

VÄRVILISTE

METALLIDE

KEEVITAMINE

EESTI NSV  
MINISTRITE  
NOUKOGU  
RIIKLIK  
TEADUSLIK-  
TEHNILINE  
KOMITEE

A-24235

D. M. RABKIN, S. M. GUREVITS, F. S. BUGRI

# VÄRVILISTE METALLIDE KEEVITAMINE

СООБЩЕНИЕ

40.000

EESTI NSV MINISTRITE NOUKOGU  
RIIKLIK TEADUSLIK-TEHNILINE KOMITEE  
TALLINN 1961

Originaali tiitel:

Д. М. РАБКИН, С. М. ГУРЕВИЧ И Ф. С. БУРГИИ.  
СВАРКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.

Машгиз  
Москва 1959 Киев

Lühendatud tõlge

Tõlkinud I. Rae

ARHIIVKOGU 2

Tartu Riikliku Ülikooli

Raamatukogu

53294

## KEESSONA

Kaasaegseid värviliste metallide keevitamise meetodeid hakati kasutama suhteliselt hiljuti. Kaks, kolm aastakümnet tagasi ei oldud kindel, et uus keevisõmblus õnnestub. Veel praegugi oleneb värviliste metallide käsitsi keevitatava keevisliite kvaliteet suurel määral keevitaja oskusest.

Värviliste metallide keevitusviiside täiustamine jätkub. Tootmisse rakendatakse koos vase ja tema sulamitega uusi värvilisi metalle. Kaasaegse energeetika, keemia, lennuasjanduse, raketi- ja reaktiivtehnika tormilise arenguga leiavad üha laiemat kasutamist alumiinium, molübdeen ja nende sulamid. Reas tööstusharudes kasutatakse niklist ja tema sulamitest ning teistest värvilistest metallidest detaile. Peale tugevuse, tiheduse ja tehnoloogiliste defektide puudumise peavad keevisliited olema korrosiooni-kindlad, madalatel temperatuuridel plastilised, stabiilsed temperatuuri kõikumiste suhtes jne.

Erineva paksusega värviliste metallide keevisliidete mitmekesisus sunnib kasutama nende valmistamisel peaaegu kõiki kaasaegseid keevitusviise.

Käesolevas brošüüris on toodud alumiiniumi, magneesiumi, vase, nikli, molübdeeni ja nende sulamite levinumad keevitusviisid. Mainitud metallide valik on tingitud nende laiast kasutamisest keeviskonstruktsioonides. Üksikasjalisemalt on kirjeldatud alumiiniumi ja vase keevitamise iseärasusi.

---

## 1. VÄRVILISTE METALLIDE PÕHIOMADUSED

Metallide füüsikalised omadused, mida tuleb arvestada keevitamisel, on toodud tabelis 1 (võrdluseks on samas toodud terase näitajad).

Sulatatud elektroodi metalli ja keevitusvanni kaitsmine oleneb sellest, kuidas metall reageerib õhu gaasidega, katte- või räbustaja komponentidega ja oma hapenditega (oksüüdidega).

Suurim sugulus hapnikuga on magneesiumil ja alumiiniumil. Õhu atmosfääris on eriti raskendatud vase keevitamine. Alumiiniumi pinnal tekkiv oksüüdi kile metallis peaaegu ei lahustu, samal ajal aga vase pinnal tekkiv vaseoksüüdi kile on sulametallis hästi lahustuv. Andmed hapniku lahustatavusest metallides on toodud tabelis 2. Lahustatud hapnikku sisaldav õmblus on habras. Vase sugulus lämmastikuga on väga väike, seetõttu võib lämmastikku kasutada vase keevitamisel kaitseatmosfäärina.

Peale lämmastiku ja hapniku leidub õhus ja samuti ka metalli pinnal, elektroodi kattes ja räbustajas veel niiskust. Rea metallide ja niiskuse vastastikusel toimel eraldub vesinik, mis on peamiseks õmbluse poorsuse põhjustajaks.

Pooride tekkimine metalli õmbluses oleneb vesiniku lahustuvusest vedelas ja tahkes metallis. Andmed vesiniku lahustumise kohta metallides on toodud tabelis 2.

Üleminekul vedelast faasist tahkesse väheneb järsult vesiniku lahustuvus alumiiniumis, vases ja niklis. Õmbluse tardumisel eralduvad vedelmetallist gaasi mullikesed. Kui neid mullikesi ei eemaldata enne õmbluse tardumist, tekitavad nad poore. Lahustunud vesinik ei avalda peaaegu mingit mõju alumiiniumi ja vase keevisõmbluse omadustele.

Tabel 1

Metallide omadused	Magneesium	Alumiinium	Vask	Nikkel	Molibdeen	Raud (teras)
Erikaal $g/cm^3$	1,74	2,7	8,94	8,9	10,3	7,87
Sulamistemperatuur $^{\circ}C$	650	660,2	1083	1455	2620	1539
Keemistemperatuur $^{\circ}C$	1103	2480	2590	2730	4700	2740
Elektriline eritakistus oom $mm^2/m$	4,46	2,66	1,67	6,84	5,7	9,71
Joonpaisumise koefitsient $\times 10^6$	26	23,8	17,7	13,3	5,1	11,9
Soojusmahtuvus $cal/g^{\circ}C$ $20^{\circ}C$ juures	0,25	0,215	0,092	0,105	0,062	0,11
Soojusjuhtivuse koefitsient $cal/cm \text{ sec}^{\circ}C$	0,38	0,53	0,948	0,22	0,34	0,18

Tabel 2

Metalli nimetus	Agregaat-olek	Hapnik	Lämmastik	Vesinik
Vask	vedel	lahustuv	mittelahustuv	lahustuv
	tahke	vähe lahustuv	„	vähe lahustuv
Nikkel	vedel	lahustuv	—	lahustuv
	tahke	vähe lahustuv	—	vähe lahustuv
Alumiinium	vedel	mittelahustuv	mittelahustuv	lahustuv
	tahke	„	„	mittelahustuv
Raud	vedel	lahustuv	lahustuv	lahustuv
	tahke	vähe lahustuv	vähe lahustuv	vähe lahustuv

## 2. ALUMIINIUMI JA TEMA SULAMITE KEEVITAMINE

Alumiiniumi ja tema sulameid võib omaduste poolest jaotada järgmiselt:

1) normaalse ja kõrge puhtusastmega alumiinium (tõmbetugevus  $7-12 \text{ kg/mm}^2$ , pikenemine  $30-35\%$ );

2) AMI-tüüpi alumiinium-mangaani sulamid (tõmbetugevus  $10-16 \text{ kg/mm}^2$ , pikenemine ca  $30\%$ );

3) AMГ-3, AM-5 jt. keskmise tugevusega alumiinium-magneesiumi sulamid (tõmbetugevus 20—30 kg/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_{0,1} = 10—19$  kg/mm<sup>2</sup>, pikenemine ca 18%);

4) keskmise tugevusega termiliselt töödeldavad sulamid magneesiumi ja räniga (tõmbetugevus 21—32 kg/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{0,1} = 11—22$  kg/mm<sup>2</sup>, pikenemine ca 15%);

5) duuralumiiniumi tüüpi kõrge tugevusega sulamid (tõmbetugevus 35—40 kg/mm<sup>2</sup> ja rohkem).

Peale selle on rida valuks kasutatavaid sulameid nagu silumiin jt.

Puhta alumiiniumi keevitamiseks võib kasutada kõiki kaar-, gaas- ja kontaktkeevituse menetlusi. Eriliste raskusteta saab keevitada sulamit AMI. Tunduvalt raskem on 3. ja 4. sulamite grupi keevitamine. Kõrge tugevusega sulamid saab praegu edukalt keevitada ainult kontaktmeetodil. Nende sulamite kaar- ja gaaskeevitamisel on õmbluse tugevus põhimetalli tugevusest väiksem.

Põhiliseks raskuseks alumiiniumi ja paljude tema sulamite keevitamisel on õmbluse pöorsus. Pöorsuse vältimiseks tuleb enne keevitamist hoolikalt eemaldada metalli pinnalt ja elektroodi katte niiskus, samuti tuleb eset enne käsitsi keevitamist soojendada ja valida õige automaatkeevitamise režiim.

Alla 0,2% räni ja rauda sisaldava suure puhtusega standardse alumiiniumi ning sama räni ja raua sisaldusega alumiinium-mangaan sulami AMI keevitamine on raskendatud õmbluse metallis tekkivate kuumade pragude tõttu. Sulami AMI keevitamisel välditakse pragude tekkimist raua sisalduse suurendamise teel, valides selleks vastava koostisega elektroodi traat. Alumiiniumi AOO keevitamisel pole võimalik pragude tekkimist vältida raua sisalduse suurendamisega, kuna siis langeb järsult õmbluse korrosioonikindlus. Häid tagajärgi annab puhta alumiiniumi ABOO ГОСТ-3459-55 kasutamine. Normaalse puhtusega alumiiniumi, mis sisaldab kuni 0,6% rauda ja räni ja sulami AMI keevitamisel kuumpragusid ei esine.

Alumiiniumsulamite eelsoojendamine kuni 200—250°C ei väldi pragude tekkimist.

## RÄBUSTAJAD JA ELEKTROODI KATTEMATERJALID ALUMIINIUMI KEEVITAMISEKS

**Räbustajad gaaskeevitamiseks.** Alumiiniumi ja tema sulamite gaaskeevitamisel kasutatavate mõnede räbustajate koostis on toodud tabelis 3.

Gaaskeevitamisel on eriti levinenud liitium räbustajad, eriti AФ-4a.

