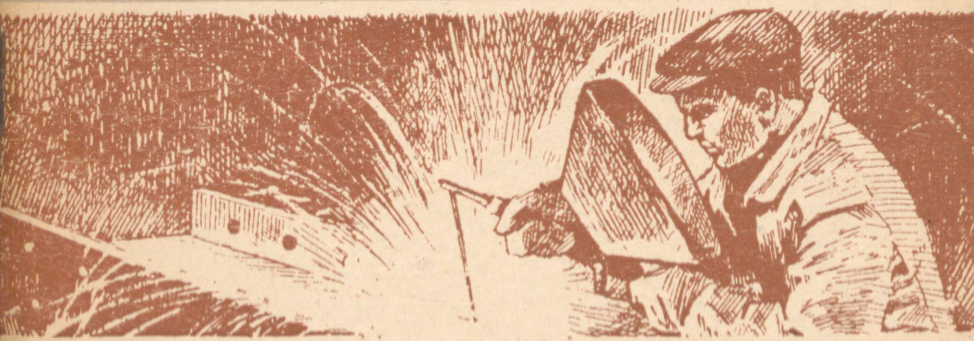


EESRINDLASTE TÖÖKOGEMUSI

L. KALLANG

**KOGEMUSI  
KAARKEEVITAMISEL  
ELEKTRIGA**



EESRINDLASTE TÖÖKOGEMUSI

---

LEMBIT KALLANG

KOGEMUSI  
KAARKEEVITAMISEL ELEKTRIGA

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1955

Käesolevas brošüüris tutvustab masinaehitustehase «Ilmarine»  
parim keevitaja Lembit Kallang oma töökogemusi kaarkeevita-  
misel.

2

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu

24919

## 1. SISSEJUHATUSEKS

Keevitamine osutub tänapäeval üheks eesrindlikumaks tehnoloogiliseks protsessiks metallkonstruktsioonide detailide ühendamisel. Igakülgne keevitustehnika areng on andnud võimaluse rakendada keevitamist mitmesugustel tehnika-aladel: masinaehituses, ehitustööl, raudteetranspordis, laevaehituses, lennuasjanduses jm.

Iga aastaga kasvab keeviskonstruktsioonide osatähtsus ja väheneb neetühendite kasutamine. Paljudel juhtudel asendavad keeviskonstruktsioonid valatud ja sepistatud konstruktsioone. Võrreldes neetimise või valamisega, moodustab kokkuhoid tööjõus keskmiselt 20—40%, materjalis kuni 50%.

Keevitamine hakkas meie maal laialdasemalt levinema esimesel viisaastakul. Maa industrialiseerimise kasv andis tõuke keevitustehnika kiirele arengule ja selle kasutamisele rahvamajanduse mitmesugustel aladel.

Käesoleval ajal on meil, Nõukogude Liidus, keevitamine saavutanud kõrge tehnilise taseme ja omandanud iseseisva, paljudel juhtudel isegi juhtiva koha teiste tähtsate metallitöötlemise meetodite hulgas.

Need edusammud põhinevad ulatuslikel teaduslikel uurimistöödel ja eesrindlike keevitusmeetodite rakendamisel. Mitte ühelgi maal ei ole teostatud nii põhjalikke ja mitmekülgseid uurimistöid keevitustehnika alal kui meil, Nõukogude Liidus. Keevitamine leiutati vene teadlaste ja inseneride poolt. Prioriteet keevitustehnika alal kuulub vene teadlastele ja inseneridele V. V. Petrovile, N. N. Benardosele ja N. G. Slavjanovile. Nende tööd keevitustehnika arendamisel on väsimatult jätkanud nõukogude teadlased ja insenerid.

Teadlaste, inseneride ja tootmisnovaatorite ühise tööviljana on Nõukogude Liit saavutanud teiste maade ees keevitustehnika alal esikoha.

Õppides põhjalikult tundma keevitustehnika teoreetilisi aluseid ja omandades keevitajate-novaatorite eesrindlikke töövõtteid, on meie kodumaa suurearvuline keevitajatepere saavutanud suurepäraseid töövõite.

Paljudest keevitusmeetoditest, mis tänapäeval kasutamist leiavad, on kõige levinenum käsitsi kaarkeevitus elektriga. Käsitsi kaarkeevitamine on tänini kindlalt püsima jäänud automaatsete ja poolautomaatsete keevitusmenetluste kõrval, vaatamata sellele, et nimetatud kiirkeevitusmenetlusi ikka enam ja enam rakendatakse tööstustes.

Olen töötanud keevitajana tehases 10 aastat. Selle aja jooksul, mida ei saa nimetada küll eriti suureks tööstaažiks, olen omandanud väärtuslikke kogemusi käsitsi kaarkeevitamise alal. Enesetäiendamiseiga tehnilise kirjanduse kaudu ja vanemate töökaaslaste kogemuste omandamisega olen jõudnud selleni, et täidan päevaülesandeid 200—220%-liselt. 1950. a. omistati minule, noorele keevitajale, tehase parima keevitaja aunimetus.

Meenub see, kuidas minust sai keevitaja.

Pärast algkooli lõpetamist seisin valiku ees, kas jääda maale põllutööliseks või siirduda linna vabrikusse tööle? Edasiõppimise võimalused ei saanud kõne alla tulla majanduslike raskuste tõttu. Mind huvitasid juba varases poisikesepõlves masinad ja tahe neid tundma õppida oli nii suur, et otsustasin minna vabrikusse metallisti elukutset omandama.

Mul õnnestus saada õpilaseks keevitamise alal masinaehitustehasesse «Ilmarine».

Tänu vanemate töökaaslaste seltsimehelikule abile ja näpunäidetele, õppisin lühikese ajaga selgeks lihtsamad keevitusvõtted ja mõne kuu pärast usaldati mulle juba lihtsamaid töid.

1941. a. alanud Suur Isamaasõda aga katkestas ametiõppimise mõneks aastaks.

Nõukogude korra taaskoostamise järel siirdusin tagasi samasse tehasesse, kus ma jätkasin töötamist elekterkeevitajana.

Tehases valmistati tol ajal mitmesuguseid seadmeid sõja ajal purustatud põlevkivibasseinile. Oli suuri ja tähtsaid tellimusi, mis tulid kiiresti ja hästi täita. Nii mõnigi kord tuli puudu oskusest, kuna polnud omandatud veel küllaldaselt praktilisi kogemusi. Julge pealehakkamine oli aga poolvõitu. Vanemate keevitajate ja tsehhijuhataja oskuslike nõuannete ja õpetuste varal ületasin kõik ettetulnud raske-

sed. Väärtuslikke kogemusi omandasin põlevkivitöötlemisseadmete montaažil Kiviõlis ja Kohtla-Järvel, kus mul tuli teostada väga palju mitmesugust liiki keevitustöid.

Suurt tähtsust omistasin enesetäiendamisele. Võtsin osa kvalifikatsiooni tõstmise kursustest ja täiendasin ennast keevitusala tehnilise kirjanduse lugemisega. Selle tulemusena sooritasin diplomeeritud keevitaja eksami. Nüüdsest peale usaldati mulle täitmiseks vastutusrikkaid töid, nagu näiteks surve all töötavate anumate ja torustike keevitamine jne.



Lembit Kallang

Oli küllaltki põnevust, kui esimest minu poolt keevitatud katelt prooviti keevituskvaliteedi määramiseks röntgenoloogiliselt. Oli põhjust rõõmustamiseks, kui minu töö tunnistati heaks. Tundsime suurt rahuldust, et olen suuteline andma kvaliteetset toodangut meie rahvamajanduse kiireks arenguks ja õitsenguks.

Käesoleval ajal täidab meie tehas vastutusrikkaid tellimusi katelde abiseadmete valmistamisel. Neid seadmeid toodab tehas seeriaviisi. See andis põhjuse ka tootmise ümberkorraldamiseks. Kui varem tuli läita üksiktellimusi ja teostada mitmesuguseid montaažitöid, siis nüüd toimub toodete väljalask kindlate partiide viisi.

Käesolevas brošüüris tahan kogemuste vahetamise korras anda ülevaate oma töökogemustest ja töövõtetest käsitsi kaarkeevitamisel.

Ühtlasi kasutan juhust, et tutvustada meie keevitajate peret Nõukogude Liidu keevitajate-novaatorite eesrindlike töömeetoditega käsitsi kaarkeevitamise alal.

Loodan, et järgnevad leheküljed suudavad pakkuda teavaat abi noortele keevitajatele, kes kogemustega keevitajate kõrval täie innuga võtavad osa tootmisülesannete täitmisest.

## 2. TOOTLIKKUSE TÖSTMISE VÕIMALUSTEST KÄSITSI KAARKEEVITAMISEL

On teada, et aeg, mis kulub antud keevitustöö teostamiseks, koosneb: põhiajast ( $t_p$ ), abiajast ( $t_a$ ), ettevalmistuslõpetamisajast ( $t_{el.}$ ), töökoha teenindamisajast ( $t_{t.t.}$ ) ja puhkuseks määratud ajast ( $t_{puh.}$ ).

Kokkuvõtlikult on keevitamiseks kuluv aeg ( $T_{\bar{u}}$ ) avaldatav valemiga:

$$T_{\bar{u}} = t_p + t_a + t_{el.} + t_{t.t.} + t_{puh.}$$

Nagu valemist selgub, on võimalik üldist keevitamisaega vähendada sel teel, kui vähendame üksikute ajaelementide pikkust.

Vaatleme lähemalt, millised praktilised võimalused on selleks olemas.

1. Põhiaeg ehk teiste sõnadega kaarleegi põlemise kestvus keevitamise protsessis (tundides) on avaldatav valemiga:

$$t_p = \frac{Q_H}{K_H \cdot J} = \frac{\gamma \cdot l \cdot s}{K_H \cdot J}$$

kus  $Q_H$  — pealesulatatud metalli kaal, mis on vajalik keevisõmbluse kujundamiseks (grammides);

$K_H$  — elektroodi pealesulatuskoeffitsient (g/Ah);

$J$  — keevitusvoolu tugevus (A);

$\gamma$  — pealesulatatava metalli erikaal (g/cm<sup>3</sup>);

$l$  — keevisõmbluse pikkus (cm);

$s$  — keevisõmbluse põiklõige, mis täidetakse pealesulatatava metalliga (cm<sup>2</sup>).

Analüüsides põhiaja valemit, jõuame järelduseni, et põhiaega on võimalik lühendada sel teel, kui vähendada pealesulatatava metalli kaalu  $Q_H$ , või suurendada pealesulatuskoeffitsienti  $K_H$  ja voolutugevust  $J$ .

Selleks, et vähendada pealesulatatava metalli kaalu  $Q_H$ , on vajalik vähendada tema mahtu keevisõmbluse pikkusühikule. Seda on võimalik saavutada kokkukeevitatavate lehtede servade otstarbeka kalduservamisega. Kasutades servamisel vähimat lubatud õmbluse avanemisnurka, saavutame kokkukeevitatavate leheservade vahel väikseima põiklõike, mida tuleb täita sulatamisel metalliga. Sellega on aga ühtlasi vähenenud ka pealesulatatava metalli hulk.

Siinjuures tuleb aga arvesse võtta keevisliite kohta esitatud tehnilisi tingimusi. Ömbluse põiklõike vähendamine ei tohi vähendada keevisliite tugevust.

Selleks, et suurendada pealesulatuskoefitsienti  $K_H$ , on vaja valida keevitamiseks õige elektroodimark ja rakendada eesrindlikke keevitusmeetodeid.

Voolutugevuse  $J$  suurendamine on läbiviidav sel teel, et kasutame keevitamisel suurema läbimõõduga elektroode ja tõstame keevitusvoolu tihedust, s. t. keskmist voolutugevust elektroodi põiklõike ühe  $\text{mm}^2$  kohta.

2. Abiaega  $t_a$  on võimalik vähendada sel teel, kui vähendame abiaja üksikuid elemente, näiteks:

- a) vähendada abiaega elektroodi vahetamiseks;
- b) vähendada aega servade puhastamiseks;
- c) vähendada aega šlakikihi puhastamiseks mitmekihilise ömbluse puhul;
- d) vähendada kaarleegi katkemist, s. t. püüda keevitada pidevalt;

e) vähendada abiaega, mis on vaja detailide sobitamiseks ja ümberpööramiseks.

3. Ettevalmistus-lõpetamisaega  $t_{e.l.}$  on võimalik vähendada töökoha eeskujuliku korrashoiu organiseerimisega, vähendades sellega detailide üleandmiseks ja vastuvõtmiseks, tööriistade ja rakiste võtmiseks ja ärapanemiseks jne. kuluvat aega.

4. Töökoha teenindamiseks kuluvat aega  $t_{t.t.}$  on võimalik vähendada sel teel, kui teostada töökoha teenindamise operatsioone läbimõeldult ja minimaalse ajakuluga. Näiteks, kui voolu reguleerimine toimub keevitaja töökohalt kaugemal, on soovitatav valida säärane voolutugevus, mida saaks kasutada mitmesuguse läbimõõduga elektroodide puhul, näiteks 4 ja 5 mm-lise ja 5 ja 6 mm-lise läbimõõduga elektroodide puhul. Sellega saavutame seda, et pole vaja voolutugevuse muutmiseks töökohalt lahkuda.

Rakendades käsitsi kaarkeevitamisel eelpoolmainitud võimalusi, on võimalik tunduvalt tõsta keevitaja tööviljakust.

Järgnevotes peatükkides tahan jutustada sellest lähemalt.

### 3. ELEKTROODIDE VALIKUST

Keevitamise edukus ja kõrgekvaliteedilise keevisömb-luse saamine sõltub suurel määral elektroodide ja nende

katete kvaliteedist, samuti ka elektroodi suuruse õigest valikust.

Käsitsi kaarkeevituse areng ja selle laialdane kasutamine tööstuses, eriti vastutusrikaste konstruktsioonide valmistamisel, on saanud võimalikuks sel teel, et on välja töötatud elektroodid spetsiaalsete katetega, mis tagavad kõrgekvaliteedilise keevisõmbluse saamise.

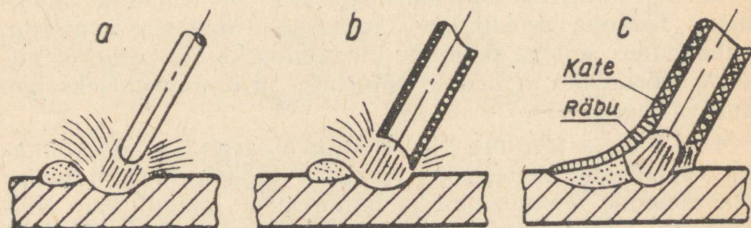
Tänapäeval on meil, Nõukogude Liidus välja töötatud palju eriliiki elektroodide marke, mis tagavad kõikvõimalike terasesortide keevitamise läbiviimist.

Alljärgnevalt peatun lühidalt käsitsi keevitamise praktikas kõige enam kasutatavate elektroodide ja nende katete juures.

Teatavasti võivad metallelektröödid, sõltuvalt keevitavast metallist, olla süsinik- ja legeritud terasest, malmist, valgevasest, alumiiniumist jne.

Katte iseloomu järgi jagunevad elektroodid: katmata ehk paljasteks elektroodideks, õhukese kattega elektroodideks ja paksu kattega elektroodideks.

Joonisel 1 on kujutatud metallelektröödi liigid.



Joon. 1. Metallelektröödi liigid: a — katteta; b — õhukese kattega; c — paksu kattega.

ГОСТ 2246-51 kohaselt valmistatakse terasest keevitustraaži elektroodide jaoks järgmistes läbimõõtudes: 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10 ja 12 mm. Elektroodi pikkus on kindlaks määratud järgmiselt:

elektroodi $\varnothing$	elektroodi pikkus
kuni 2 mm	300 mm
2—3 mm	350 mm
üle 3 mm	450 mm

Elektroodi pole võimalik täielikult ära kasutada, sest temast jääb järele väike, 40—70 mm pikkune osake, mille

abil ta kinnitub elektroodihoidjasse. Elektroodide kulu vähendamiseks katmata elektroodidega keevitamisel on soovitatav keevitada uus elektrood vana elektroodi jäägi külge, mis on elektroodihoidjasse kinni pigistatud. Nii on võimalik kokku hoida kuni 15% elektroode.

