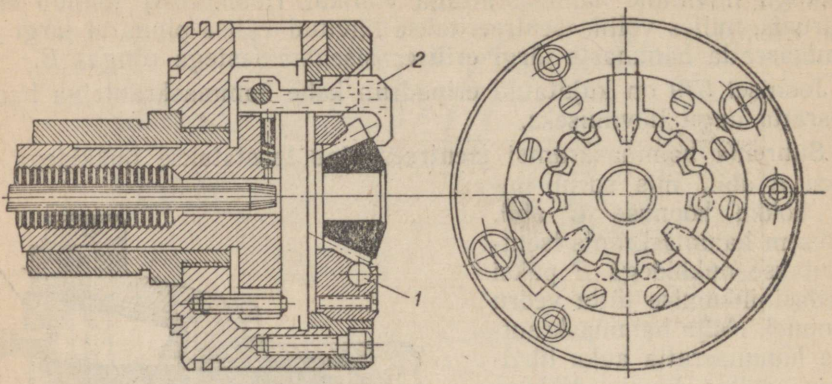


Joon. 579. Eripadrun kahe hammaskrantsiga hammasratta augu lihvimiseks.



Joon. 580. Kahepoolne padrun nelja hammaskrantsiga hammasratta augu lihvimiseks erilisel kahe spindliga pingil.

Koonushammasrataste aukude lihvimist teostatakse eripadrunis (joon. 581). Hammasratas seatakse üles kuulide 1 järgi ja pigistatakse kinni nukkidega 2, nagu eespoolkirjeldatud padruniteski.

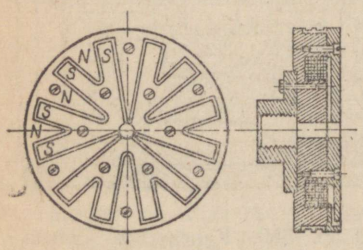


Joon. 581. Eripadrun koonushammasrataste aukude lihvimiseks.

Magnetilised padrunid ja plaadid.

Magnetilisi padruneid kasutatakse peamiselt lihvimiseks ja väikeste ning õhukeste detailide otsa treimiseks. Nende paremuseks on detaili kiire kinnitamine ja vabastamine, kusjuures detailid ei deformeeru. Selle kinnitusviisi juures on töödeldavate külgede paralleelsus kergesti saavutatav.

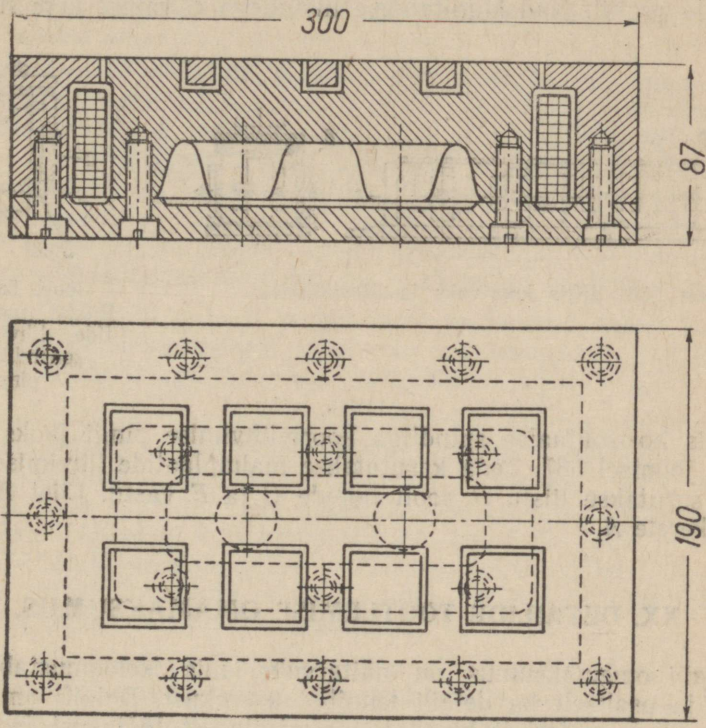
Joonisel 582 on kujutatud magnetiline padrun treipingile, millel on käepärane treida plaadikeste otspindu, õhukesi seibe, väikesi hammasrattaid ja nendega sarnaseid detaile. Magnetilised padrunid, nagu ka magnetilised plaadid, olid viimase ajani varustatud elektromagnetitega, mille tõttu oli vajalik tuua pingi juurde alalisvool või üles seada umformer kas iga pingi või pinkide rühma jaoks. Käesoleval ajal kasutatakse magnetilisi plaate ja padruneid, mida ei ole tarvis toita elektrivooluga, mis lihtsustab märgatavalt nende kasutamist.



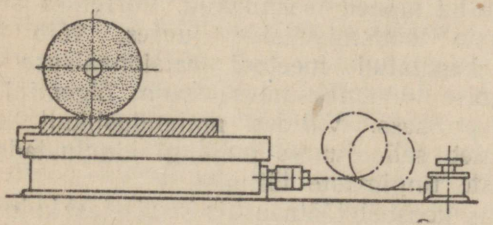
Joon. 582. Magnetiline padrun.

Magneetilisi plaate kasutatakse peamiselt tasalihvimisel töölaua sirgjoonelise edasi-tagasi liikumise või pöörlevate töölaudade puhul. Mõnikord kasutatakse magnetilisi plaate ka puhashööveldamisel ja puhasfreesimisel.

Joonisel 583 on toodud magnetiline plaat. Tema kasutamine tasalihvimisel on kujutatud joonisel 584. Joonisel 585 on kujutatud magnetiline ümmargune laud. Elektromagnetilisi padruneid valmistatakse läbimõõduga kuni 1500 mm ja plaate mõõdetega 400 × 1600 mm. Elektrivoolu kulu on umbes 0,1 vatti pinna ühe cm² kohta.



Joon. 583. Magnetiline plaat.



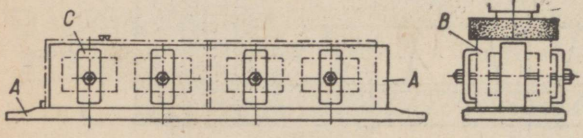
Joon. 584. Magnetilise plaadi kasutamine tasalihvimisel.



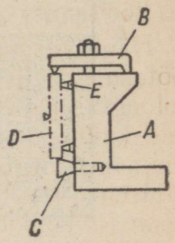
Joon. 585. Magnetiline ümmargune laud.

Selleks, et detailide külge ei kleepuks pärast töötlemist laaste, tuleb neid lahti magneetida. Seda teostatakse eriseadmetes, mida nimetatakse lahtimagneetijateks.

Magnetplaate ei kasutata koorivlihvimiseks selle tõttu, et selle juures esinevad suured jõud. Selleks otstarbeks valmistatakse joonisel 586 kujutatud rakiseid. Rakisel on neli malmplaati *B*, milledel on U-tala profiil. Nad kinnitatakse liistudega *C* rakise kere *A* külge.



Joon. 586. Rakis koorivaks tasalihvimiseks.



Joon. 587. Rakis malmplaatide lihvimiseks koorivlihvimise pingil.

Rakis horisontaalse spindliga koorivlihvimise pingi jaoks on kujutatud joonisel 587. Teda kasutatakse malmplaatide lihvimiseks. Detail *D* surutakse liistu *B* poolt tugede *C* ja *E* vastu. Liist *B* toetub rakise kerele *A*.

XX. DETAILIDE TÖÖTLEMISE OMAMAKSUMUS.

Detaili omamaksumus on näitarvuks, mis iseloomustab töömahukust ja osaliselt ka detaili tehnilist keerukust. Detaili omamaksumus koosneb materjali hinnast, tootmisalasest töötasust ja kaudsetest kuludest.