Liitiumi sisaldavad räbustajad on väga hügrokoopsed. Teatud aja jooksul nad niiskuvad ja muutuvad kõlbmatuks, pealegi on nad suhteliselt kallid. Seepärast on hakatud viimasel ajal kasutama

Komponendid	Keemiline valem	Räbustaja keemiline koostis %		
		AΦ-4a	A	AH-A5
Kaaliumkloriid	KCl	50	0—60	50
Liitiumkloriid	LiCl	14	0—30	—
Naatriumfluoriid	NAP	8	—	16
Kaaliumfluoriid	KF	—	5—15	—
Naatriumkloriid	NaCl	28	ülejäanud	30
Kaltsiumkloriid	CaCl <sub>2</sub>	—	—	4

liitiumita räbustajaid, näiteks AH-A5, mille koostis on antud tabelis 3.

Räbustajate valmistamisel kasutatakse reaktiivsoolaid või tehniliselt puhtaid komponente. Räbustajad valmistatakse peenendatud ja kuivatatud komponentide segamise või sulatamise teel.

Kaarkeevitamisel kasutatakse elektroodide katteks kõige enam kahte järgmist koostist:

## KATE I

Räbustaja AΦ-4a . . . . . 65%  
 Krüoliit (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) . . . . . 35%

## KATE II

Kaaliumkloriid . . . . . 50%  
 Naatriumkloriid . . . . . 30%  
 Krüoliit (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) . . . . . 20%

Krüoliidi lisamisel flussile AΦ-4a ja teisele kattematerjalile kandub elektroodmetall üle peenetilgaliselt ja kaar on stabiilne. Sideaineks kasutatakse nendes katetes vett või küllastatud keedusoola lahust. Peenendatud soolad segatakse veega või keedusoola lahusega ja hõõrutakse üks või kaks korda värviveskis kuni hapukoore konsistentsini. Kate kantakse elektroodile ühe või kahe kihina, lastes vahepeal kuivada. Elektroode kuivatatakse peale lahusesse kastmist õhu käes ööpäeva jooksul toatemperatuuril. Järgnevalt kuumutatakse neid 200°C juures kahe tunni vältel kuivatuskapis. Kuivatuskapi temperatuuri tõstetakse sujuvalt. Aja jooksul elektroodid niiskuvad, seepärast on vajalik neid enne keevitamist kuivatada.

Katte paksus valitakse olenevalt elektroodi läbimõõdust:

Elektroodi läbimõõt mm	4	5	6	8
Katte paksus mm	1—1,1	1,1—1,2	1,2—1,4	1,4—1,5

Söeelektroodiga alumiiniumi keevitamisel kasutatakse samu räbustajaid ja elektroodi katteid kui gaaskeevitamisel.

**Räbustajad automaatkeevituseks.** Normaalse puhtusega alumii-  
niumi ja alumiinium-mangaani sulami AMЦ keevitamiseks kasu-  
tatakse räbustajat AH-A1, mille koostis kaaluprotsentides on:

kaaliumkloriid . . . . .	50%
naatriumkloriid . . . . .	20%
krüoliit . . . . .	30%

Räbustaja valmistamiseks kasutatakse soolasid «Ч» ja krüo-  
liiti mark KI (ЦМТУ 952-41).

Räbustajat võib kasutada sulatatult või sulatamata. Sulata-  
mata räbustaja mehaanilise segu valmistamiseks kuivatatakse  
eelnevalt kõik materjalid 300—400°C juures. Naatriumkloriid ja  
kaaliumkloriid peenendatakse. Kõik materjalid lastakse läbi 400  
või rohkem ava/cm<sup>2</sup> sõela. Läbisõelatud materjalid kaalutakse  
ülalmärgitud proportsioonis ja segatakse hoolikalt. Sulatatud  
räbustaja valmistamiseks kuivatatakse naatriumkloriid ja kaa-  
liumkloriid ning peenendatakse 1,5—2 mm suuruste teradeni.  
Räbustaja segu sulatakse ahjus 750—800°C juures; pärast segu  
sulamist hoitakse lühikest aega ahjus ja kallatakse siis õhukese  
kihina kuumuskindlast terasest pannile. Jahtunud räbustaja  
purustatakse valtsidega 0,2—1 mm teradeks. Sulatatud räbustaja  
vähendab pooride tekkimist õmblustes, kuid õmblus on nõrgemate  
mehaaniliste omadustega.

Räbustajat AH-A1 kasutatakse magneesiumi mittesisaldava alu-  
miiniumi ja tema sulamite keevitamisel. Alumiinium-magneesium-  
sulamite keevitamisel kasutatakse AH-A4 tüüpi räbustajaid, mil-  
lised ei sisalda naatriumsoolasid.

**Elektrooditraat.** Alumiiniumi ja tema sulamite keevitamisel  
kasutatava traadi koostis on reglementeeritud ГОСТ-4784-49, nor-  
maaliga Nr. 304 АМТУ-51 jne. Traadi mark valitakse lähtudes  
keevititava metalli koostisest, kusjuures õmbluse metalli koostis  
peab olema lähedane põhimetalli keemilisele koostisele.

Mõningad andmed elektrooditraadi margi valimiseks on  
antud tabelis 4.

Tabel 4

Põhimetall		Elektrooditraadi mark	ГОСТ, ТТ
Mark	ГОСТ või ТТ		
AO A1 AMЦ	ГОСТ 3549-55 ГОСТ 4784-49	AD 1 AMЦ	ГОСТ 4784-49 ГОСТ 4784-49 304-AMTY-51
AMГ3, AM 5n AMГ 5B	ГОСТ 4784-49 ТУОП 5-56	AMГ 5B	ТУОП 5-56
АЛ 2 (silumiin)	ГОСТ 2685-53	AK	ГОСТ 4784-49

Kui keevisliite kvaliteedile kõrgendatud nõudeid plastilisuse kohta ei esitata, siis võib elektroditraadina kasutada traati mark AK (alumiiniumi sulam ränisisaldusega 5% või rohkem).

### METALLI PINNA KEEVITAMISEKS ETTEVALMISTAMINE

Rasv kõrvaldatakse alumiiniumplaatidelt kuuma veega pesemise teel. Rasva jäägid kõrvaldatakse atsetooniga, lahustajaga PDB, bensiiniga või teiste lahustajatega imbutatud riide abil. Alumiiniumi rübustajatega keevitamisel kõrvaldatakse metalli pinnal olemasolev oksüüdikiht keevitamisprotsessis. Alumiiniumi keevitamisel inertsete gaaside joas võib oksüüd osaliselt säiluda ja seetõttu tuleb ta eelnevalt kõrvaldada metalli pinnalt mehaaniliselt või keemiliselt. Mehaaniliseks puhastamiseks kasutatakse alla 0,10 mm läbimõõduga traatidest terasharja.

Efektiivsem on pinna keemiline puhastamine, mis seisneb järgmises: 1) rasva eemaldamine alumiiniumi ja tema sulami AMLi pinnalt toimub leelise abil järgneva pesemisega 30—35% lämmastikhappe lahuses; 2) rasva eemaldamine sulamite AMГ, AMГ 5, АЛ 13 ja B-95 pinnalt toimub leelise abil järgneval pesemisel 25% ortofosforhappe lahusega.

Pinna kontaktkeevituseks parem ettevalmistamine saavutatakse keemilisel teel, milleks soovitatakse kasutada järgmist lahust: 75% ortofosforhapet — 200 ml; naatriumpürofosfaati — 50 g; vett — kuni 1 l lahuse saamiseni.

Teises sarnases lahuses kasutatakse naatriumpürofosfaadi asemel kaaliumbikromaati 0,1—0,3% kaalu järgi. Pärast rasvast vabastamist lastakse detail lahusevanni. Esimese koostisega lahuses hoitakse detaili mõni minut 50°C juures, teises lahuses 10—15 minuti 18—25°C juures. Pärast vannis töötlemist pestakse detail külma veega, puhastatakse ja kuivatatakse.

### ALUMIINIUMI GAASKEEVITUS

Alumiiniumi gaaskeevituseks kasutatakse atsetüleeni, propaanbutaani segu ja metaani. Keevitamiseks kasutatakse mustade metallide keevitamise põleteid. Põleti düüsi number valitakse olenevalt keevitatava metalli paksusest:

Metalli paksus mm	1—1,5	2—4	4—6	7—9	10—12	14—16	18—20
Düüsi number (keevitamisel atsetüleeni- hapniku leegis)	1	2	2	4	5	6	7

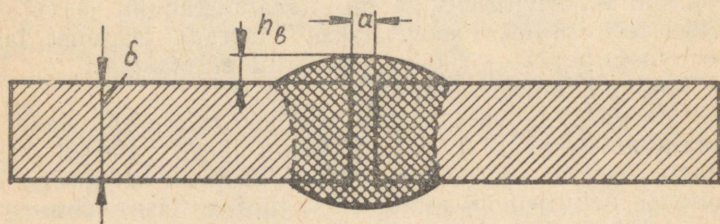
Alumiiniumi keevitamist teostatakse neutraalse leegiga või vähese atsetüleeni liiaga.

Servade ettevalmistamine: Kuni 4 mm paksusega metalli keevitatakse servade ettevalmistamiseta (joon. 1). Keevisõmblus teostatakse ühekordse keevitusega. Õmbluste mõõdud ja materjalide kulu Frunze nim. tehase andmeil on toodud tabelis 5.

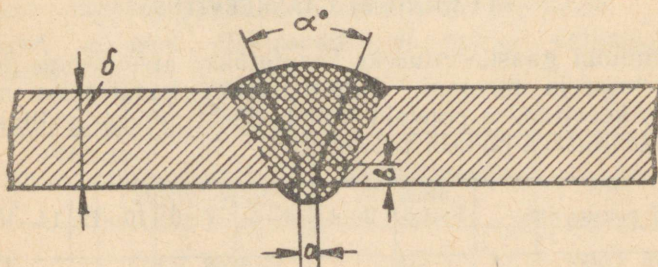
Tabel 5

Lehe paksus mm	Pilu a mm	Tugevdamise kõrgus $h_B$ mm	Täitevarras		Pealekeevitatud metalli kaal g/jm	Gaaside kulu l/jm	
			Ristlõige mm	Kulu g/jm		Atsetüleen	Hapnik
1,5	1	1,5	2×2	49	35	15	8
2	1,5	1,5	3×3	64	46	20	8
3	2	2	4×4	117	84	40	20
4	2	2	4×4	145	104	45	20

Üle 4 mm paksusega metalli gaaskeevitamisel kasutatakse servade ettevalmistamist (joon. 2).



