

V. POST

LÕIKERIISTADE
KÕVENDAMINE
ELEKTRISÄDEMEGA



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1954

V. POST

LÕIKERIISTADE
KÕVENDAMINE
ELEKTRISÄDEMEGA



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1954

Nõukogude teadlased, Stalini preemia laureaadid, tehniliste teaduste doktor professor B. R. Lazarenko ja ins. N. I. Lazarenko avastasid esimestena maailmas ja rakendasid praktiliselt võimaluse töödelda metalle elektrisäde-
mega.

Metallide töötlemine vahetult elektrienergia abil on avanud metallitööstusele uued laialdased võimalused toodete kvaliteedi parandamiseks, tööjõudluse tõstmiseks ja omahinna alandamiseks elektrotehnoloogia mitmesuguste menetluste rakendamise kaudu.

Käesoleva brošüüri ülesandeks on tutvustada töötajate laiadele hulkadele metallide elektrilise töötlemise üldpõhimõtteid ja anda praktilisi näpunäiteid lõiketerade ja masinaosade vastupidavuse tõstmiseks nende kõvendamise teel elektrisädeme meetodil.

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

22287

I. ELEKTRISÄDEME MEETOD, SELLE ALUSED JA KASUTAMINE

1. Elektrisädeme meetodi tekkimine

Metallide töötlemisel on vanimaks ja levinenumaks meetodiks nende lõikamine teradega või abrasiividega.

Selle meetodi kasutamine eeldab kolme põhinõude täitmist.

1. Lõiketera materjal peab olema kõvem kui lõigatav materjal. See asjaolu sunnib meid arvestama materjalide töödeldavust ja ei võimalda seepärast eriti kõvade materjalide kasutamist kõikjal, kus seda sooviksime.

2. Lõiketerale rakendatud mehaanilised jõud peavad ületama lõigatava materjali osakestevahelised sidestusjõud.

Seetõttu ei saa lõiketöötlemist kasutada juhtudel, kus lõikeriist ei võimalda töödeldavale materjalile üle kanda vajalikku lõikejõudu, s. o. näiteks kõverjoonelise teljega avade puurimisel, samuti juhtudel, kus lõikamiseks vajalike jõudude suurus ületab tööriista materjali vastupidavuse, näiteks eriti väikese läbimõõduga (20μ) avade puurimisel karastatud terasesse.

3. Elektrienergia tuleb muundada mehaaniliseks energiaks, mille kasutamine lõiketöötlemiseks on võimalik alles pärast tööpingi võrdlemisi suurte metallimasside liikuma panemist.

Need nõuded pidurdavad masinaehituse tehnoloogia arenemist ja ei võimalda metallurgide poolt loodud eriti kõvade materjalide laialdast kasutamist. See omakorda pidurdab masinate tugevuse ning vastupidavuse tõstmist.

Metallide töötlemise uute meetodite otsinguil olid esimestena edukad nõukogude teadlased — tehniliste teaduste doktor B. R. Lazarenko ja insener N. I. Lazarenko, kes praktiliselt tõestasid, et metallist detailide mõõtotöötlemine on võimalik elektrienergia otsese rakendamise teel,

s. o. elektrienergia kontsentreerimisega ajas ja ruumis ning kogutud energia järgneva hetkelise rakendamisega töödeldava eseme pinnale elektrilaengu löögina.

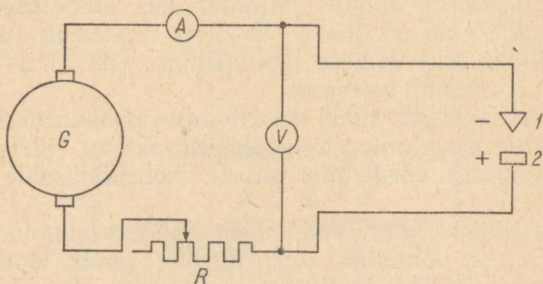
Elektrienergia selline hetkeline ja lokaalne rakendamine kutsub esile energiaimpulsi rakenduskohas metalli sulamise ja väljapaiskumise, milles sisuliselt seisnebki metallide mõõtotöötlemine elektrisädemega.

Tööpraktika on näidanud, et pole ühtegi elektritjuhtivat materjali, mis suudaks vastu panna sellisele kontsentreeritud elektrilisele löögile. Sellest järeldub, et elektrisädemega on võimalik töödelda ükskõik millise kõvadusega materjale eeldusega, et need on elektritjuhtivad.

Nõukogude teadlaste B. R. Lazarenko ja N. I. Lazarenko poolt leiutatud meetodi — materjalide töötlemine elektrisädemega — peale anti 3. aprillil 1943. a. välja autoritunnistus nr. 70010, ja selle meetodi prioriteet kindlustati Nõukogude valitsuse poolt 1945.—46. a. vastavate patentidega tähtsamates tööstuslikes maades nagu Põhja-Ameerika Ühendriigid, Inglismaa, Prantsusmaa, Rootsi ja Sveits.

2. Elektrisädeme meetodi alused

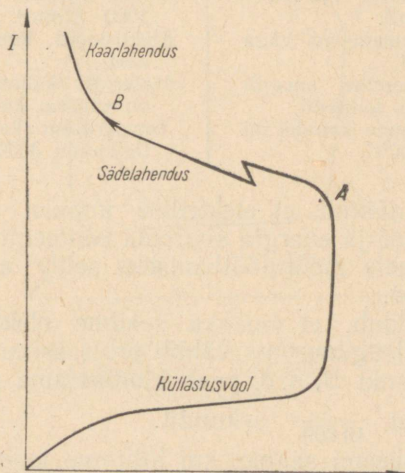
Elementaarne skeem (joon. 1) elektriliste impulsside tekitamiseks koosneb vooluallikast G , juhtmestikust koos takistiga R ja kahest elektroodist 1 ning 2 .



Joon. 1. Elementaarne skeem elektrisädeme saamiseks kahe paigalpüsiva elektroodi vahel.

Pinge tõusmisel väärtusteni, mis ületavad elektroodidevahelise aine elektrilise tugevuse, tekib elektroodide 1 ja 2 vahel säde. Kui vooluallikas G suudab alal hoida elekt-

roodidevahelist pinget kauem kui $\frac{1}{10\,000}$ sek., siis sädelahenduse protsess stabiliseerub ja elektroodide vahel tekib kaarleek. Selle protsessi volt-ampere tunnusjoon sädelahen-



Joon. 2. Elektroodide vahel gaasilises keskkonnas esineva lahenduse volt-ampere tunnusjoon.

duse puhul läbi gaasilise keskkonna on näidatud joonisel 2, kus punkt A tähistab elektroodidevahelise aine elektrilise tugevuse katkemise algust ja punkt B sädelahenduse lõppu ning kaarleegi tekkimist.

Elektroodidevahelise säde- ja kaarlahenduse peamisteks iseärasusteks on:

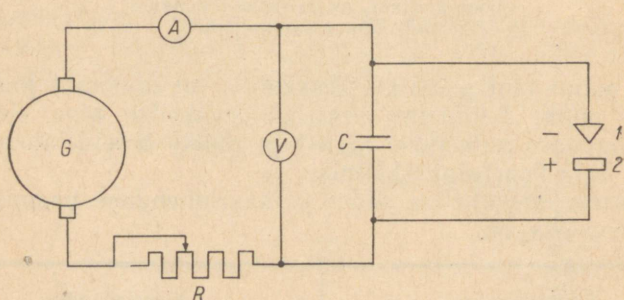
Sädelahendus	Kaarlahendus
Mittepüsiv protsess kestusega vähem kui $\frac{1}{10\,000}$ sekundit.	Püsiv või impulssitaoline protsess kestusega rohkem kui $\frac{1}{10\,000}$ sekundit.
Toimub suhteliselt kõrge pinges juures.	Toimub suhteliselt madala pinges juures.
Elektrienergia impulsi rakenduskoht on mõlemal elektroodil rangelt lokaliseeritud.	Kaarleegi rakenduskoht esineb mõlemal elektroodil laialivalgunult.

Sädelahendus	Käärilahendus
<p>Voolu tihedus ulatub 100 000 — 1 000 000 A/mm². Elektroodid kuumenevad väga vähesel määral. Materjali kahanemine anoodil on suurem kui katoodil. Temperatuur sädeme kanalis on ligikaudu 10 000°C.</p>	<p>Voolu tihedus ei ületa 100—1000 A/mm². Elektroodid kuumenevad tugevasti. Materjali kahanemine katoodil on suurem kui anoodil. Temperatuur kaare kanalis on ligikaudu 3500°C.</p>

Eeltoodust nähtub, et elektrilise impulsi rakenduskoha täpse määratuse ja energia suurema kontsentratsiooni tõttu on metallesemete mõõtetöötlemiseks sobiv ainult elektrisädeme meetod.

Sellest järeldub, et vastava seadme elektriline skeem peab olema niisugune, mis väldib protsessi arenemast kaugemale kui punkt *B*, s. o. peab kindlustama protsessi kestuse vähem kui $\frac{1}{10\,000}$ sekundit.

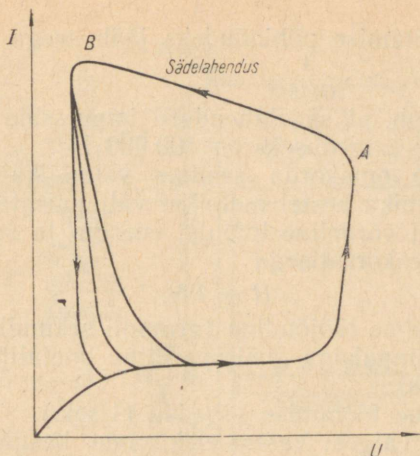
Niisuguse skeemi saame, kui lülitame joonisel 1 toodud elementaarskeemi kondensaatori.



Joon. 3. Elementaarne skeem elektriliste impulsside saamiseks sädelahendusena.

Kondensaatori olemasolu ei võimalda sädelahendusel areneda üle punkti *B*, s. o. kujuneda kaarleegiks, vaid katkestab selle ja protsess algab uuesti mingisuguselt vahepealselt faasilt, nagu näidatud joonisel 4.

Elektroodide vahel kujunevad seega kiirelt korduvad lahendused sädeme näol, mis ongi tarvilik.



Joon. 4. Elektroodide vahel esineva sädelahenduse volt-amper tunnusjoon.

Ajaliselt väljendub sellise elektrilise skema töötamise põhimõtte alljärgnevalt:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

kus T on sädelahenduse tsükli üldine aeg,

- t_1 — energia kontsentreerimise s. o. kondensaatori laadimise aeg;
- t_2 — elektrit juhtiva kanali tekkimise aeg elektroodide vahelisse ainesse;
- t_3 — sädelahenduse kestus, s. o. aeg, mille vältel kontsentreeritud elektrilöögi mõjul materjal sulab ja elektroodist välja paiskub;
- t_4 — aeg elektroodidevahelise aine elektrilise vastupidavuse taastamiseks.

Tegelikus sädelahenduse protsessis ei ole ajad nii rangelt piiratud, vaid katavad üksteist.

Seejuures on põhinõudeks, et elektroodidevaheline aine jõuaks taastada oma elektrilise tugevuse varem, kui pinge uuesti tõuseb läbilöögiks vajaliku kõrguseni.

Detailide mõõtotöötlemisel elektrisädemega asetsevad elektroodid petrooleumis või õlis. Nende ainete elektrilise vastupidavuse taastamine pärast läbilööki nõuab

$$\frac{1}{100\,000} - \frac{1}{1\,000\,000} \text{ sekundit.}$$

Seadme töötamise pöhinõudeks jääb seega tingimus, et

$$t_1 > t_4 > \frac{1}{100\,000} \text{ sek.},$$

millest järeldub, et sädelahenduse impulsside võimalikuks maksimaalseks sageduseks on 100 000 Hz.