Tootmisalane töötasu kulutatakse detaili otseseks töötlemiseks ja olenevalt sellest arvutatakse ka mõned tsehhikulud. Võrreldes detaili omamaksumust mitmesuguste töötlemisviiside juures, võib tema suuruse järgi otsustada kasutatud meetodi ratsionaalsuse üle. Mida väiksem on töötlemise omamaksumus, seda õigemini on projektitud tehnoloogiline protsess. Valides majanduslikult kasulikema töötlemismeetodi, tuleb selle juures muidugi kindlustada ka detailile esitatavate tehniliste tingimuste täitmist.

Töötlemise omamaksumus koosneb töötasust ja kaudsetest kuludest. Detailide partii töötlemise omamaksumus, juhul, kui tootmine toimub seeriaviisi, koosneb pingi korrastamise kuludest kogu partii kohta

koos kaudsete kuludega ja töötasust kõikide partiisse kuuluvate detailide töötlemise eest koos vastavate kaudsete kuludega. Ühe detaili töötlemise töötasu võrdub ajaühikus saadava töötasu ja ühe detaili töötlemiseks kulunud aja korrutisega. Selge, et töötlemise aeg on üheks peamiseks teguriks, mis määrab töötlemise maksumuse ja kahe töötlemismeetodi võrdlemisel tuleb valida see, mis kindlustab teatud nõuete täitmist töötlemisel, nõuab vähem aega ja mille juures töötlemise omamaksumus on väiksem.

Nagu eespool märgitud, koosneb detaili töötlemise omamaksumus töötasust ja kaudsetest kuludest. Kaudsete kulude suurus oleneb tehnoloogilise protsessi iseloomust ja töötlemisviisist, mis nähtub kaudsete kulude koosseisust. Tsehhi töötlemise omamaksumuse koosseisu kuuluvad järgmised kaudsed kulud: 1) kulutused elektrienergiale ja kütusele (termilise töötlemise puhul); 2) seadmestiku amortisatsioon (lõiketöötlemise pingid, rakised ja lõikeriistad); 3) juurdearvutused töötasule (sotsiaalkindlustus jne.); 4) teised lisakulud tsehhis.

Olenevalt valitud pingist ja järelikult ka kasutatavatest töötlemisviisidest, võib elektrienergia kulu olla mitmesugune. Nii olenevad kulutused elektrienergiale valitud töötlemismeetodist.

Samuti peegeldub ka seadmestiku amortisatsioon, mida arvutatakse tema maksumuse protsentides, detaili töötlemise maksumuses ja ka detaili omamaksumuses. Mida kallim on kasutatav pink, rakis ja lõikeriist, seda suurem tuleb amortisatsiooniks minev summa, järelikult on ka töötlemise maksumus siis suurem. Selle tõttu tuleb mingi detaili töötlemise tehnoloogilise protsessi projekteerimisel püüda kasutamisele võtta võimalikult odavad pingid, rakised ja lõikeriistad, kui see on töötlemise kvaliteeti kahjustamata võimalik.

Juurdearvutused töötasule sotsiaalseteks kulutusteks toimuvad protsentides töötasust ulatuses, mis on kindlaks määratud iga tööstusharu kohta. Mida suurem on töötasu, seda suuremad on ka juurdearvutused. Töötasu suurus aga oleneb antud meetodi juures töötlemiseks kuluvast ajast ja tööjõu kvalifikatsioonist, mida kasutatakse antud töö teostamiseks. Järelikult mõjutab valitud töötlemismeetod ka juurdearvutusi sotsiaalseteks kulutusteks.

Teised tsehhi kaudsed kulud on seotud peamiselt tsehhi ekspluatatsiooniga. Siia kuuluvad küttekulud, valgustusekulud, veekulud, abimaterjalide kulud, abitööliste töötasud, administratiiv-tehnilise personali töötasud, raamatupidamises töötajate töötasud, täiendav töötasu jne. Nende kulude absoluutne suurus ei olene otseselt töötlemise meetoditest, ainult mõnedel neist on teatav olenevus. Selle tõttu mitmesuguste töötlemismeetodite võrdlemisel neid kulusid ei ole vaja liigitada. Kui ei ole võimalusi aruandelistel andmetel kindlaks määrata,

missuguses ulatuses ühed või teised kulud jaotuvad üksikute pinkide vahel, siis võetakse neid, lähtudes tsehhi vastavate kulude üldsummast, protsentides tootmisalasest töötasust.

See protsent arvutatakse lähtudes nende kulude üldsummast. Kuna töötlemise meetodist oleneb töötlemise aeg ja töölise vajalik kvalifikatsioon, järelikult ka tootmisalane töötasu, siis antud töötlemisviisi juures võetud tsehhi kaudsete kulude suurus, mis on võetud tootmisalase töötasu protsentides, on samuti sõltuvuses töötlemismeetodist.

Töötlemise ökonoomilisima meetodi küsimuse lahendamisel piirdutakse aegade võrdlemisega, mis kulub detaili töötlemiseks ühe või teise meetodi juures. Selline tehnoloogilise protsessi läbitöötamise viis võimaldab võrdlemisi kiiresti ja lihtsalt lahendada seda küsimust. Kõikidel juhtudel aga, kui on tarvis saada täpsem ja õigem pilt valitud meetodi otstarbekohasuse ja ökonoomilisuse kohta, tuleb teostada üksikasjaline arvutus, mille juures arvestatakse kõiki tegureid, mis mõjutavad omamaksumust.

Valmisproduktsiooni (detailid, tooted) omamaksumus kujutab kulutuste summat, mis langeb teatud tootele ja mis koosneb töötasust, materjali hinnast, elektrienergia (ja kütuse) maksumusest, juurdearvutustest töötasule, amortisatsioonist jne.

Need kulutused jagunevad *otsesteks* ja *kaudseteks*. Otsesed kulutused, mis kuuluvad otseselt omamaksumusse ja on teatud detaili või toote kohta arvutatavad, koosnevad töötasust ja materjali hinnast (põhimaterjalide hinnast). Kaudsed tootmiskulud jagunevad tsehhi kaudseteks kuludeks ja üldtehaselisteks.

Kolmandaks kaudsete kulude liigiks on praagi tõttu tekkinud kahju, mis eraldatakse eri peatüki alla.

Praagi tõttu tekkinud kahju all mõistetakse praagitud detaili tegeliku väärtuse ja temale kulutatud töötasu, materjalide ning kaudsete kulude negatiivset vahet.

Toodangu omamaksumuse kolme põhi-koostusosa — materjalide (põhimaterjalid), töötasu ja kaudsete kulude — erikaalud iseloomustavad toodangut materjalide hinna ja töömahukuse suhtes, näidates samal ajal ka kaudsete kulude tähtsust omamaksumuse moodustumisel. Kujunenud vahekordade ületamine näitab tsehhi või ettevõtte ebanormaalset tööd ja tema tootmisefektiivsuse langemist.

Tsehhi ja üldtehaseliste kulude suhe tootmisalase töötasuga on kaudsete kulude suuruse üldtarvitatavaks näitarvuks, sest need kulud jagunevad võrdeliselt tootele langevale töötasule.

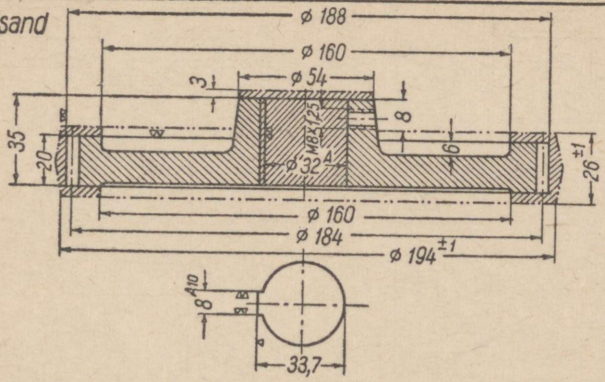
Iseenesest ei ole kaudsete kulude protsent töötasust veel küllalt näitlik, sest kaudsete kulude suur protsent võib olla halva töö organiseerimise, samuti aga ka ta kõrge mehhaniseerimise tulemus (sest mehhaniseerimisel suureneb mitmesuguste abitööliste arv tootmistööliste arvel, viimaste arv väheneb automaatsete ja eripinkide kasutamisele võtmisel).