Katmata ja õhukese kattega elektroodidega keevitamisel omab kvaliteetse keevisõmbluse saamisel suurt tähtsust elektrooditraadi koostis. Paksu kattega elektroodidega keevitamisel on traadi koostisel teisejärguline tähtsus, sest katete vastava valikuga on võimalik märgatavalt muuta pealesulatatava metalli koostist ja mehaanilisi omadusi.

Koostise järgi jagatakse elektrooditraate järgmistesse põhirühmadesse: 1) vähese süsinikuisaldusega traadid (kuni 0,1% süsinikku), milliseid kasutatakse vähese ja keskmise süsinikuisaldusega teraste keevitamiseks; 2) keskmise süsinikuisaldusega traadid (0,11 kuni 0,18% süsinikku), milliseid kasutatakse keskmise ja rohke süsinikuisaldusega teraste keevitamiseks; 3) eriliste lisanditega legeritud traadid, milliseid kasutatakse vastava koostisega legeritud teraste keevitamiseks.

Kui kasutada traati, milles süsinikuisaldus on suurem kui eelpool mainitud, siis suureneb õmbluse poorsus. Samuti väheneb kaarleegi püsivus.

Keevitustraati võib kasutada otse tükeldatult, ilma kateta, nn. palja elektroodina. Paljaste elektroodidega keevitatud õmblus on aga märksa nõrgem põhimetalli tugevusest, sest katte puudumise tõttu pole kaarleek kaitstud väljastpoolt, ja sula metalli mõjutab ümbritsev õhk, rikastades seda tugevasti lämmastikuga ja hapnikuga, mille tõttu õmbluse pealesulatatud metall on habras ja poorne.

Keevitustraati peab olema puhas, vaba mustusest, roostest ja õlist. Rooste põhjustab metalli tugevat laialipritsimist keevitamisel.

Paljaste elektroodidega keevitamist on soovitatav teostada alalisvooluga, kuna vahelduvvooluga keevitamisel on kaarleek väga ebapüsiv. Kaarleegi püsivuse tõstmiseks on soovitatav katta traadi välispind õhukese lubjakihiga. Selleks kasutatakse traati lubjalahusesse.

Paljaid elektroode võib kasutada ainult vähem-vastutusrikaste toodete keevitamisel, kus keevisõmblus ei tööta löökoormuse või kõrgete temperatuuride ja rõhkude mõju all.

Tabel I

Katte nimetus	K o o s t i s	
	Koostisosa nimetus	Hulk %-des kaalust
Kriitkate	1. Kriit (pulber)	80—85
	2. Vesiklaas	15—20 katte kuivosa kaalust
A-1	1. Titaani kontsentraat	86,6
	2. Mangaanimaak	10,2
	3. Potas	3,2
	4. Vesiklaas	15 katte kuivosa kaalust
OMA-2	1. Titaani kontsentraat	36,5
	2. Mangaanimaak	3,5
	3. Ferromangaan	6,0
	4. Ferrosiliitsium	5,2
	5. Tärklis	46,8
	6. Potas	2
	7. Vesiklaas	30—35 katte kuivosa kaalust

Et tõsta kaarleegi põlemise püsivust ja kaitsta õmb-luse sulametalli ümbritseva õhu oksüdeeriva ja nitree-riva mõju eest, kasutatakse kaetud elektroode. Elektriga kaarkeevituse praktikas kasutatavad katted jagatakse kahte rühma:

- 1) õhukesed ehk stabiliseerivad katted;
- 2) paksud ehk kaitsekatted.

Õhuke kate kantakse traadile õhukese kihina, paksusega 0,15 kuni 0,4 mm.

Õhukese kattega elektroodid, võrreldes paljaste elektroodidega, suurendavad keevitamisel kaarleegi püsivust, eriti vahelduvvoolu puhul. Kuid nad annavad siiski võrdlemisi hapra ja ebatiheda õmb-luse, sest õhuke kate ei suuda pealesulatavat metalli atmosfääri mõjude eest küllaldaselt kaitsta, mistõttu õhukese kattega elektroode võib soovitada vaid vähem-vastutusrikaste konstruktsioonide keevitamisel.

Üheks enamlevinenud stabiliseerivaks katteks on kriitkate. Kriitkate valmistatakse peenendatud kriidi (80—85%) ja vesiklaasi (15—20%) segust. Vesiklaas lahjendatakse veega kuni hapukoore-paksuseni, segatakse kriit sisse ja saadud massi sisse kastetakse elektroodi traat. Pärast seda kuivatatakse elektrood õhus või kuivatis 40—50°C juures. Kirjeldatud kriitkatet on lihtne valmistada ja ta leiab laialdast kasutamist.

Tabelis 1 on toodud praktilise töö juures enam levinenud õhukese kattega elektroodide katete koosseisud.

Paksud katted kujundavad sula metalli ümber rübust või gaasidest koosneva kaitsekihi, mis kaitseb metalli hapniku ja lämmastiku mõju eest. Peale selle viivad nad metallisse täiendavaid legerivaid lisandeid.

Paksu kattega elektroodide kasutamisel võib saada tiheda, tugeva ja sitke keevisõmbluse, mille omadused ei ole halvemad põhimetalli omadustest. Paksult kaetud elektroodid võimaldavad saada keevisõmbluse, mis talub hästi löökkoormusi. Katte paksus võetakse 0,7 kuni 2 mm piirides.

Pealesulatatud metalli tugevus ja plastilisus sõltub siin peale kvaliteetse keevitustraadi suurel määral katte omadustest ja koostisest.

NSV Liidu teaduslike uurimisinstituutide ja tehaste poolt on viimasel ajal välja töötatud suur hulk paksu kattega elektroodide marke, mis võimaldavad anda kõrgekvaliteedilist keevitust.

Tabelis 2 on toodud kolme kõige enam levinenud paksu kattega elektroodi OMM-5, УОНИИ-13/3 ja ЦМ-7 katte koosseis.

Tabelis 3 ja 4 on toodud elektroodide margid ja kasutamistingimused, milledega olen praktikas igapäevase töö juures kõige enam kokku puutunud.

Tuleb veelkord rõhutada, et eduka ja kvaliteetse keevituse saamise üheks põhiliseks tingimuseks on kvaliteetse ja õige elektroodi kasutamine, mida iga keevitaja peab praktilise töö juures arvesse võtma.

Olen praktikas tähele pannud, et õige elektroodi kasutamine vastava töö juures tõstis tunduvalt minu tööjõudlust ja vähendas praaki.

Tabel 2

Katte nimetus	K o o s t i s	
	Koostisosa nimetus	Hulk %-des kaalust
OMM-5	1. Pürolüsiit	21
	2. Ferromangaan	20
	3. Tärklis	9
	4. Titaani kontsentraat	37
	5. Põldpagu	13
	Kokku	100
	6. Vesiklaas veega segatud (2 osa vesiklaasi 1 osa vee kohta)	35% katte kuivosa kaalust
УОНИИ-13/з	1. Marmor	52
	2. Sulapagu	26
	3. Räni	7
	4. Ferromangaan	5
	5. Ferrosiliitsium	10
	Kokku	100
	6. Vesiklaas	15% katte kuivosa kaalust
ЦМ-7	1. Hematiit	33
	2. Graniit	32
	3. Ferromangaan	30
	4. Tärklis	5
	Kokku	100
	5. Vesiklaas	25–30% katte kuivosa kaalust

<sup>1</sup> УОНИИ-13/з on УОНИИ-13 asendaja. Normaalselt sisaldab kate УОНИИ-13 ferrotitaani 9—15%.

## Õhukese kattega elektroodide margid ja kasutusala.

Elektroodi mark	Tüüp ГОСТ 2523—51 järgi	Milliste terase- sortide keevita- miseks soovitav	Milliste keevis- konstruktsioonide jaoks soovitav	Soovitav keevisõmbluse asend	Millist voolu- liiki soovitav kasutada	Elektroodi- traadi mark ГОСТ 2246—51
Kriitkattega	Э34	Vähese sü- sinikusaldu- sega terased	Vähem-vastutusri- kaste konstruktsioo- nide puhul; metall- lehe paksus üle 2 mm	Meelevaldses asendis	Alalis- või vahelduvvool	СВ I; СВ II
A-I	Э34			"	"	СВ I; СВ II
ВИАМ-25	—	20А, 12Г1А 25ХГСА, 30ХГСА	Metall-lehe paksus üle 1,2 mm; töötavad staatilise ja dünaami- lise koormuse all	Alumises või 450 nurga all	"	IA, СВ ja СВ VI
MT	—	08; 10; 30; 40	Metall-lehe paksus üle 0,5 mm; töötavad staatilise ja dünaami- lise koormuse all	Alumises või vertikaalses	"	СВ I ja СВ II
OMA-2	Э42	Vähese sü- sinikusaldu- sega ja mada- lalt legeeritud terased	Vastutusrikkad konst- ruktsioonid; metall- lehe paksus 0,5 kuni 2,5 mm; töötavad staat. ja dünaamilise koör- muse all	Meelevaldses asendis	"	СВ I, СВ IA ja СВ II vähese sü- sinikusaldu- sega terastele; СВ V ja СВ VI madalalt legee- ritud terasele
МД	—	Spetsiaalsed- ja süsinikterased		Alumises või kaldasendis	"	СВ IV
MT-2	—			Meelevaldses asendis	"	СВ I ja СВ II

Paksu kattega elektroodide margid ja kasutusala.

Elektroodi mark	Tüüp ГОСТ 2523—51 järgi	Milliste terasesortide keevitamiseks soovitav	Milliste keeviskonstruktsioonide jaoks soovitav	Soovitav keevisõmbliuse asend	Millist vooluliiki soovitav kasutada	Elektrooditüüp ГОСТ 2246—51
ОММ-5	Э42	Vähese süsinikusaldusega ja madalalt legeritud terased		Meelevaldises asendis, lagiõmblus rakendatud	Alalisvool otsesel polaararsusel ja vahelduvvool	СВ I, СВ А ja СВ II
УОНИИ 13/45	Э42А		Vastutusrikkad konstruktsioonid, mis töötavad staatiliste ja dünaamiliste koormuste all või muutliku temperatuuri piires	Meelevaldises asendis	Alalisvool vastupidisel polaararsusel, vahelduvvool ostsillaatoriga	СВ I; СВ IА, СВ II
ОМУ-1	Э50	Keskmise süsinikusaldusega terased		"	Alalis- või vahelduvvool	СВ I, СВ IА, СВ II
УОНИИ 13/55	Э50 А	Keskmise süsinikusaldusega ja legeritud terased		Alumises või vertikaalses	Alalisvool vastupidisel polaararsusel, vahelduvvool ostsillaatoriga	СВ I, СВ IА, СВ II
УОНИИ 13/65	Э60 А		Eriti vastutusrikkaste konstruktsioonide puhul	"	"	СВ I, СВ IА, СВ II

Tabel 4 (järg)

## Paksu kattedega elektroodide margid ja kasutusala.

Elektroodi mark	Tüüp ГОСТ 2523-51 järgi	Milliste terase- sortide keevita- miseks soovitav	Milliste keewis- konstruktsioonide jaoks soovitav	Soovitav keevisõmbluse asend	Millist voolu- liiki soovitav kasutada	Elektroodi- traadi mark ГОСТ 2246—51
УОНИИ 13/85	Э80А	Keskmise sü- sinikusisaldu- sega ja legee- ritud terased	Eriti kõrgete mehaa- niliste omadustega keevisõmbluste saamiseks	Alumises või vertikaalses	Alalisvool vas- tupidisel po- laarsusel, va- helduvvool ostsillaatoriga	СВ I, СВ IА, СВ II
ЦМ-7	Э42	Vähese ja keskmise sü- sinikusisaldu- sega terased nagu Ст 5, 40, 45	Vastutusrikkad konst- ruktsioonid, mis töötavad staatiliste ja dünaamiliste koormuste all	Meelevaldises asendis	Alalis- või vahelduvvool	СВ I, СВ IА, СВ II
УОНИИ 13/НЖ	ЭА1	Roostekindlad ja kuumuskind- lad, kroonnik- kel- ja kroom- terased, 1X13 ja 2X13	Konstruktsioonid, mis töötavad kõrgete ja madalate tempe- ratuuride juures	"	Alalisvool vas- tupidisel po- laarsusel, va- helduvvool ostsillaatoriga	СВХ või тера- sest mark 1X12 ja 2X13

#### 4. METALLELEKTROODIGA KÄSITSI KEEVITAMISE TEHNIKAST

Selles peatükis tahan lähemalt käsitleda metallelektroodiga käsitsi keevitamise tehnikat.

Käsitsi keevitamine on tänapäeval kõige enam levinenud keevitusviis.

Käsitsi kaarkeevitamisel sõltub töö kvaliteet suurel määral keevitajast, tema oskusest, vilumusest, õigetest töövõtetest jne. Samuti sõltub sellest käsitsi keevitamise tootlikkus. Kõik see nõuab keevitaja tähelepanelikku ja teadlikku suhtumist tööülesannete täitmisel. Keevitustöö edukaks läbiviimiseks on igal keevitajal vajalik peale praktiliste töövõtete omada algteadmisi ka keevitustööde teoreetilistest alustest. Oma praktiliste kogemuste kõrval olen sellele suurt rõhku pannud. Siduda teoreetilisi teadmisi praktikaga — selles seisab eesrindliku keevitaja tõeline edu töös.

##### A. Ettevalmistavad tööd keevitamiseks.

Iga keevitaja peab kõigepealt tundma keevisliidete- ja õmbluste liike, samuti nende leppelisi tähistusi, selleks et aru saada keevitatud detaili joonisest ja osata keevitada joonisel ettenähtud õmblusi.

Tihti tuleb keevitajal, eriti remonttööde läbiviimisel, osata iseseisvalt hinnata, mis liiki keevisõmblust või keevisliidet tuleks kasutada, samuti osata detaile keevitamiseks iseseisvalt ette valmistada. Selleks olen teinud endale keevitus-käsiraamatutest väljavõtted keevisliidete ja keevisõmbluste liikide kohta koos tehniliste andmetega. Neid andmeid kasutan töökohal.

Põhiliseks ettevalmistavaks tööks on kokkukeevitatavate osade servamine vajaliku nurga all. Tavaliselt keevitaja servade ettevalmistamist ei teosta. Kuid ta peab siiski oskama hinnata ettevalmistatud servade kvaliteeti, kuna sellest suurel määral sõltub keevisliite kvaliteet.

Kõige paremaks servamise viisiks, kui seda on võimalik teostada, tuleb lugeda mehaanilist servade ettevalmistamist. Mehaaniliselt toimub servamine tavaliselt kas hõõveldamise, treimise, käiamise või raiumise teel.

Remonttööde juures, kui pean servamist ise teostama, kasutan selleks pneumaatilist meislit või käsimeislit. See

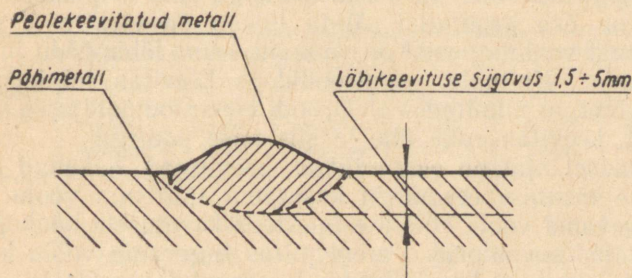
on küll kallis menetlus, kuid olenevalt detailist ja keevisliite iseloomust on see üksikute tööde puhul asendamatu.

Servamine peab olema teostatud vastavalt joonisel ettenähtud liite tüübile. Kokkukeevitatavad servad ja servade ümbrus 10 kuni 15 mm kaugusel servast peavad olema puhtad roostest ja tagist. Kui servamine on teostatud hapnikuga lõikamise teel, tuleb servatud servadelt meisli või viiliga kõrvaldada räbu, hangunud tilgad ja tagi.

Servade puhastamisel kasutan tavaliselt traatharja kui ka painduva võlliga käsipuhastusmasinat. Painduva võlli ühte otsa on kinnitatud terashari või lihvimisketas, kuna teine ots on ühendatud elektrimootoriga, mis on asetatud kergele ümberpaigutatavale alusele.

## B. Voolutugevuse valikust.

Üheks väga oluliseks tingimuseks kvaliteetse keevisõmbluse saamisel on nõue, et põhimetall ja pealesulatatud metall sulatataks hästi kokku. Selleks tuleb kindlustada küllaldane läbikeevituse sügavus.



Joon. 2. Läbikeevituse sügavus.