See määrab omakorda seadme võimaliku tööjõudluse, s. o. ühe ajaühiku kestel metallist väljapaisatava materjali hulga, mis on võrdeline impulsi energia ja seadme töötamise sageduse korrutisega

$$H = PN,$$

kus H on seadme tööjõudlus (grammi sekundis);

P — ühe impulsiiga väljapaisatav metallihulk (grammides);

N — seadme töötamise sagedus (1/sek.).

Nii näiteks valgest vasest elektroode kasutades eraldatakse töödeldavalt terasdetaililt ühe impulsiiga 0,03 mm³ metalli. Seega võimaliku sageduse juures 100 000 Hz oleks ühes sekundis mahavõetud metallikogus 0,03 · 100 000 = 3000 mm³.

Praegu see arv väljendab ainult metallide elektrilise töötlemise tulevikuperspektiivi, sest olemasolevates seadmetes kasutatavate madalamate sageduste tõttu on praktilised tulemused esialgu märksa madalamad.

Nii näiteks kõval režiimil (120 V; 24 A; 300 μF) 1 sm² pinnalt 1000 mm³ materjali mahavõtmise valgest vasest elektroodiga on nõudnud alljärgnevaid impulsside arvusid:

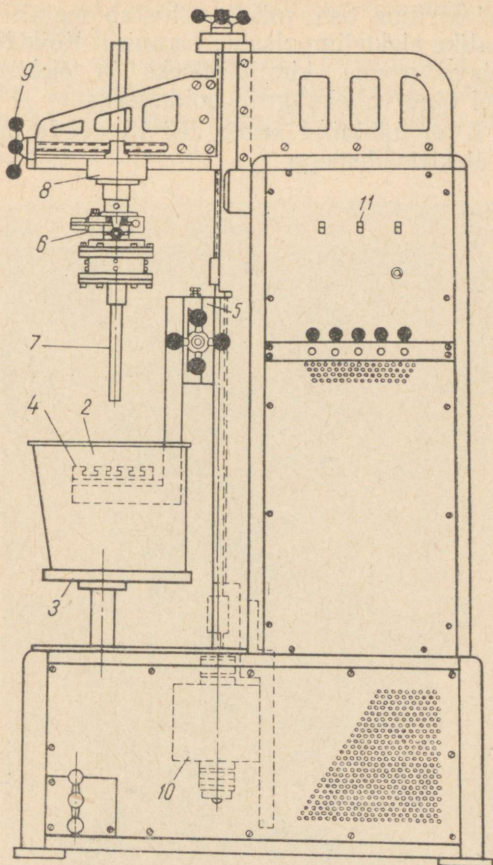
alumiinium	—	9240
vask	—	52500
karastatud teras X-12M	—	71190

mis sageduse juures 200 Hz on vastavalt 21,6 mm³, 3,8 mm³ ja 2,8 mm³ ühes sekundis.

3. Elektrisädemega töötlemise kasutamine

Töödeldavalt esemelt metalli mahavõtmise elektrisädemega toimub elektrilisel teel, s. o. mehaanilisi jõude rakedamata. Vastavalt sellele puuduvad elektrisädememeetodil töötavatel seadmetel ka kõik tavalise metallilõikepingi juures esinevad mehaanilisi jõude ülekandvad sõlmed, nagu elektrimootor koos jõuülekandega, käigukast koos spindliga, suuport koos teraga jne.

Metallide elektrisädemega töötlemise seadme peamiseks

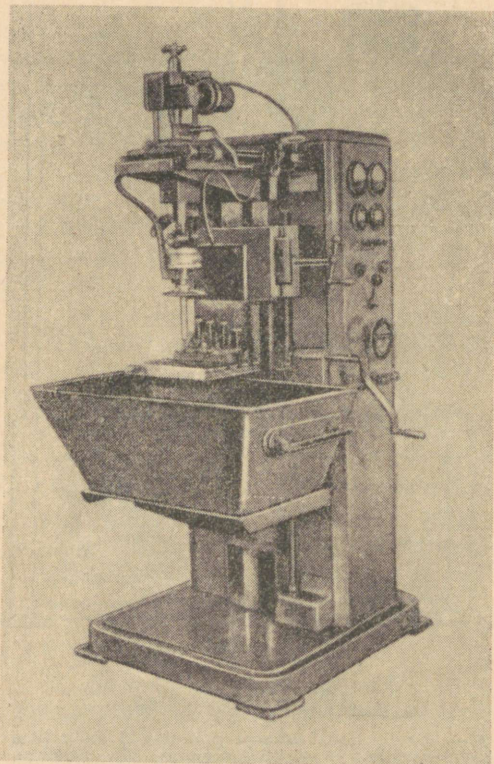


Joon. 5. Seade JIB-15 avade puurimiseks elektrisädemega.

1 — korpus koos sellesse paigutatud elektrilise aparatuuriga; 2 — petrooleumi- või õlivann, milles asetseb töödeldav ese; 3 — suport vanni üles ja alla liigutamiseks; 4 — alus detaili kinnitamiseks; 5 — suport aluse 4 horisontaalsuunas liigutamiseks; 6 — elektroodihoidja; 7 — elektroodtööriist; 8 — elektroodihoidja pea; 9 — suport elektroodihoidja horisontaalsuunas liigutamiseks; 10 — elektromagnetiline seade õige vahemaa hoidmiseks elektroodi ja eseme vahel; 11 — lülitid.

osaks on elektriline osa, mis kindlustab metalli mahavõtmiseks vajalike elektriimpulsside saamise. Kõik teised osad on töödeldava eseme kinnitamiseks ja elektroodi ning eseme vahel õige vahekauguse hoidmiseks.

Joonisel 5 on näidatud seade JB-15 avade puurimiseks metallisse elektrisädemega.

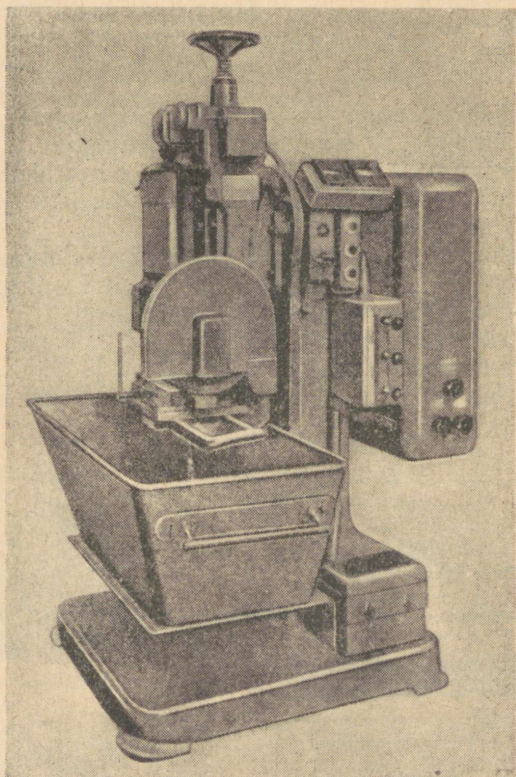


Joon. 6. Seade JB-18 avade uuristamiseks metallisse elektrisädemega.

Joonisel 6 on näidatud seade JB-18 metallisse suurte läbi- või umbavade uuristamiseks elektrisädemega. Seadme võimsus on 6 kW.

Joonisel 7 on toodud elektrisädeme meetodil töötav metallisaag JB-16.

Saag on ette nähtud mistahes kõvadusega materjalide lõikamiseks. Lõikamine toimub lehtterasest kettaga, mille paksus on 0,7—0,8 mm. Õige sädevahe ketta ja lõigatava



Joon. 7. Saag JB-16 metalli lõikamiseks elektrisädemega.

materjali vahel hoitakse alal automaatselt vastava elektromagnetilise seadme abil.

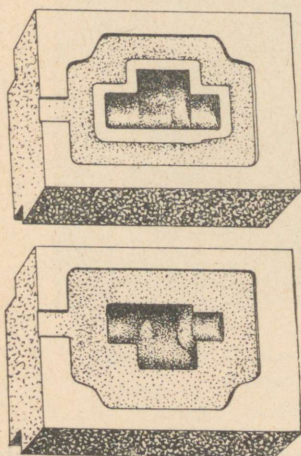
Lõikeseadme tööjõudluse kohta annavad ülevaate tabelis 1 toodud lõikeajad.

Jrk. nr.	Materjali nimetus	Mõõted mm	Lõikeaeg
1.	Duralumiinium	Ø 70	1 min. 10 sek.
2.	Vask	Ø 75	3 min. 20 sek.
3.	Teras X-12M	Ø 75	2 min.
4.	Malm	Ø 72	2 min. 40 sek.
5.	Berüllium	Ø 45	1 min. 20 sek.

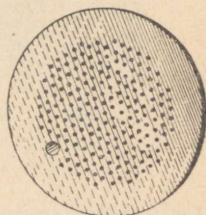
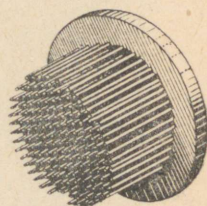
Elektrisädeme meetodil valmistatakse meie kodumaa tehastes tänapäeval stampe ja pressvorme, lõigatakse metalle, teritatakse tööriistu, treitakse, puuritakse ja lihvitakse metalle, kõvendatakse terasest tööriistu ja teostatakse veel mitmesuguseid teisi töid.

Tööjõudluse kohta metallide töötlemisel elektrisädemega saame ülevaate V. V. Kuibõševi nimelise Leningradi Karburaatoritehase mõningatest töökogemustest.

Nii näiteks 0,15 mm läbimõõduga ja 0,65 mm sügavusega ava puurimine termiliselt töödeldud ja lihvitud diiselmootori pihustisse läbimõõdu tolerantsiga 0,008 mm võtab seadmel JK3-14 aega 25 sekundit.



Joon. 8. Elektrisädeme meetodil valmistatud sepistamise stambi mõlemad pooled.



Joon. 9. Roostevabast terasest 225 avaga filter.

Sepistamise vormi valmistamine seadmel JK3-18 (analooiline joonisel 6 näidatud seadmele) võtab aega 9,5 tundi. Vormi mõlemad pooled on näidatud joonisel 8.

Joonisel 9 on näidatud roostevabast terasest filter 225 avaga läbimõõdus 2 mm ja sügavusega 5 mm. Filtri valmistamine elektrisädeme meetodil toimus 2 t 40 min. jooksul.

Kokkuvõttena tuleb märkida, et mõõtotöötlemine elektrisädemega põhineb elektrilaengu termilisele toimele, mille tagajärjel elektrienergia impulsi tabatud kohast paiskub välja teatud kogus sulatatud metalli.

Sõltuvalt kasutatava elektroodi kujust ja suuruselt, võimaldab see meetod uuristada mistahes kõvadusega metallisse mitmesuguse konfiguratsiooniga ja mõõdetega avasid ning töödelda metallesemete pindasid mõõtu.

Elektriliste impulsside range suunatavus ja täpne lokaalsus võimaldavad metalle töödelda suure täpsusega.

Elektrienergia hulga reguleerimine võimaldab suunata töödeldavale pinnale võimsaid impulsse metalli suuremate koguste väljakiskumiseks toortöötlemistel või vähendada impulsi energiat miinimumini siledete pindade saavutamiseks.

Elektrisädeme meetodil saavutatav tööjõudlus ja pinna siledus sõltuvad seega kasutatavast elektrilisest režiimist, mis, nagu nähtub tabelis 2 toodud andmeist, on muudetav laiades piirides.