Joon. 1. Kuni 4 mm paksusega alumiiniumi põkkliite gaaskeevitamine horisontaalasendis.

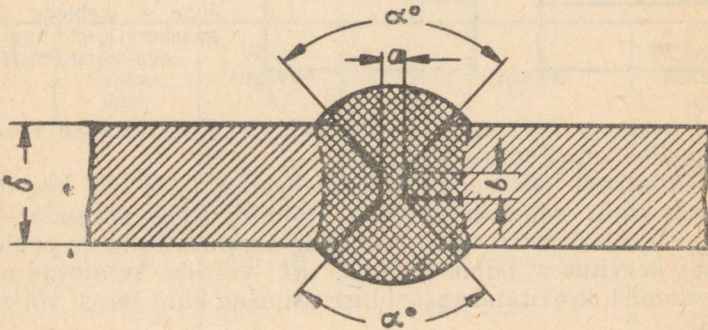


Joon. 2. 5—10 mm paksusega alumiiniumi põkkliite servade ettevalmistamine gaaskeevitamiseks horisontaalasendis.

5—10 mm paksuse alumiiniumi õmbluste mõõdud ja materjalide kulu gaasiga keevitamisel on toodud tabelis 6.

Lehe paksus mm	Servade ettevalmistusnurk $\alpha$ kraadi	Faasimata osa laius $b$ mm	Pilu $a$ mm	Täitevarras		Gaasi kulu l/jm	
				Ristlõige mm	Kulu g/jm	Atsetüleen	Hapnik
5	70	1,5	2	5×5	176	150	60
6	70	1,5	2	5×5	216	150	60
7	70	2	2,5	5×4	267	320	130
8	70	2	2,5	5×5	318	320	130
9	70	2	2,5	6×6	396	320	130
10	90	3	3	6×6	564	750	130

10—20 mm paksusega lehtede põkk-keevitamisel tuleb kasutada kahepoolset õmblust (joon. 3).



Joon. 3. 10—20 mm paksusega alumiiniumi põkkliite servade ettevalmistamine gaasiga keevitamiseks horisontaalasendis.

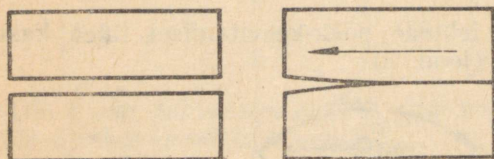
10—20 mm paksusega alumiiniumi õmbluste moodud ja materjalide kulu gaasiga keevitamisel on toodud tabelis 7.

Üle 3 mm seinapaksusega torude keevitamisel servade ettevalmistamine võrreldes lehtmaterjali keevitamisega suureneb. Eri-nea paksusega lehtede ühendamisel paksema lehe servad töödeldakse õhema lehe paksuseks 10—20° nurga all.

Servade paigutamisel teineteisega paralleelselt ilma punktimiseta toimub metalli kahanemise tagajärjel servade teineteisele liginemine. Selle vältimiseks paigutatakse lehed 5—6° nurga all (joon. 4) või punktitakse iga 100—200 mm järgi.

Üle 8—10 mm paksusega lehtede keevitamisel kasutatakse üldist või kohalikku ettesoojendamist gaasipõleti abil ca 400°C. Keevitamisel on kõige parem kasutada õhukese rübustaja kihiga kaetud täitevardaid. Mõningatel juhtumitel kaetakse ühendatavad

Lehe paksus mm	Servade ettevalmistusnurk kraadi	Faasita osa laius B mm	Pilu a mm	Täitevarras		Gaaside kulu l/jm	
				Ristlõige mm	Kulu g/jm	Atsetüleen	Hapnik
10	90	3	2,5	7×7	450	450	300
12	90	3	3	7×7	583	450	300
14	90	3	3	8×8	737	900	600
16	90	4	3,5	8×8	908	900	600
18	90	4	3,5	8×8	1070	1700	1000
20	90	4	4	8×8	1448	1900	1200



Joon. 4. Lehtede asetus gaaskeevitusel ilma eelneva punktimiseta.

servad veega valmissegatud rübustajaga. Keevitatakse tavaliselt vasakpoolse keevitamise viisiga.

Kahekihilistel keevisõmblustel tuleb enne teise kihi keevitamist esimeselt kihilt räbu kõrvaldada. Samuti enne paksude lehtede teise poole keevitamist tuleb veenduda õmbluse esimese poole kvaliteetses keevituses põhimetalliga. Et vältida sulatatud metalli läbi voolamist, keevitatakse õmbluse esimene külg teras- või asbestplaadil.

Gaaskeevitust kasutatakse sageli valudefektide parandamiseks. Korrosiooni tekkimise vältimiseks tuleb rübustaja ja räbu jäägid kuuma veega maha pesta.

Rübustaja puudumisel remonditakse detaile V. Fedani ja teiste keevitajate meetodil. Selle meetodi juures soojendatakse taastatavad detailid eelnevalt lahtises ahjus kuni 250—300°C. Oksüüdi kile kõrvaldatakse keevitusvanni pinnalt käsitsi 4 mm läbimõõduga terasvarda abil. Alumiiniumsulamist täitevarda liikumine tema etteandel keevitusvanni peab olema translatoorne. Keevisõmblus teostatakse ühekordse keevitusega.

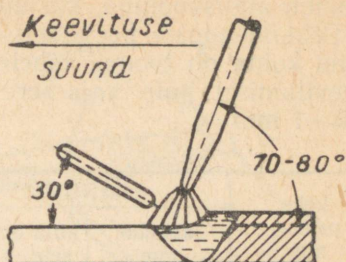
#### ALUMIINIUMI KEEVITAMINE SÖEELEKTROODIGA

Sõe (grafiit) elektroodi ja täitevarda asetus on näidatud joon. 5. Täitevarras valmistatakse samuti kui gaasikeevitusel.

Selleks võib kasutada käsitsi kaarkeevitamisel kasutatavaid elektroode. Kaare mehhaniseeritud liikumisel täitevarraste asemel

antakse ette paljas elektrooditraad, rübustaja aga puistatakse kaarleegi ette. Sõekaarleegiga keevitamisel on vaja päripolaarusega alalisvoolu (miinus elektroodil). Sõekaarleegiga võib

Joon. 5. Elektroodi ja täitevarda asetus keevitamisel.



keevitada mitte ainult põkkliteid, vaid ka üleskeeratud servadeta liiteid. Sõekaarleegiga keevitamist teostatakse soonega varustatud teras- või vaskplaadil.

Soovitavad keevitamise režiimid on toodud tabelis 8.

Tabel 8

Metalli paksus mm	Kaare pikkus mm	Voolu tugevus A	Pilu olemasolu	Täitevarda läbimõõt mm
1,0	3	50—60	piluta põkkühendus	kuni 3
1,5	3	55—70	sama	kuni 3
2	3—4	65—80	pilu 1,5 mm	3
3	4	80—100	pilu 1,5 mm	3
4	4—6	100—120	pilu 1,5 mm	3
5	6	120—150	pilu 3 mm	3

Üle 6 mm paksusega metalli on efektiivsem keevitada sulava elektroodiga.

#### ALUMIINIUMI KÄSITSI KAARKEEVITAMINE METALL-ELEKTROODI ABIL

Käsitsi kaarkeevitust kasutatakse normaalse ja kõrge puhtusega alumiiniumist, alumiinium-mangaansulamist, silumiinist ja teistest sulamitest konstruktsioonide valmistamisel. Kevitatava metalli minimaalne paksus peab olema 4 mm, üksikutel juhtumitel 2—3 mm.

Alumiiniumi käsitsi kaarkeevitamisel tuleb detailid eelnevalt ette soojendada. Põkk- ja nurkõmbluste keevitamisel teostatakse servade kohalik eelsoojendus ühe või kahe gaasipõletiga. Eelsoo-

jendamise temperatuur valitakse olenevalt keevitatava detaili paksusest 100 kuni 400—450°C piirides. Mitteküllaldasel eelsoojendamisel jäävad õmblused poorseks. Käsitsi kaarkeevitus toimub alalisvooluga, kusjuures kasutatakse vastupolaarsust.

Pökkühenduste keevitamise režiimid ja andmed materjalide kulu kohta on toodud tabelis 9. Kuni 20 mm paksusega metalli keevitamisel pole vaja servi faasida. Pilu ei tohi olla üle 0,5—1 mm.

Tabel 9

Lehe paksus mm	Elektroodid		Keevituserežiim		Õmbluse laius mm
	läbimõõt mm	kulu õmblusele g/jm	voolu tugevus A	kaare pinge V	
6	5	132	280/300	30—34	10
8	6	171	300/320	30—34	14
10	6	247	320/380	30—34	16
12	8	288	350/450	30—34	20
14	8	451	400/450	32—36	22
16	8	685	400/450	32—36	24
18	8	916	450/500	32—36	26
20	8	1178	450/500	32—36	28

Keevitamist teostatakse kahelt poolt. Kuni 12 mm paksusega lehed keevitatakse teiselt poolt ilma pealmise õmbluse läbisulanud osa väljaraiumiseta. Paksemad lehed keevitatakse teiselt poolt pärast pealmise õmbluse läbisulanud osa kontroll-väljaraiumist.