Selle protsendi kõikumised samas ettevõttes ja nende võrdlemine kahes analoogilises ettevõttes annavad väärtuslikku materjali nende ettevõtete töö analüüsiks.

DETAILIDE TÖÖTLEMISE KAARDID

INSTRUKTSIOONIKAART

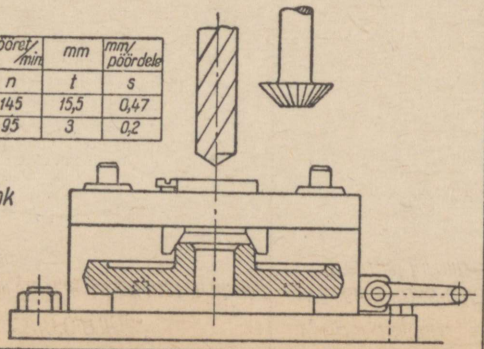
Visand



I operatsioon. Puurida auk ja faasida

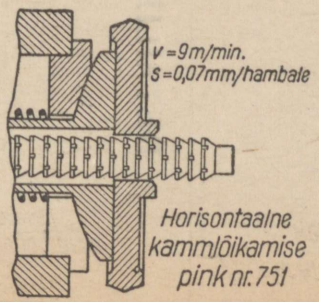
Kaart nr.1		Mehaanikatsehh	
Toote nimetus	Detaili nimetus	Detaili nr.	
Pink 26	Hammasratas	41-6	
Joonise nr.	Mudeli nr.	Arv toote kohta	
41-26-6		1	
Materjal	Eeltoote liik ja mõõted	Mustkaal kg	Puhaskaal kg
CT 40x	Stantsitud	3,8	3,05
Toodete aastane väljalase	Detailide aastane väljalase	Detailide arv partiis	
4500	4725	200	
Koostas	Kuupäev	Konsultant	Kuupäev

	m/min.	pöörd/min	mm	mm/pöördele
Sliire	v	n	t	s
1	14	145	15,5	0,47
2	9	95	3	0,2



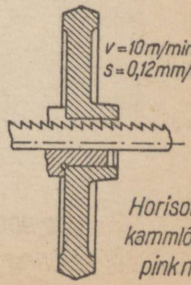
Vertikaal-puurpink nr.2135A

II operatsioon. Kammlõigata ümargune auk



Horisontaalne kammlõikamise pink nr. 751

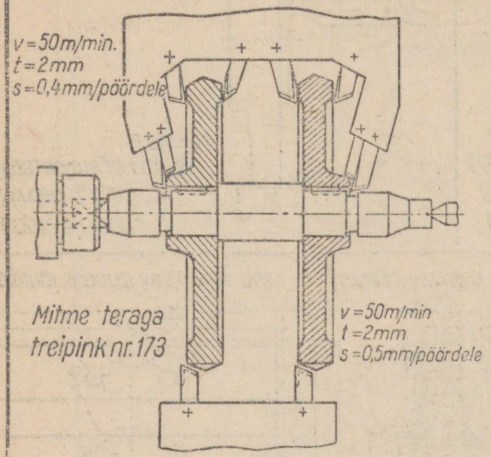
III operatsioon. Kammlõigata kiilunuut



Horisontaalne kammlõikamise pink nr. 571

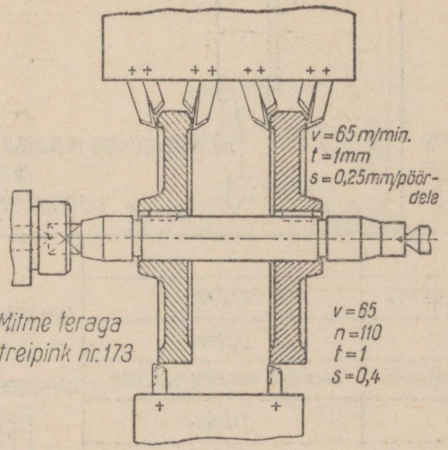
IV operatsioon. Eeltreimine

Pressida kaks detaili tornile ja pärast treimist tornilt ära käsipressil

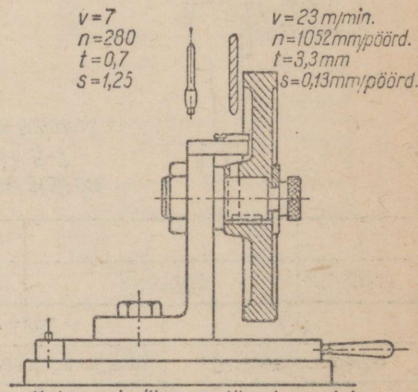


V operatsioon. Lõplik treimine

Pressida kaks detaili tornile ja pärast treimist tornilt ära käsipressil

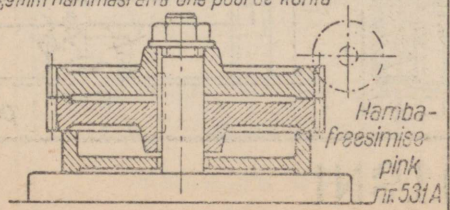


VI operatsioon. Puurida ja keermetada auk

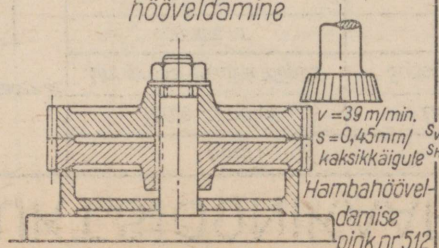


VII operatsioon. Hammaste eel-lõikamine

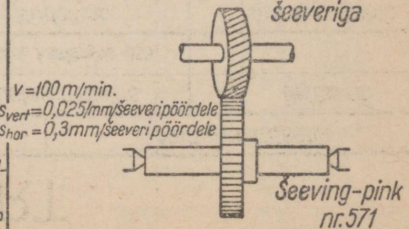
v = 25 m/min.
s = 4,9 mm hammasratta ühe pöörde kohta



VIII operatsioon. (1. variant) Hammaste hööveldamine

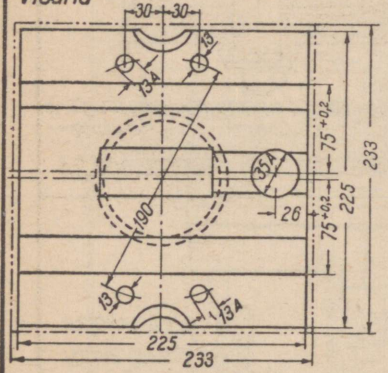


VIII operatsioon. (2. variant) Hammaste viimistlemine šeeveriga

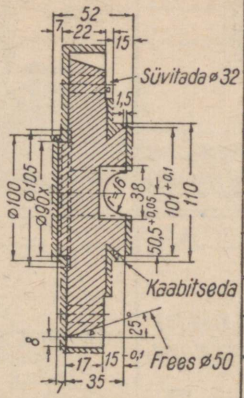


INSTRUKTSIOONIKAART

Visand



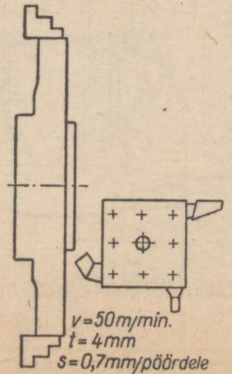
Treipingi supordi keskmine osa.