Tabel 2

Töörežiimi nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mahtvus μF . . .	2	4	6	10	30	50	100	200	300	500
Voolutugevus amp-rites pinge juures 220 V	0,16	0,32	0,4	0,8	2,4	4,0	8,0	16,0	24,0	40,0

Praktilistel andmetel võimaldab elektrisädeme meetod pinnasiledusi 1—10 klassini, s. o. pinnasiledusi, mis saavutatakse mehaanilisel töötlemisel koorimistreimisest ja -hõveldamisest kuni täpse lihvimiseni. Saavutatav pinnasiledus, vastavalt režiimile, on antud tabelis 3.

	▽▽▽▽					▽▽▽			▽▽			▽		
	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6	12	25	50	100
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Režiim nr. 10,														
„ „ 9														
„ „ 8														
„ „ 7														
„ „ 6														■
„ „ 5													■	■
„ „ 4												■		
„ „ 3													■	
„ „ 2										■				
„ „ 1									■					
„ „ 0,5								■						
„ „ 0,1							■							
„ „ 0,05						■								
„ „ 0,01					■									

II. LÕIKERIISTADE VASTUPIDAVUSE TÕSTMINE NENDE KÕVENDAMISE TEEL ELEKTRISÄDEME MEETODIL

1. Kõvendamise protsess

Materjalide töötlemise tehnoloogias on lõiketöötlemine üheks laialdasemalt kasutatavaks meetodiks. Seepärast on arusaadav, et iga võimalus parandada lõikeriistade kvaliteeti, tõsta nende vastupidavust ja vähendada valmistamis- ning ekspluateerimiskulusid on tööstuses esmajärgulise tähtsusega küsimuseks.

Lõikeriistade vastupidavuse tõstmiseks kasutatakse peamiselt kahte liiki töötlemisi:

1) niisuguseid elektrokeemilisi, termokeemilisi ja mehaa-

nilisi töötlemisi nagu elektriline poleerimine, karastamine, tsementiitimine, nitreerimine, külmaga töötlemine, kalestamine jne., kus lõikeriista ei kaeta mõne kõvametalli kihiga, vaid töötlemisega kutsutakse esile lõikeriista enda materjali väliskihis kõvade ühendite kujunemine;

2) niisuguseid termilisi ja elektrokeemilisi töötlemisi nagu kõvametalli pealesulatamine ja kroomimine, kus lõikeriist kaetakse mõne kõvametalli kihiga.

Lõikeriistade vastupidavuse tõstmise meetodite hulka nende pinna kõvendamise teel kuulub ka elektrisädemega töötlemise meetod.

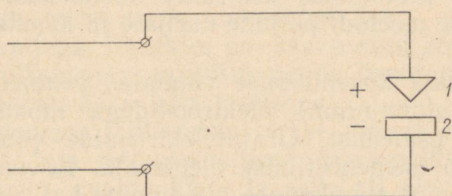
Kõikide senituntud vastupidavuse tõstmise viiside hulgas on pinna kõvendamine elektrisädeme meetodil üks lihtsamaid ja odavamaid, mis ei nõua keerukaid sisseseadeid ega kõrge kvalifikatsiooniga kaadreid.

Viimase asjaoluga on seletatav elektrisädeme meetodi laialdane levik lõikeriistade vastupidavuse tõstmisel.

Teostatud rohketele uurimustele vaatamata valitseb selle meetodi olemuse kohta tänapäevani erinevaid arvamusi ja vaateid, mis kokkuvõetult väljenduvad kahes seisukohas.

Esimene seisukoht oleks üldsõnaline asjale lähenemine. Täpsemal analüüsimisel aga selgub teine seisukoht, mille täpsustamisel on teeneid insener L. J. Popilovil.

Esimene seisukoht väidab, et kui elektrienergia kontsentratsioon ajas ja ruumis on küllaldane sädelahenduse tekkimiseks kahe elektroodi 1 ja 2 vahel, siis elektrilaenguga sulatatud anoodi 1 materjal paiskub elektrodinaamiliste jõudude mõjul katoodile 2 ja katab selle õhukese kihiga (joon. 10).



Joon. 10. Sädelahenduse skeem.
1 ja 2 — elektroodid.

Sellelt seisukohalt lähtudes on soovitatav kõvendava elektroodi materjaliks võtta kõvasulameid, mis sisaldavad rohkesti legerivaid elemente (Ti, W, Co), mis, kandudes töödeldava eseme pinnale, katavad selle kõva kihiga.

Teine vaatepunkt seisab selles, et terase pinna kõvendamine põhineb elektrilaengu termilisele toimele. Väidetakse, et soojus, mis tekib elektrodidevahelisel sädelemisel ja nende kontakteerimisel, kontsentreerub väga väiksele pinnale ja kutsub seal esile intensiivseid termilisi ja termokeemilisi protsesse, millede tulemuseks on kõvade ühendite kujunemine materjali väliskihis.

Niisugusteks protsessideks loetakse:

1) kiirkarastumist (terased süsinikusisaldusega üle 0,6% või legeerivate elementide rohke sisaldusega), mis seisneb materjali paikses lühiajalises kuumendamises kõrge temperatuurini elektrilaengu mõjul ja sulatatud metalli ülikiires jahtumises soojuse hajumise tõttu külma metalli massisse;

2) nitreerimist (tööriistaterased), mis seisneb elektrodidevahelises õhus oleva lämmastiku dissotsieerumises atomaarseks lämmastikuks (elektrilaengu mõjul) ja viimase ühinemises metalli väliskihi elementidega koos titaani, kroomi ja raua nitriidide kujunemisega;

3) tsementiitumist (vähese süsinikusisaldusega ja mõned legeeritud terased), mis seisneb elektroodis ja õhus oleva süsiniku sattumises sulatatud raua koos järgneva raua, kroomi ja titaani karbiidide kujunemisega;

4) legeerivate elementidega (Ti, W, Co) rikastumist (kõik terased), mis seisneb sula materjali ülekandumises ühelt elektroodilt teisele nende kokkupuutumisel surve all koos ülekandunud elementide järgneva difundeerumisega töödeldava materjali väliskihiti.

Loetletud protsesside esinemise tõenäosust kinnitavad elektrisädeme meetodi paljude uurijate ja kasutajate tähelepanekud.

Terase pinna kõvendamise võimalus pehmetest metallidest (vask, alumiinium) elektrodidega lubab väita kiirkarastumise esinemist. Grafiitelektrodide edukas kasutamine tõestab tsementiitumise olemasolu. Kõvendatud kihis suurema lämmastikukoguse leidumine kui alusmaterjalis on kooskõlas nitreerimise protsessi esinemisega. Titaani ja volframi leidumine kõvendatud kihis tõestab, et elektrodide omavahelise kokkupuutumise ajal toimub legeerimine.

Kõvasulamist elektroodi materjali otsest ülekandumist töödeldava eseme pinnale tõendab aga asjaolu, et kõvasulami kihi pealekasvatamine, olgugi seni ainult paksusega 0,1—0,2 mm, on osutunud võimalikuks.

Kokkuvõetult tuleks seega järeldada, et terasesemete töötlemisel elektrisädemega esineb niihästi kõvade ühendite tekkimine töödeldava eseme materjali väliskihis kui ka kõvasulamih kihi otsene kandumine kõvendavalt elektroodilt töödeldava eseme pinnale.

Elektrisädemega töötlemisel esinevate protsesside sisulise küljega on otseses seoses kõvendava elektroodi materjali valiku küsimus.

Lähtudes kõikidest elektrisädemega töötlemisel esinevaist protsessidest, on otstarbekas kasutada elektroodideks kõvasulameid.

Tööpraktikas näemegi seepärast kõige sagedamini titaani-volframi ja volframi gruppidesse kuuluvate kõvasulamite T15K6, T30K4 ja BK8 kasutamist.

Märgatav kõvendav efekt saavutatakse ka grafiitelektroodidega. Kasutada soovitatakse grafiidimarke ЭГ—2, ЭГ—3 ja ЭГ—4.

Tähelepanдав on seejuures asjaolu, et grafiitelektroodidega saavutatakse märksa puhtam pind kui kõvasulamist elektroodidega.

Tööpraktikas kasutatakse seepärast laialdaselt nn. kombineeritud töötlemist, s. o. algul kõvasulamiga ja sellele järgnevalt grafiidiga.

Hea eduga on hakatud kasutama kõvasulamist löike-terade kõvendamist grafiitelektroodiga, mis põhineb täiendavale titaani ja volframi karbiidide tekkimisele kõvasulamih väliskihis.

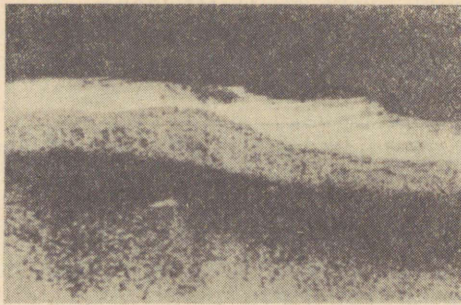
Terasesemete pealispinna kõvenemine on saavutatav ka teistest materjalidest elektroodidega nagu nikkel, ferrokroom, malm, teras, vask, alumiinium jne.

Kõvasulamitega võrreldes on saavutatud kõvendav efekt osutunud väiksemaks, mistõttu nende kasutamine on seni piirdunud uurimusliku katsetamisega.

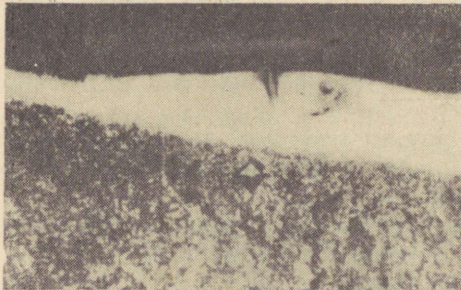
Elektrisädemega töötlemisel terase pinnas esile kutsutavad termilised ja termokeemilised protsessid põhjustavad pinnapealse nn. «valge kihi» ja selle all oleva tumedama värvusega kihi tekkimise, mis kokku moodustavad kõvendatud kihi.

Uurimuste tulemused näitavad, et struktuuriliselt koosneb valge kiht austeniidist, martensiidist ja karbiididest ning nitriididest mitmesuguses vahekorras.

Kõvendatud kihi üldine paksus ulatub kuni 0,1 mm, kusjuures valge kihi paksus on 0,01—0,05 mm.



a



b

Joon. 11. Valge kiht kõvendatud pinnal.

a — valge kiht ja aluskiht enne kõvendamist karastatud eseme pinnal. *b* — valge kiht ilma aluskihita enne kõvendamist järelastatud eseme pinnal.

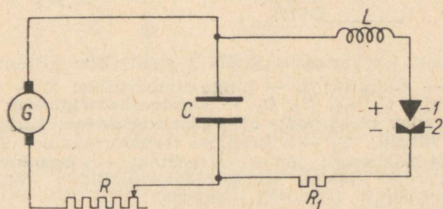
Valge kihi kõvadusena märgitakse $R_c = 63-67$. Tumedama aluskihi kõvadus on 3—5 ühiku võrra madalam.

Elektrisädeme meetodiga kõvendamisel sõltub saavutatav pinnasiledus elektrilisest režiimist. Kuni 4. klassi pinnasiledus on saavutatav kõvasulamist elektrodiga ja 7. klassi pinnasiledus grafiitelektrodiga.