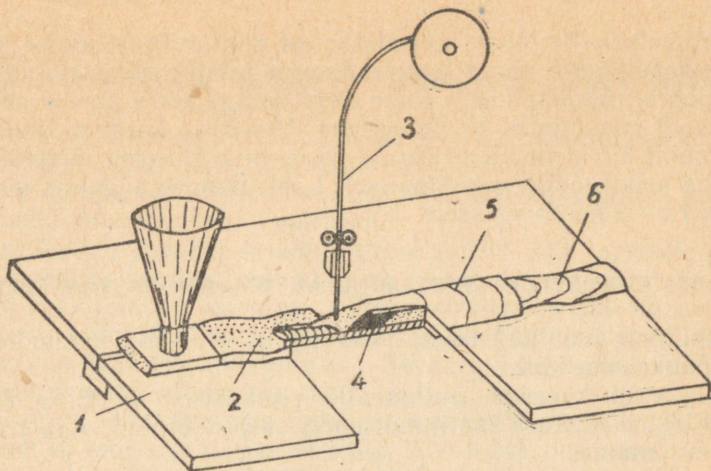
Profiilliidete nurkõmbluste keevitamisel kasutatakse samasuguseid režiime nagu pökkühendustelgi.

#### ALUMIINIUMI JA TEMA SULAMITE AUTOMAATNE KEEVITAMINE POOLAVATUD KAARLEEGIGA

Kogemused näitavad, et rübustaja kihi all täiesti kaetud kaarleegiga ei saa kvaliteetseid õmblusi. Seepärast teostatakse automaatkееvitamist poolavatud kaarleegiga.

Poolavatud kaarleegiga keevitamise skeem on toodud joon. 6. Punkrist puistatakse rübustaja läbi dosaatori peene kihina kaare ette.

Tänu sügavale läbisulamisele pole vaja automaatsel keevitamisel servi faasida isegi 30—35 mm paksusega metalli puhul. Eelnevat ja kaasaskäivat soojendamist pole vaja, kuna kaarleegi ees jooksev soojuslainne peegeldub alumiselt pinnalt ja soodustab eseme soojenemist.



Joon. 6. Alumiiniumi ja tema sulamite poolavatud kaarleegiga automaatkeevituse skeem:

1 — põhimetall; 2 — räubustaja; 3 — elektrooditraat; 4 — keevitusvann; 5 — räubukoorik; 6 — õmblus.

Keevitada võib ühe või kahe elektroodiga. Ühe elektroodiga keevitamisel on vaja kahepoolseid hoideplaate. Plaadid valmistatakse vähese süsinikusaldusega terasest paksusega 5—15 mm ja laiusega 50—80 mm. Paralleelselt asetsevate elektroodide kasutamine võimaldab keevitada teist õmblust eseme rippasendis, esimene õmblus tuleb aga keevitada räubustaja padjakesel.

Keevitatakse alalisvooluga, kasutades vastupolaarsust ja räubustajat AH-A1. Põhimetalli läbisulatamise sügavust määrav voolutugevus ja samuti elektrooditraadi läbimõõt valitakse olenevalt lehtede paksusest (tabel 10).

Tabel 10

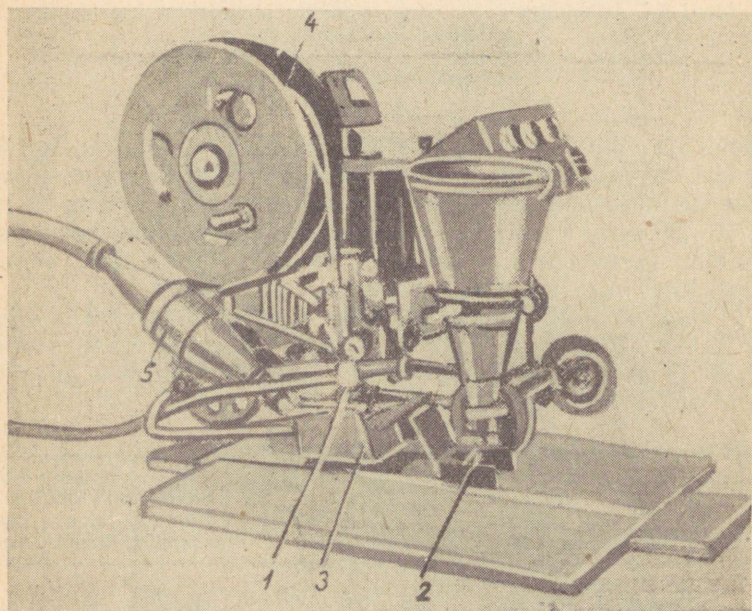
Metalli paksus mm	Elektroodi läbimõõt mm	Elektroodi etteande kiirus m/tunnis	Voolutugevus A	Kaare pingeline V	Keevitamise kiirus m/tunnis	Räubustaja kihi laius mm	Räubustaja kihi kõrgus mm
4	1,0—1,1	634—691	140—160	27—30	24—26	25	7
6	1,2—1,3	538—585	170—180	28—31	24—26	26	8
8	1,4—1,5	459—477	190—210	29—32	20—22	26	9
10	1,6—1,7	410—425	220—250	30—34	20—22	27	9
12	1,8—1,9	338—364	260—280	34—36	18—19	27	10
14	2,1—2,3	290—313	300—350	35—38	17—18	29	11
16	2,5—2,6	250—270	350—370	37—40	16—17	32	11
18	2,8—2,9	232—240	400—450	38—41	15—16	42	12
20	3,0—3,1	220—225	450—470	39—41	14—15	40	14
22	3,2—3,3	214—220	470—480	40—42	13—14	44	15
25	3,5—3,7	197—205	500—550	40—42	12—13	46	16

Kvaliteetsete õmbluste saamiseks on oluline keevitamise kiirus. Liigne keevitamise kiiruse suurendamine tekitab nõrgastatud õmb-luse, poore, räbulisandeid. Kahe elektroodiga keevitamisel on kahe elektroodi summaarne voolutugevus 10—20% kõrgem kui ühel elektroodil. Elektroodid valitakse vastavalt väiksema läbimõõduga kui ühe elektroodiga keevitamisel. Läbisulamise sügavus on selle juures 1,5—2 korda väiksem.

#### DETAILIDE ETTEVALMISTAMINE AUTOMAATKEEVITAMISEKS

Põkkliidete montaaž teostatakse detaili ette soojendamata eel-neva punktamise abil.

Poolavatud kaarega automaatkeevitamiseks on E. O. Patoni nim. Elektri keevituse Instituudi poolt välja töötatud rida traktor-tüüpi automaate.



Joon. 7. Alumiiniumi ja tema sulamite keevitamise traktor.

1 — otsik; 2 — räbustaja dosaator; 3 — ekrään; 4 — pool; 5 — gaasi ära-imemise sädemepüüdja.

Joonisel 7 on toodud automaat A-474. Tavalistest traktorauto-maatidest erineb ta spetsiaalse otsiku, räbustaja dosaatori, pooli ja gaasi äraimemise seadme poolest. Vastutusrikkaks detailiks on voolujuhtiv otsik, mis kindlustab suurema elektroodi väljaulatuse kui terase keevitamisel.

## GAAS-ELEKTRILINE (ARGOONI KESKKONNAS) KEEVITAMINE

Gaas-elektrilist keevitamist teostatakse: 1) mittesulava volfram-elektroodiga ja 2) sulava alumiiniumelektroodiga.

Esimene viis on leidnud tunduvalt laiemat kasutamist, kuna ta kindlustab õmbluste hea kvaliteedi.

Alumiiniumi ja tema sulamite keevitamisel võib inertsete gaasidena kasutada heeliumi või argooni. Argooni on parem kasutada käsitsi keevitamisel, kuna ta on õhust raskem ja kaitseb paremini keevitusvanni. Heeliumi keskkonnas keevitamisel on kaarleegi võimsus ja heeliumi kulu suurem. Seepärast on heelium eelistatavam automaatkeevitamisel.

Keevitamiseks kasutatav inertne gaas peab olema väga puhas. Heelium ei tohi sisaldada lisandeid üle 0,2%. Argoon ei tohi sisaldada hapnikku üle 0,05% ja lämmastikku üle 0,24%.

Alumiinium-magneesiumsulamite keevitamisel lämmastikusisaldus ei tohi ületada 0,06%, niiskusesisaldus — 0,3 g/m<sup>3</sup> gaasi kohta.

NSVL-s toodetakse mittesulavate ja sulavate elektroodidega keevitamiseks mitmesugust aparatuuri: НИАТ, ВНИИ Автоген (ЭЗР-1-54 ja ЭЗР-2-54), tehase «Elektrik» (ГПА-1, ГПА-2 ja ГПА-3) põletid käsitsi keevitamiseks jt.

Volframelektroodidega alumiiniumi ja tema sulamite keevitamisel argooni keskkonnas on kõige otstarbekohasem kasutada vahelduvvoolu. Kaarleegi ventiilse (alaldava) toime tõttu kasutatakse keevitamisel mittesulava volframelektroodi ja põhimetalli — alumiiniumi — vahel erilist kaare toiteskeemi. Skeem sisaldab kaks standartset paispoolidega keevitustransformaatorit, ballastreostaate ja ostsillaatorit. On olemas ka kaare toiteskeeme kondensaatoriga.

Alumiiniumi käsitsi keevitamise režiimid argooni keskkonnas vasest alusplaatidega on toodud tabelis 11.

Tabel 11

Metalli paksus mm	Õmbluse asend, voolutugevus amprites				Täitevarda läbimõõt mm	Argooni kulu 1/min
	alumine	vertikaalne	horisontaalne	ülemine (lae)		
1,5	—	75	—	75	—	7
3,0	140	130	—	140	3,0	8
6,5	290	—	260	245	3,0	12

Pökk-keevitamisel, kui metalli paksus on üle 1,6 mm, tuleb kasutada täitevarrast. Üleskeeratud servadega liiteid kasutatakse 0,8 kuni 2,0 mm paksusega lehtede puhul.