Materjal – malm

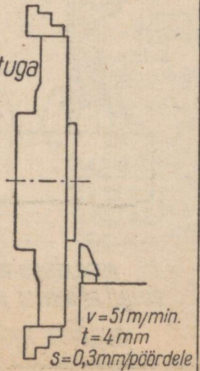
Kaart nr.2		Mehaanikatsehh	
Toote nimetus	Detaili nimetus	Detaili nr.	
Universaal-treipink tüüp 26	Supordi keskmine osa		
Joonise nr.	Mudeli nr.	Arv toote kohta	
62-26-4		1	
Materjal	Eeltoote liik ja mõõted	Mustkaal kg	Puhaskaal kg
Malm I			8,9
Toodete aastane väljalase	Detailide aastane väljalase	Detailide arv partiis	
4000	4280	100	
Koostas	Kuupäev	Kontrollis	Kuupäev

I operatsioon.
Siirded 1,2 ja 3.
Otsa, astme ja soone treimine



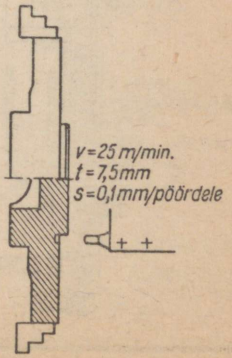
Universaal-treipink ID 62

I operatsioon.
Siire 4.
Otsa treimine silumislaastuga



Universaal-treipink ID 62

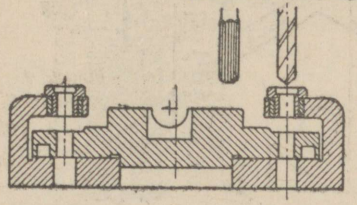
I operatsioon.
Siirded 5-7.
Soone treimine



Universaal treipink ID 62

II operatsioon. 4 augu puurimine ja 2 augu hõõritsemine

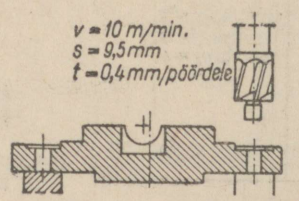
v	8	20	m/min.
t	0,15	6,35	mm
s	2,2	0,27	mm/pöördele



Radiaal-puurpink nr. 2503

III operatsioon. 4 augu süvistamine

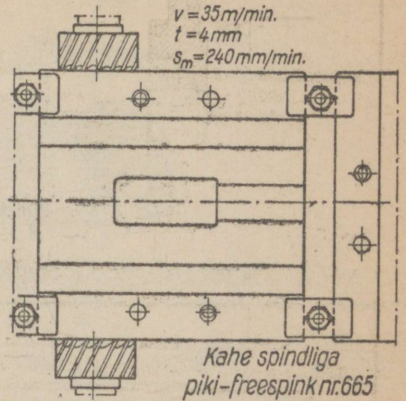
v = 10 m/min.
s = 9,5 mm
t = 0,4 mm/pöördele



Vertikaal-puurpink nr. 2118

IV operatsioon. Külg- ja otsaaukude freesimine

v = 35 m/min.
t = 4 mm
s_m = 240 mm/min.

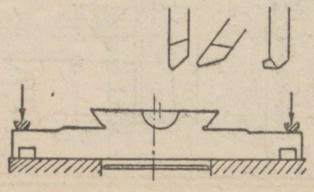


Kahe spindliga piki-freespink nr. 665

V operatsioon.

Siirded 1–14
Kalasaba ja soonte hööveldamine

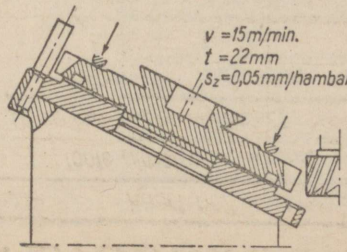
Koorimine	v	15	15	—	m/min.
	t	5	5	—	mm
	s	0,8	0,8	—	mm/kaksikkäigule
Viimistlemine	v	30	30	30	m/min.
	t	1	1	1,5	mm
	s	0,2	0,2	0,2	mm/kaksikkäigule



Pikihöövelpink nr. 7124

VI operatsioon. Kahe süvendi freesimine

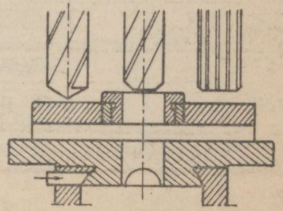
v = 15 m/min.
t = 22 mm
s_z = 0,05 mm/hambale



Vertikaal-freespink nr. 612

VII operatsioon. ⌀35A augu puurimine, sisetreimine ja hõõritsemine

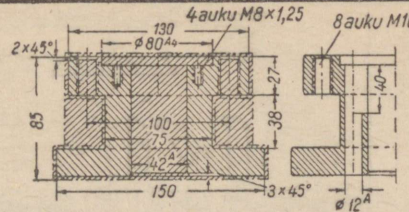
V	11,5	12	8	m/min.
t	16,5	0,85	0,15	mm
s_o	0,76	1,43	6,4	mm/pöördele



Vertikaal-puurpink nr. 2135 A

INSTRUKTSIOONIKAART

Visand

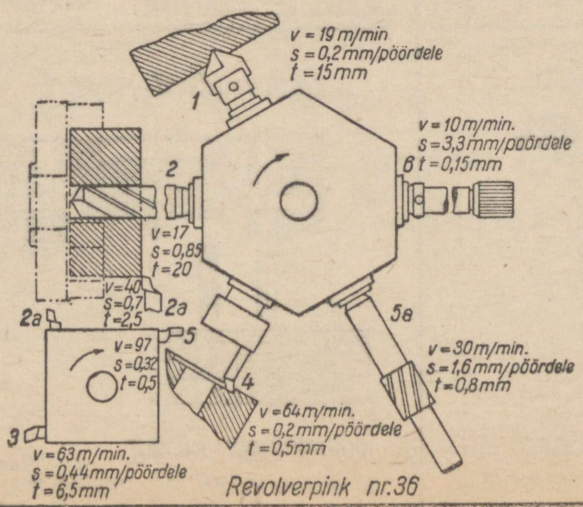


Treipingi terahoidja CT 45

Kaart nr.3		Mehaanikatsehh	
Toote nimetus	Detali nimetus	Detaili nr.	
Pink 26	Terahoidja	81-26-4	
Joonise nr.	Mudeli nr.	Arv toote kohta	
81-26-4		1	
Materjal	Eeltoote liik ja mõõted	Mustkaal kg	Puhaskaal kg
Teras 45	160 x 160 x 97	19,7	7,4
Toodete aastane väljalase	Detailide aastane väljalase	Detailide arv parfiis	
		200	

Koostas	Kuupäev	Kontrollis	Kuupäev

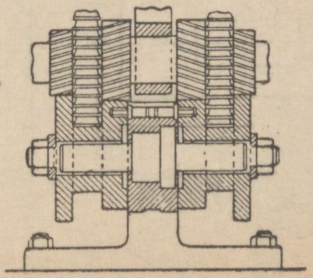
I operatsioon. Otstreimine ja augu töötlemine



Revolverpink nr. 36

III operatsioon. Soonte ja külgtasapindade freesimine neljast küljest

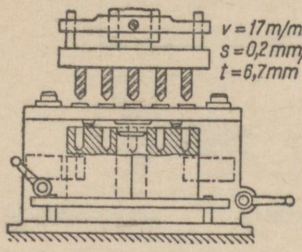
v = 20 m/min.
s_z = 0,1 mm/hambale
s_m = 65 mm/min.