2. Kõvendamiseks kasutatavad seadmed.

Lõikeriistade kõvendamiseks kasutatava seadme põhimõteline elektriline skeem on samasugune kondensaatorskeem kui kõigil teistel elektrisädemega töötlemise seadmel

(joon. 12). Seade koosneb vooluallikast G , kondensaatorist C , laadimiskontuuri juhtmestikust koos takistiga R , lahenduskontuuri juhtmestiku takistist R_1 , lahenduskontuuri juhtmestiku induktiivsusest L ja kahest elektroodist 1 (kõvendav elektrood) ning 2 (kõvendatav ese). Erinevuseks joonisel 3 näidatud skeemist on elektroodide teine polaarsus, nimelt on detail nüüd katoodiks (—) ja kõvendav metall anoodiks (+), ning kõvendava elektroodi paigutamine vibraatorisse.



Joon. 12. Elementaarne skeem pinna kõvendamiseks elektrisädeme meetodil.

Selle põhiskeemi mitmesugune kujundamine ühel või teisel viisil pole toonud senini põhimõttelisi erinevusi kõvendamisprotsessi.

Vaieldavaks küsimuseks on tänapäevani alalis- või vahelduvvoolu kasutamine. Kuna valdav enamus praktikas rakendatud seadmeid töötavad alalisvoolul, siis tuleb lugeda otstarbekamaks alalisvoolu kasutamist.

Vajalik elektrienergia saadakse kas elektrivõrgust või generaatorilt. Seadme toitmine võrgust toimub tavaliselt seleenalaldajate kaudu.

Kasutatakse siiski ka vahelduvvoolu seadmeid nende lihtsuse ja ehitamise odavuse pärast, eriti puidutöötlemise terade kõvendamiseks.

Allpool on toodud mõningate tööstustes kasutatavate seadmete elektrilised skeemid.

Leningradi tehase КИНАП seade КЭИ-2 on ette nähtud löikeriistade ja mitmesuguste masinaosade pindade kõvendamiseks. Seadme elektriline skeem on antud joonisel 13.

Seadme КЭИ-2 kondensaatorite patarei koosneb plokkidest mahtuvusega 6, 12, 30 ja 72 μF , milledest 6 μF on sisse lülitatud alaliselt. Kondensaatorite patarei

Tabel 5

Primaarmähise seksioonid	Pinge V	Keskmine laadimisvool A	Lühisvool A
I	145	0,40	1,25
II	125	0,60	1,38
III	105	0,75	2,35
IV	85	0,90	2,82
V	65	1,10	3,45
VI	45	1,30	4,06
VII	30	1,80	5,65

Transformaatori konstruktiivsed andmed on toodud lisa 1.

Alalisvoolu saamiseks kasutatakse kahte, paralleelselt lülitatud ja ühe poolperioodilise skeemi kohaselt töötavat seleenalaldajat. Kettaid läbimõõduga 100 mm on kokku 24 tk.

Alaldaja võimaldab saada väljumispoolel $U = 150$ V ja $I_{max} = 6$ A. Signaallamp F on vajalik seadme pingestatud oleku tähistamiseks.

Kondensaatoritega paralleelselt lülitatud takisti r (100 Ω) on ette nähtud kondensaatorite tühjendamiseks pärast seadme väljalülitamist. Vibraatori elektromagneti mähise toitmine toimub vooluvõrgust transformatori (220/15 V) kaudu.

Andmed vibraatori mähiste kohta on toodud tabelis 6.

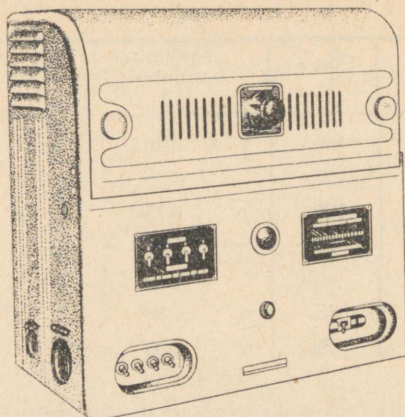
Tabel 6

Mähis	Keerdude arv	Traadi läbimõõt mm
Primaarmähis	2500	0,15
Sekundaarmähis	145	0,41

Vibraatori enda mähisega on järjestikku ühendatud reostaat R vibraatori amplituudi reguleerimiseks pinge reguleerimise kaudu.

Kõvendamiseseade КЭИ-2 on näidatud joonisel 14.

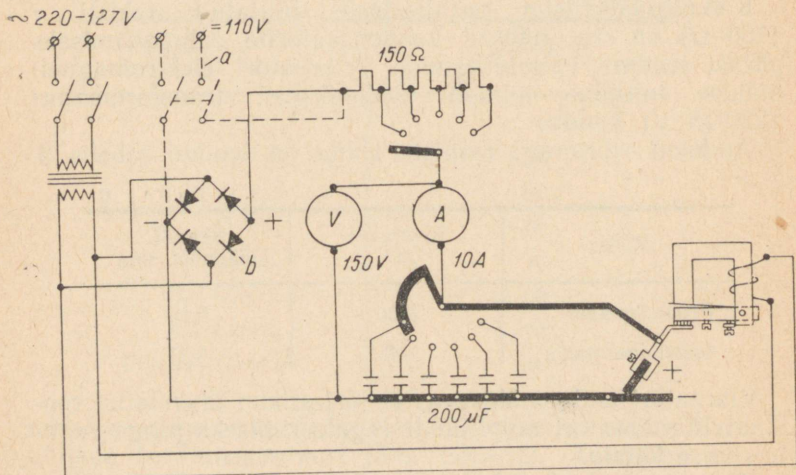
Seadme КЭИ-2 piirilised töörežiimid on tabelis 5 toodud andmete järgi $U = 145$ V, $C = 120 \mu$ F, $I = 1,8$ A ja $U = 30$ V, $C = 6 \mu$ F, $I = 0,4$ A.



Joon. 14. Seade КЭИ-2.

S. M. Kirovi nimelise tehase «Elektrosila» poolt konstrueeritud seadme elektriline skeem on toodud joonisel 15.

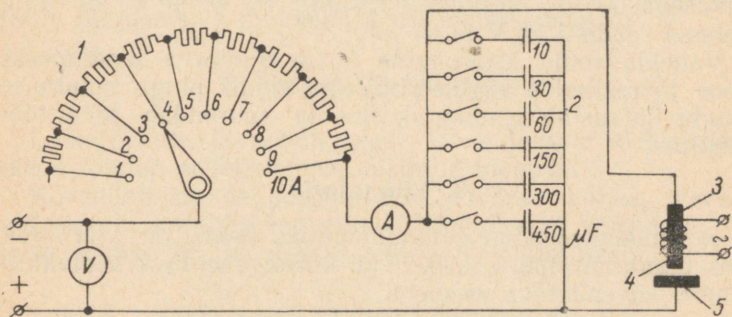
Jooniselt 15 nähtub, et S. M. Kirovi nimelise tehase «Elektrosila» poolt valmistatud seadmete elektriline skeem on kujundatud kahes variandis. Esimest varianti kasuta-



Joon. 15. S. M. Kirovi nimelises tehases «Elektrosila» kasutatavate kõvendamisseadmete elektriline skeem.
a — tootmisega alalisvoolu võrgust, *b* — tootmisega vahelduvvoolu võrgust seleenalaldajate kaudu.

takse alalisvoolu võrguga tsehhides, teist varianti aga tsehhides, kus alalisvoolu võrku ei ole.

S. M. Kirovi nimelises Metsatehnilises Akadeemias uurimistöödeks kasutatava universaalse kõvendamiseseadme elektriline skeem on näidatud joonisel 16.

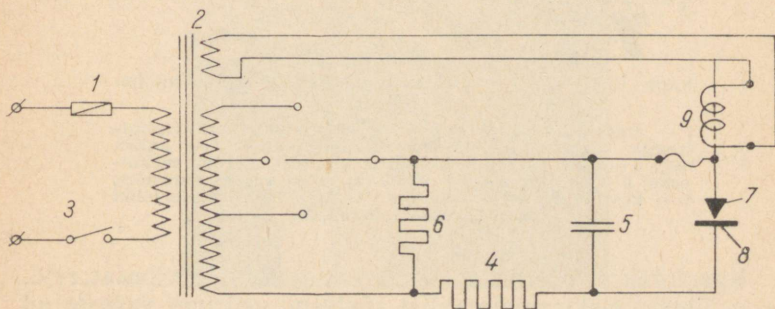


Joon. 16. Universaalne kõvendusseade.

1 — reostaat; 2 — kondensaatrid; 3 — vibraator; 4 — kõvendav elekt-rood; 5 — kõvendatav ese.

Universaalseadme varustamine vooluga võib toimuda kas alalisvoolu generaatori (220 V) poolt või üldisest elektrivõrgust seleenalaldajate kaudu.

Kondensaatorigruppide üksiklülitamine võimaldab kasutada mahtuvusi 10—450 μ F, lühisvooluga 1—10 A. Kondensaatorigruppide koondlülitamine võimaldab kasutada mahtuvust 1000 μ F.



Joon. 17. Kõvendusseadme ПНМ-50 elektriline skeem.

1 — kaitse; 2 — transformaaritor; 3 — lülititor; 4 — laadimiskontuuri takistor; 5 — kondensaatrid; 6 — lahenduskontuuri takistor; 7 — kõvendav elekt-rood; 8 — kõvendatav ese; 9 — vibraatori mähis.

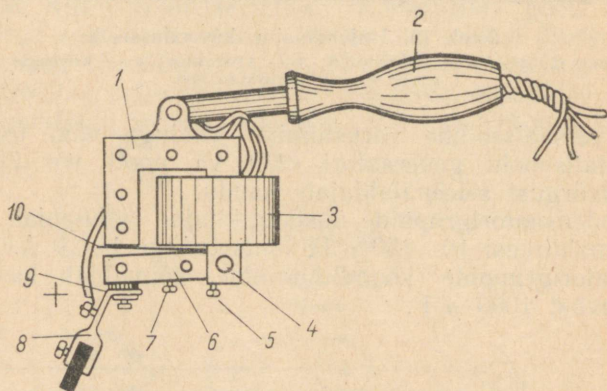
Joonisel 17 on antud vahelduvvoolul töötava kõvendamiseseadme ПНМ-50 elektriline skeem.

Kõvendamiseseadmes ПНМ-50 toimub kondensaatorite laadimine pingetalandava transformaatori kaudu vahelduvvooluga. Seade lubab teostada kõvendamist kõval režiimil pingega lahenduse algul ligikaudu 100 V, ja mahutuvusega 60 μF , keskmisel režiimil 50 V ja 60 μF ning pehmel režiimil 25 V ja 60 μF .

Vahelduvvoolu kasutamine kondensaatorite laadimiseks koos töörežiimide reguleerimisega ainult pinge muutmise kaudu lihtsustab seadme skeemi ja suurendab selle töökindlust.

3. Vibraatorid

Kõvendamiseseadmete lahutamatuks osaks on vibraator, mis tagab kõvendava elektroodi kiireltvahelduva kontaktteerimise kõvendatava esemega.



Joon. 18. S. M. Kirovi nimelise tehase «Elektrosila» vibraator.

1 — elektromagneti südamik; 2 — puidust, šarniirkinnitusega käepide; 3 — elektromagneti mähis; 4 — ankruselg; 5 — kruvi ankruselgi võnkumise amplituudi reguleerimiseks; 6 — ankur; 7 — kruvi vedru pinge reguleerimiseks; 8 — kõvendava elektroodi hoidja; 9 — isoleermaterjalist seib; 10 — lehtvedru.

Kasutatakse peamiselt elektromagnetilisi vibraatoreid, s. o. lihtsat elektromagnetilist süsteemi vedruga varustatud ankruga, millele on kinnitatud kõvendava elektroodi hoidja.