Vertikaalselt asetsevat põkkõmblust soovitatakse keevitada ülevalt alla, kui metalli paksus on kuni 5 mm ja alt üles, kui metalli paksus on suurem. Nurk- ja ülekattega liited keevitatakse alt üles. Kui üleskeeratud servadega ühendustes ääred sulavad, tuleb voolutugevust vähendada. Kaarleek süüdatakse õmbelse algusesse paigutatud söe- või grafiitvardal.

Kuni 10 mm paksusega esemeid keevitatakse eelsoojenduseta, suurema paksuse puhul võib kasutada kohalikku eelsoojendust kuni 100—150°C. Valandite valutühemike täiskeevitamisel soojendatakse detailid enne keevitamist kuni 350—400°C.

Sulava elektroodiga keevitamisel kasutatakse vastupolaarsusega alalisvoolu (pluss elektroodil). Kuni 4 mm paksusega metalli võib keevitada servi faasimata.

Sulava elektroodiga gaasijoas keevitamise režiimid on toodud tabelis 12.

Tabel 12

Lehe paksus mm	Eseme asend	Elektroodi läbimõõt mm	Argooni kulu l/min.	Voolutugevus A
5—12,5	Alumine, I-profiiliga tala	1,6	10—20	160—250
10 ja üle	sama	2,3	—	225—350
5 ja üle	Vertikaalne ja laeasend	1,6	10—20	140—225

#### ALUMIINIUMSULAMITE KONTAKTKEEVITAMINE

Olemasolevatest kontaktkeevituse viisidest leiab kasutamist punkt- ja joonkeevitamine. Alumiiniumsulamite põkk-keevitamist kasutatakse suhteliselt harva.

Kvaliteetsete liidete saamiseks tuleb tähelepanu pöörata:

- 1) pinna ettevalmistamisele;
- 2) ühenduse õige konstruktsiooni valikule;
- 3) vastava masina ja keevitamise režiimi valikule.

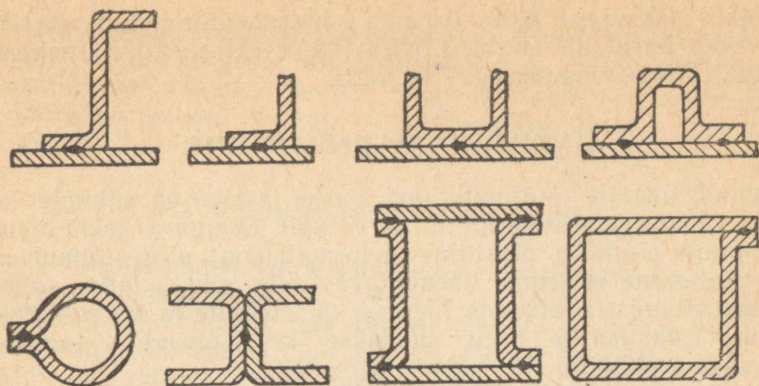
Keevisliidete tüübid on toodud joon. 8.

Keevitamise režiimid olenevad kõigepealt lehtede paksusest. Käesoleval ajal keevitatakse edukalt 0,04 kuni 5 mm paksusega metalli.

Orienteeruvad voolutugevused olenevalt lehtede paksusest on toodud tabelis 13.

Tabel 13

Lehtede paksus	Voolutugevus A (ligikaudsed väärtused)
0,04	12 · 10 <sup>2</sup>
0,5	15 · 10 <sup>3</sup>
1,5	22 · 10 <sup>3</sup>
2,5	28 · 10 <sup>3</sup>
4,8	42 · 10 <sup>3</sup>



Joon. 8. Keevisliidete tüüpe kontaktkeevitamisel.

Voolutugevus on samuti üleminekutakistusest. Mida suurem on takistus, seda väiksem peab olema voolutugevus. Voolutugevuse suurenemisega kasvab kuumade pragude tekkimise oht punkti südamikus. Samuti tekib selle juures võimalus sulametalli pritsimiseks ja teisi defekte.

Alumiiniumi ja tema sulamite keevitamisel kasutatakse võrdlemisi suurt survet. Katselised andmed elektroodide surve kohta on toodud tabelis 14.

Kui pind on ettevalmistatud mehaaniliselt, kasutatakse väiksemat survet kui keemiliselt puhastatud pinna puhul. Optimaalne keevitamise aeg valitakse olenevalt lehe paksusest, sulami margist jne. Kuni 2,5 mm paksusega detailide keevitamiseks kasutatakse lühikesi voolu impulsse kestvusega 0,08—0,3 sekundit.

Leningradi tehas «Elektrik» valmistab alumiiniumsulamite keevitamiseks impulssmasinaid: МТПИМ-200, mahtvuslikke МТПИК-200, МТИП-600 jt.

Tabel 14

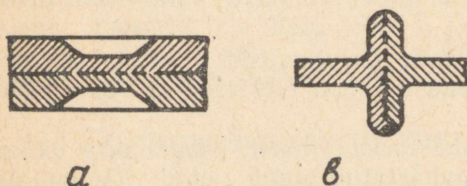
Lehtede paksus mm	Elektroodi läbimõõt mm	Sfääri raadius elektroodi otsas mm	Surve elektroodile kg	Rullelektrood	
				laius	läbimõõt
0,1	2	10	—	2	50
0,5	8	40	250	6	140—160
1,0	10—12	50	270	8	
1,5	13	65	290	10	
2,0	16	80	310	12	
2,5	20	100	350		
3,0	25	125	370		

Metalli paksusega 0,02—0,5 mm kondensaator punktkeevitamiseks võib kasutada Ukraina NSV TA Elektrotehnika Instituudi masinat TKM-4 võimsusega 100 vatti.

### ALUMIINIUMI KÜLMKEEVITAMINE

Puhtaid metalle — alumiiniumi, vaske ja teisi on võimalik keevitada välissoojendusega ainult surve abil. Seejuures tekib metalli kokkupuute pindades plastiline deformatsioon ning toimub metalli voolamine mõlemas ühendatavas osas piki puutuja pinda. Külmmkeevitamise protsessis laguneb oksüüdikile ja kõrvaldatakse mustus. Tihendamise tõttu saadakse keevisühendus tugevam, kuid vähem plastiline kui põhimetall.

Külmmkeevitamiseks on põhimõtteliselt kõlbulikumad kontaktkeevitusega samad ühenduste konstruktsioonid. Alumiiniumi külmmkeevitamist võib teostada pressiga templitel abil. Metallide summaarne paksus ühenduses on väiksem kui iga lehe paksus üksikult kui eelnevalt pole kasutatud materjali paksendamist nihke arvel põikisuunas (joonis 9).



Joon. 9. Ühendamine külmmkeevitamisel:  
a) lehed; b) traadid.

Juhtme ühendamiseks kasutatakse spetsiaalseid tange, mis kindlustavad õmbluselt põhimetallile sujuva ülemineku. Siin on tähtis mitte üksnes tugevus, vaid ka keevituskoha elektriline takistus, seepärast tuleb keevitamisel säilitada juhtmete ristlõiget. Külmenetlusel keevitatakse metalli paksusega kuni 4 mm.

### 3. MAGNEESIUMSULAMITE KEEVITAMINE

Erinevalt alumiiniumist ei kasutata magneesiumi puhtal kujul konstruktsioonides.

Magneesiumsulamite hulgast võib eraldada järgmisi grappe:

1) sulamid 1,5% mangaaniga (tõmbetugevus 22—24 kg/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{0,1}$  = 10—12 kg/mm<sup>2</sup>, pikenemine 7—11%);

2) sulamid 6—9% alumiiniumiga, tsingi ja mangaaniga (tõmbetugevus 12—20 kg/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{0,1}$  = 7—9 kg/mm<sup>2</sup>, pikenemine 2—7%);

3) sulamid tsirkooniumi ja tsingiga (tõmbetugevus 25—27 kg/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{0,1}$  = 16—18 kg/mm<sup>2</sup>, pikenemine 8—14%).

Nimetatud sulameid kasutatakse valanditena või valtsitud kujul. Kõige kergemini on töödeldavad ja keevitatavad mangaani sisaldavad sulamid. Suurtes kogustes vedel magneesium võib õhu käes põleda. Kartus, et magneesium keevitamisel võib süttida, on liialdatud, kuna ta omab suurt soojusjuhtivust.

### MAGNEESIUMSULAMITE GAASKEEVITAMINE

Magneesiumsulamite gaaskeevitamine toimub peamiselt atsetüleen-hapniku leegiga. Kevvitamise tehnika ja aparatuur on põhimõtteliselt sama, mis alumiiniumi keevitamisel. Erilist tähtsust omab rübustaja õige valik. Leelis- ja leelismuldmetallide kloriidid, millest koosnevad rübustajad magneesiumi keevitamiseks, põhjustavad niiskuse juuresolekul magneesiumi intensiivse korrodeerumise. Seepärast tuleb peale keevitamist hoolikalt kõrvaldada rübustaja ja räbu jäägid. Magneesiumi sulamite keevitamiseks kasutatavad rübustajad ei tohi sisaldada naatriumsoolasid. Mõningate rübustajate koostised magneesiumi sulamite keevitamiseks on toodud tabelis 15.

Tabel 15

Koostis	Soolade sisaldus kaalu osades				Märkused
	kaalium-kloriid	liitium-kloriid	kaalium-fluoriid	liitium-fluoriid	
1	8,1	8,3	—	—	Ülejäänud vesi
2	10	21	—	—	„
3	—	—	7,5	—	„
4	—	—	—	15	„

Peale vesilahuste võib kasutada ka pastasid, mis valmistatakse tab. 15 toodud sooladest metüülpiiritusega.