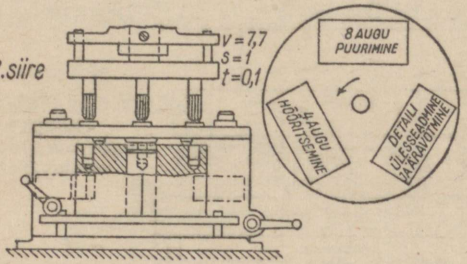
Ühe spindliga piki–freespink nr. 655

II operatsioon. Puurida 8 auku ja hõõritseda 4 auku

1. siire



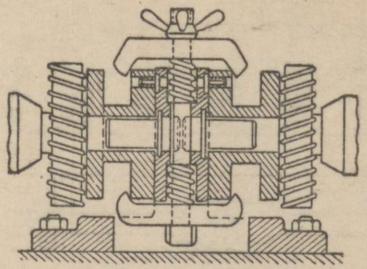
2. siire



Vertikaal–puurpink nr. 2175

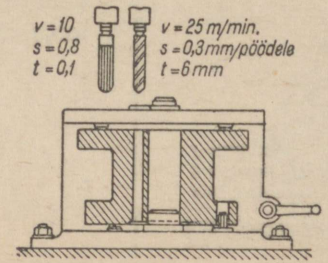
IV operatsioon. Otsapinna freesimine

v = 28 m/min.
s_z = 0,25 mm/hambale
s_m = 200 mm/min.
t = 3 mm



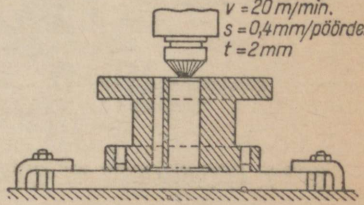
Kahe spindliga piki–freespink nr. 665

V operatsioon. Puurida ja hõõritseda auk ø12A



Vertikaal–puurpink nr. 2118

VI operatsioon. Auk süvistada

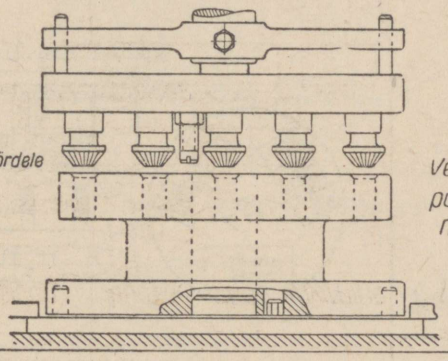


Vertikaal–puurpink nr. 2118

INSTRUKTSIOONIKAART

VII operatsioon. 8 auku süvistada

v = 12,5 m/min.
s = 0,1 mm/pöördele
t = 1,5 mm

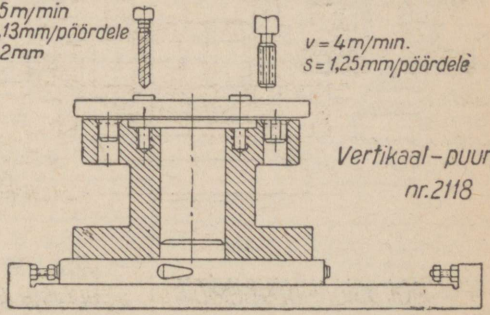


Vertikaal-puurpink nr.215

VIII operatsioon. Puurida ja keermetada 4 auku

v = 25 m/min
s = 0,13 mm/pöördele
t = 3,2 mm

v = 4 m/min.
s = 1,25 mm/pöördele



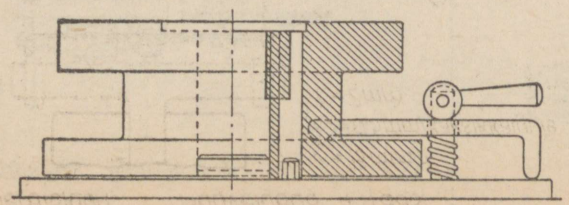
Vertikaal-puurpink nr.2118

IX operatsioon. Freesida süvend

v = 28,5 m/min
s = 0,16 mm/pöördele
t = 5 mm

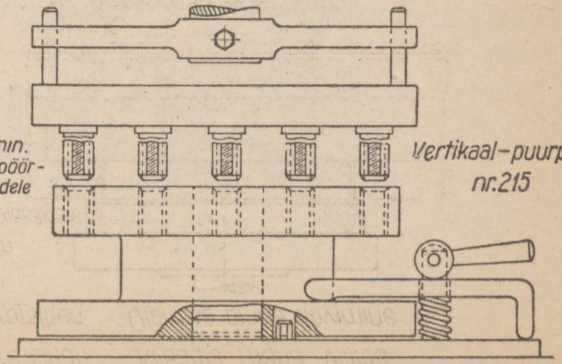


Vertikaal-freespink nr.610



X operatsioon. Keermetada 8 auku

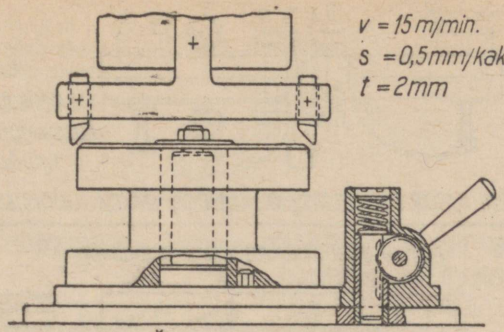
v = 6 m/min.
s = 2 mm/pöördele



Vertikaal-puurpink nr.215

XI operatsioon. Hööveldada 4 faasi

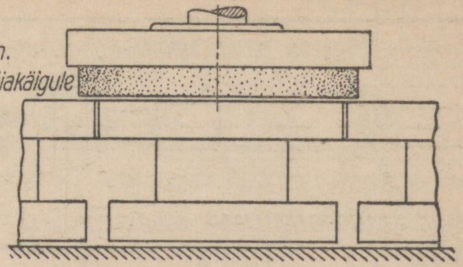
v = 15 m/min.
s = 0,5 mm/kaksikkäigule
t = 2 mm



Šeping-pink nr. 735

XII operatsioon. Kraadid maha viilida
XIII operatsioon. Ülemise pinna lihvimine

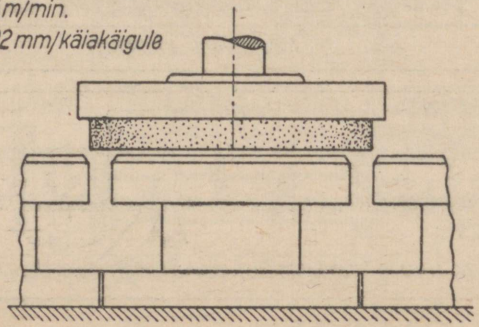
v = 5,5 m/min.
s = 0,02 mm/käiakäigule



Tasalihvimise pink nr. 3732

XIV operatsioon. Alumise pinna lihvimine

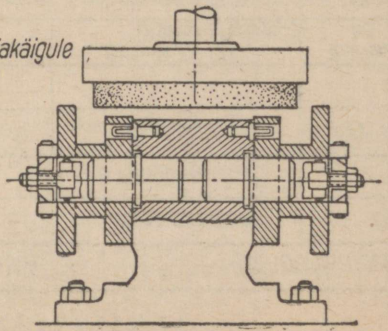
v = 5,5 m/min.
s = 0,02 mm/käiakäigule



Tasalihvimise pink nr. 3732

XV operatsioon. Külgpindade lihvimine

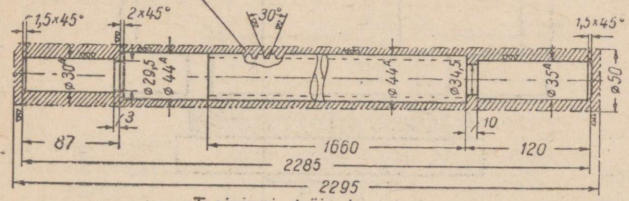
v = 5,5 m/min.
s = 0,02 mm/käiakäigule



Tasalihvimise pink nr. 3732

INSTRUKTSIOONIKAART

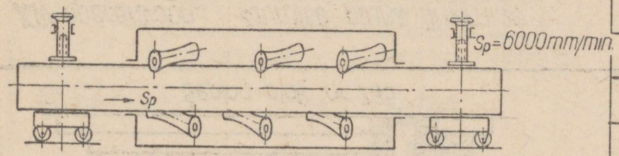
Visand Parempoolne ühekäiguline trapetskeere, samm ½"