S. M. Kirovi nimelises tehases «Elektrosila» kasutatav vibraator on näidatud joonisel 18.

Tehases kasutatakse vibraatoreid kaaluga 0,5 kg, 0,3 kg ja 0,2 kg, kusjuures sagedamini kasutatakse raskeid ja keskmisi (0,5 kg ja 0,3 kg) vibraatoreid — kergeid (0,2 kg) aga väga harva.

Laialdaselt leiab rakendamist S. M. Kirovi nimelise Metsatehnilise Akadeemia poolt konstrueeritud vibraator, mille üldjoonis ja tööjoonised on toodud lisis 1.

4. Töökoht ja töötlemine

Lõikeriistade ja masinaosade kõvendamine elektrisäde-
mega toimub selleks ettevalmistatud töökohal.

Kõvendamise seade paigutatakse töölaua küljes olevale alusele või kinnitatakse seinale niisugusele kõrgusele, et kõik seadme lülitid oleksid töötaja käe ulatuses.



Joon. 19. Töökoht tööriistade
kõvendamiseks.

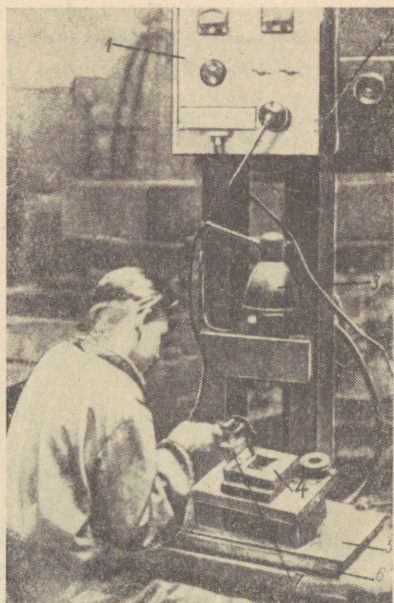
- 1 — kruustangid; 2 — kõvendamise seade;
3 — seleenalaldaja; 4 — reostaat.

Töölaua küljes asuvad pööratavad paralleelkruustangid töödeldava eseme kinnitamiseks.

Stampide templid ja matriitsid paigutatakse kõvendamisel laual selleks otstarbeks olevale vasest või rauast kontaktplaadile. Kõvendamist läbi viies seisab töötaja laua ees püsti või istub taburetil.

Joonisel 19 on näidatud töökoht lõikeriistade kõvendamiseks.

Joonisel 20 on näidatud töökoht stampide kõvendamiseks.



Joon. 20. Töökoht stampide kõvendamiseks.

- 1 — kõvendamiseade; 2 — reostaat;
- 3 — sügava reflektoriga lamp; 4 — kõvendav matriits; 5 — kontaktplaadialus;
- 6 — isoleerainest plaadialus;
- 7 — vibraator.

Kõvendamise tulemused sõltuvad suurel määral kasutatavast elektrilisest režiimist, s. o. pingest, mahtuvusest ja voolutugevusest.

Elektrilise režiimi tõstmine kiirendab kõvendamise prot-

sessi ja annab paksema kõvendatud kihi, kuid ühtlasi ebatasasema pinna. Elektrilise režiimi madaldamise toime on vastupidine.

Kõvendamisseadmete elektrilised režiimid jagunevad pehmeteks, keskmisteks ja kõvadeks.

Mõningate seadmete juures võivad neile lisanduda ülipehme ja eriti kõva režiim.

Režiimide elektriliste parameetrite arvulised suurused sõltuvad kasutatava seadme võimsusest.

Joonisel 16 kujutatud keskmise võimsusega kõvendamisseadme põhilisi töörežiime iseloomustavad järgmised näitajad:

kõva režiim	—	$C = 200 \mu F, I = 4,5 A;$
keskmine režiim	—	$C = 120 \mu F, I = 3,0 A;$
pehme režiim	—	$C = 50 \mu F, I = 1,5 A;$
ülipehme režiim	—	$C = 10 \mu F, I = 0,2 A.$

Pinge ja mahtuvuse reguleerimisega on võimalik saavutada vahepealseid režiime.

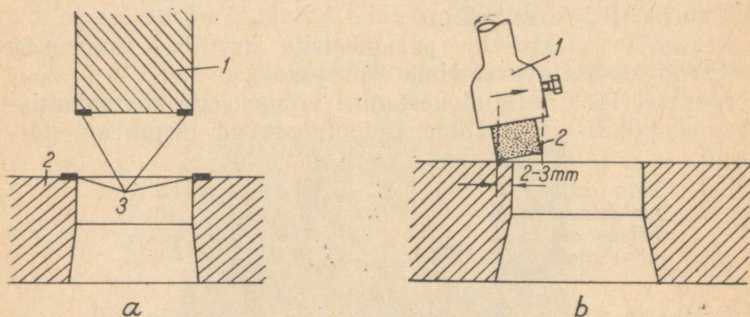
Töötlemise ettevalmistamiseks kõvendatav ese puhastatakse, hõõrutakse üle kuivade puuvillnarmastega ja paigutatakse kruustangide vahele või kontaktplaadile. Eseme kohaleasetamisele järgneb seadme tööks ettevalmistamine: vibraatorisse paigutatakse kõvendav elektrood (tavaliselt kõvasulamist või grafiidist), kontrollitakse vooluahela kontakte (seadme negatiivne kontakt — plaadi või kruustangide kontakt; seadme positiivne kontakt — vibraatori kontakt; kruustangide või plaadi ja eseme vaheline kontakt), alalisvoolul töötava seadme puhul kontrollitakse polaarsust (kõvendav elektrood peab olema anoodiks), lülitatakse sisse mahtuvused vastavalt kasutatavale režiimile (mahtuvuste muutmine seadme pingestatud olekus on keelatud), voolu tugevus seatakse režiimile vastavaks ja lülitatakse sisse pealüliti. Edasi võetakse vibraator paremasse kätte, lülitatakse see sisse ja alustatakse töödeldava eseme kõvendamist.

Vibraatorit paremas käes hoides lähendatakse kõvendav elektrood töödeldavale esemele kuni sädeme tekkimiseni. Kõvendamine toimub vibraatorit mööda kõvendatavat pinda edasi-tagasi nihutades — algul piki- ja siis ristsuunas.

Lõiketerade ja stampide matriitside kõvendamisel tuleb hoiduda lõikeservadest 0,2—0,3 mm-kaugusel. Lõikeserva enda kõvendamine toimub kas ülipehme režiimiga või gra-

fiitelektroodiga. Treimis- ja hõõveldamisterade esipindasid võib kõvendada kuni lõikeservadeni, parandades nende teravust järgneva teritamiselega.

Templi ja matriitsi kõvendamine on näidatud joonisel 21.



Joon. 21. Stampide kõvendamine.

a — matriitsi ja templi lõikeservade kõvendatavad kohad; 1 — tempel; 2 — matriits; 3 — kõvendatavad kohad. *b* — kõvendava elektroodi lähendamiskaugus lõikeservale; 1 — elektroodihoidja; 2 — elektrood.

Kõvendamise protsessi lõppemise tunnuseks on sädelemise intensiivsuse märgatav vähenemine ja sädemete tuhmumine. Kõvendamise tulemusena peab esemele tekkima metalli värvusega ühtlane matt pind.

Liigse töötlemise tunnuseks on mustade põlenud täppide ilmumine kõvendatavale pinnale, mis märgib kõvendatud pinna hävimise algust.

Kõvendatud pinna kontrollimine toimub praktikas luubiga, mille suurendusvõime on 5—20-kordne.

Niisuguse suurenduse juures on kõvendamata jäänud või põlenud kohad hästi nähtavad.

Laboratoorseis tingimuis määratakse kõvendatud kihi mikrokõvadus kontrollseadmega ПМТ-2 või ПМТ-3.

Elektrisädeme meetodil võib kõvendada kõikide tööriistade ja masinaosade pindasid, milledele nõutakse suurendatud vastupidavust kulumisele.

Häid tulemusi annab treimis- ja hõõveldamisterade, puuride, freeside, lõike-painde ja tõmbestampide, rauasaelehtede, puidu, naha ja plastmasside lõiketerade ning mitmesuguste masinaosade kõvendamine.

Edukalt kõvendatakse ka kärnpukkide tsentreid, mõõte-

riistu, šabloone, hammasrattaid, jaotusvõllide nukke, ekstsentriskuid jne.

Elektrisädeme menetlusel on võimalik taastada kulunud masinaosi kõvasulami õhukese kihi (0,1—0,15 mm) pealekasvatamise teel, näiteks kuullaagrite kulunud istukohti võllidel jms.

Tööriistade ja masinaosade mõõtude taastamine toimub korduva töötlemisega eriti kõval režiimil. Enne töötlemise algust kaetakse eseme pind õhukese õlikihiga. Sel teel on võimalik esemele kasvatada 0,15—0,20 mm kihti.

Kõvendamiseks sobivad elektrilised režiimid valitakse vastavalt nõuetavale pinnapuhtusele.

Lõiketeradel kõvendatakse tavaliselt neid pindasid, milde kaudu ei toimu teritamine.

Järgnevalt on toodud mõningad kõvendamise näited.

Treimisterad	kõvendatakse esipind keskmise või pehme režiimiga + viimistlemine ülipehmega.
Puurid \varnothing 10—30 mm	kõvendatakse esipind ja spiraali välisserv keskmise või pehme režiimiga + viimistlemine ülipehmega.
Freesid — spiraalhambagas, \varnothing 20—50 mm	kõvendatakse esi- ja tagapind pehme režiimiga + viimistlemine ülipehmega.
Stampide templid ja matriitsid	kõvendatakse lõikeservad keskmise või pehme režiimiga + viimistlemine ülipehmega.
Rauasaelehed	kõvendatakse hammaste küljed keskmise või pehme režiimiga.
Kivipuurid ja muud taolised tööriistad	kõvendatakse kõva režiimiga.
Mitmesugused masinaosad	kõvendatakse kõva, keskmise või pehme režiimiga + viimistlemine või ilma selleta.

Tööriistade vastupidavuse täiendamaks tõstmiseks kasutatakse lisaks eeltoodule töötlemist grafiitelektroodiga.

Grafiitelektroode kasutatakse hea eduga ka kõvasulamisega lõiketerade vastupidavuse tõstmiseks.