Gaaskeevitamisega ühendatakse tavaliselt lehti paksusega kuni 5 mm. Kuni 3 mm paksusega materjali korral servi ei faasita, vaid põkk-keevitamisel jäetakse väike pilu. Üle 3 mm paksusega metallil töödeldakse servad ühelt poolt 75—90° nurga all. Enne keevitamist tuleb lehtede servad hoolikalt puhastada. Selleks kasutatakse tetrakloorsüsinikku või leelise vesilahust. Magneesiumi leht kaetakse tavaliselt magneesiumkromaadi kaitsekihiga, mille kõrvaldatakse enne keevitamist terasharjaga.

Magneesiumsulamite keevitamiseks kasutatakse vasakpoolset keevitamist. Leek peab olema neutraalne või kergelt taandav.

Peale keevitamist kõrvaldatakse rübustaja jäägid kuuma veega. Kevvitatud detail asetatakse peale pesemist 2—5% kaalium- või naatriumbikromaadi lahusega vanni, kus hoitakse 1—2 tundi. Seejuures magneesiumi ja alumiiniumi sulamid asetatakse enne

töötlemist 10—15 sekundiks 5—10% lämmastikhappesse. Kui on vaja ühendust deformeerida, tuleb ta soojendada 350—400°C ja deformeerida mahajahtumisel kuni 270°C. Selles intervallis on magneesiumi ja mangaani sulamid küllalt plastilised. Magneesiumi ja alumiiniumi sulamite keevisühenduste deformatsioon pole madala plastilisuse tõttu soovitatav. Viimaseks operatsiooniks on kaitsekatte pealepanek õmblusele ja õmbluse lähedasele tsoonile. Soovitatakse järgmist viisi katte panekuks. Ese asetatakse 30 minutiks järgmise koostisega keevasse lahusesse:

ammooniumsulfaat . . . . .	3%	kaalu järgi
ammooniumbikromaat . . . . .	1,5%	„ „
kaaliumbikromaat . . . . .	1,5%	„ „
nuuskiiritus . . . . .	0,35%	mahu järgi

Naatriumkloriidi lisandid ei tohi ületada 0,5% kaalu järgi.

Keevisõmbluste tugevus moodustab 50 kuni 80% põhimetalli tugevusest.

#### MAGNEESIUMSULAMITE KAARKEEVITAMINE ARGOONI KESKKONNAS

Magneesiumsulamite juures kasutatakse peamiselt mittesulava volframelektroodiga keevitamist. Keevitamine on võimalik nii vastupolaarse alalisvooluga kui ka vahelduvvooluga ostsillaatori ja ballastreostaatide kasutamisel. Eelistatavam on argooni keskkonnas vahelduvvooluga keevitamine, kuna selle juures on kaar pikem ning võib teostada põkk- ja nurkõmblusi.

Põkkõmblused keevitatakse alusplaadiga, millel on soon vastasküljel tekkiva vöödi kujundamiseks. Alla 3 mm paksusega lehtedega servi ei faasita. Deformatsioonide vältimiseks asetatakse detailid kinnitusrakistesse. Kaarleek süüdatakse abimetallil ja siis kantakse üle põhimetallile. Täitematerjali metall peab olema sama koostisega kui keevitav detail. Täitevarras nihutatakse kaarleegi põlemise tsooni tõugetega 60—90° nurga all volframelektroodi suhtes. Kraater peab olema välja viidud detaili piirkonnast abiplaadile. 3—3,5 mm paksusega metalli keevitamiseks on vaja voolutugevust ca 100 A. Võrdeliselt paksuse suurenemisega kasvab voolutugevus. Peale keevitamist kaitstakse õmblust korrosiooni vastu samuti kui gaaskeevitamisel.

#### 4. VASE JA TEMA SULAMITE KEEVITAMINE

Vase sulamid jaotatakse keemilise koostise järgi kahte põhi-  
gruppi:

1) messing (valgevask) — põhiline legeeriv element on tsink ja 2) pronks — põhiline lisand tina ja teised elemendid.

Levinenumaks vase sulamiks on messing, milline võib olla tavaline ja spetsiaalne. Spetsiaalne messing sisaldab peale vase ja tsingi ka teisi metalle — alumiiniumi, pliid, mangaani, räni.

Pronkse jaotatakse samuti tavalisteks ja spetsiaalseteks. Spetsiaalsetes pronksides on põhilisteks legerivateks elementideks: alumiinium, tina, räni, mangaan, berüllium jt. Põhilise lisandi nimetusest saab nimetuse üks või teine pronksi mark.

Vase keevitavus oleneb suurel määral hapniku sisaldusest, milline esineb põhiliselt vase oksüüdina. Vase oksüüd on lahustuv vedelas metallis ning vähe lahustuv tahkes. Ta moodustab vasega kergelt sulava komponendi (eutektilise segu), mis koguneb kristallide piirile ja soodustab kuumpragude tekkimist. Kevvitavas vases ei tohi hapnikusisaldus ületada 0,03%, ja vastutusrikastes detailides peab hapnikku olema vähem kui 0,01%.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata hapnikusisaldusele vases 4 mm ja paksemate detailide keevitamisel. Kuumpragude tekkimise seisukohalt on kahjulikud vismuti ja plii lisandid. Vases need elemendid peaaegu ei lahustu ja annavad vasega kergelt-sulavaid eutektilisi segusid.

Vase keevitamist raskendab tunduvalt poorsus, mis on tingitud vesiniku või veeauru mullikeste eraldumisest õmbluse metalli kristalliseerumisel.

Vase keevitamisel tuleb eelistada põkkõmblusi ja ei soovitata T-kujulisi ning ülekattega liiteid.

## VASE KEEVITAMINE

**Gaaskeevitamine.** Vase gaaskeevitamine toimub põhiliselt neutraalse atsetüleen-hapniku leegiga. Põleti leek tuleb hoida täisnurga all keevitatavatele lehtedele 3—6 mm kaugusel keevitusvanni pinnast. Vaske keevitatakse tavaliselt vasakpoolse meetodiga. Kevvitada tuleb pidevalt ja võimalikult kiirelt.

Kuni 3 mm paksusega vaske keevitatakse servade faasimiseta maksimaalse piluga kuni 1 mm. Suuremate paksuste korral on soovitatav servade faasimine 65—70° nurga all, kusjuures faasimata osa paksus on 1,5 mm ja pilu suurus kuni 1,5 mm.

Vase keevitamise režiimid on toodud tabelis 16.

Täitematerjalina kasutatakse tavaliselt mark M1 või M2 vasktraati, milline sisaldab minimaalsel hulgal hapnikku. Mõningatel juhtumitel kasutatakse vastutusrikaste detailide keevitamisel fosfori (kuni 0,03—0,08%) või räni (0,5—1,0%) lisanditega vasktraati.

Keevitamisel tekkivate vase oksüüdide lahustamiseks ja eemaldamiseks soovitatakse kasutada spetsiaalseid rübustajaid. Laia kasutamist on leidnud tabelis 17 toodud rübustajad.

Vasklehtede eelnev punktimine pole lubatud. Põleti liikumine on sama, mis terase keevitamiselgi. Pärast servade soojendamist sulamisele lähedase temperatuurini, kaetakse mõlemad servad

Tabel 16

Metalli paksus mm	Täitevarda läbimõõt mm	Põleti düüsi number	Gaaside kulu l/m	
			atsetüleen	hapnik
1	1,5	2	135—250	140—260
1,5		3		
2,0	2	4	400—700	420—760
3,0				
4	4	5	700—1100	750—1170
5				
6	5	6	1050—1750	1170—1900
8				
10	6	7	1700—2800	1900—3100

räbustaja õhukese kihiga. Kui kasutatakse pastakujulist räbustajat, siis määratakse ta pintsliga servadele 20—25 mm laiuselt ja samuti täitevardale. Servi ja traati peab sulatama üheaegselt. Keevitusvanni ei tohi liiga vedelasse olekusse viia. Peale 75—100 mm pikkuse õmbluse teostamist on vaja õmbluse lähedast piirkonda põletiga hästi soojendada.

Tabel 17

Räbustaja nr.	Komponentide nimetus	Räbustaja koostis kaalu %-des			
		nr. 1	nr. 2	nr. 3	nr. 4
1	Booraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )	100	50	50	56
2	Boorhape ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	—	50	35	—
3	Naatriumvesinikfosfaat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )	—	—	15	—
4	Kaaliumkarbonaat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ )	—	—	—	22
5	Naatriumkloriid ( $\text{NaCl}$ )	—	—	—	22

Vaske paksusega 15—20 mm keevitatakse vertikaalses asendis lühikeste 80—150 mm osade kaupa, järgnevalt sepistatakse 600—900°C juures. Räbu ja räbustaja jäänused eemaldatakse enne sepistamist.

Gaaskeevitamisel saadakse tavaliselt madalate mehaaniliste omadustega õmblus. Õmbluse kvaliteedi parandamiseks kasutatakse mehaanilist ja termilist töötlemist:

1) õmbluse sepistamine peeneteralise struktuuri saamiseks. Kuni 5 mm paksusega metalli sepistatakse külmalt, suurema paksusega aga kuumalt 400—500°C juures;

2) lõõmutamine ja kiire jahutamine hapruse vähendamiseks. Õmblus soojendatakse ääsil või põletiga 500—600°C temperatuurini ja detail lastakse vette või kastetakse veejoaga.

## KÄSITSI KAARKEEVITAMINE

Vase käsitsi keevitamisel kasutatakse mitmeid elektroodide marke.

Tehastes tarvitatakse vase keevitamisel elektroode «Komsomolets-100», kasutades vastupolaarsusega alalisvoolu. Elektroodi translatoorne edasi-tagasi liikumine vase keevitamisel kindlustab paremat õmbluse formeerimist. Vase keevitamisel tuleb eset eelnevalt kohalikult soojendada 250—300°C.

Elektroodidega «Komsomolets-100» vase põkkühenduste keevitamise režiimid on toodud tabelis 18.