Treipingi käigukruvi

Kaart nr. 4		Mehaanikatsehh	
Toote nimetus	Detaili nimetus	Detaili nr.	
Pink 26	Käigukruvi	9-11	
Joonise nr	Mudeli nr	Arv toote kohta	
9-26-11		1	
Materjal	Eeltoote liik või mõõted	Toorkaal kg	Puhaskaal kg
Teras 45	Varb ø50×2295	35,4	23
Toodete aastane väljalase	Detailide aastane väljalase	Detailide arv partiis	
4500	4950	100	
Koostas	Kuupäev	Kontrollis	Kuupäev

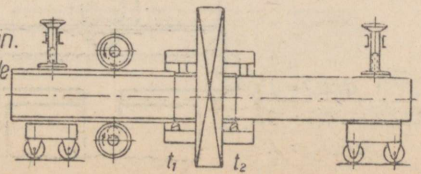
I operatsioon. Varva õgvendamine õgvenduspingil



Õgvendus-kalibreerimise pink nr 389

II operatsioon. Varva koorimine tsentriteta koorimispingil

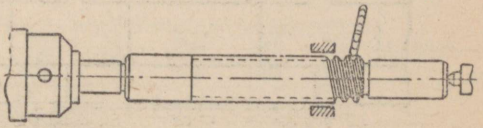
v = 18,7 m/min.
n = 420 pööret/min.
s = 4,2 mm/pöördele
t_1 = 1,5 mm
t_2 = 1 mm



Tsentriteta koorimispink nr 175

VI operatsioon Freesida keere keermefreesimise pingil

v = 24 m/min
n = 85 pööret/min.
s = 130 mm/pöördele
t = 4,5 mm

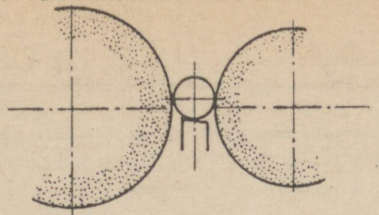


Keermefreesimise pink nr. 561

VII operatsioon. Kruvi õgvendamine pressil

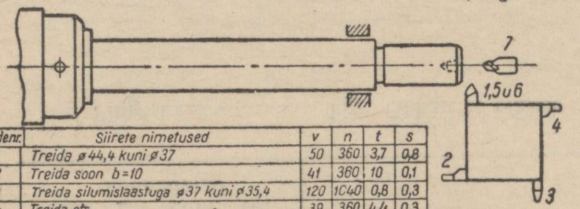
III operatsioon. Varva lihvimine tsentriteta lihvimispingil

$v = 34$ m/min.
$n = 36$ pööret/min.
$s_p = 8000$ mm/min.
$t = 0{,}3$ mm



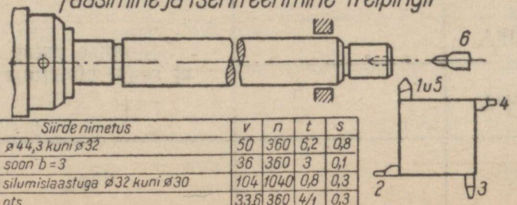
Tsentriteta lihvimispink nr. 3101

IV operatsioon. Treimine, otsatreimine, faasimine ja tsentreerimine treipingil



Siirdenr.	Siirete nimetused	v	n	t	s
1	Treida ⌀44,4 kuni ⌀37	50	360	3,7	0,8
2	Treida soon b=10	41	360	10	0,1
3	Treida silumislaastuga ⌀37 kuni ⌀35,4	120	1040	0,8	0,3
4	Treida ots	39	360	4/1	0,3
5	Faasida 1,5×45°	39	360	1	0,07
6	Tsentreerida	15	360	3	0,12

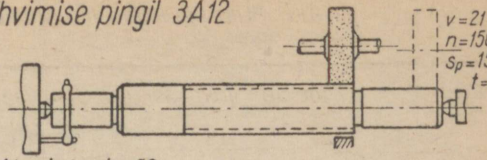
V operatsioon. Võlli teise otsa treimine, otsatreimine, faasimine ja tsentreerimine treipingil



Siirdenr.	Siirde nimetus	v	n	t	s
1	Treida ⌀44,3 kuni ⌀32	50	360	6,2	0,8
2	Treida soon b=3	36	360	3	0,1
3	Treida silumislaastuga ⌀32 kuni ⌀30	104	1040	0,8	0,3
4	Treida ots	33,6	360	4/1	0,3
5	Faasida 1,5×45°	33,6	360	1	0,07
6	Faasida 2×45°	50	360	1,5	0,07
7	Tsentreerida	15	360	3	0,12

VIII operatsioon. Käigukruvi otsa ja keerme lihvimine ümarlihvimise pingil 3A12

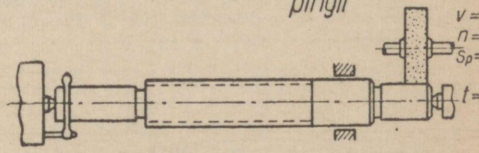
$v = 21$ m/min.
$n = 150$ pööret/min.
$s_p = 15$ mm/pöördele
$t = 0{,}02$ mm/käia-käigule



1. siire. Lihvida ots kuni ⌀ 30
2. siire. Lihvida välisläbimõõt ⌀ 44,4 kuni ⌀ 44

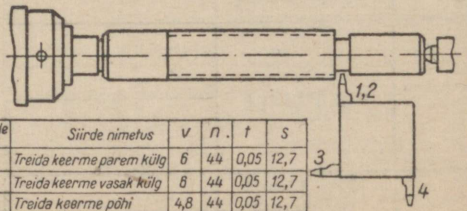
IX operatsioon. Käigukruvi teise otsa lihvimine ümarlihvimise pingil

$v = 17$ m/min.
$n = 150$ pööret/min.
$s_p = 15$ mm/pöördele
$t = 0{,}02$ mm/käia-käigule



Ümarlihvimise pink nr. 3A12

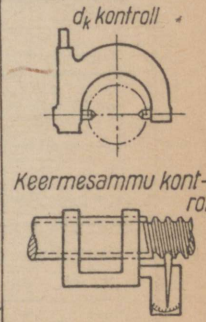
X operatsioon. Treida keere silumislaastuga keermelõikepingil



Siirde nr.	Siirde nimetus	v	n	t	s
1	Treida keerme parem külg	6	44	0,05	12,7
2	Treida keerme vasak külg	6	44	0,05	12,7
3	Treida keerme põhi	4,8	44	0,05	12,7
4	Siluda profiilteraga	6	44	—	—

Universaal-treipink nr. 1662

XI operatsioon. Keerme kontroll



KARUSSELLPINGI PASS					Inventari nr. .....
Tüüp		Mudel		Pingi šiir klassifikatsiooni järgi	
Valmistaja tehas ja tema asukoht		Tehase nr.		Täpsusklass	
		Väljalaske aasta			
Tehas		Tsehh		Ülesseadmise koht	
Pink eriti sobiv või kohandatud				Pingi kasutamisele võtmise aeg	

Pingi kaal ..... kg. Gabariit: pikkus ..... mm, laius ..... mm, kõrgus ..... mm.