Jrk. nr.	Tehase nimetus	Tööriista nimetus	Elektriline režiim			
			Vooluliik	Pinge V	Mahtvus F	Vool A
1	2	3	4	5	6	7
1.	Moskva instrumentaaltehas	Puurid	Alalis-	150	200—300	3
2.	Sestroretski instrumentaaltehas	Metallilõiketerad	Alalis-	200	300	3
3.	Leningradi instrumentaaltehas	Metallilõiketerad Freesid	Alalis- "	100—200 "	200—300 "	2—3 "
4.	Tehas „Kaliiber“	Metallilõiketerad Lõike- ja paindestambid	Alalis- "	220 "	150 "	2,5 "
5.	Frunze-nimeline tehas	Freesid Metallilõiketerad Puurid	Alalis- " "	100—200 200—300 100—200	30—300 " "	kuni 4 " "
6.	Tehas „Elektrosila“	Tõmbestambid	Alalis-	100	20—200	1—2
7.	Ždanovi-nimeline tehas	Pneumaatilised meislid	Vahelduv-	110—220	30—60	8—10
8.	Harkovi traktori-tehas	Puurid läbimõõduga alla 8 mm	Vahelduv-	55	4—30	4—5
9.	Metsatööstuse punktid	Kettsaed	Vahelduv-	110—120	50—70	4,3
10.	Metsatööstuse Ministerium	Raamsaed	Vahelduv-	200	70—100	2
11.	Üleliiduline Teadusliku Uurimise Instituut	Metallilõiketerad Keermetamise terad Ketasfreesid Kujufreesid Puurid Ø 21 mm Pneumaatilised meislid Puurid Ø 10—30 mm	Alalis- " " " " " " "	150—200 " " " " 200 150—200	200—300 " " " " 200 50—200	2,5 " " " " 3 1,5—2,5

¹ Tööriistade vastupidavuse antud tõus on saavutatud üksikutel

Tööriista materjal	Elektroodi materjal	Töödeldud materjal	Tööriista vastupidavuse tõus % ¹	Märkused
8	9	10	11	12
ЭИ—262 РФ—1	Т15К6	ЭИ—262 РФ—1	200—250	Tehases valmistatud seade
ЭИ—262	Т15К6	ЭИ—262	200—300	Seade ОКБ
ЭИ—262 РФ—1	Т15К6	ЭИ—262 РФ—1	400—500	Seade ОКБ
"	"	"	300	
РФ—1	Т15К6	Konstr. teras „50“	300	Tehases valmistatud seade ja seade ОКБ
У10	"		400—500	
	Т15К6		500	
	"		800—1000	Tehases valmistatud seade
	"		500	
			300—700	Tehases valmistatud seade
		Malm	300—800	Tehases valmistatud seade
РФ—1 ЭИ—262	Grafiit	Malm, teras	100	Tehases valmistatud seade
Süsinikteras	Т15К6	Puit	400—1000	Metsatööstuse Ministeeriumi seade
Süsinikteras	Т15К6	Puit	250—400	Metsatööstuse Ministeeriumi seade
ЭИ—262 РФ—1	Т15К6	Teras 45	480	Tehastes toimetatud katsete tulemused
"	"	"	500	
ЭИ—262	"	28ХНМА	300	
"	"	ЭИ—262	250	
"	"	18ХНМА	300—400	
	ВК8	Malmvalu	250—300	
ЭИ—262	Т15К6	ЭИ—262ХВ	200—300	

parematel juhtudel. Keskmiselt on vastupidavuse tõus 150—300%.

1	2	3	4	5	6	7
12.	Metrostroi	Kivisaed	Ala- lis-	120	210—220	2—3
		Kivipuudid	„	220	250	2
13.	Lennukitehas	Metalli- lõiketerad	Ala- lis-	160	1—4	1—1,5
		Puurid	„	„	„	„
		Keerme- freesid	„	„	„	„
		Höövelda- misterad	„	„	„	„
		„	„	„	„	„
14.	Ljuberetski Põllu- töomasinate tehas	Meislid	Ala- lis-	220	450	3,6

Ohutustehnika seisukohalt on tähtis, et kõvendusseadmel töötajad oleksid hästi instrueeritud seadme käsitsemisest.

Töötamise ajal peab ruumis viibima kaks töötajat ja nad peavad oskama abistada elektrilöögist tabatud.

Põrand töökoha ees peab olema kaetud kummist plaatidega. On keelatud avada pingestatud seadme katteid.

5. Kõvendamise tulemused

Elektrisädeme menetlusega saavutatava kõvendamise efektiivsust määravaiks tegureiks on tööriistade teritamise vaheaegade pikenemine ja nende kasutamisaja suurendamine — seega kokkuhoid tööajas ja materjalides, millele kaasub tööjõudluse tõus.

Umbes 170 tehase tööpraktikast tehtud kokkuvõtted näitavad, et saavutatud keskmine tööriistade vastupidavuse tõus on olnud 1,5—3,0-kordne.

Kõvendamise praktika näitab, et lõiketera vastupidavuse tõus ei esine alati, vaid sõltub tera lõikerežiimist ja materjalist, mida lõigatakse.

Reeglina esineb nähe, et puhastöötlemise režiimidel, samuti pehmete materjalide puurimisel ja freesimisel ei suurenda kõvendamine tööriista vastupidavust kuigi palju.

Seevastu tõstab kõvendamine märgatavalt lõiketerade vastupidavust kõrgekvaliteediliste legeritud teraste, nagu kiirlõiketerased РФ-1, ЭИ-262, kroomnikkelmolübdeenteras

8	9	10	11	12
Teras Cr 5	T15K6	4—6 kat. kivimid	300—1500	Kõvendatud enne ja pärast karastamist ning järelelaskmist ühesuguse režiimiga
Cr 7 ja Cr 8	„	„	300—2000	
PФ—1	T15K6	Eriterased	450	Tehases valmis- tatud seade
„	T30K4	„	500	
„	„	„	300	
„	„	„	600	
Y8	T15K6	Malmvalu	450	Tehases valmis- tatud seade

13XHMA ja kroomteras IIX-15, ning kõvade malmide töötlemisel.

Masinaosade kõvendamisel saavutatakse parimaid tulemusi kõrge kvaliteediga, legeritud terasest esemete juures. Rahuldavaid tulemusi annab ka suure süsinikusisaldusega instrumentaalterasest esemete pindade kõvendamine. Vähesese süsinikusisaldusega ja üldse pehmest terasest esemete pindade kõvendamine tulemusi ei anna, sest kõvendatud pinna all olev pehme alus vajub koormuste all kokku, mille tagajärjel hävib ka kõvendamisega saavutatud õhukene kõva pealispind.

Mõningate tehaste tööpraktika tulemused tööriistade kõvendamisel elektrisädemega on toodud tabelis 7.

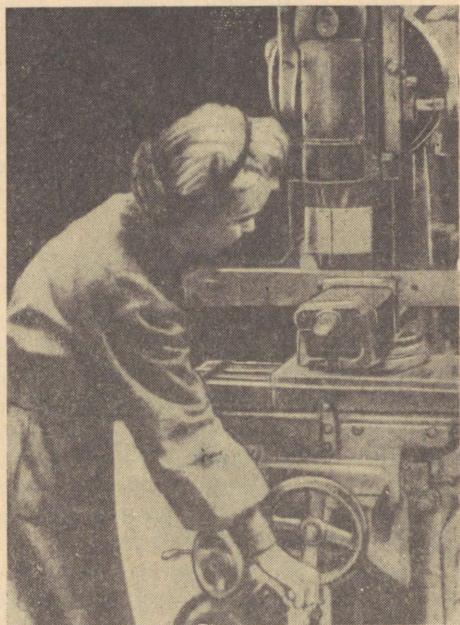
Nagu eespool märgiti, toimub kõvendamine praegu tavaliselt käsivibraatori abil. Käsitsi töötamise peamisteks puudusteks on elektroodi ebahütlane liikumiskiirus mööda kõvendatavat pinda, samuti ebahütlane surve kõvendava elektroodi kontakteerimisel kõvendatava esemega.

Samuti on käsitsi töötamisel madal ka töötootlikkus. Nii näiteks 1 sm² pinna töötlemine nõuab kõva režiimi puhul aega ligikaudu 30—40 sek. ja pehme režiimi puhul 1—2 minutit.

Tööjõudluse tõstmiseks ja kõvendava elektroodi liikumiskiiruse ning kontakteerimissurve ühtlustamiseks on võetud kasutusele mitmekontuurilised kõvendamiseseadmed koos mitme elektroodiga varustatud vibraatoritega. Niisuguste seadmete juures vahemaa kõvendava elektroodi ja tööeldava eseme vahel püsib ühtlasena ja eseme liikumine kõvendava elektroodi suhtes toimub mehaaniliselt. Jooni-

sel 22 on näidatud plekikäärde terade mehhaniseeritud kõvendamine.

Terasesemete pindade elektrisädemega kõvendamise meetodi arendamise peasuunaks on praegu üleminek ühe



Joon. 22. Plekikäärde terade mehhaniseeritud kõvendamine.

vibraatoriga käsitsi töötamiselt mehhaniseeritud töötamisele mitme vibraatoriga, mis tagab kõvendamisel ühtlase tulemused ja tõstab tunduvalt tööjõudlust.

Uurimistöö alal on peaülesandeks kõvendatud kihi paksuse suurendamine seniselt 0,1 mm 0,5—2,0 mm-ni.

Tuleb alla kriipsutada, et heade tulemuste saavutamiseks on vaja kõvendada süstemaatiliselt kõiki löiketerasid, niihästi uusi kui ka kasutusel olevaid, pärast iga teritamist.

Kõvendamise operatsiooni lihtsusele vaatamata on heade tulemuste saavutamiseks olulise tähtsusega kaadrite asjatundlik ettevalmistamine.

S. M. Kirovi nimelises tehases «Elektrosila» lubatakse näiteks töötajaid asuda elektriliste kõvendamistöõde täitmisele ainult pärast 50-tunnilise tehniiminimumi kursuse läbitegemist ja katsete sooritamist V liigi elektrikõvendaja kutsele.

III. PUIDULÕIKETERADE KÕVENDAMINE

1. Kõvendamine elektrisädemega

Üksikasjalikumaid uurimusi elektrisädeme meetodi kasutamise kohta puidulõiketerade kõvendamiseks on läbi viidud S. M. Kirovi nimelises Metsatehnilises Akadeemias.

Uurimuste tulemused kõvendatud kihi paksuse, kõvaduse ja pinnasileduse kohta on üldiselt samasugused kui need, mis toodi eespool metallilõiketerade kohta.

Uurimuste kokkuvõttena märgitakse:

a) puidutöötlemisterade vastupidavuse tõstmiseks on otstarbekas kasutada elektroodidena kõvasulameid T15K6, T30K4 ja BK8;

b) terade kõvendamiseks soovitatakse kasutada alljärgnevat režiime:

- suurtele raam- ja ketassaagidele — 1,5 A, 150 μ F;
- saagidele, freesidele, freespeade nugadele, hõõveldamisteradele 1,0 A, 100 μ F;
- lõikeservade viimistlemiseks 0,5 A, 25—30 μ F.

Saagide hammastel kõvendatakse külgi ja tagapindu. Freesidel ja teistel teradel kõvendatakse pindu, millede kaudu ei toimu teritamine.

Vibraatori liikumine mööda kõvendatavat pinda peab olema sujuv. Kõvendamine algab 0,2—0,3 mm kaugusel tera lõikeservast. Sõltuvalt tera suurusest on kõvendatud riba laius 2—6 mm. Tera lõikeserva kõvendamine toimub eriti tähelepanelikult ja ülipehmel režiimil kõvasulamist või grafiitelektroodiga.

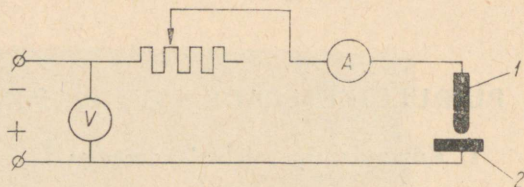
2. Kaarkõvendamine

Puidutöötlemisterade kaarkõvendamise meetod on välja töötatud S. M. Kirovi nimelises Metsatehnilises Akadeemias.

Kaarkõvendamise aparaadi elektrilise skeemi saame, kui

elektrisädemega kõvendusseadmel lülitame välja kondensaatorid ja vibraatori.

Niisugune elektriline skeem on näidatud joonisel 23.



Joon. 23. Kaarkõvendamise seadme elektriline skeem.

1 — kõvendav elektrood; 2 — kõvendatav tööriist.