Praktikas loetakse vajalikuks, et läbikeevituse sügavus peab olema 1,5 kuni 5 mm (joonis 2), vastavalt keevisõmblusele esitatud nõuetele.

Läbikeevituse sügavus on õige voolutugevuse valikust. Voolutugevuse valik omakorda sõltub põhiliselt järgmistest teguritest: 1) kasutatava elektroodi läbimõõdust ja margist; 2) keevitatava metalli paksusest; 3) keevitatava metalli margist; 4) keevisliite ja keevisõmbluse liigist.

Käsiraamatutest võime leida tabelitesse koondatud andmeid voolutugevuse kohta, olenevalt eespoolnimetatud teguritest.

Praktilise töö juures, konkreetsel juhul, on tihti soovitatav voolutugevus kindlaks määrata katselisel teel. Selleks teostan antud metalli ja elektroodi juures proovikeevitamist, mille järgi hindan läbikeevituse suurust. Proovikeevitamist antud metalli ja elektroodiga teostan mitmesuguste voolutugevuste juures, määrates selle juures läbikeevituse määra ning kraatri ja õmbluse mõõted. Seda teostan vaatluse teel prooviõmbluse murdekohal.

Läbikeevitamatusel puhul on hõlpsasti tähelepanevad tume riba pealesulatatud metalli ja põhimetalli heledate murdekohtade vahel.

Tootlikkuse tõstmise seisukohalt on soovitatav töötada suurema läbimõõduga elektroodiga ja suure voolutugevusega. Teisest küljest aga tekib suure voolutugevuse kasutamisel ülekuumenemise oht. Selle tagajärjel hakkab elektrood kiiresti sulama, õmblusesse valgub liiga palju pealesulatatud metalli ja tekib mitteküllaldase läbikeevituse oht.

Voolutugevus tuleb valida just nii suur, et ülekuumenemine ei tekiks enne, kui elektrood kogu oma tööpikkuse ulatuses on ära kasutatud. Mida lühem on elektrood, seda suuremat voolutugevust on võimalik sama läbimõõdu juures kasutada. Katmata elektroodidega keevitamisel kasutan tihti võtet, et kinnitades elektroodi elektroodihoidjasse keskkohalt, keevitan enne ühe ja siis teise poolega.

Viimasel ajal on eesrindlikud keevitajad hakanud tootlikkuse tõstmise eesmärgil kasutama suuremat voolu.

Tugevama voolu võtsid esimestena kasutusele nõukogude keevitajad-novaatorid. Varem piiras tugevama voolu kasutamist kartus, et keevisõmblus kuumendatakse üle ja seega halvenevad õmbluse mehaanilised omadused. Nõukogude keevitajad-novaatorid tõestasid aga selle kartuse põhjendamatus.

On teada, et keevisõmbluse metalli kuumutusaste on soojusehulgast, mis antakse edasi õmbluse kraatrisse. Seda soojusehulka saab reguleerida mitte üksnes vooluga, vaid ka soojuseallika ümberpaigutamise kiirusega.

On tõestatud, et rakendades keevitamisel oskuslikult suurt voolu, tõuseb keevisliite kvaliteet; sealjuures suureneb tootlikkus tunduvalt.

Praktiliselt on voolutugevuse piiriks elektroodi kuumenemine kuni punase värvuseni ( $600^{\circ}$ — $650^{\circ}\text{C}$ ).

Edasisel voolutugevuse suurenemisel kasvavad järsult kaod ja põlemine, ning elektroodi kate eemaldub traadist, mille tagajärjel õmbluse kujunemine halveneb. Samuti halveneb läbikõrvitamine. Sobiva keevitusvoolu määramiseks soovitatakse kasutada valemeid, mis annavad voolutugevuse olenevalt elektroodi läbimõõdust:

a) normaalse keevitusrežiimi puhul  

$$I = (20 - 25) d^{1.5};$$

b) kõrgendatud keevitusrežiimi puhul  

$$I = (15 - 20) d^{1.7},$$

kus  $I$  — keevitusvool (A),  
 $d$  — elektroodi läbimõõt (mm).

Normaalse režiimi puhul, keevitades elektroodiga 4, 5 või 6 mm, võib kasutada ka lihtsamat valemit:

$$I = (40 - 50) d.$$

Tabelis 5 on antud soovitatavad voolu suurused käsitsi kaarkeevitamisel, olenevalt elektroodi läbimõõdust, mis viimasel ajal leiavad rakendamist meie tehastes paksult kaetud elektroodidega keevitamisel.

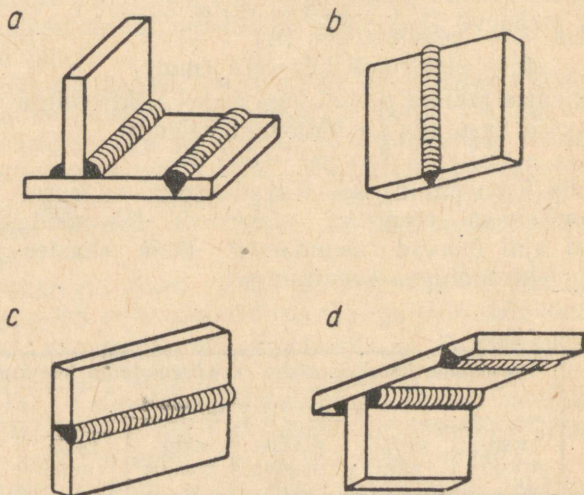
Tabel 5<sup>1</sup>

Elektroodi läbimõõt mm	Normaalne keevitusrežiim			Kõrgendatud keevitusrežiim		
	Vool amprites					
	mini-maalne	keskmine	maksi-maalne	mini-maalne	keskmine	maksi-maalne
2	50	55	65	50	55	65
3	100	115	130	100	115	130
4	160	180	200	160	180	200
5	225	260	280	230	270	310
6	290	330	365	315	365	420
7	370	420	460	410	475	540
8	450	500	565	515	600	685
9	540	600	675	630	725	840
10	630	700	790	750	825	1000

<sup>1</sup> Tabelis esitatud andmed ei ole maksivad elektroodidele УОНИИ-13.

### C. Vertikaalsete, horisontaalsete ja laeõmbluste keevitamisest.

Praktilise töö juures puutub iga keevitaja kokku mitut liiki keevisõmblustega, milledest sagedamini esinevad alumised, vertikaal-, horisontaal- ja laeõmbused (joonis 3). Olenevalt õmbluse liigist, voolutugevusest ja õmbluse ruumilisest asetusest, on keevitamisevõtted nende õmbluste juures üksteisest teatud määral erinevad. On täiesti selge, et kõige lihtsam on keevitada alumist õmblust, kõige raskem laeõmblust.

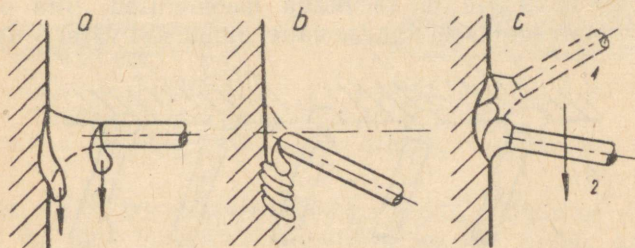


Joon. 3. Keevisõmbluse liigid: a — alumised; b — vertikaalne; c — horisontaalne; d — laeõmbused.

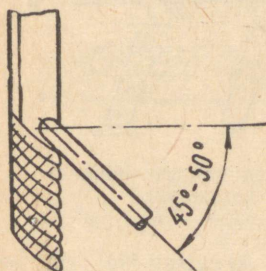
Vertikaalõmbluste keevitamisel seisab raskus selles, et sulametalli tilgad püüavad alla valguda (joon. 4, a). Nende õmbluste keevitamisel kasutan võimalikult lühikest kaarleeki. Sellejuures suudab sulametalli tilk elektroodilt kergemini üle minna otse õmbluse kraatrisse. Vertikaalõmbluste puhul kasutan altpoolt ülespoole keevitamist, mis on tootlikum kui ülevvalt alla keevitamine, eriti paksude plekkide puhul.

Altpoolt ülespoole keevitamisel püüab allpool asuv kraater ühtlasi kinni metallitilku, mis kukuvad maha elektroodi otsalt (joon. 4, b).

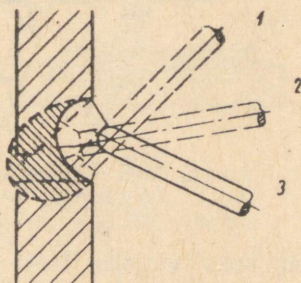
Mõnikord on vajadus keevitada ka ülevalt alla. Sel juhul asetan elektroodi asendisse 1 (joon. 4, c) ja pärast tilga moodustumist lasen elektroodi asendisse 2, tekitades seal järgmise kraatri ja püüdes võimalikult lühema kaarega ära hoida metallitilga allavalgumist.



Joon. 4. Vertikaalsete õmbluste keevitamine.



Joon. 5. Paksu kattega elektroodi asend vertikaalõmbluse keevitamisel.



Joon. 6. Horisontaalsete õmbluste keevitamine.

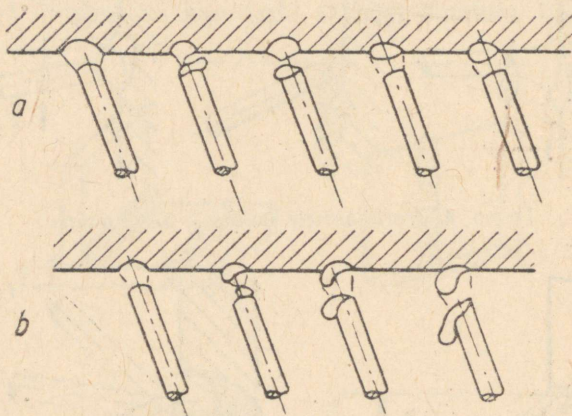
Vertikaalõmbluste keevitamist teostan vähendatud vooluga ja peenema elektroodiga. See võimaldab saada õmbluse kraatris vähemkuuma metalli, mis vähendab metalli allakukkumise võimalust. Voolutugevuse valin normaalselt kasutatavast voolust kuni 10% madalama.

Kasutades vertikaalkeevitamisel paksult kaetud elektroodi, on soovitatav hoida elektrood nurga all 45—50° (joon. 5). See võimaldab räbu, mida paksult kaetud elektroodide kasutamisel tekib suurel hulgal, hõlpsamat üleskerkimist sulat metalli pinnale.

Horisontaalõmbuse keevitamisel tuleb tähele panna, et metallitilgad ei valguks õmbuse alumisele servale.

Allavalgumise vähendamiseks servatakse kaldu ainult ülemise lehe serv. Keevitamist alustan nii, et süütan kaarleegi horisontaalsel serval ja kannan siis kaarleegi üle kaldservale, nagu näidatud skemaatiliselt joonisel 6.

Kõige raskemad on keevitada laeõmbused. Siin püüab sula metall kogu keevitamise vältel õmblusest välja valguda.



Joon. 7. Laeõmbuste keevitamine: a — lühikese kaarleegiga; b — pika kaarleegiga.

Põhiliseks võtteks laeõmbuse keevitamisel on see, et kaarleek peab olema nii lühike, mis tagaks metallitilga ülemineku põhimetalli külge.

Joonisel 7 on näidatud keevituskraatri tekkimine ja metallitilga üleminek elektroodilt põhimetallile lühikese ja pika kaarleegi puhul.

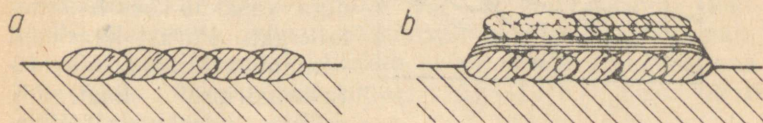
Laeõmbuse puhul, samuti nagu vertikaal- ja horisontaalõmbuse puhul, kasutan väiksema läbimõõduga elektroodi ja nõrgemat voolu.

#### D. Keevitusvöödi pealekeevitamisest ja defektide parandamisest.

Tihti on mul tulnud taastada kulunud masinaosi pealekeevitamise teel, teostada valupraagi parandamist ja detailidele kõrgendatud kohtade pealekeevitamist.

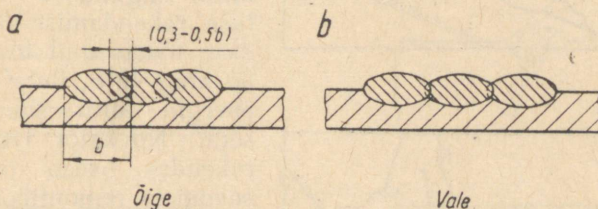
Pealekeevitav vööt võib olla kas ühe- või mitmekihiline (joon. 8).

Enne pealekeevitamise algust puhastan keevitatava koha traatharjaga roostest ja mustusest. Keevitamist teostan nii,



Joon. 8. Pealekeevitamine: a — ühekihiline; b — mitmekihiline.

et ühe vöödi teise naabervöödiga kokkusulatamise ulatus oleks 0,3 kuni 0,5 vöödi laiuselt (joon. 9). Vöödi paksus oleneb etteantud nõuetest, kõikudes tavaliselt 3 kuni 5 mm vahel.

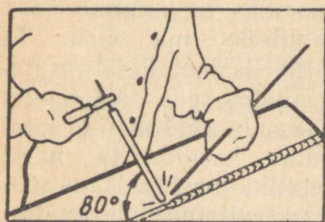


Joon. 9. Vöödide õige ja vale pealekeevitamine: a — õige; b — vale.

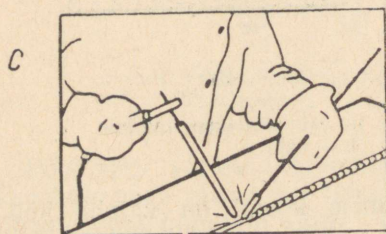
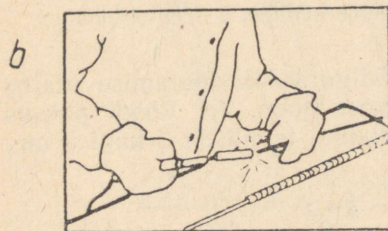
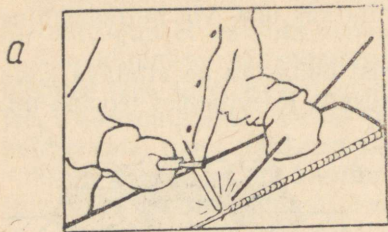
Mitmekihilise pealekeevitamise korral on vajalik kõik pealesulatatud kihtide pinnad puhastada šlakist ning mustusest ja alles siis alustada järgmise kihi keevitamist.

Iga järgmise kihi asetus on soovitatav võtta risti eelmisega.

Edukalt olen rakendanud masina detailide taastamisel Leningradi keevitaja-novaatori Trubnikovi pealekeevitamise menetlust. Novaator Trubnikov võttis keevitusprotsessi kiirendamiseks kasutusele lisa-metalltraadi, mida kaarleegis täiendavalt üles sulatatakse. Keevitusprotsess



Joon. 10. Pealekeevitamine lisatraadi kasutamisega novaator Trubnikovi meetodil.



Joon. 11. Elektroodi jäägi kasutamise novaator Trubnikovi meetodil.

misele malmvarda  $\varnothing$  5—8 mm ja sulatas seda täiendavalt kaarleegis sellise arvestusega, et ülesulatatud metalli kihti jääks 25—30% malmi. Elektroodina kasutas ta marki УОНИИ-13. Selliselt taastatud detailide vastupidavus tööprotsessis näitas, et kasutades pealekeevitamisel lisamaterjalina malmi, tõusis detailide kulumiskindlus 2 kuni 3 korda, võrreldes detailidega, mis olid kaetud õhukese kattega elektroodiga.