Tabel 18

Metalli paksus mm	Kihtide arv	Elektroodi läbimõõt mm	Keevitamise režiim	
			voolu tugevus A	kaare pingeline V
2	2	3	100—120	
3	2	4	140—160	26—28
4	2	5	200—220	
5	2	5	220—240	
6	2	5	230—250	
8	3	5	240—260	26—28
10	3	5	250—270	
12	2	6	260—280	
14	4	6	270—290	
16	4	6	280—300	28—30
18	6	6	290—320	
20	6	6	330—360	

Kuni 4 mm paksusega metalli keevitatakse servade faasimiseta; kuni 10 mm — ühepoolse faasimisega 60° ja faasimata osa paksusega 1,5 kuni 3 mm. Suurema paksuse juures soovitatakse X-kujulist servade faasimist.

Elektroodidega «Komsomolets-100» keevitatud vase mark M3 õmblusmetalli ja keevisliite mehaanilised omadused on toodud tabelis 19.

Tabel 19

Pealekeevitatud metall			Keevisliide	
tõmbetugevus kg/mm <sup>2</sup>	suhteline pikenemine %	löögitugevus kgm/cm	tõmbetugevus kg/mm <sup>2</sup>	paindenurk kraadides
20—22	18—20	6—8	18—20	120—180

«Komsomolets-100» elektroodide kate koosneb järgmistest komponentidest:

Sulapagu . . . . .	10%
Pöllupagu . . . . .	12%
Ränivask . . . . .	20%
Ferromangaan MH-1 . . . . .	38%
Vesiklaas (erikaal 1,35) . . . . .	20%

Kasutatakse järgmise koostisega ränivaske: 74—75% Cu; 24—25% Si ja 0,4—0,5% P. Täitevardana kasutatakse vasktraati mark M1, M2, M3.

Kõik elektroodi katte komponendid jahvatatakse peeneks ja sõelutakse läbi sõela, millel on 2500—2600 auku  $\text{cm}^2$  kohta. Katte paksused olenevalt elektrooditraadi läbimõõdust on toodud tabelis 20.

Tabel 20

Elektrooditraadi läbimõõt mm	3	4	5	6
Elektroodi katte paksus mm	0,35—0,40	0,40—0,45	0,50—0,55	0,75—0,80

Pärast katte pealemäärimist kuivatatakse elektroode toatemperatuuril 4—6 tundi, seejärel kuumutatakse 3—4 tundi 200—300°C juures.

MM3-2 marki elektroodide kasutamine võimaldab teostada vase keevitamist nii vahelduv- kui ka alalisvooluga (vastupolaarusega). Kevvitamise režiimid on umbes samad, mis «Komsomolets-100» elektroodide puhul.

Õmbluse metalli keemiline koostis on järgmine: 96,6—97,0% Cu; 0,6—0,8% Mn; 0,13—0,3% Al; 1,35—1,48% Si;  $\leq 0,7\%$  Fe ja  $\leq 0,05\%$  Pb.

Õmbluse metalli tõmbetugevus  $\sigma_b = 26—28 \text{ kg/mm}^2$ , suhteline pikenemine  $\sigma_s = 31,0—46,5\%$ .

Elektroodide MM3-2 kate on järgmine:

Simanaal . . . . .	43,0%
Sulapagu . . . . .	30,0%
Pöllupagu . . . . .	14,0%
Grafiit . . . . .	8,0%
Potaš . . . . .	5,0%
Vesiklaas (erikaal 1,28—1,34) kuivade komponentide summast . . . . .	45—55%

Simanaal peab olema järgmise koostisega: kuni 0,12% C; 31—35% Si; 19—22% Mn; 27—30% Al; kuni 0,025% S ja kuni 0,5% P.

Katte paksus valitakse olenevalt elektrooditraadi läbimõõdust tabel 21 andmeil.

Elektrooditraadi läbimõõt mm	3	4	5	6
Elektroodi katte paksus mm	0,5—0,65	0,55—0,75	0,60—0,80	0,70—0,85

### AUTOMAATKEEVITAMINE RÄBUSTAJA KIHİ ALL

Vase keevitamiseks rübustaja kihi all kasutatakse tavalisi keevitusautomaate ja -poolautomaate.

Vase automaatkeevitamisel kasutatakse vastupolaarsusega alalisvoolu ja järgmisi rübustajaid: AH-348-A, OClI-45 või AH-20. Soovitatakse kasutada kalestatud elektrooditraati mark M1 või M2.

2 kuni 6 mm paksusega vaske keevitatakse servade faasimisetä ja keevisõmblus teostatakse ühekordse keevitusega; üle 6 mm paksusega esemete keevitamisel on vajalik servade V-kujuline faasimine 60° nurga all. Et vältida sulatatud vase voolamist läbi pilude, tuleb keevitada grafiitplaadil või rübustaja padjal.

Vase põkkühenduste automaatkeevitamise režiimid on toodud tabelis 22.

Tabel 22

Metalli paksus mm	Pilt mm	Elektrooditraadi läbimõõt mm	1. õmbluse keevitamise režiim			2. õmbluse keevitamise režiim		
			voolutugevus A	pinge V	keevitamise kiirus m/h	voolutugevus A	pinge V	keevitamise kiirus m/h
2	0÷1	1,4	140—160	30—35	25	—	—	
3	0÷1	2,0	190—210		20	—	—	
4	1÷1,5	2,0	250—280		25	—	—	
5	1÷1,5	2,0	310—320		25	—	—	
6	1,5÷2	2,0	330—340		25	—	—	
8	1÷1,5	3	360—380	35—38	20	390—410	20	
10	1÷1,5	3	470—490		20	540—560	35—38	20
12	1,5÷2	4	500—510		20	570—580	—	20

Kiievi masinaehitustehases «Bolševik» kasutati 12 mm seinapaksusega vasest aparatuuri valmistamisel rübustaja kihi all keevitamist kimpelektroodiga. Kimpelektroodiga keevitamisel kulgeb protsess stabiilsemalt võrreldes üksiku elektroodiga ja õmbluse metall formeerub paremini.

Vase põkkliidete keevitamise režiimid kimpelektroodiga on toodud tabelis 23.

Keevitava metalli paksus mm	Pilu mm	Elektroodi traadi läbimõõt mm	Elektroodide telgedevaheline vahe mm	Keevitamise režiimid		
				voolutugevus A	pinge V	keevitamise kiirus m/h
4	0÷1	2	8	250—300	36—40	25,0
5	0÷1	2	8	300—350		20,0
6	0÷1	2	8	350—400		20,0
8	1÷1,5	2	8	500—600	40—45	18,0
10	1÷1,5	2	8	600—700		18,0
12	1÷1,5	2	8	700—800		16,0

Kimpelektroodiga vase keevitamisel kasutatakse vastupolaar-susega alalisvoolu. Keevisõmblused on hea plastilisusega — paindenurk 180°.

#### VASE GAASELEKTRILINE KEEVITAMINE

Vase ja tema sulamite kaarkeevitamisel argooni keskkonnas mitesulava volframelektroodiga saadakse kõrge kvaliteediga keevisliiteid. Vaske keevitatakse argooni keskkonnas nii päripolaarsusega alalisvooluga (elektrood-miinus) kui ka vahelduvvooluga.

Hea kvaliteediga õmbluse saamiseks tuleb kasutada suurema puhtusega argooni (99,8%).

Vase kaarkeevitamine argooni keskkonnas toimub tavaliselt paremalt vasakule, kallutades elektroodi detaili suhtes 80—90° nurga võrra ette. Täitevarda kaldenurk peab olema 10—15°, elektroodi väljalatuv osa pikkus 5—7 mm. Eelnev soojendamise kindlustab tihedama õmbluse.

Sobivad keevitusrežiimid on toodud tabelis 24.

Vase keevitamisel võib täitematerjalina kasutada järgmisi sulameid: vase-kroomi sulam 1,0—1,2% Cr, ülejäänud vask või räni-mangaanvask mark KML-3-1 (2,75—3,5% Si, 1,0—1,5% Mn ja ülejäänud Cu).

Tabel 24

Keevitava metalli paksus mm	Volframelektroodi läbimõõt mm	Täitetraadi läbimõõt mm	Voolutugevus A	Gaasi kulu l/min.	Keevitamise kiirus m/h
1,2	2,5—3,0	1,6	120—130	7,0—8,5	10—12
1,5	2,5—3,0	2,0	140—150	7,0—8,5	
2,5	3,5—4,0	2,5—3,0	220—230	7,5—9,5	
3,0	3,5—4,0	2,5—3,0	230—240	7,5—9,5	

## KAARKEEVITAMINE LÄMMASTIKU KESKKONNAS

Viimasel ajal soovitatakse mõnede värviliste metallide keevitamisel kasutada kaitsegaasina lämmastikku.

Vase kaarkeevitamisel lämmastiku keskkonnas kasutatakse päripolaarsusega alalisvoolu, tarvitades volfram- või söe-elektroode ja vasest mark M1 või M2 täitematerjali.

Vase keevitamise režiimid on toodud tabelis 25.

Tabel 25

Keevitatava metalli pak-sus mm	Täitevarda läbimõõt mm	Gaasi rõhk atü.	Elektroodide läbi-mõõt mm		Düüsi ava läbi-mõõt mm	Voolu-tugevus A
			söe	volfram		
1,2—1,5	1,6—2,0	0,1—0,15	4—5	2,5—3,0	6—8	120—130
2,5—3,0	2,5—3,0	0,1—0,15	5—6	3—4	8—10	200—230

Kvaliteetse keevisliite saamist kindlustab vastavate taandajatega rübustaja kasutamine. Parimaid tagajärgi annab rübustaja koostise ferfosfori, alumiiniumpulbri, ferrosiiliitsiumi ja ferromangaani lisamine.