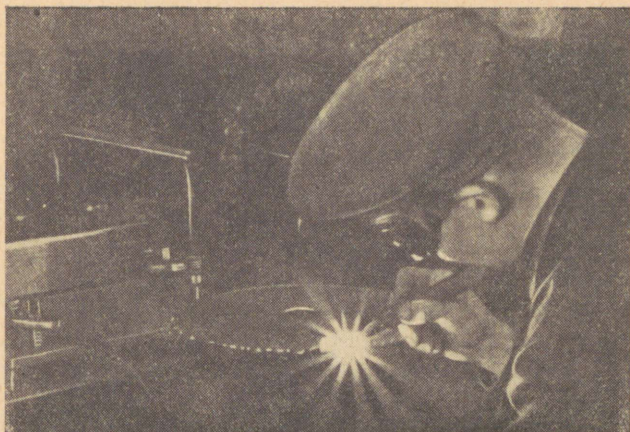
Elektriliste parameetrite küllaldase suuruse juures (100 V ja 3—5 A) kujuneb kõvendava elektroodi ja kõvendatava eseme vahele kaarleek. Kaarleegi toimel tõuseb temperatuur kõvendava elektroodi pinnal ligikaudu 2000—2500°C, põhjustades elektroodi materjali sulamise. Sulanud osakesed, sattudes kaarleeki, kus temperatuur on veel kõrgem (\sim 3500—4000°C), gaasistuvad. Kaares esinevad seega gaasistunud olekus need elemendid, milledest koosneb kõvendav elektrood. Liigutades kõvendavat elektroodi, juhime kaarleegi mööda kõvendatava eseme pinda, kuumendades seda mõnesaja kraadini, s. o. temperatuurini, mis on tarvilik legeerivate elementide difundeerimiseks eseme pinnasse. Kaarleegi edasiliikumisele järgneb kiire jahtumine, mille tulemuseks on legeeritud pinna karastumine.

Kaarkõvendamisel tuleb hoiduda kõvendatava eseme pinna sulatamisest, mis võib kergesti esineda kaare liigselt aeglasel edasiviimisel.

Kaarkõvendamisega saavutatakse kõvendatud pind pakusega 0,035—0,120 mm. Pinna siledus on seejuures märksa parem kui kõvendamisel elektrisädemega. Pinna kõvadus on 56—66 R_c .

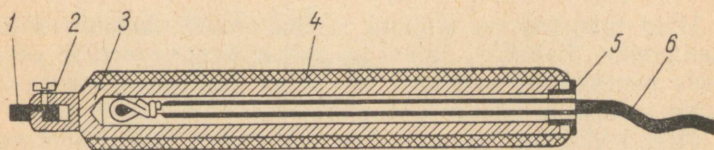
Terade vastupidavus kulumisele on keskmiselt 1,5 korda suurem kui kõvendamata teradel. Soovitav on kasutada vastupidist polaarsust (elektrood—katood, ese—anood), mis annab ühtlasema ja kõvendataval pinnal paremini libiseva kaare.

Joonisel 24 on näidatud ketassae kaarkõvendamine.



Joon. 24. Ketassae kaarkõvendamine.

Joonisel 25 on kujutatud kaarkõvendamisel kasutatav elektroodihoidja.



Joon. 25. Kaarkõvendamisel kasutatav elektroodihoidja.

1 — kõvendav elektrood; 2 — kinnituskrugi; 3 — metalltoru juhtme jaoks; 4 — tekstoliidist väline toru; 5 — eboniidist puks; 6 — juhe.

3. Saagide kontaktkarastamine

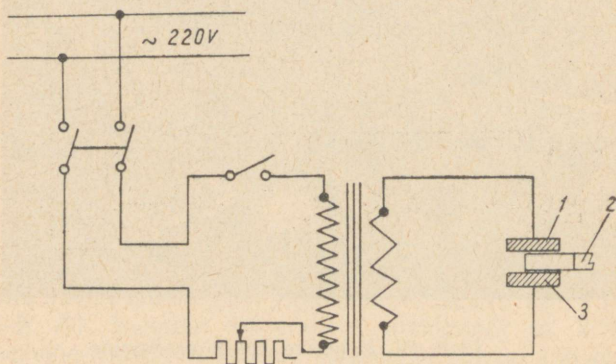
Raam- ja ketassaagide vastupidavuse tõstmiseks soovitab S. M. Kirovi nimeline Metsatehniline Akadeemia kasutada elektrilist kontaktkarastamist.

Saehammaste otsad kuumendatakse punktkeevitaja kontaktide vahel 3—5 mm ulatuses kirsipunase värvuseni ja lastakse jahtuda õhus. Tulemuseks on saehamba materjali kõvenemine kuni $R_c 62$ endise $R_c 42$ asemel. Saehamba esiäär 0,1 mm ulatuses ei karastu õhus, kuid see võetakse maha esimesel teritamisel.

Joonisel 26 on näidatud kontaktkarastamise seadme elektriline skeem.

Saehamba kuumendamiseks 1 sek. jooksul karastamis-temperatuurini on vaja voolutugevust 250—300 A.

Kontaktkarastamiseks võib edukalt kasutada punktkeevitusseadet või seadet lintsaagide kokkujootmiseks.



Joon. 26. Kontaktkarastamise elektriline skeem.

1 ja 3 — kontaktid; 2 — saehammas.

Häid tulemusi on andnud saehammaste kombineeritud töötlemine. Esimesel juhul kaarkõvendamine sellele järgneva kontaktkarastamisega või teisel juhul kontaktkarastamine sellele järgneva kõvendamisega elektrisädemega.

Meie kodumaal on metallide töötlemine elektrisädemega jõudnud välja laboratoorsetelt uurimustelt tööstusliku kasutamise avarale teele.

Tööstustes saadud kogemused ei jäta enam mingit kahtlust kindlate positiivsete tulemuste saamise võimaluses selle progressiivse kodumaise meetodi õigel rakendamisel.

Tööstuslike ettevõtete töötajate ülesandeks on seepärast õppida tunda metallide töötlemist elektrisädemega, rakendades seda kõikjal, kus uue meetodi kaudu on saavutatav materjalide kokkuhoid ja tööjõudluse tõus.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Б. Р. Лазаренко, Н. И. Лазаренко. Электроискровая обработка металлов. Госэнергоиздат, 1950 г.

2. Всесоюзное Научное Инженерно-Техническое Общество Машиностроителей ВНИТОМАШ Ленинградское отделение. Книга 26. Электроупрочнение инструмента. Машгиз, 1951 г.

SISUKORD

I. Elektrisädeme meetod, selle alused ja kasutamine	3
1. Elektrisädeme meetodi tekkimine	3
2. Elektrisädeme meetodi alused	4
3. Elektrisädemega töötlemise kasutamine	8
II. Lõikeriistade vastupidavuse tõstmine nende kõvendamise teel elektrisädeme meetodil	14
1. Kõvendamise protsess	14
2. Kõvendamiseks kasutatavad seadmed	18
3. Vibraatorid	24
4. Töökoht ja töötlemine	25
5. Kõvendamise tulemused	32
III. Puidulõiketerade kõvendamine	35
1. Kõvendamine elektrisädemega	35
2. Kaarkõvendamine	35
3. Saagide kontaktkarastamine	37
Kasutatud kirjandus	38

Lisa: «S. M. Kirovi nimelise Metsatehnilise Akadeemia poolt konstrueeritud vibraator».

Toimetaja A. Korba.

Tehniline toimetaja E. Plaks.

Korrektorid H. Allik
ja E. Oper.

Ladumisele antud 30. XII 1953.
Trükkimisele antud 11. II 1954.
Paber 54×84 sm, 1/16. Trükiarv
2000. Trükipoognaid 2,5 + 1 lisa-
leht. Formaadile 60×92 kohaldatud
trükipoognaid 2,58. Arvutuspoog-
naid 2,48. Tellimise nr. 52.

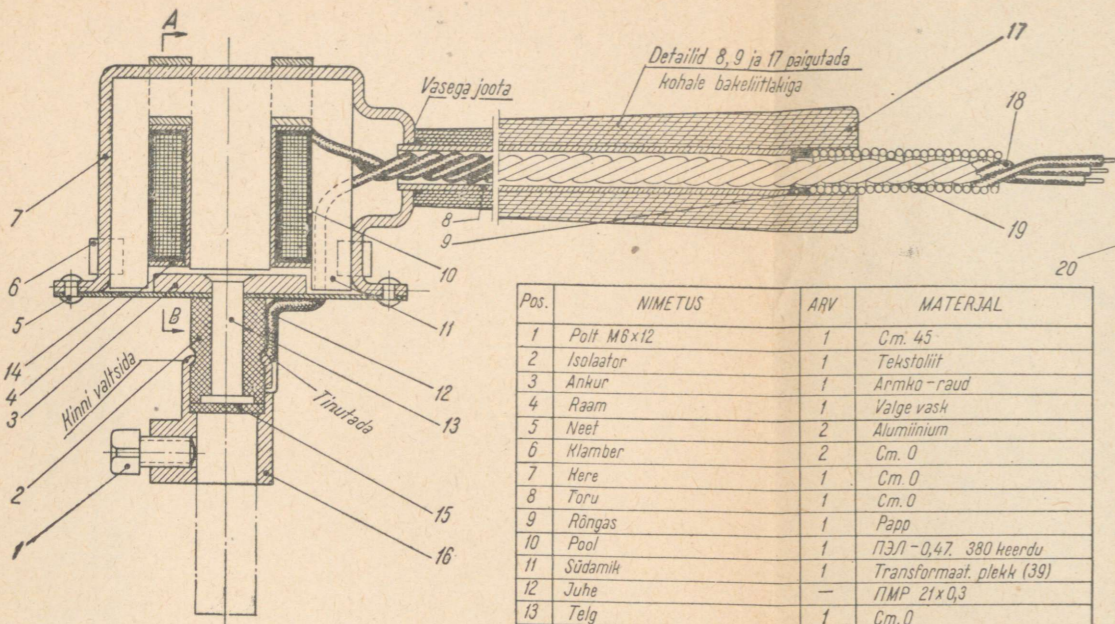
MB-00721.

Trükkkoda „Kommunist“, Tallinn,
Pikk tn. 2.

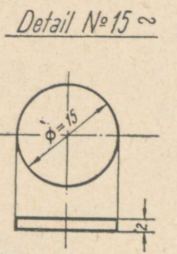
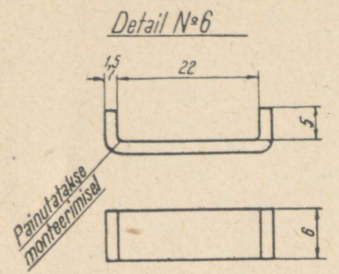
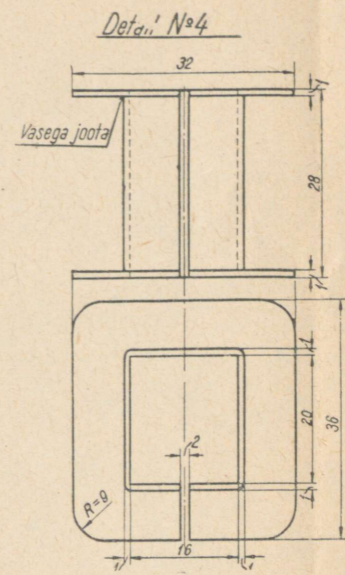
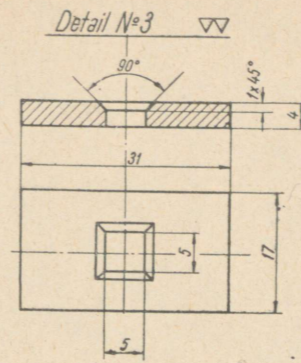
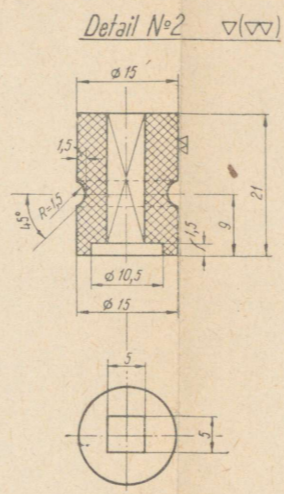
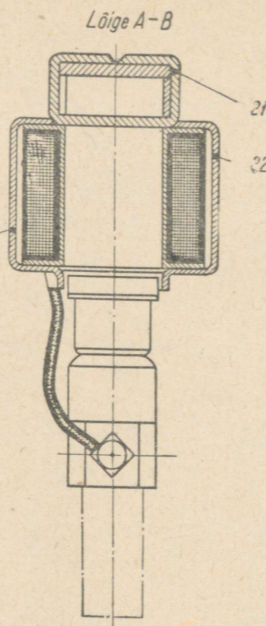
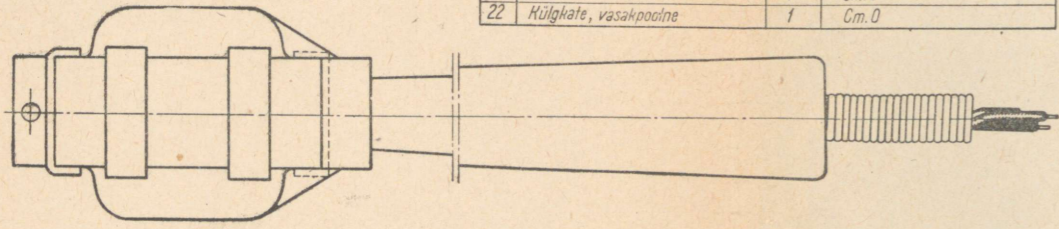
На эстонском языке.