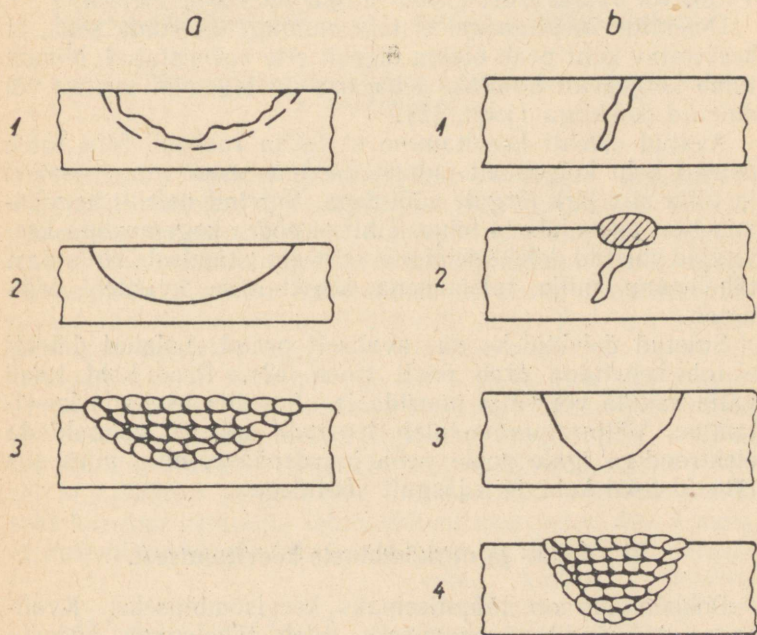
on kujutatud skemaatilisel joonisel 10 ja teostatakse järgmiselt.

Paremas käes hoian elektroodihoidjat elektroodiga, vasakus käes lisametalltraati. Pärast kaarleegi süütamist lähendan keevituskraatrisse lisatraadi, milline kaarleegis sulab, võttes samuti osa õmbluse kujundamisest. Praktilised tulemused näitasid, et sellisel menetlusel keevitades oli keevitus kvaliteetne ja vastas täielikult temale esitatud tingimustele. Menetluse rakendamise tulemusena tõusis mul tootlikkus 30 kuni 40%, ilma elektrienergia kulu suurenemiseta. Novaator Trubnikov rakendas seda meetodit seadmete remonttöödel kulunud detailide parandamiseks.

Novaator Trubnikov puutus praktilise töö juures väga sageli kokku kiirestikuluvate detailidega. Kulunud detailide taastamiseks rakendas ta kulunud koha katmiseks uut viisi. Ta võttis lisametallina kasuta-

Lisatraati võib kasutada ka põkkõmbluste keevitamisel. Selleks on vaja harjutada kahe käega keevitamist, mis ei ole väga keerukas.

Novaator Trubnikovi keevitusmenetluse rakendamisel on võimalik kokku hoida ka elektroode. Nimelt jääb tavaliselt elektroodihoidja külge umbes 40—70 mm pikkune elektroodi osa, mida tehase olukorras tavaliselt ei kasutata, paremal juhul kogutakse kokku ja antakse ära vanarauana. See kadu moodustab umbes 10—15% elektroodide hulgast.



Joon. 12. Defektide ettevalmistamine ja keevitamine: a — avatud defekt; 1 — defekt; 2 — defekt pärast ettevalmistamist; 3 — keevitatud defekt; b — suletud defekt; 1 — defekt; 2 — defekti vale keevitamine; 3 — õigesti ettevalmistatud defekt; 4 — õigesti keevitatud defekt.

Novaator Trubnikovi menetluse juures saab elektroodijäätmeid kasutada lisatraadina. Selleks katkestan pärast elektroodi tööpikkuse sulamist kaarleegi, eemaldan samaaegselt lisatraadi otsa keevituskohalt ja surun elektroodi jäägi ja lisatraadi otsad kokku. Asetan nüüd elektroodi-

hoidjasse uue elektroodi, lisatraadi otsa keevitatud elektroodi osa aga kasutan nüüd lisatraadina (joon. 11).

Kasutades lisamaterjalina värvilisest metallist varrast, olen rakendanud novaator Trubnikovi menetlust ka malmist valudetailide parandamisel.

Kui varem kasutati tehases malmdetailide defektide parandamisel kallist atsetüleeni ja hapnikku, siis nüüd toimub see elektriga kaarkeevitamise abil.

Elektroodina on soovitav kasutada УОНИИ-13, läbimõõduga 3 kuni 4 mm ja lisamaterjalina punasest vasest 3 kuni 4 mm või valgevastest 2 kuni 3 mm jämedust varrast.

Defektide keevitamisel ei tohi muidugi unustada seda, et keevitav koht peab olema õigesti ette valmistatud. Nimelt tuleb kõigepealt kindlaks teha, kas on tegemist avatud või suletud defektiga (joon. 12).

Avatud defekti keevitamine ei tekita raskusi. Siin tuleb defekti koht kõigepealt puhastada mustusest ning roostest ja täita siis järk-järgult vöötidega. Suletud defekti keevitamisel on aga olukord teine. Tihti ei pööra kogemusteta keevitajad suletud defektide õigele ettevalmistamisele küllaldast tähelepanu, mille tulemusena keevitamise kvaliteet kannatab.

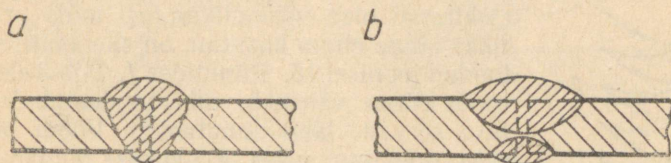
Suletud defektideks on tavaliselt praod. Suletud defekti ei tohi keevitada prao pealt (joon. 12). Prao koht tuleb välja raiuda või välja puurida ja alles siis teostada keevitamine. Väljaraiumine tuleb teostada nii, et võimaldada elektroodiga igale poole vaba juurdepääsu, ning alles siis täita defekti koht järk-järgult vöötidega.

### E. Põkk- ja nurkõmbluste keevitamisest.

Põkkõmblus on tüüpilisemaks keevisõmbluseks. Kvaliteetse põkkõmbluse saamiseks tuleb tähelepanu pöörata detaili servade õigele ettevalmistamisele.

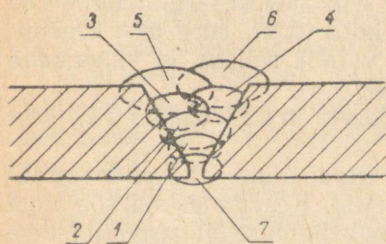
Servade ettevalmistamise viis, nagu teada, oleneb keevitava metalli paksusest. Teatud paksuseni on võimalik keevitada ka servamata metalli. Tehnilises kirjanduses soovitatakse kaldu servamata õmbluse puhul ühepoolset keevitust, kui metalli paksus on kuni 5 mm, ja kahepoolset keevitust, kui metalli paksus on 5 kuni 12 mm (joon. 13). Keevitades kahelt poolt, väheneb aga keevitamise tootlikkus, kuna iga õmblus tuleb läbi käia kaks korda. Et vabaneda keevitamisest vastasküljel, kasutan järgmist meetodit:

Enne keevitamise alustamist asetatakse õmbluse alla 2–3 mm paksuse vasest või terasest plekiriba. See plekk kaitseb sulametalli läbivalgumist. Ühtlasi aga on nüüd võimalus kasutada normaalsest 20–30% suuremat voolutugevust. Kõige selle tulemusena tõuseb tootlikkus keevitamisel 30–40%.



Joon. 13. Põkkõmblused metalli kaldu servamata: a — ühepoolne; b — kahepoolne.

Praktikas esineb põkkõmblustest kõige sagedamini V-kujuline õmblus. Olenevalt materjali paksusest, kasutatakse ühe- ja mitmekihilisi õmblusi. Mitmekihiline õmblus kindlustab õmbluse kindlamat läbikeevitust selle tipus. Mitmekihilisi õmblusi kasutatakse tavaliselt suurema paksusega metalli keevitamisel (15–20 mm). Kui aga keevitamisõmbluselt nõutakse kõrgemat kvaliteeti, näiteks surve all töötavate torude keevitamisel, on vajalik kasutada mitmekihilisi õmblusi ka väiksemate metallipaksuste puhul (5–8 mm). Mitmekihilise õmbluse keevitamisel alustatakse keevitamist õmbluse tipust; järgmised kihid keevitatakse järjekorras. Esimese kihi pealekeevitamiseks kasutatakse väiksema läbimõõduga elektroode (3–4 mm), et paremini pääseda kitsasse pilusse õmbluse tipus. Järgnevate kihtide keevitamiseks kasutatakse suurema läbimõõduga elektroode (4–6 mm).

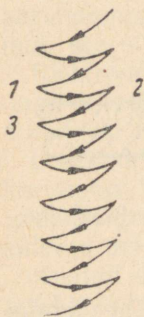


Joon. 14. Elektroodi otsa liikumise skeem

Enne iga järgneva kihi keevitamist puhastatakse eelneva kihi hoolikalt teras- või harjaga kuni metallilise läikeni.

Läbikeevitamata kohtade parandamiseks õmbluse tipus raiutakse tihti vastaspoolele meesliiga kitsas renn

ja keevitatakse kinni nn. kontrollvöödi abil. Järelkeevitamise loobumiseks vastaspoolel kasutan ka V-kujuliste õmb-luste puhul (lehe paksus 5—20 mm) õmb-luse alla asetatud plekiriba, nagu eespoolkirjeldatud servamata õmb-luste keevitamisel. See aitab tunduvalt tõsta töötootlikkust.



Joon. 15. Mitmekihilise V-kujulise õmb-luse keevitamine.

Keevitusvöötide moodustamiseks vajalik elektroodi otsa võnkeliikumine, mida praktikas kõige enam kasutan, on skemaatilisel toodud joonisel 15. Punktides 1, 2 ja 3 elektroodi kiirus väheneb, mis soodustab õmb-luse servade läbikuumutamist. Vöödi laiuseks soovitatakse võtta 2,5-kordse elektroodi läbimõõdu.

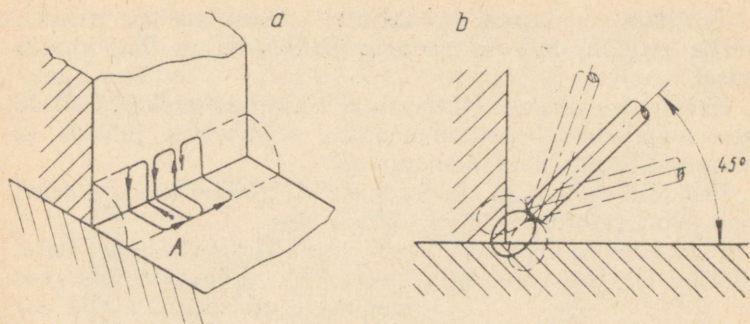
Sel juhul ühinevad kõik sulametalli kraatrid õmb-luses üheks vanni. Kaarleek, olles liikunud punktist 1 punktini 2 ja jõudes seejärel tagasi punkti 3, kohtab selle lähedal punktis 1 veel mitte tardunud metalli. Seejuures on kindlustatud põhimetalli ja pealesulatatud metalli kõige parem kokkusulamine ja saadakse kõige tugevam õmb-lus. Keevitusvöödi liiga suure laiuse puhul metall punktis 1 juba tardub selleks ajaks,

kui kaarleek jõuab tagasi punkti 3, ja sel kohal võib tekkida läbikeevitamatus või sattuda sisse räbu.

X-kujulisi õmb-lusi kasutatakse teatavasti paksemate (üle 20 mm) materjalide keevitamisel. X-kujuliste õmb-luste puhul on pealesulatatud metalli hulk 30—40% võrra väiksem kui V-kujulistel õmb-lustel ühesuguste paksuste ja võrdsete õmb-lusservade kaldenurkade puhul. X-kujulise õmb-luse keevitan järgmiselt: kõigepealt keevitan õmb-luse tipu ühelt poolt, siis teiselt poolt. Pärast seda jätkan järgmiste kihtide pealekeevitamist vaheldumisi kord ühelt, kord teiselt poolt. See vahelduv keevitamine on vajalik selleks, et vähendada kaardumist keevitamisprotsessis.

Millele tuleks tähelepanu pöörata nurkõmb-luse keevitamisel?

Nurkõmb-lusi on soovitatav keevitada alumises asendis. Praktikas pole see aga alati võimalik. Keevitades nurkõmb-lust tavalises alumises asendis, esineb õmb-luse läbikeevitamatus oht õmb-luse tipus või ühel küljel. Läbikeevitamatus võib väga kergesti juhtuda siis, kui alustada keevitamist õmb-luse ülemises osas, sest ülesulatatud metall voolab kokku



Joon. 16. Nurkõmbluste keevitamine.

suhteliselt külmale alumisele servale. Nurkõmbluste puhul on õigem kaarleek süüdata alumisel lehel (p. A joonisel 16, a). Elektroodi hoida  $45^\circ$  all, kallutades teda kord ühe, kord teise õmbluste serva suunas (joon. 16, b).

#### F. Õhukese lehtmatali keevitamisest.

Õhukeste lehtteraste keevitamisel kaarleegiga esineb läbi põletamise oht, mis tugevasti aeglustab keevitamise läbiviimist ja halvendab kvaliteetse õmbluste saamist. See asjaolu on põhiliseks raskuseks 1 kuni 2 mm-lise paksusega lehtteraste keevitamisel. Oma kogemustest võin kinnitada, et õhukeste lehtteraste keevitamise õppisin ära alles pärast mitmeid katsetusi. Keevitajal peab olema kogemusi õhukeste lehtteraste keevitamisel.

Millele tuleb siis tähelepanu pöörata? Kõigepealt vaatleme, kuidas elektroodi valida. Väikese süsinikusisaldusega õhukeste lehtteraste keevitamiseks soovitab tehniline kirjandus kasutada stabiliseeriva kattega elektroode ВИАМ-25 ja МТ, millel on omadus aeglaselt sulada.

Need elektroodid on aga vähetootlikud, võrreldes kvaliteet-elektroodidega. Peale selle on nende elektroodidega keevitatud õmbustus konarliku pinnaga ja šlak on raskesti eraldatav.

Võrnatult paremaid tulemusi annab elektrood УОНИИ-13. УОНИИ-13 kasutamisel on võimalik kasutada tugevamat voolu kui keevitamisel elektroodidega ВИАМ-25 ja МТ.

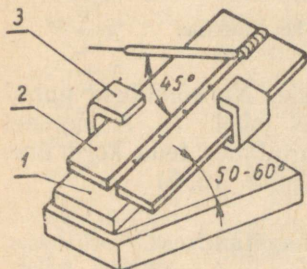
Nende elektroodide sulamisel tekib šlakikate, mis kiiresti kõvastub ja on õmbluselt kergesti eemaldatav.

Tootlikkus elektroodide УОНИИ-13 kasutamisel on kaks korda suurem, kui elektroodide ВИАМ-25 ja МТ kasutamisel.

Keevitades õhukesti lehtteraseid elektroodiga УОНИИ-13, pean vajalikuks keevitamistehnika seisukohalt juhtida tähelepanu järgmistele momentidele:

Praktika näitab, et elektroodiga УОНИИ-13 ei saa keevitada lehtteraseid paksusega alla 1 mm.

Pökk-keevitamisel on kasulik asetada keevitatavad detailid 50—60°-lise kalde alla (joon. 17). Keevisõmbluse vastaspoolele on soovitatav alla asetada sileda pinnaga vask- või terasplaat. Keevitatavate lehtede servad suruda tugevasti selle plaadi vastu. Servade vahe jätta 0,5 mm. Siis keevitada lehed 100 mm-lise sammu järgi ettevalmistavalt kokku. Edasi teostada lõplik keevitamine suunaga ülalt alla.

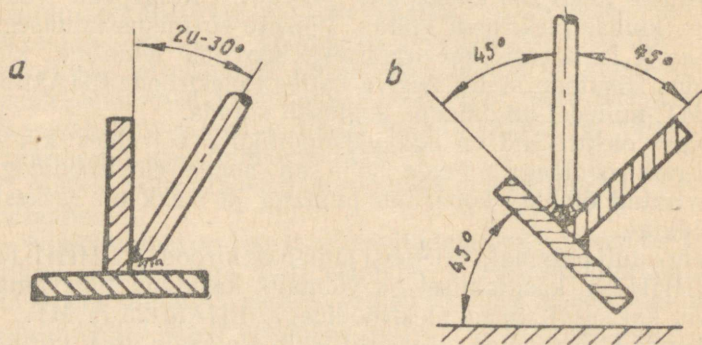


Joon. 17. Pökkõmbluste keevitamine õhukeste lehtteraste puhul: 1 — alusplaat; 2 — detail; 3 — kinnitusklamber.

Kui üks kinnitatavatest lehtedest on paksem (kuni 3 mm), siis hoida keevitamisel elektrood 45° nurga all õhema pleki suunas.