(Üldvaate või päevapildi koht)

P õ h i a n d m e d

Põhimõõted	
Töölaudade arv	
Kaugus töölaudade tsentrite vahel mm	
Töölaua läbimõõt mm	
Kaugus töölaua tsentrist kuni sambani mm	

Kaugus töölauast kuni revolverpeani või vertikaalsupordi alumise servani mm	Väikseim	Suurim
Kaugus töölauast traversi alumise servani mm		

Töödeldavate esemete mõõted	Väikseim	Suurim
Revolverpea või vertikaalsupordiga sisetreimise läbimõõt mm		
Revolverpea või vertikaalsupordiga välistreimise läbimõõt mm		
Horisontaalsupordiga välistreimise läbimõõt mm		

Revolverpeaga või vertikaalsupordiga sisetreimise suurim pikkus mm	esemete välisläbimõõtude juures		

Töödeldavate detailide mõõted		Töölaual	Üle töölaua
Suurim treimise pikkus horisontaalsupordi abil mm			
Suurim välistreimise pikkus horisontaal- ja vertikaalsupordi ja revolverpea koostööl mm	eseme läbimõõdu intervallides		

Lõigatava keerme samm	meeterkeermel mm	Väikseim	Suurim
	tollkeermel (niitide arv tollis)		

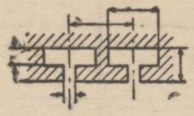
Töödeldava eseme suurim kõrgus mm	
Töödeldava eseme suurim läbimõõt mm	
Eseme suurim lubatav kaal kg	
Koonuse treimise võimalus; koonuselisus	

Töölaud		
Augu läbimõõt töölauas (spindlis) mm		
Eseme kinnitusnukkide vahe mm	Väikseim	
	Suurim	

Nukkide mõõted mm	Arv	Laius	Kõrgus

Töölaud

Töölaua T-kujulised nuudid ja kinnitusbaasid, nende põhimõõted (visand)



Töölaua suurim edasiliikumine horisontaaljuhtpindadel mm	
Töölaua pidurdamine	on / ei ole
Käepidemete plokeerimine	

Supordid

			Vertik.	Horisont.
Supordite arv		parempoolseid		
		vasakpoolseid		
Telgede vahekaugus mm		väikseim		
		suurim		
Suurim liikumise ulatus	horisontaalselt	käsitsi		
		käiguvõllilt		
		käigukruvilt		
	vertikaalselt	käsitsi		
		käiguvõllilt		
		käigukruvilt		

Väljalülivad tõkestajad		on / ei ole	on / ei ole
Kiire ümberpaigutus	horisontaalselt		
	vertikaalselt		
Liikumine limbi ühe jaotuse kohta mm			
Liikumine limbi ühe pöörde kohta mm			

Supordid

		Vertik.	Horisont.
Augu läbimõõt supordi peas terahoidja jaoks			
Plokeerimine		on / ei ole	on / ei ole
Kaitse ülekoormuse vastu		on / ei ole	on / ei ole

Revolverpea

		Horisont.	Vertik.
Suurim ümberpaigutus mm	käsitsi		
	käiguvõllilt		
	käigukruvilt		
Väljalülivad tõkestajad		on / ei ole	on / ei ole
Kiire ümberpaigutus m/min.			
Liikum. limbi 1 jaotuse kohta mm			
Liikum. limbi 1 pöörde kohta mm			
Revolverpea supordi suurim pöördenurk kraadides			
Pööre skaala ühe jaotuse kohta			
Tõkestajate arv			

Pea automaatne pööramine tagasikäigul	on / ei ole
Revolverpea tõkestajate automaatne pööramine	on / ei ole
Keermetamise võimalus	on / ei ole
Plokeerimine	on / ei ole
Kaitse ülekoormuse vastu	on / ei ole

Suurim pöördenurk kraadides		
Pööre skaala ühe jaotuse kohta		
Edasiliikumist mõõtva joonlaua pikkus mm		
Edasiliikumine nooniuse ühe jaotuse kohta mm		
Keerme lõikamise võimalus		

Supordi visand

		Vertik.	Horisont.
Terade arv terahoidjas			
Terahoidja suurimad mõõted mm	pikkus		
	kõrgus		

Revolverpea visand (pesade arv, lõikeriistade jaoks ettenähtud augu pikkus ja läbimõõt)

Travers	
Suurim liikumise ulatus käsitsi, mehaaniliselt mm	
Väljalülivad tõkestajad	on / ei ole
Kiire ümberpaigutus m/min.	
Liikumisulatuse mõõtmise joonlaua pikkus mm	
Liikumisulatus skaala ühe jaotuse kohta mm	
Plokeerimine	

Tarvikud ja rakised

Toote kinnitamiseks

Lõikeriistade kinnitamiseks

Pingi häälestamiseks ja teenindamiseks

Jahutusvedeliku pump	Tüüp	
	produktiivsus l/min.	
Erivõtmed		
Käepidemed, äravõetavad		
Tõstekraana	Tüüp	
	Tõstevõime kg	

Väljaulatuv suport	Suurim liikumise ulatus käsitsi, mehhaaniliselt	Horisont.	
		Vertik.	

Pingi häälestamiseks ja teenindamiseks

Koonuse treimise rakis	on / ei ole

Keermetamiseks kasutatavad kitarri hammasrattad

Moodul	Pöia laius	Augu läbimõõt	Materjal
.....	..... mm	..... mm	.....

Hammaste arvud:

Eritöödeks

Rakis kopiiri järgi treimiseks	on / ei ole

Pingi materjalide loetelu (kirjeldus, instruktsioonid jne.)

Pingi mehaanika

Pealiikumise mehhanism

Astmete nr.	Käepidemete asend, rihma asend (käepidemete, rihma tähistamine)	Töölaua pöörete arv minutis: otsepöörlemine	Töölaua pöörete arv minutis: tagurpidi pöörlemine	Pöördemoment spindlil kgm: ajami järgi	Pöördemoment spindlil kgm: nõrgima lüli järgi	Võimsus spindlil HJ	Kasutegur	Nõrgim lüli

Ettenihete mehhanism

Astmete nr.	Vertikaalsuport või revolverpea: Käepidemete, rihma või vahetushammasrataste asend (käepidemete, rihma või vahetushammasrataste tähistus)	Vertikaalsuport või revolverpea: Ettenihe töölaua ühe pöörde kohta mm: vertikaalne	Vertikaalsuport või revolverpea: Ettenihe töölaua ühe pöörde kohta mm: horisontaalne	Horisontaalsuport: Käepidemete, rihma või vahetushammasrataste asend (käepidemete, rihma või vahetushammasrataste tähistus)	Horisontaalsuport: Ettenihe töölaua ühe pöörde kohta mm: vertikaalne	Horisontaalsuport: Ettenihe töölaua ühe pöörde kohta mm: horisontaalne

Ettenihke- mehhanismi poolt lubatav maksimaalne jõud kg	Vertik. / Horis.		Ettenihke mehhanismi poolt lubatav maksimaalne jõud kg	Vertik. / Horis.	

Kinemaatiline skeem

Hammasrataste või tiguratаste, tigude, kruvide ja mutrite spetsifikatsioon (mõõted mm)

Sõlm																						
Nr. skeemil																						
Hammaste või keermekäikude arv																						
Moodul või keermesamm																						
Spiraali nurk																						
Põia laius või mutri pikkus																						
Materjal																						
Termiline töötlemine																						
Kõvadus H_B																						

Sõlm																						
Nr. skeemil																						
Hammaste või keermekäikude arv																						
Moodul või keermesamm																						
Spiraali nurk																						
Põia laius või mutri pikkus																						
Materjal																						
Termiline töötlemine																						
Kõvadus H_B																						

Sõlm	
Nr. skeemil	
Hammaste või keermekäikude arv	
Moodul või keermesamm	
Spiraali nurk	
Põia laius või mutri pikkus	
Materjal	
Termiline töötlemine	
Kõvadus H_B	

Juhtimis skeem

Juhtimise käepidemete spetsifikatsioon

Jrk. nr.	Nimetus ja otstarve	Jrk. nr.	Nimetus ja otstarve

	Koostas	Kontrollis	Kinnitas	Osakond või sektor
Kuupäev ja allkirjad				

SISUKORD.