В. Пост «Электроупрочнение
режущих инструментов».

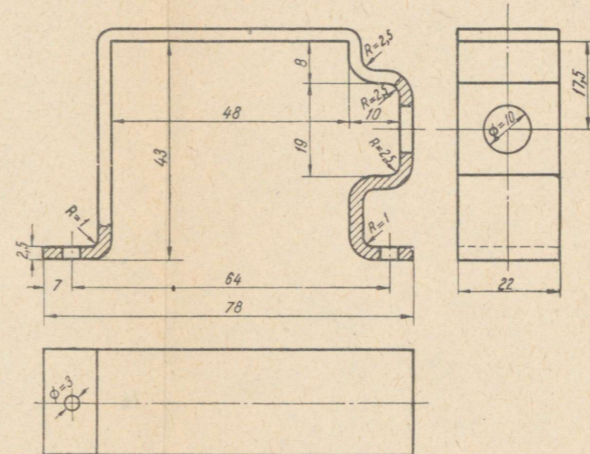
Hind 95 kop.



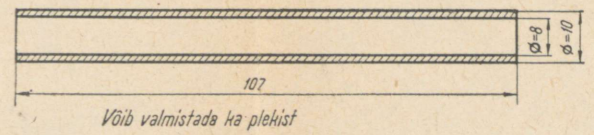
Pos.	NIMETUS	ARV	MATERJAL
1	Polt M6x12	1	Cm. 45
2	Isolaator	1	Tekstoliit
3	Ankur	1	Armko-raud
4	Raam	1	Valge vask
5	Neel	2	Alumiinium
6	Klamber	2	Cm. 0
7	Here	1	Cm. 0
8	Toru	1	Cm. 0
9	Rõngas	1	Papp
10	Pool	1	ПЭЛ - 0,47, 380 keerdu
11	Südamik	1	Transformaati. plekk (39)
12	Juhe	-	ПМД 21x0,3
13	Telg	1	Cm. 0
14	Vedru	1	Vedruteras
15	Seib	1	Tekstoliit
16	Hoidja	1	Valge vask
17	Häepide	1	Plastmass
18	Juhe	-	ПРД 2x0,75mm ²
19	Vedru	-	Terastraat
20	Nülgkate, parempoolne	1	Cm. 0
21	Muhv	1	Cm. 0
22	Nülgkate, vasakpoolne	1	Cm. 0



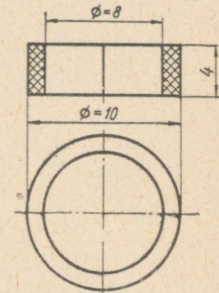
Detail №7



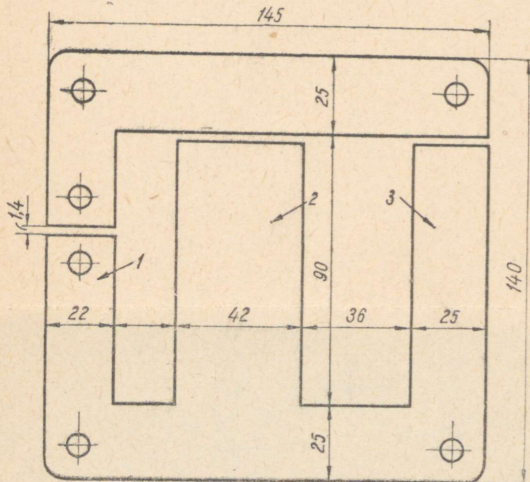
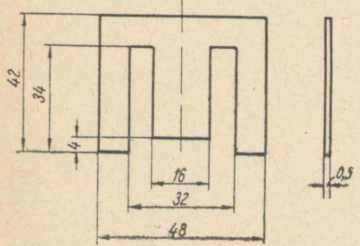
Detail №8



Detail №9

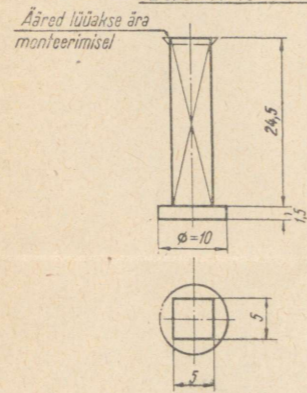


Detail №11

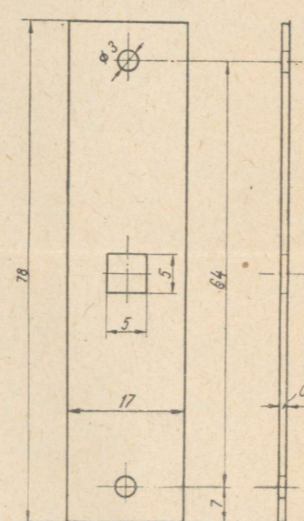


Transformaatori südamik
Paksu 60 mm
Materjal — teras Э4АА —
paksus 0,35 mm
1 — õhuvahega varras
2 — primaarmähise südamik
3 — sekundaarmähise südamik

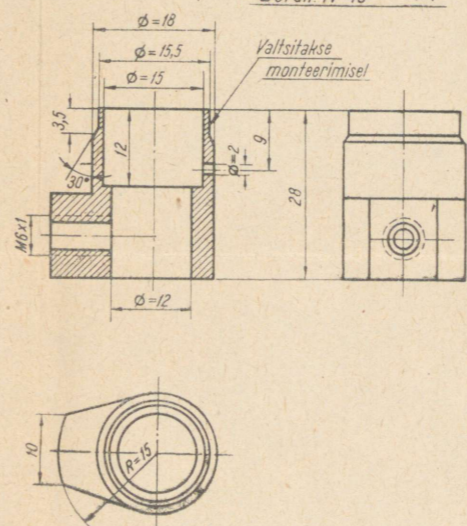
Detail №13



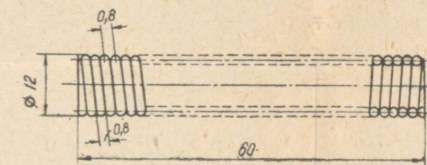
Detail №14



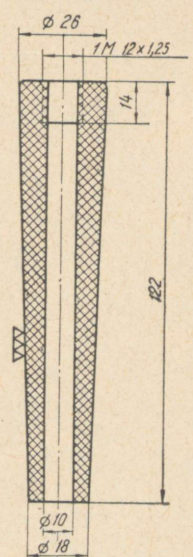
Detail №16



Detail №19



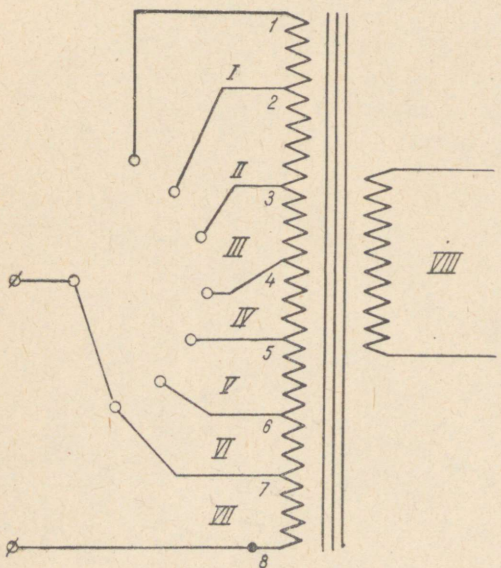
Detail №17



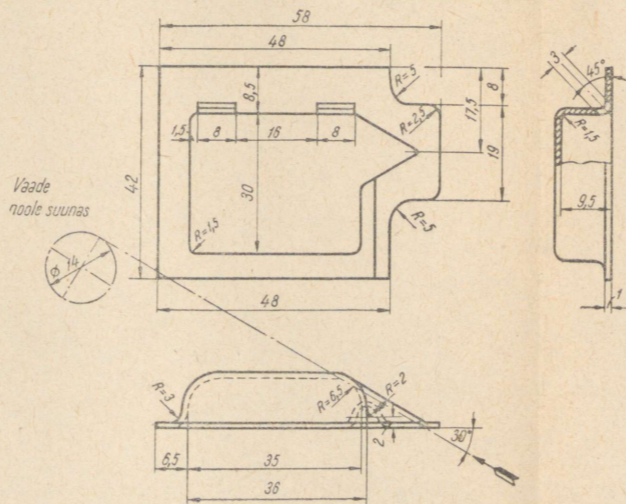
Transformaatori mähiste paigutus.

Andmed transformatori mähiste kohta

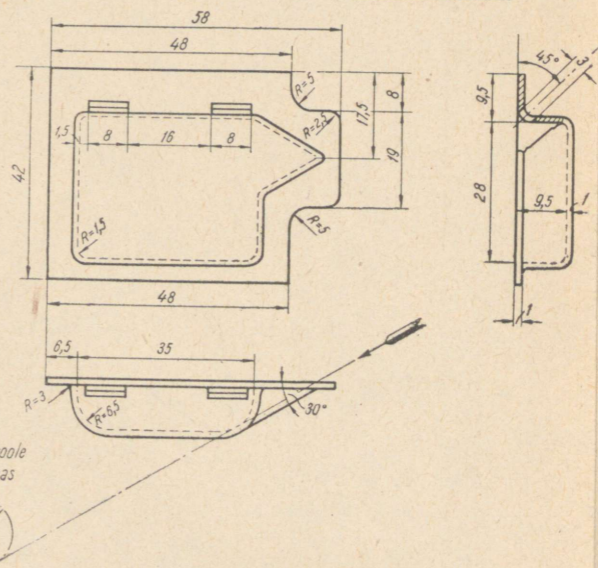
Mähis	Sektsoon	Keerdude arv sektioonis.	Traadi φ
Primaar-reguleeritav	I	300	0,55
	II	200	0,55
	III	220	0,55
	IV	150	0,80
	V	110	0,80
	VI	90	0,80
Sekundaar	VII	340	1,0
	VIII	288	1,16



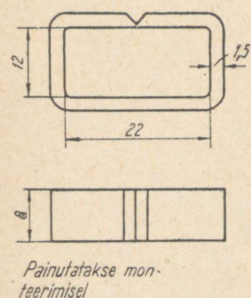
Detail №20



Detail №22



Detail №21



Painufatakse monteerimisel

Hind 95 kop.

A-1992

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00367207 0