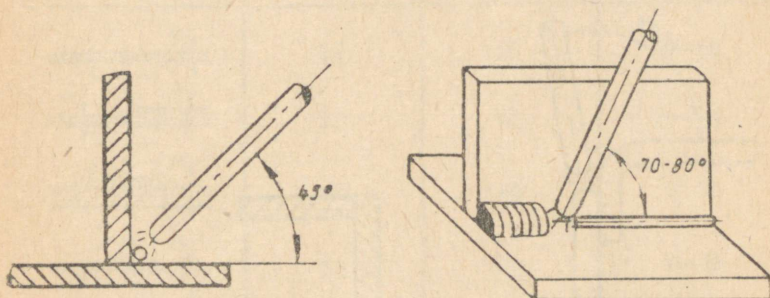
Keevitamist teostada minimaalselt lühikese kaarleegiga.

Vastak-keevisliite puhul võib keevitamist teostada nii detaili horisontaal- kui ka kaldasendis (kuni 20° horison-



Joon. 18. Vastakõmbluste keevitamine õhukeste lehtteraste puhul.

taalse tasapinna suhtes). Elektrood hoida keevitamissessis detaili suhtes  $20-30^\circ$  nurga all (joon. 18, *a*). Alustades keevitamist vastaspoolelt, on soovitatav asetada detail joonisel 18, *b* näidatud asendisse.



Joon. 19. Vastakõmbluste keevitamine lisatraadi kasutamiseiga õhukeste lehtteraste puhul.

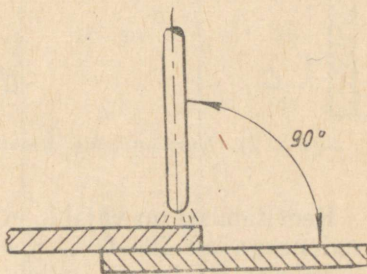
Raskem on keevitada vastak-keevisliidet, kui lehtede paksus on 1—1,5 mm. Sel juhul on soovitatav kasutada lisatraati, mille läbimõõt on võrdne pleki kahekordse paksusega. Elektrood hoida liikumise suunas  $70-80^\circ$  nurga all ja aluse suhtes  $45^\circ$  nurga all (joon. 19).

Ülekatteõmbluste keevitamisel on kasulik õhukesti lehti keevitada nii, et sulatatakse pealmise lehe serv (joon. 20). Seega õmblus ei jää mitte nurka, nagu paksude lehtede keevitamisel, vaid peale.

Joonisel 21, *a* esitatud nurkõmbluste keevitamisel on soovitatav hoida elektrood liikumise suunas  $45^\circ$  nurga all ja horisontaalse lehe suhtes  $100^\circ$  nurga all.

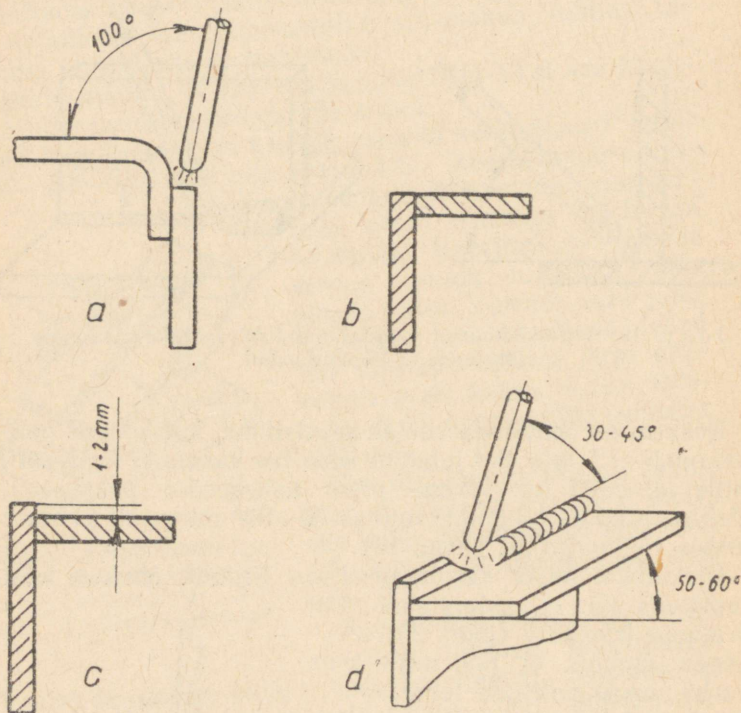
Raskem on keevitada nurkõmblust, kui ääred on teineteise vastas (joon. 21, *b*).

Sellisel juhul tekib keevituskraater paratamatult horisontaalsel lehel ja läbipõlemise oht on suur. Sellise keevisliite keevitamist tuleb teostada väga ettevaatlikult. Kui võimalik, siis on soovitatav ühe lehe äär asetada teisest 1 kuni 2 mm



Joon. 20. Ülekatteõmbluste keevitamine õhukeste lehtteraste puhul.


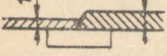
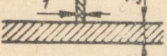

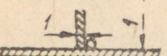
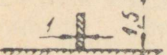
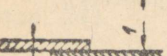

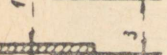
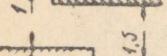




võrra üle (joon. 21, c). Sellise asetuse juures sulab kaar-  
leegis üles vertikaalse lehe üleulatuv osa, aidates kaasa  
õmbluse kujundamisele.



Joon. 21. Nurkõmbluste keevitamine õhukeste lehtteraste puhul.

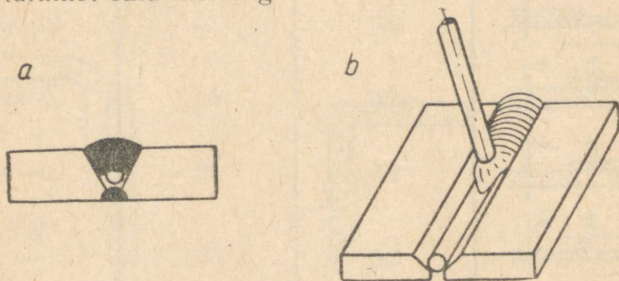
Keevitamisel on vajalik, et keevitatav õmblus oleks asetatud nurga all  $50-60^\circ$ . Keevitamist teostada ülevalt alla, kusjuures elektroodi hoida  $30-45^\circ$ -lise nurga all (joon. 21, d).

Andmed soovitava voolutugevuse, elektroodi läbimõõdu ja kaldenurga suuruse kohta, mille all detaili keevitada, on loodud mitmesuguste keevisliidete kohta tabelis 6.

Keevisliite skits	Elektroodi läbimõõt	Vool amprites	Detaili kaldnurk kraadides horisontaaltasapinna suhtes
	2,0	50	50—60
	2,0	50	30—45
	2,0	60	0—20
	2,5	70	0—20
	2,0	60	—
	2,5	70—80	—
	2,0	60	20
	2,0	50—60	20
	2,5	50—70	30
	2,5	80	30
	2,0	60	40
	2,5	60—70	50
	2,5	60—70	50
	2,5	60—80	40—50

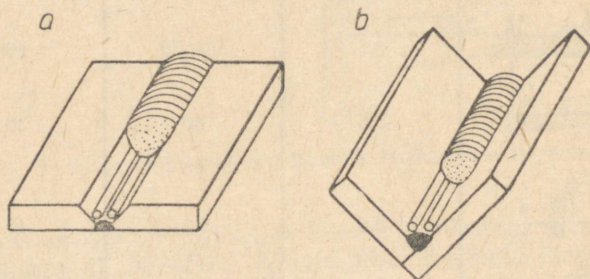
## G. Keevitamine lamava lisatraadi kasutamiseks.

Käsitsi kaarkeevitamise tootlikkuse tõstmise eesmärgil on leitud laiast rakendamist keevitamine lamava lisatraadiga. Sel puhul asetatakse keevitusõmblesse paljas traat, mis sulatatakse üles kaarleegis. Elektroodi edasilikumisel sulab lisatraat täielikult, kiirendades keevitusõmbelse täitmist sulaga metalliga.



Joon. 22. Lamava lisatraadiga keevitamine: a — mitte-täielik läbikuumitus; b — normaalne keevitusprotsess.

Oluline on siin see, et lisatraadi sulatamist tuleb alustada traadi otsast, mitte aga traadi pealt, mis põhjustaks mitteküllaldast läbikuumitamist (joon. 22).



Joon. 23. Mitmekihilise õmbelse keevitamine lisatraadiga: a — põkkõmbelus; b — nurkõmbelus.

Et garanteerida täielikku läbikuumitavust, on soovitatav, et lisatraadi maht ei oleks suurem kui 40% metalli mahust, mis on vajalik antud keevitusõmbelse kujundamiseks.

Kirjeldatud keevitusviisi on võimalik rakendada ka mitmekihilisel keevitamisel (joon. 23). Sel juhul tuleb esimene

kiht keevitada tavalisel viisil, järgmised kihid võib keevitada lisatraadi kasutamiseega.

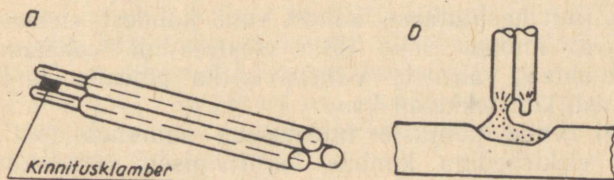
Lisatraadiga keevitamise meetodit olen rakendanud alumiste, nurk- ja vastakõmbluste keevitamisel.

Voolutugevus on soovitatav võtta normaalselt kasutatavast voolust 10% võrra suurem.

Kirjeldatud keevitamisviis nõuab keevitajalt suurt vilumust, eriti siis, kui tuleb keevitada vastutusrikkaid detaile. Sel juhul on kindlasti vajalik teostada õmbluse laboratoorne katsetamine, et selgitada, kui hästi on toimunud läbikeevitamine.

## H. Keevitamine mitme elektroodiga ühes kimbus.

Käsitsi kaarkeevitamisel suureneb tootlikkus, nagu eespool juba nägime, võrdeliselt elektroodi läbimõõdu suurenemisega. Juhul, kui puudub suurema läbimõõduga elektrood, on soovitatav kasutada mitut elektroodi ühes kimbus (joon. 24).



Joon. 24. Keevitamine mitme elektroodiga ühes kimbus:

a — kolmest elektroodist koosnev kimp; b — elektroodi sulamise skeem kimbus.

Keevitamismenetluse elektroodide-kimbuga töötas välja insener V. S. Volodin. Uus meetod leidis laialdast kasutamist. Selle meetodi olemus on järgmine.

Kaks või kolm elektroodi ühendatakse omavahel elektroodi katmata otstest. Kinnitus peab tagama elektrijuhtivuse elektroodide vahel ning samuti hoidma elektroode mehaaniliselt koos. Elektrivool juhitakse üheaegselt kolme elektroodi. Lülitamise momendil tekib kaarleek keevitatava metalli ja selle elektroodi vahel, kus takistus on kõige väik-

sem. Kui tolle elektroodi ots on hakanud sulama, lülitub kaarleek automaatselt ümber naaberelektroodile, kus ta püsib niikaua, kuni takistus ei suurene (takistus suureneb kaarleegi pikenemisega, mida põhjustab elektroodi otsa sulamine). Pärast takistuse suurenemist kandub kaarleek sellest elektroodist jälle üle naaberelektroodile jne. Selline kaarleegi ülekandumine on võimalik nii kaua, kui püsib kaarleek, ja on seletatav ioniseeritud keskkonna olemasoluga kaarleegi tsoonis.

Seoses sellega, et kaarleek põleb kordamööda üksikute elektroodide ja keevitatava metalli vahel, kuumeneb elektroodi metallvarras vähem kui pideva kaarleegi puhul ühe elektroodi ja keevitatava metalli vahel. See asjaolu võimaldab suurendada voolutugevust, võrreldes selle voolutugevusega, mida oleks võimalik kasutada keevitamisel ühe elektroodiga, mille läbimõõt võrduks üksiku kimpu kuuluva elektroodi läbimõõduga. Ühtlasi väheneb soojusenergia kulu, mis on vajalik elektroodide sulatamiseks. See on seletatav sellega, et kui kaarleek on parajasti ühe elektroodi ja keevitatava metalli vahel, siis ülejäänud kimbus olevate elektroodide otsad kuumenevad ette kaarleegi kiirguse mõjul.

Tavaliselt kasutatakse kahest kuni kolmest elektroodist koosnevat kimpu. Selle tõttu elektroodide vahetamiseks vajalik abiaeg väheneb. Vähenevad ka põlemise ja laialipritsimise läbi tekkivad kaod.

Kõigi nende põhjuste tulemusena suureneb tootlikkus mitme elektroodiga kimbus keevitamisel, võrreldes ühe elektroodiga keevitamisega, mille läbimõõt on võrdne üksiku kimbus oleva elektroodi läbimõõduga, keskmiselt poolteist korda.

Praktika meie kodumaa tehastes on näidanud, et tootlikkus võib tõusta kuni kaks korda, kui kasutada maksimaalset lubatavat voolutugevust.

Tänu soojusenergia paremale ärakasutamisele, põlemise ja laialipritsimise läbi tekkivate kadude vähenemisele, väheneb elektrienergia ja elektroodide kulu keevitusõmb-luse pikkusühikule.

Soovitavad optimaalsed voolutugevused keevitamisel mitme elektroodiga kimbus on toodud tabelis 7.

Üksiku elektroodi läbimõõt mm							Elektroodide läbimõõt (d) mm ja elektroodide arv (n) kimbus														
	3	4	5	6	7	8	d	n	d	n	d	n	d	n	d	n	d	n	d	n	
							3	2	3	3	3	4	4	2	4	3	4	4	4	4	5
Vool (A)	120	200	250	320	400	500	190	230	260	250	290	370	370	460							

## 5. METALLIDE LÕIKAMISEST ELEKTRI- KAARLEEGIGA

Tänapäeval leiab elektrihaarleegiga lõikamine teatud tööde puhul praktikas edukat kasutamist. Minu praktikas on elektrihaarleegiga lõikamist ette tulnud metallkonstruktsioonide detailide tükeldamisel, vanametalli lõikamisel, valupeade ärälõikamisel ja ka lehtmetailide tükeldamisel paksusega kuni 20 mm.

Peab muidugi märkima, et lõige, mis tekib haarleegiga lõikamisel, ei ole sile, sest haarleek sulatab metalli üles ja sula metall ning räbu jooksevad lõikekohast välja. Saadaval lõikel on rebestatud, ebatasased servad ja metallinired alumisel pinnal. Seepärast on soovitatav haarleegiga lõikamist rakendada vaid lihtsatel lõikamistöodel, kus ei nõuta erilist täpsust ega taset.

Kaarleegiga on võimalik lõigata iga liiki metalle, nagu terast, malmi, valgevaske ja teisi. See hea omadus võimaldab haarleegiga lõikamist kasutada ka seal, kus hapnikuga ei saa lõigata.

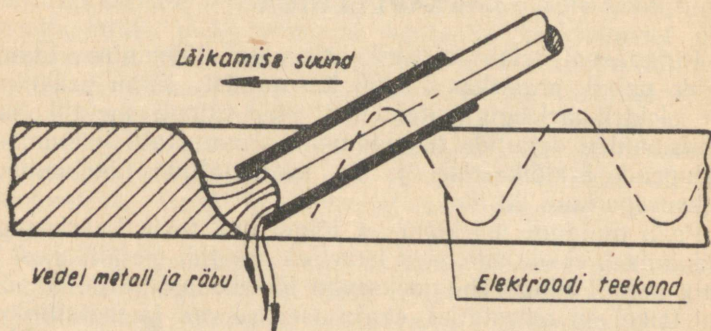
Kaarleegiga lõikamisel leiavad kasutamist nii süsi- või grafiitelektroodid kui ka metallektroodid. Enam levinud on metallektroodiga lõikamine, mida ka mina praktikas kasutan.

Metallektroodiga lõikamine on ökonoomsem ja lihtsam kui süsi- või grafiitelektroodiga lõikamine. Peale selle rikastuvad süsiektroodiga lõikamisel servad tugevasti süsinikuga, mis omakorda raskendab nende järgnevat mehaanilist töötlemist.

Lõikamisel kasutan paksult kaetud elektroode, mis annavad lõikamisel suurema tootlikkuse kui õhukeselt kaetud

elektroodid. Metallelektroodiga lõikamisel saadakse kitsam ja tasasem lõige kui süsielektroodiga lõikamisel.