I. Tehnoloogiliste protsesside projektimise põhimõtted ja põhimõisted . . 3
Tehnoloogilise protsessi põhimõisted ja talle esitatavad nõuded . . 3
Tootmisviisid ja nende tehnoloogiliste protsesside iseloomustus . . . 6
Tehnoloogilise protsessi põhitegurid 11
Partii suurus 19
Detaili töötlemise plaan ja viis 22
Baaside mõiste ja baaside valik 28
Seadmestiku, rakiste, lõikeriistade ja mõõteriistade valik 30
Töödeldavate pindade mõõdete määramine 37
Metalli lõikerežiimi valik 38
Töötlemise ajanormi määramine 41
Ettevalmistus-lõpetamise aja määramine 47
Põhiaja (tehnoloogilise aja) määramine 48
Abiaja määramine 61
Töökoha tehnilise ja organisatsioonilise teenindamise ja teiste tarviduste rahuldamiseks kuluva aja määramine 63
Töö kvalifikatsiooni määramine 66
Seadmestiku ja töö produktiivsuse tõstmise põhilised viisid 69
Mitmel pingil töötamine 70
Tehnoloogilise protsessi tehno-ökonoomilise efektiivsuse hindamine . . 73
Tehnoloogiliste kaartide koostamise juhend 73

II. Eeltoodete valik ja ettevalmistus. Töötlusvarud 80
Eeltoote materjal 85
Detaili kuju ja mõõted 86
Eeltoote iseloom ja tema valmistusviis 86
Mehaanilisele töötlemisele esitatavad nõuded 87
Detaili pinna puhtuse ja täpsuse ning mõõdete täpsuse tehnilised tingimused 87
Töötlusvarude suuruse määramine 88
Eeltoodete ettevalmistus 92

III. Tolerantsid ja istud. Pinkidel töötlemise täpsus 95
Tolerantsid ja istud 95
Asendatavus 95
Tolerantsid 96
Hälbed 97
Kaliibrid 97
Tolerantside asetuse süsteemid 99
Lõtkud ja pingud 100

Istud 103
Augusüsteem ja võllisüsteem 104
Täpsusklassid 106
Tolerantsi ühik 106
Tolerantside märkimine joonestistel 108
Tolerantside ja istude OCT-süsteem 111
OCT-süsteemi iseloomustus 114
Töötlemise täpsus mitmesugustel pingitüüpidel 116
Rakiste tähtsus töötlemise täpsuseks 119
Töötlemise meetodi valik 119

IV. Eeltootmise operatsioonid varbade ja võllide juures 121
Ogvendamine 121
Koorimine 122
Lõikamine 123
Tsentreerimine 129

V. Pöördkehade (võllide ja teiste detailide) töötlemine 132
Treipinkidel ja mitme teraga treipinkidel töötlemine 132
Rotomill 136
Roto-šeeving 138
Teemanttreimine 140
Tsentriteta lihvimine 140
Soveldamine ja poleerimine 143
Superfiniš 144
Metalli pinnakihi tihendamine 149
Karestamine 150
Kiilunuutide valmistamise viisid 151
Sügavpuurimine 152
Metalli lõiketöötlemise pinkide spindlite töötlemine 154
Käigukruvide töötlemise meetodid 158
Käigukruvide kontrollimine 162
Võllide töötlemise viisid 163
Sooneliste võllide valmistamise meetodid 164
Sooneliste võllide lihvimise meetodid 166
Sooneliste võllide kontrollimine 167

VI. Aukude töötlemine 170
Aukude töötlemine puurpinkidel ja sisetreimise pinkidel 170
Aukude töötlemine kammlõikepinkidel 182
Aukude lihvimine 186
Tsentriteta siselihvimine 188
Valtsimine 189
Soveldamine 189
Hooning-protsess 190
Teemant-sisetreimine 190
Aukude puhta viimistlemise meetodite lõppkokkuvõte 191
Aukude mõõtmise meetodid 192

VII. Revolverpinkidel töötlemine 194

VIII. Automaatidel ja poolautomaatidel töötlemine 202
Ühe spindliga automaadil töötlemine 202
Mitme spindliga automaadil töötlemine 215
Pinkide liini automatiseerimine 223
Töötlemine treimise poolautomaatidel 228

IX. **Keermetamise meetodid** 241
Kolmnurkse keerme lõikamine 241
Mitmekäigulise keerme lõikamine 244
Keermetamine keermelõikuritega 245
Keermetamine keermepuuridega 247
Keerme freesimine 250
Keerme lihvimine 252
Keermetamine survemeetodil 253
Mitmesuguste keermetamise meetodite kasutamise alad 255
Keerme kontrollimise meetodid 255

X. **Tasapindade töötlemine** 258
Tasapindade töötlemine mitmesugustel pinkidel 258
Tasapindade töötlemise meetodite valik 261
Teisaldatavate pinkide kasutamine 262
Mutri tahkude töötlemine 262
Tasapindade täpsuse ja puhtuse kontrollimise meetodid 265

XI. **Profiilpindade töötlemine** 266
Profiilpindade töötlemine treipinkidel 267
Profiilpindade töötlemine revolverpinkidel 270
Profiilpindade töötlemine freespinkidel 271
Profiilpindade töötlemine höövelpinkidel 272
Profiilpindade töötlemine lihvimispinkidel 272
Profiilpindade töötlemine kammlõikepinkidel 273
Mitmekandiliste aukude töötlemine 276
Nukkide töötlemine 282

XII. **Hammasrataste hammaste lõikamise, viimistlemise ja kontrollimise meetodid** 284
Hammaste freesimine ketas-mooduifreesidega 284
Hammasrataste freesimine tigufreesidega 287
Tiguratаste freesimine 289
Hammasrataste töötlemine hambahöövelpinkidel 291
Koonushammasrataste töötlemine 296
Spiraalhammastega koonushammasrataste töötlemine 299
Hammaslati hammaste töötlemine 300
Hammasrataste puhastöötlemise meetodid 300
Üldine järeldus hammasrataste viimistlemise meetodi valiku kohta . . 311
Kalasabahammastega hammasrataste valmistamise meetodid 312
Hammasrataste kontrollimise meetodid 312

XIII. **Laagrite töötlemine** 317
Kahest poolest koosnevate laagripukside töötlemine 317
Väikeste pronksist ja malmist pukside valmistamise meetodid 323

XIV. **Hoorataste ja rihmarataste töötlemine** 324

XV. **Tasakaalustamine** 328
Staatilise ja dünaamilise tasakaalustamise pingid 330

XVI. **Rakised** 332
Rakiste rentaablus 333
Rakiste valiku ja konstrueerimise üldised põhimõtted 334
Ülesseade baaside valik 336
Esemete kinnitusviisid 344

XVII. **Puurimise ja sisetreimise rakised** 346
Konduktorpuksid 357

XVIII. Rakised freesimise ja hööveldamise tööde jaoks 365

XIX. Rakised treimise, revolverpingil treimise ja lihvimise tööde jaoks . . 374
Elektrimootorilt töötavad padrunid 375
Magasinid 376
Rakised siselihvimiseks 377
Magnetilised padrunid ja plaadid 380

XX. Detailide töötlemise omamaksumus 382

Lisad: Detailide töötlemise kaardid 387
Karussellpingi pass 398

Vastutav toimetaja H. Norman.

Keeleline toimetaja K. Vainula.

Tehniline toimetaja A. Sepp.

Ladumisele antud 20. IX 1949. Trükkimisele antud 3. IV 1950. Trükiarv 1200. Paber 61×86, 1/16. Trükipoognaid 25,5. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 24,22. Arvutuspoognaid 33,01. MB-02882. Trükikoda „Ühiselu", Tallinn, Pikk tän. 42. Tellimise nr. 2263.

Rbl. 16.—.

На эстонском языке.

М. Е. Егоров и В. И. Дементьев. Технология механической обработки металлов.

Rbl. 16.—

A-18510

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00454190 2