Elektrooditraadi materjalina on soovitatav kasutada marki СВ I ja СВ II, läbimõõduga 4 kuni 6 mm. Elektroodi kate valmistada metallist raskemini sulavana, selleks et ta sulamisel tekitaks viimase otsal süvendi sügavusega 6—7 mm. Kaarleek põleb siis selle süvendi sees. Sellega saavutatakse lõigatava metalli keskendatud kuumutamine. See omakorda suurendab lõikamise kiirust. Tekkiv räbu aga muudab metalli voolavamaks. Praktikas enamlevinenud katte koosseis on järgmine: 1 kg puutuhka ja 0,05 kg kriiti, mis on segatud 1,5 kuni 2 liitri vesiklaasiga. Katte mass kantakse



Joon. 25. Metallelektroodiga lõikamise skeem.

elektroodile kastmise teel 1 mm paksuse kihina. Kaetud elektroodid kuivatatakse algul õhus ja siis ühe kuni kahe tunni jooksul 80—90° C juures. Lõpuks kuumutatakse elektroode 160—200° C juures.

Mis puutub lõikamistehnikasse, siis soovitatakse asetada lõigatava osa peaaegu vertikaalselt, kergelt tahapoole kaldu. See on vajalik selleks, et lõikest väljasulatav metall välja jookseks ja ei tekitaks lõigatava lehe vastaspoolel metalliniresid.

Lõikamine toimugu suunaga alt üles. Lõikamist alustada lehe servalt või keskkohalt. Viimasel juhul leht algul põletatakse läbi, hoides elektroodi perpendikulaarselt lehe pinnale, siis anda elektroodile 30—60°-line kallak nii, et kaarleegi kraater asetuks lõike otsserval (joon. 25). Räbu ja

sulametalli eemaldamiseks liigutada elektroodi kogu aeg lehe ülemiselt pinnalt alumise pinna suunas, nihutades teda edasi sel määral, kuidas lehe materjal läbi sulab.

Metallelektroodiga lõikamist teostada vahelduvvooluga. Kui kasutatakse alalisvoolu, siis kasutatakse teda otsesel polaarsusel.

Voolutugevust, võrreldes keevitamisvoolu tugevusega sama elektroodi puhul, tuleb kaarleegiga lõikamisel suurendada 1,5 kuni 2 korda.

Orienteerivad andmed lõikerežiimi kohta, kasutades terase ja malmi lõikamisel paksu kattega metallelektroode, on antud tabelis 8.

Tabel 8

Metalli paksus mm	Lõikekiirus (cm/min) antud elektroodi läbimõõdu ( $d$ ) juures ja voolu ( $I$ ) puhul		
	$d = 4$ mm $I = 300$ A	$d = 5$ mm $I = 400$ A	$d = 6$ mm $I = 600$ A
6	30,0	38,0	52
13	17,5	22,5	27
19	10,5	14,0	17,0
25	6,25	9,25	12,0
31	4,0	6,0	8,0
38	2,5	4,0	6,0
45	1,5	3,0	4,5
50	1	2,5	3,5

## 6. RAKISTE KASUTAMISEST KEEVITAMISEL

Väga tähtis koht keeviskonstruktsioonide kvaliteedi tõstmise ja abiaegade vähendamise seisukohalt on rakiste kasutamisel. Rakiste kasutamisel lühenevad või jäävad ära sellised abioperatsioonid, nagu detailide märkimine enne keevitamist, ülesseadmine, kinnitamine ja pööramine keevitamise ajal.

Kasutades keevitamisel rakiseid, muutub keevitaja töö kergemaks, tööviljakus aga suureneb tunduvalt.

Rakiste kasutamisel on alati tagatud detailide õige kokupanek ja õiged mõõted peale keevitamist.

Rakiste kasutamine annab keevitajale võimaluse teostada üksikuid tööjärke kindlas, läbimõeldud järjekorras, mis tunduvalt vähendab abiaegasid, seega kogu tükiaega.

Ökonoomsuse seisukohalt lähtudes oleneb rakiste kasutuselevõtmine valmistatavate toodete partii suurusest. On täiesti arusaadav, et ei ole ökonoomne valmistada iga üksiktellimuse puhul kalleid ja keerukaid rakiseid. Ühekordsete keevitustööde puhul on soovitatav kasutada rohkem lihtsaid ja unversaalseid rakiseid. Samuti montaaž- ja remonttöödel. Spetsiaalsete rakiste kasutamine tuleb siin kõne alla vaid erandjuhtudel.

Keerulisi ja kalleid rakiseid on kasulik rakendada mass- ja seeriaviisilisel tootmisel. Siin on soovitatav valmistada rakised teatud kindlate operatsioonide läbiviimiseks.

Kõiki keevitusrakiseid, mida ma praktikas kasutan, võib jagada järgmiselt:

1. Kokkupaneku-kinnitusrakised, mille abil toimub detailide kokkupanek ja esialgne keevitamine.

2. Rakised, millede abil toimub toote lõplik keevitamine pärast seda, kui toode on kokkupaneku-kinnitusrakises ettevalmistavalt keevitatud.

3. Rakised, millede abil toimub nii kokkupanek, ettevalmistav keevitamine kui ka lõplik keevitamine.

Rakiste konstruktsioon võib olla väga mitmekesine, sõltuvalt toote kujust, mõõdetest, tootmise iseloomust, nõutavast kokkupaneku täpsusest jne. Vajalik rakise konstruktsioon tuleb lahendada eraldi igal konkreetset juhul.

Keevitajal endal on sel alal palju võimalusi rakiste konstruktsiooni täiendamiseks ja kokkupaneku- ning keevitamisprotsessi ratsionaliseerimiseks.

Oma praktikast võin öelda, et paljude kokkupaneku- ja keevitamis tööde juures, rakendades seeriaviisilisel tootmisel rakiseid, läks mul korda tõsta tööviljakust kuni viis korda.

## **7. KEEVITAJA TÖÖKOHA ORGANISEERIMISEST JA OHUTUSTEHNİKAST**

Keevitaja töökoha õigel organiseerimisel on suur tähtsus töötootlikkuse tõstmisel, toodete kvaliteedi parandamisel, samuti ka toodangu omahinna alandamisel.

Keevitaja töökohaks on tavaliselt kas keevitav konstruktsioon ise või osa keevitustšehhi pinnast, olenevalt tootmise iseloomust ja toodete liigist.

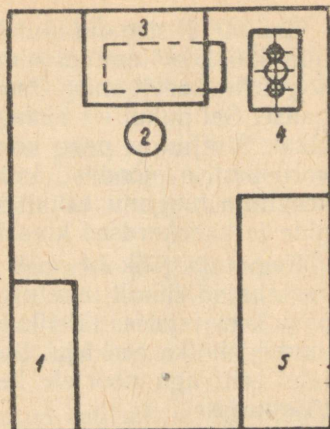
Kui keevitajal on alaline töökoht tsehhis, kus ta keevitab väiksemaid detaile, peab ta töökoht olema eraldatud sirmiga või selleks on ehitatud eri kabiin. See on vajalik sellepärast, et kaitsta teisi tsehhi töotajaid kaarleegi kiirte eest. Nimelt mõjuvad kaarleegi poolt eraldatavad nähtamatud ultraviolettkiired väga kahjulikult silmadele. Selleks, et vähendada valguse ereduse vahet, on soovitatav värvida kabiini seinad heledate värvidega ja suurendada töökoha kunstlikku valgustust. Keevitaja nägemise kaitseks kasutatakse kaitseklaasidega kilpe ja kiivreid. Kiivrit kasutatakse siis, kui keevitamisprotsessil mõlemad käed on tegevuses.

Kaitseklaasidest pean parimaks kollakas-rohelise varjundiga klaase (mark ТИС). Keevitaja alalise töökoha sisustuseks on vajalik järgmine inventar:

- 1) kapp tööriistade, tehnilise dokumentatsiooni, elektrootodide ja rakiste hoidmiseks;
- 2) töölaud keevitamise läbiviimiseks;
- 3) iste;
- 4) vooluregulaator.

Tüüpiline keevitaja töökoha plaan on toodud joonisel 26. Väga tähtis on, et töökoht oleks varustatud korraliku ventilatsiooniga, mis tagab keevitamisel eralduvate kahjulike gaaside ja tolmu täieliku ärajuhtimise. Tihti jäetakse ventilatsioonitingimuste parandamiseks kabiini seinte ja põranda vahele 25—30 cm laiune vahe.

Kuid see ei ole täielik lahendus korraliku õhuvahetuse saamiseks. Nõudeks on, et ventilatsiooniõhu üldine hulk ühe keevitamiskoha kohta oleks vähemalt 1000 m<sup>3</sup> tunnis. Sellise õhuhulga vahetus nõuab kunstliku ventilatsiooni seadeldisi. Tavaliselt valmistatakse tolmu ja kahjulike gaaside eemaldamiseks täiendavad imemisseadeldised ventilatsioonikarpide ja -sirmide (-kummide) kujul.



Joon 26. Tüüpiline keevitaja töökoha plaan: 1 — koht pooltoodetele; 2 — tool keevitajale; 3 — töölaud; 4 — voolutugevuse regulaator; 5 — koht keevitatud detailidele.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata ventilatsioonitingimustele, kui keevitamine toimub reservuaari sees. Reservuaari koguneb keevitamise tsoonis palju tolmu ja kahjulikke gaase. Sel puhul on hädavajalik juhtida reservuaari värsket õhku. Siinjuures pean kõige paremaks sellist värske õhuga varustamise moodust, kus värsket õhku juhitakse vahetult keevitaja hingamistsooni kilbi kaudu. Kilbil on õõnes käepide ja kahekordsed klaasid.

Keevitaja töökoht peab olema nii organiseeritud, et ta vastaks täielikult ohutustehnilistele nõuetele. Omaltpoolt peab keevitaja ise täielikult tundma kehtivaid tootmisalaseid ohutustehnika eeskirju. See on põhiline nõue igale keevitajale, eriti aga noortele keevitajatele, kes on hiljuti tulnud tööstusesse.

Tähtsamad ohutustehnilised nõuded, mida iga keevitaja peab teadma ohutu töötamise tagamiseks, on järgmised:

1) Elektroode tuleb vahetada siis, kui vool on välja lülitatud, eriti reservuaarides töötamisel.

2) Masinate voolu all olevad osad peavad olema hästi isoleeritud, nende kered aga maandatud.

3) Juhtmete isolatsioon peab olema terve.

4) Ohtlikud on elektrilöögid keevitamisel reservuaarides, kus keevitaja puutub kokku pinge all olevate pindadega.

Reservuaarides keevitamisel peab keevitaja asuma isoleeritud kattel ja pähe panema kummist kiivri.

5) Kaarleeki toitva voolu pinge ei tohi ületada 80 volti.

6) Keevitusplaadid ja töölauad, samuti ka keevitatavad detailid, millel puuduvad metallist kontaktid töölauaga, peavad olema maandatud.

Kui keevitaja ei pea kinni ega osuta küllalt tähelepanu neile esmajärgulise tähtsusega ohutustehnikanõuetele, võivad keevitajat tabada väga rasket laadi õnnetusjuhtumid.

Aga ka kõige kergemat laadi õnnetusjuhtum halvab keevitaja tööd, mille tõttu tööproduktiivsus järsult langeb. See pärast omistan ohutustehnilistele küsimustele töökohal esmajärgulist tähtsust.

Töökoha ettevalmistamine, s. o. pooltoodete varumine kogu vahetuse jaoks, korras rakiste ja tööriistade olemasolu, küllaldane reserv elektroode töökohal jne., omab tähtsat kohta ettevalmistuse lõpetamise ja abiaegade vähendamise seisukohalt.

Tihti aga unustatakse see tsehhi juhtkonna poolt, mille tulemusena pooltooted või materjal saavad töökohale hiline-nenult. See omakorda häirib keevitaja normaalset tööd, tekivad seisakud ja langeb tööviljakus.

Otsustavalt tuleb võitlust pidada puhtuse ja korra eest töökohal. Töökohal ei tohi olla midagi ülearust, välja arva-tud põhiinventar ja keevitatavad detailid, koos juurdekuulu-vate rakiste ja tööriistadega.

Tööriistad, rakised, elektroodid markide järgi ja muu teh-noloogiline varustus peavad olema asetatud kindla korra järgi tööriistade kappi. Tööülesande täitmiseks võtan välja ainult need tööriistad, mis on vajalikud antud töö soorita-miseks.

Töökoht peab olema organiseeritud selliselt, et keevitajal oleksid välditud kõik ülearused liigutused. See nõue hõlmab kõigepealt neid, kes keevitavad detaile kabiinis seeriaviisi. Detailid peavad olema asetatud kindla korra järgi, kas ritta laotuna või asetatuna töölauale. Detailid sean nii, et nad oleksid käeulatuse kaugusel. Vajalikud tööriistad, nagu haamid, meislid, rakised jne., peavad olema asetatud töö-lauale ritta nende kasutamise järjekorras, kusjuures pärast kasutamist asetan nad oma kohale tagasi.

Kui saan uue tööülesande, siis tutvun sellega põhjalikult, uurin ta iseärasusi ja tehnilisi tingimusi. Edasi kontrollin, kas on olemas vajalikud tööriistad, rakised jne. Puuduste esinemisel teatan sellest viivitamatult meistrile.

Peaan märkima, et oma töökoha organiseerimisega õnnes-tus mul tunduvalt vähendada ettevalmistus-lõpetamise ja abiaegasid, seega kogu keevitamisaega.

## 8. ELEKTRIENERGIA KOKKUHOIUST JA VÕIMSUS- TÉGURI $\cos \varphi$ PARANDAMISE VÕIMALUSTEST

Toodete omahinna alandamise seisukohalt on elektri-energia kokkuhoiu küsimus olulise tähtsusega. Meie tehases omistatakse elektrienergia säästmisele suurt tähelepanu.

Keevitamistöodel on üheks elektrienergia säästmise vii-siks keevitustransformaatorite tühijooksu piiramine. Selleks on meie tehases kasutusele võetud keevitustransformaatorite juures tühijooksu piirlülitus, mis võimaldab transformaatori automaatset väljalülitamist, kui katkeb kaarleek.

Automaatse piirlülituse valmistamiseks on vaja tavali-  
sele keevitustransformaatorile juurde muretseda järgmised  
elektrilised seadmed:

- 1) abitransformaator 380/65 volti,
- 2) 2 kontaktorit tüüp KT-23A— $2 \times 150A$   
või tüüp ПМ-7114-У K2,
- 3) kaitsmed abitransformaatorile.

Automaatpiirlülituse skeem on toodud joonisel 27.

Töötamise põhimõte on järgmine:

Enne keevitamisele asumist lülitame kõigepealt sisse lüliti  
2, mille tulemusena vool võrgust satub abitransformaato-  
risse 4.

Viies nüüd kaarleegi süütamiseks elektroodi 9 kokkupuu-  
tesse keevitatava detailiga 10, tekib keevitusahela osas  
(detailist 10 kuni klemmini «a») läbi klemmi «a» vooluring,  
mis lülitab abitransformaatorist 4 saadava vooluga sisse  
kontaktori 6. Sel momendil lülitub sisse kontaktori 6 abi-  
kontaktide kaudu ka kontaktor 5, mis omakorda lülitab võrku  
keevitustransformaatori 7 primaarmähise. Sellega on teki-  
tatud keevitus-vooluring, mis jääb püsima kuni kaarleegi  
katkemiseni.

Kaarleegi katkemisel katkeb ka vool keevitusahelas ning  
kontaktoris 6. Kontaktori 6 abikontaktid lahutatakse, mis  
omakorda kontaktorit 5 mõjutades lahutab keevitustransfor-  
maatori 7 primaarmähise võrgust.

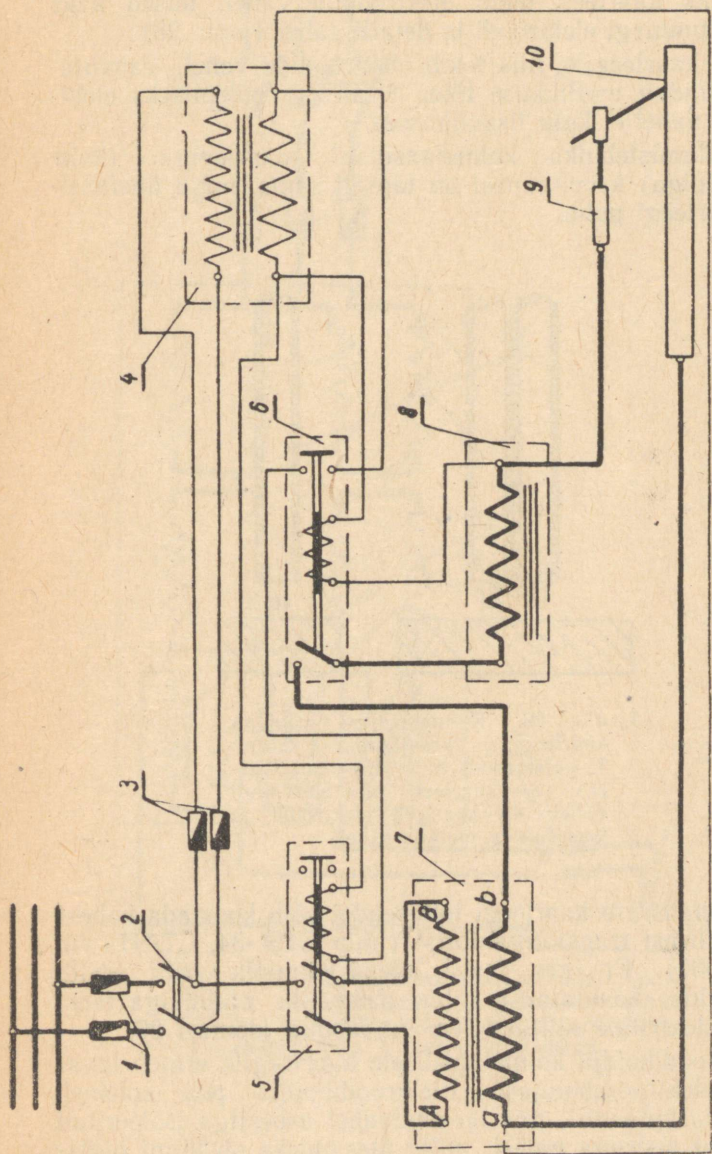
Seega kaarleegi katkemisel keevitusprotsessis piiratakse  
keevitustransformaatori tühijooks automaatselt.

Tühijooksu piirlülitite kasutuselevõtmine annab meie  
tehases enam kui 25 000 rubla väärtuses elektrienergia  
kokkuhoidu aastas. Ühtlasi paranes tunduvalt võimsus-  
tegur  $\cos \varphi$ .

Paljudes Nõukogude Liidu tehastes on elektrienergia  
kokkuhoiu ja võimsusteguri tõstmise eesmärgil rakendatud  
keevitamisel kolmefaasilist kaarleeki, tehniliste teaduste  
kandidaadi G. P. Mihhailovi meetodi järgi.

Tavaliselt kasutatakse vahelduvvooluga keevitamise puhul  
ühefaasilist transformaatorit, mis on meelevaldselt ühen-  
datud välisvõrgu ühe faasiga. Selle tulemusena on faaside  
koormus ebaühtlane.

Kolmefaasilise kaarleegi kasutamisel on kõik kolm faasi  
ühtlaselt koormatud. Kahe faasiga ühendatakse elektroodid,  
ühe faasiga keevitav detail.

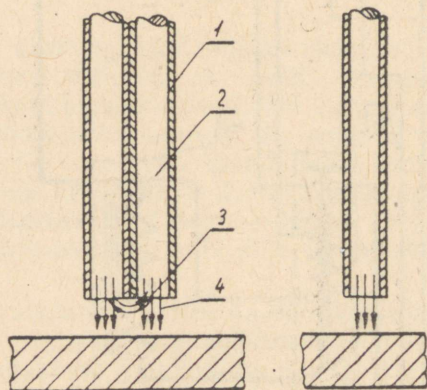


Joon 27. Keevitustransformaatori tühijooksu säästülülituse skeem: 1 — keevitustransformaatori peakaitse-  
 med; 2 — lüliti; 3 — abitransformaatori kaitsmed; 4 — abitransformaator 380/65 volti; 5, 6 — kontaktor,  
 tüüp KT-23A-2×150 A, või ПМ-7114-УК 2 pooliga 65 V; 7 — keevitustransformaator CTЭ-24; 8 —  
 regulaator tüüp PCTЭ-24; 9 — elektroodihoidja; 10 — keevitatav detail.

Kaarleek kujundub sel juhul kolmest erinevast kaarleegist: üks kaarleek tekib elektrootide vahel, teised kaks eraldi kummagi elektrooti ja detaili vahel (joon. 28).

Tänu kaarleegile, mis tekib elektrootide vahel, saavutatakse tunduv tootlikkuse tõus. Kaarleegi põlemiseks elektrootide vahel ei kulu lisavõimsust.

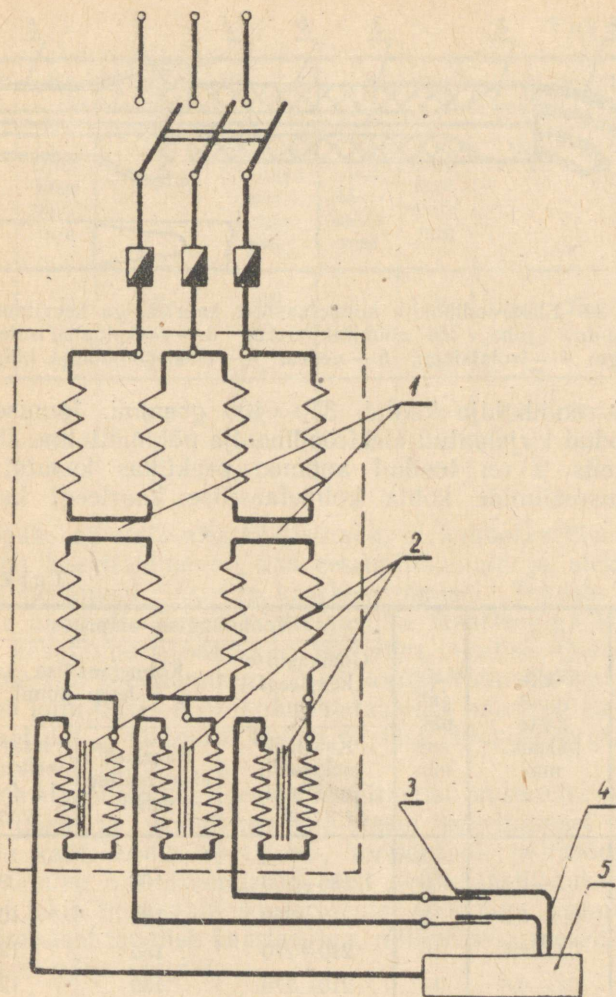
Keevitamistehnika kolmefaasilise kaarleegiga (kahe elektrootiga) keevitamisel on täpselt sama, nagu ühefaasilise kaarleegi puhul.



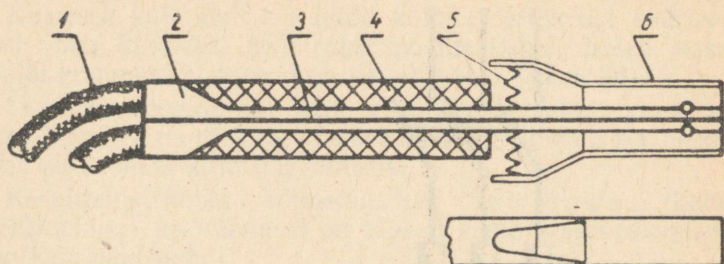
Joon. 28. Kolmefaasilise vooluga kaarleegiga keevitamise skeem: 1 — elektrooti kate; 2 — metallvarras; 3 — kaarleek kahe elektrooti vahel; 4 — kaarleek elektrooti ja keevitatava metalli vahel.

Kolmefaasilise kaarleegi toiteseadet võib koostada kahest ühefaasilisest transformaatorest (tüüp CTЭ-34, CTAH või TCД-1000). Et igas faasis oleks võimalik voolu eraldi reguleerida, kasutatakse kolme paispooli, eraldi iga faasi jaoks. Elektriline lülitusskeem on toodud joonisel 29.

Elektrootihoidja kolmefaasilisele kaarleegile erineb tavalisest elektrootihoidjast. Elektrootihoidja pea koosneb kahest vaskplaadist, mis on omavahel asbestiga isoleeritud ja kahest vedruga palest, mille ülesandeks on kinni pigistada kahte üksteisest isoleeritud elektrooti.



Joon. 29. Lülituskeem kolmefaasilise kaar-  
 leegiga keevitamiseks: 1 — transformator  
 CTЭ-34; 2 — paispoolid; 3 — elektrodioidja;  
 4 — elektroodid; 5 — keevitav detail.



Joon 30. Elektroodihoidja kolmefaasilise kaarleegiga keevitamiseks: 1 — painduv juhe; 2 — alumiiniumtoru; 3 — vaskplaat, isoleeritud asbestiga; 4 — isolatsioon; 5 — vedru; 6 — elektroodihoidja külgpösk.

Elektroodihoidja kaalub 350—400 grammi. Joonisel 30 on toodud kirjeldatud elektroodihoidja põhimõtteline skeem.

Tabelis 9 on toodud andmed praktikas kasutatavate keevitusrežiimide kohta kolmefaasilise kaarleegi kasutamisel.

Tabel 9

Elektroodi läbimõõt mm	Elektroodi katte paksus mm	Materjali paksumus mm	Voolutugevus amprites		
			Ühefaasilise kaarleegi puhul	Kolmefaasilise kaarleegi puhul	
				Kaarleek elektroodi ja detaili vahel	Kaarleek elektroodide vahel
4	0,3—0,4	5	180—200	100	80
5	0,4—0,5	8	210—250	120	100
5	0,5—0,6	10	210—270	150	120
5	0,5—0,6	14	210—270	180	120

Nagu tabelist 9 nähtub, on kolmefaasilise kaarleegiga keevitamisel keevitusvool tunduvalt väiksem kui tavalise ühefaasilise kaarleegiga keevitamisel. See on seletatav sellega, et ühe kaarleegi asemel on nüüd kolm kaarleeki, millest igaüks on iseseisvalt reguleeritav.

Tabelis 10 on toodud võrdlevad andmed ühe- ja kolmefaasilise kaarleegiga keevitamise kohta.

Keevitamine ühefaasilise kaarleegiga				Keevitamine kaarleegiga		
Elektroodi läbimõõt mm	Õmb-luse mõõt mm	Vool A	Põhiaeg õmb-luse meetri kohta min.	Elektroodi läbimõõt mm	Õmb-luse mõõt mm	
5	8	280	7,8	5+5	8	12
	10	„	10,6		10	
	12	„	16,1		12	
6	8	375	6,2	6+6	8	17
	10	„	8,1		10	
	12	„	11,8		12	

Lõpuks on vaja alla kriipsutada, et kolmefaasilise kaarleegiga keevitamine on üks eesrindlikumaid meetodeid elektriga kaarkeevitamisel. Muste andmeil tõuseb kolmefaasilise kaarkeevitamise kasutamisel tootlikkus, võrreldes tavalise kaarleegiga keevitamisega, 2—3 korda; võim tõuseb kuni 0,65—0,75, kuna ühefaasilise kaarkeevitamisel  $\cos \varphi$  kõigub 0,4—0,5 piirides. Elekter väheneb 25—30%.

Kolmefaasilise kaarleegiga keevitamist on sagedasti kasutatud pöök- ja vastak-keewisõmb-luste keevitamises ja kaldasendis. Vertikaal-, horisontaal- ja kaldkeevitamine on raskendatud, sest kolmefaasilise keevitamis puhul tekib tunduvalt suurem sula metalli, mis keevitamisel tavalise kaarleegiga, millest sulatamine kergesti välja valguda.

## 9. PRAAK KEEVITAMISEL JA SEADUSTAMISE KÕRVALDAMINE

Põhinõudeks keevitustöödel on see, et õigesti vastaks etteantud tehnilistele tingimustele. Keevitustugevus sõltub suurel määral keevitustööde tehnoloogilistest tingimustest. Kvaliteetse keewisõmb-luse valmistamiseks on oluline keevitaja otsene ülesanne, mille eest ta vastutab.

täit vastutust. Ei saa öelda, et praak keevitamisel tekiks iga kord keevitaja süü läbi. Praagi tekkimise põhjuseks võib olla ka ebaõigesti projekteeritud tehnoloogiline protsess, ebaõige ettevalmistus jne. Praaki võib toota aga ka keevitaja, kes ei tunne õiget keevitamistehnikat.

Praagi vastu võitlemiseks peab iga keevitaja olema teadlik selles, mis laadi praaki võib keevitamisel tekkida, ja peamiselt, kuidas vältida selle tekkimist. Seepärast on tähtis, et keevitaja tunneks ka ettevalmistusoperatsioonide tehnoloogiat ja oskaks hinnata keevitatava koha õiget ettevalmistamist enne keevitamise alustamist. See aitab ära hoida lõpliku praagi tekkimist. Kui aga praak on siiski tekkinud, peab keevitaja oskama seda parandada. Väga oluline on praagi tekkimise põhjuste selgitamine, et järgmise keevitamise juures ei korduks sama laadi praaki.

Alljärgnevalt vaatleme lühidalt, mis laadi praaki kaarkeevitamisel esineb ja kuidas seda parandada.

1. Praak ebaõigest servade ettevalmistamisest ja detailide koostamisest. Keevitavate detailide servad peavad olema ette valmistatud tehnilistele tingimustele vastavalt. Servade avanemisnurk ei tohi olla liiga suur ega liiga väike. Ettenähtust suurema nurga puhul suureneb keevitatavate detailide kaardumise ja metalli läbipõlemise oht, väikese nurga puhul esineb läbikuumutamise võimalus.

Ettevalmistatud servadel ei tohi esineda pragusid. Praod tekivad keevitatavate teraste puhul peamiselt sisepingete mõjul, kui servade ettevalmistamist teostati hapnikuga lõikamise teel. Viga saab parandada, kui töötlemine servad üle mehaaniliselt.

Pragude tekkimise vältimiseks on vaja silmas pidada, 1) et servade lõikamine hapnikuga ei toimuks kohas, kus temperatuur on alla  $0^{\circ}\text{C}$ ; 2) et servad oleksid enne lõikamist eelkuumutatud kuni  $200^{\circ}\text{C}$ ; 3) et lõikekoht oleks puhastatud tagist ja mustusest; 4) et lõikamiseks kasutatav hapnik oleks 98% puhas.

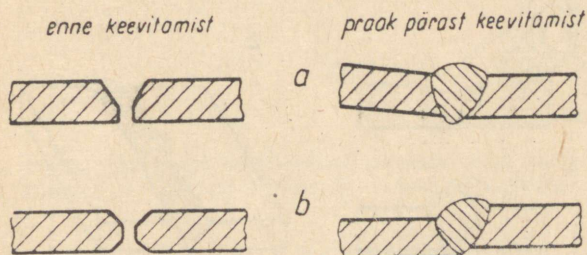
Ettevalmistatud servad peavad olema enne keevitamist metallilise läikega. Oli, šlakk ja tagi servadel takistavad küllaldast läbikuumutamist ning soodustavad samuti šlaki sattumist õmblusse, mis nõrgestab õmblust.

Koostamisel tuleb tähele panna, et pilu laius keevitatavate servade vahel oleks ettenähtud suurusele vastav. Pilu

suuruse kõrvalekaldumise põhjuseks võib olla: 1) ebatäpne koostamine; 2) pilu laiuse nihkumine õmbluses tekkinud kohalike kahanemisingete tõttu (eriti pikkade õmbluste puhul); 3) servade ebatäpne töötlemine.

Kui pilu laius on liiga suur, suureneb läbipõlemise ja õmbluse kaardumise oht. Liialt väikese pilu puhul esineb mitteküllaldase läbikeevituse võimalus.

Erinev pilu laius kokkukeevitatavate lehtede servade vahel õmbluse pikkuses põhjustab erineva pikkuse ja laiusega õmbluse. Keevitaja on sunnitud täitma laiemad pilud



Joon. 31. Praak keevitamisel: a — põkkõmbluse kaardumine; b — põkkõmbluse nihkumine.

pealekeevitatava metalliga. Elektroodi ebaühtlane edasinihkumine annab ebatasase õmbluse. Ebaühtlaselt pealesulatatud metall aga põhjustab kohalike kahanemisingete tekkimist, mille tagajärjel võivad tekkida praod või kaardumised.

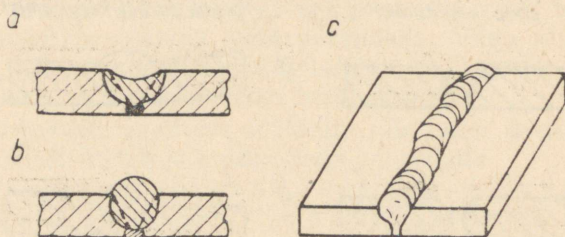
Tihti esineb pärast keevitamist praaki, kus servad on üksteisest nihkunud või kaardu tõmbunud (joon. 31). Praagi tekkimise põhjusteks on sel juhul: 1) detailid ei ole keevitamiseks õigesti kohale sobitatud; 2) sulametalli kahanemisinged keevisõmbluses; 3) detailid ei ole õgvendatud enne keevitamist.

Praagi parandamiseks on vaja defekti koht gaasileegiga kuumutada ja õgvendada. Soovitav kuumutamistemperatuur süsinikteraste puhul on 700°.

Keevitatavate detailide koostamisel on vaja detailid nii kinnitada, et oleks võimalik nende nihkumine teatud suunas. Kui detailid on kinnitatud liiga järgalt, võivad õmbluses tekkida praod või keevitatud konstruktsiooni kõverdumine ja kaardumine.

On soovitatav, et keevitamisel rakistes või konduktorites ei kinnitataks detaile liiga jäigalt, vaid antaks detailidele vaba deformeerumise võimalus.

2. Õmbluse mittevastavus antud kujule ja mõõdetele. Keevisõmblus peab vastama joonisel ettenähtud mõõdetele. Kui õmbluse paksus on ettenähtust väiksem, langeb õmbluse tugevus, ja koormuse kasvamisel võib ta puruneda. Õmbluse liiga suured mõõted põhjustavad samuti ka pingete kontsentratsiooni pealekeevitatud metalli ja põhimetalli ülemineku kohal (joon. 32). Peamiseks põhjuseks on siin: 1) ebaühtlane elektroodi liikumine keevita-



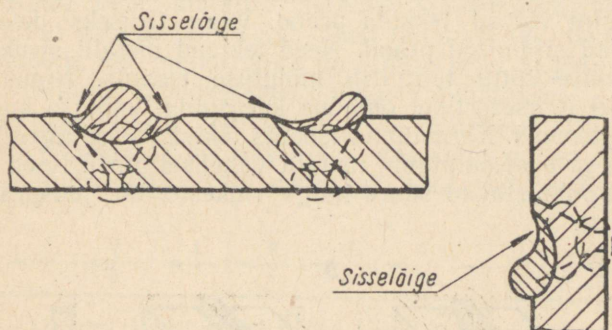
Joon. 32. Praak keevitamisel: a — nõrgestatud õmblus; b — liiga tugev õmblus; c — ebaühtlase laiuselga õmblus.

misel; 2) mittekorralik servade ettevalmistus; 3) ebaõige keevitusrežiimi kasutamine. Liiga väikese voolu ja elektroodi liikumiskiiruse juures kujuneb liiga suuremõõteline õmblus; 4) elektroodide kasutamine, mille kate annab liiga sitke šlaki, mis takistab õmbluse kujundamist.

3. Õmbluse serva ahenemine. Ahenemine ehk põhimetalli paksuse vähenemine põhimetallilt pealesulatatud metallile ülemineku kohal (joon. 33) tekib liiga suure vooluga keevitamisel. Nimelt eraldub kaarleegis ülemäärane soojust, tekib väga suur õmbluse kraater, mis täitub sula metalliga vaid kesktelt, kuna ääred täituvad puudulikult. Selle tulemusena tekivad õmbluse serva juures süvendid ja ahenemised. Ahenemist soodustab ka elektroodi ebaõige liikumine vöödi kujundamisel ja kaarleegi hoidmine ainult ühel pool õmbluse serval.

Ahenemise tagajärjel väheneb õmbluse paksus, sellega kaasub õmbluse tugevuse vähenemine.

Ahenemisdefekti on võimalik parandada õhukese vöödi pealekeevitamisega, kusjuures defekti koht tuleb enne puhastada.



Joon. 33. Praak keevitamisel, õmbluse serva ahenemine: a — alumine õmblus; b — horisontaalõmblus.

4. Täissulatatamata kraatrid, räbu jäägid ja õmbluse ebasile pind. Kõik need defektid tekivad siis, kui keevitaja teostab keevitamist ebaõigesti, kasutades mittevastavat voolutugevust, hoides elektroodi eba-kindlalt käes, liikudes elektroodiga edasi ebaõigesti. Selle tõttu kaarleegi pikkus sageli muutub ja leek katkeb, mille tulemusena õmbluse pind on ebasile. Õmbluse pinnale jäävad jäljed metalli pitsmetest, oksüüdipesakesed, täissulatatamata metallikraatrid jne. Mainitud õmbluste tugevus on tavaliselt normaalsest väiksem.

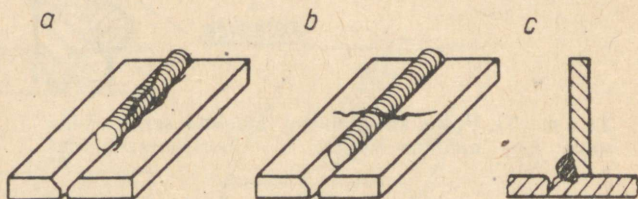
Defekti saab parandada teistkordse ülekeevitamisega või defektikoha väljaraiumisega kuni põhimetallini ja uuesti keevitamisega.

5. P r a o d. Praod on keevisliidetes lubamatud defektid, mis vähendavad keevisliite tugevust. Praod tekivad sise- ja termiliste pingete tagajärjel. Eriti aga põhjustavad pragude tekkimist kahanemispinged pealekeevitatavas metallis, mis tekivad metalli kahanemisest tardumisel.

Õmbluse praod võivad esineda nii pealekeevitatavas metallis kui ka põhimetallis, eriti üleminekutsooni lähedal (joon. 34). Praod võivad olla piki- ja ristsuunalised. Nurkõmblustes võivad praod esineda ka üleminekutsoonis pealesulatatud metalli lähedal.

Pragude iseloom oleneb väga paljudest teguritest: keevisliite tüübist, detailide suurusest, keevitamise režiimist, elektroodi ja põhimetalli koostisest, jahutustingimustest jne.

Mida halvemini keevitav on antud terase sort, seda kergemini võivad tekkida praod. Väga tõsiseks defektiks osutuvad sisemised praod. Need tekivad metalli struktuuri muutumise tõttu termilise mõjutuse tsoonis. Nimelt on mõnedel terasesortidel omadus karastuda õmbluse kuumutamise tsoonis. Karastunud tsoonis tekivad sisepinged põhimetalli ja pealesulatatud metalli vahelisel piiril. Need sisepinged põhjustavad suure hulga väikeste, nn. juuspragude tekkimist.



Joon. 34. Praak keevitamisel: a — pikisuunalised praod; b — ristisuunalised praod; c — pragu piki nurkõmbluse serva.

Millele tuleb tähelepanu juhtida, et keevitamisel ei tekiks pragusid?

Selleks tuleb:

a) kasutada keevitamisel kvaliteetseid elektroode, millest pealesulatatud metall oleks suure plastilisusega;

b) detaile rakistesse mitte liiga jäigalt kinnitada, vaid anda teatud osadele paisumise võimalus, muutes sellega keevitavat sõlme elastsemaks;

c) pikki õmblusi keevitada pöörduvastmelise keevitusmenetlusega, s. o. menetlusega, kus õmblus jagatakse 200—400 mm pikkusteks osadeks niisuguse arvestusega, et iga osa oleks võimalik keevitada täisarvulise elektroodide arvuga. Keevitamise järjekord on näidatud joonisel 35.

d) karastuvad terased enne keevitamist eelkuumutada 200°—300° C;

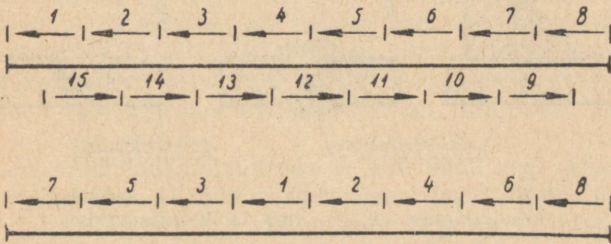
e) tagada keevisõmbluse aeglane jahtumine pärast keevitamist;

g) lõõmutada keevisliidet pärast keevitamist sisepingete kaotamiseks.

Pragudega õmblused tuleb välja raiuda ja uuesti keevitada.

6. **Õmbluse poorsus.** Õmbluse poorsuse tekitavad gaasimullid pealesulatatud metallis. Gaasimullid tekivad seetõttu, et sula metall neelab õhust lämmastikku, hapnikku ja vesinikku, mis metalli kiire tardumise tõttu ei jõua õmblusest eralduda, moodustades õmbluses tühimikke.

Pinnaliseid poorid tekivad siis, kui õmbluse servad on halvasti puhastatud roostest, õlist, tagist ja muust mustusest. Puutudes kokku sula metalliga, tekitavad need gaase,



Joon. 35. Pöörduvastmeline keevitusmenetlus.

mis omakorda tekitavad gaasimulle. Poorid tekivad veel ka väljamurenevatest tilgakujulistest metalliosadest ja räbupesadest, mis sattudes oksüüdikilega kaetud vanni ei sula õmbluse metalli põhimassiga ühte. Pooride läbimõõt võib olla 1,5 kuni 2 mm.

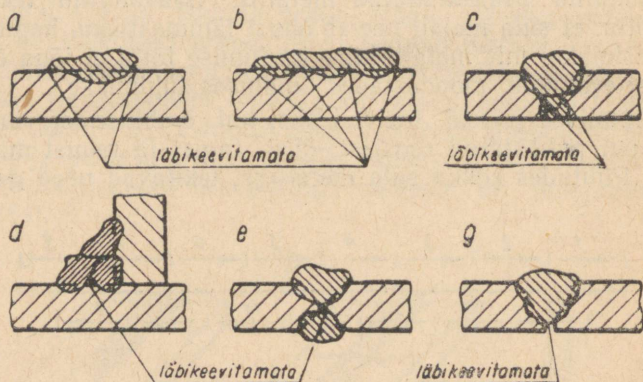
Mida poorsem on keevisõmblus, seda väiksem on ta tiheus ning seda väiksem on keevisõmbluse tugevus.

Tiheda õmbluse võib saada ainult paksu, kvaliteetse kattega elektroodi kasutamisel. Kõige poorsema õmbluse annab õhukeselt kaetud elektroodiga keevitamine.

7. **Õmbluse läbikõõritatus.** See defekt on väga ohtlik. Läbikõõritamata kohas langeb õmbluse tugevus järsult. Peale selle tekivad läbikõõritamata kohtades, eriti õmbluse tipus, sisemised pinged, mis omakorda vähendavad õmbluse vastupidavust väliskoormustele. Mitmesugused läbikõõritamatuse juhud on toodud joonisel 36.

Läbikõõritamatuse põhjuseks on: 1) liiga väike vool, 2) elektroodi otsa liiga kiire liikumine; 3) liiga pikana hoitud kaarleek; 4) õmbluse väike avanemisenurk ja elekt-

röödi mitteulatumine õmbluse tipuni; 5) mitteküllaldaselt puhtad servad; 6) mittetäielik šlaki eraldamine kihtidelt mitmekihilise õmbluse puhul.



Joon. 36. Praak keevitamisel: a, b, c, d — servade lâbikeskkond; e, g — tipu lâbikeskkond.

Lâbikeskkonnatuse kõrvaldamiseks tuleb defekti koht välja raiuda ja uuesti keevitada. Õmbluse tipu lâbikeskkonnatuse kõrvaldatakse tipu väljaraiumisega vastaspoolelt ja keevitatakse peale uus vööt.

8. Râbupesad ja oksüüdid. Râbupesad ja oksüüdid satuvad metalli pika kaarlegiga keevitamisel, kui metallitilgad oksüdeeruvad õhus.

Râbupesad ja oksüüdid vähendavad õmbluse kasulikkust põiklõikepinda, seega ka õmbluse tugevust.

Râbupesade tekkimise vältimiseks on soovitatav kasutada kvaliteetse kattega elektroode.

9. Metallile ülekuumutamise ja üle põletamine.

Kui pealekeevitatavat metalli kuumutada üle teatud piiri, muudab metall oma struktuuri, muutudes jämeteraliseks. Mida suureteralisem on metalli struktuur, seda nõrgem ta on. Tugeva ülekuumutamise tagajärjel võib metall muutuda täielikult hapraks.

Ülekuumutatud metalli suureteralist struktuuri on võimalik parandada järgneva termilise töötlemisega.

Ülekuumutatud õmblused tuleb välja raiuda ja uuesti keevitada.

## 10. LÖPPSÕNA

Nagu käesolevas brošüüris käsitletud teemadest selgub, oleneb tööviljakus käsitsi kaarkeevitamisel paljudest teguritest.

Isiklike kogemuste varal pean veel kord kinnitama, et tööviljakuse tõstmise üheks põhiliseks allikaks on keevitaja enese teadmiste täiendamine erialase kirjanduse ja uute keevitamismeetodite tundmaõppimise ja rakendamise kaudu. See tee on kättesaadav kõigile keevitajatele.

Tänu kasutatavatele kõrgendatud keevitusvoolu režiimidele, samuti ka uutele ja eesrindlikele tehnoloogilistele protsessidele ja tövõtetele, on käsitsi kaarkeevitamise tootlikkus, võrreldes 1939.—1940. aastaga, tõusnud meie kodumaa tehastes poolteist kuni kaks korda. Keeviskonstruktsioonide väljalask tootmispinna ruutmeetrilt on tunduvalt suurenenud.

Saavutatud edusammud aga ei tohi meid veel rahuldada. Tuleb saavutada edasine tööviljakuse tõus. Selleks on vaja parandada tootmise planeerimist ja organiseerimist, võtta kasutusele uusi, veelgi täiuslikumaid keevitusmenetlusi ja mobiliseerida täielikumalt sisemisi reserve keevitamise alal.

Tähtis koht nende ülesannete ellurakendamisel on nii insener-tehnilistel töötajatel kui ka igal keevitajal ta töökojal. Ei ole kahtlust, et ühises koostöös saavutatakse ka edaspidi edu.



## S I S U K O R D

1. Sissejuhatuseks . . . . .	3
2. Tootlikkuse tõstmise võimalustest käsitsi kaarkeevitamisel . . . . .	6
3. Elektroodide valikust . . . . .	7
4. Metallektroodidega käsitsi keevitamise tehnikast . . . . .	16
A. Ettevalmistavad tööd keevitamiseks . . . . .	16
B. Voolutugevuse valikust . . . . .	17
C. Vertikaalsete, horisontaalsete ja laeõmbluste keevitamisest . . . . .	20
D. Keevitusvöödi pealekeevitamisest ja defektide parandamisest . . . . .	22
E. Pöök- ja nurkõmbluste keevitamisest . . . . .	26
F. Ohukese lehtmatali keevitamisest . . . . .	29
G. Keevitamine lamava lisatraadi kasutamisega . . . . .	34
H. Keevitamine mitme elektroodiga ühes kimbus . . . . .	35
5. Metallide lõikamisest elektri-kaarleegiga . . . . .	37
6. Rakiste kasutamisest keevitamisel . . . . .	39
7. Keevitaja töökoha organiseerimisest ja ohutustehnikast . . . . .	40
8. Elektrienergia kokkuhoiust ja võimsusteguri $\cos \varphi$ parandamise võimalustest . . . . .	43
9. Praak keevitamisel ja selle kõrvaldamine . . . . .	49
10. Lõppsõna . . . . .	57

Toimetaja H. Märtson.

Tehniline toimetaja E. Plaks.

Korrektorid

M. Amon ja S. Aron.

Ladumisele antud 25. XI 1954.  
Trükkimisele antud 25. XII 1954.  
Paber 54×84 sm,  $\frac{1}{16}$ . Trüki-  
arv 1500. Trükipoognaid 3,75. For-  
maadile 60×92 kohaldatud trüki-  
poognaid 3,08. Arvutuspoognaid  
2,93. Tellimise nr. 2718. MB-21225.  
Trükikoda „Bolshevik”, Viljandi.  
V. Kingissepa t. 26/31.

На эстонском языке.

Л. Калланг.

Опыт по электрической дуговой  
сварке.

Hind rbl. 1.05

3—1

Rbl. 1.05

A-20305

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00382702 1