### MESSINGI KEEVITAMINE

**Gaaskeevitamine.** Messingi gaaskeevitamisel kasutatakse tavaliselt põhimetalliga keemiliselt sama koostisega täitematerjale. Kõrgendatud tsingi sisaldus intensiivse väljapõlemise tõttu raskendab tiheda õmbluse saamist. Messingi gaaskeevitamisel ulatub tsingi väljapõlemine 20%-ni. Seepärast tuleb messingi keevitamisel respiraatorit kasutada. Tsingi auramist saab tunduvalt vähendada kasutades räni, mangaani, raua jt. lisanditega leegeritud täitematerjale.

«ВНИИ-Автogen» soovib tsingi väljapõlemise vähendamiseks kasutada messingi keevitamisel 0,3—0,7% räni sisaldusega täitematerjali. Tina kutsub esile hapruse, kui tema sisaldus ületab 0,7%. Messingi ЛК-62 keevitamist täitematerjaliga ЛК-62-0,5 (koostis välja töötatud «ВНИИ-Автogen»-i poolt) teostatakse leegiga hapniku liias, kasutades rübustajana veevaba booraksit.

Mark ЛК-62-0,5 täitematerjali keemiline koostis ТУИМО 1327-54 järgi peab olema: 60,5—63,5% Cu; 0,3—0,7% Si; ≤ 0,995% Sb; ≤ 0,002% Bi; ≤ 0,08% Pb; ≤ 0,15% Fe ja ≤ 0,01% P.

Väga tähtis on vastava võimsusega põleti valik. Liialt võimsate põletite kasutamisel messing ülekuumeneb ja tsink põleb intensiivselt välja.

Põleti leegi võimsust  $V_a$  soovitatakse valida valemi järgi:

$$V_a = (100-120)\sigma \quad 1/\text{tunnis},$$

kus  $\sigma$  — keevitatava metalli paksus mm-tes.

Messingi keevitamisel peab leegi südamik olema 8—10 mm kaugusel keevitusvannist. Leek peab olema väikese hapniku liiaga.

Väikese paksusega messingit keevitatakse eelsoojendamiseta; üle 10 mm paksuse puhul soovitatakse teise põletiga teostada eelsoojendamist.

**Messingi kaarkeevitamine.** Kaarkeevitamist kasutatakse messingi ЛК-80-3 valudefektide parandamiseks. Keevitamist teostatakse söe- ja metallelektroodidega.

Valu vead (poorid, räbupesad jne.) tuleb kõrvaldada puhta metallini. Väljaraiutud kohtade tahud peavad olema lamedad. Valandites olevate pragude ottesse puuritakse augud läbimõõduga 6—8 mm. Servi faasitakse 65—70° nurga all.

Sulamist ЛК-80-3 elektroodide kasutamine Kiievi Polütehnilise Instituudi (КПИ) poolt soovitatud kattega kindlustab õmb-luse tõmbetugevuse  $\sigma_B = 25-28 \text{ kg/mm}^2$  ja paindenurga 98—120°.

КПИ elektroodi kate koosneb:

Veevaba booraks . . . . .	20%
Vase-räni ligatuur (25% Si; 3% Fe; 0,5% P) . . . . .	26%
Naatriumkloriid . . . . .	15%
Sulapagu . . . . .	17%
Põllupagu . . . . .	9%
Kaaliumbikromaat . . . . .	7%

Katte koosseisu kuuluvad komponendid peenendatakse ja sõelutakse läbi sõela, millel on 900—1200 auku  $\text{cm}^2$  kohta. Segu segatakse värvitu nitrolakiga kuni ühtlase hapukooretaolise massini. Kate kantakse elektroodidele massi kastmise teel. 4 mm läbimõõduga elektroodidel on kihi paksus 0,5—0,6 mm, 6 mm läbimõõduga elektroodidel — 0,6—0,7 mm. Kaetud elektroodid kuivatatakse toatemperatuuril 1,5—2,0 tunni vältel ja siis kuumen-datakse 180—200°C juures 2—3 tundi.

Messingit keevitatakse tavaliselt ühe läbimisega ja võimalikult kiiresti. Keevitamisel tuleb vältida õmb-luse korduvat keevitamist, mis põhjustab liigset ülekuumenemist, suureneb tsingi aurustumine, kristallide kasvamine ja mõnikord tekivad ka kuumad praod õmb-lustes ja õmb-luste lähedal.

Kuni 3 mm paksusega messing keevitatakse servade faasimiseta; üle 3 mm paksusega metalli puhul tuleb servad faasida V-kujuliselt nurgaga 70°.

Peale keevitamist on soovitatav detaile keevituspingete kaotamiseks termiliselt töödelda 450—500°C juures.

## MESSINGITE Л 62 JA ЛО 62-1 KEEVITAMINE SÖEELEKTROODIDEGA

Keevisliited, mis on teostatud söeelektroodiga ja täitematerjaliga sulamist ЛК 80-3, on kõrgete mehaaniliste omadustega: tõmbetugevus 36—40 kg/mm<sup>2</sup>; paindenurk 170—180°.

Soovitatakse järgmise koostisega К80-3 sulamit: 79—81% Cu; 3,0—3,8% Si; 14—16% Zn; 1% Mn; ≤ 0,6% Fe; ≤ 0,3% Sn; ≤ 0,10% Pb; ≤ 0,1% Sb ja ≤ 0,1% Al.

Parimateks on tahita söeelektroodid pikkusega 80—120 mm, mis on 30—35 mm pikkuselt teritatud koonuseks, teraviku ümardusraadiusega 2—2,5 mm.

Söeelektroodiga keevitamisel kasutatakse päripolaarsusega alalisvoolu (miinus on elektroodil). Keevitamine toimub tavalisel vasakpoolsel meetodiga kaare translatoorsel edasi-tagasi liikumisel.

Messingi põkkliidete söeelektroodiga kaarkeevitamise režiimid on toodud tabelis 26.

Tabel 26

Keevitatava metalli paksus mm	Söeelektroodi läbimõõt mm	Täitevarda läbimõõt mm	Keevitamise režiim	
			Voolu tugevus A	Pinge V
3	6	4	180—200	30—35
4	8	5	200—240	
5	10	6	240—270	
6	14	7	270—300	
7	16	8	300—320	
8	18	8	320—350	
10	18	8	400—450	35—40
12	20	8	450—470	
14	20	10	470—500	
16	20	10	500—550	

Kuni 10 mm paksuse messingi keevitamine toimub eelsoojendamiseta. Üle 10 mm paksuse messingi keevitamisel soovitatakse kasutada kohalikku eelsoojendamist kuni 300—350°C.

Messingit keevitatakse ainult alumises asendis.

Messingi söeelektroodiga kaarkeevitamine toimub rübustaja all.

Messingi keevitamisel kõige enam kasutatav rübustaja БЛ-3 koosneb:

krüoliit . . . . .	35%
kaaliumkloriid . . . . .	50%
naatriumkloriid . . . . .	12,5%
puusüsi . . . . .	2,5%

Rübustaja kantakse varrastele kuivade peenendatud komponentide seguna tolmutamise teel. Sideaineks on vesiklaasi vesilahus (erikaal 1,3—1,35). Vesiklaas määratakse enne rübusta-

jaga tolmutamist pintsliga õhukese kihina varrastele. Tolmuga kaetud vardad kuivatatakse toatemperatuuril 2—3 tundi.

### ALUMIINIUMPRONKSIDE KEEVITAMINE

Erineva alumiiniumsisaldusega (kuni 10—13%) pronkside keevitamise viisidest annab paremaid tagajärgi söeelektroodiga keevitamine. Kvaliteetseid liiteid saab ka kaarkeevitamisel mittesulava elektroodiga argooni keskkonnas ja kaarkeevitamisel metallelektroodiga.

Söeelektroodiga keevitamisel kasutatakse 80% krüoliiti ja 20% naatriumfluoriidi sisaldavat räbustajat. Täitematerjal võib olla koostiselt sama kui keevitatav metall. Paremaid tagajärgi annab kõrgendatud alumiiniumsisaldusega täitevarras, näiteks: 11,3% Al; 5,7% Ni; 0,4% Mn; 0,1% Fe; ülejäänud — Cu.

Söeelektroodiga keevitamisel kasutatakse vastupolaarsusega alalisvoolu. Keevitamise optimaalsed režiimid on toodud tabelis 27.

Tabel 27

Täitevarda läbimõõt mm	Söeelektroodi läbimõõt mm	Voolutugevus A
3—4	5	60—80
4—5	6	110—130
5—6	10	190—250
6—8	12	280—350

Alumiiniumpronkside keevitamine metallelektroodiga toimub vastupolaarse alalisvooluga. Keevitatakse lühikese kaarega, elektroodi translatoorsel edasi-tagasi liikumisel. Põhi- ja pealesulatatava metalli paremaks kokkusulamiseks soovitatakse eelnevat või kaasaskäivat soojendamist 200—300°C juures. Keevitatavad kohad tuleb hoolikalt puhastada oksüüdist ja tagist.

Alumiiniumpronksist detailide keevitamise režiimid on toodud tabelis 28.

Tabel 28

Elektroodi läbimõõt mm	Elektroodi katte paksus mm	Keevitamise režiimid	
		Voolutugevus A	Pinge V
4	0,8÷1,0	160÷180	30—36
5	1,0÷1,2	200÷220	
6	1,2÷1,4	240÷260	

Pronksi keevitamisel kasutatakse elektroodidena põhimetalli keemilise koostisega 350—400 mm pikkuseid vardaid.

Elektroodide kate koosneb järgmistest komponentidest:

krüoliit . . . . .	35%
kaaliumkloriid . . . . .	50%
naatriumkloriid . . . . .	12,5%
puusüsi . . . . .	2,5%

Katte komponendid peenendatakse ja sõelutakse läbi sõela, millel on 600 auku  $\text{cm}^2$  kohta ja segatakse veega. Pärast lisatakse 100 g kuiva massi kohta 30—35 ml vesiklaasi lahust (erikaal 1,3—1,35). Elektroodid kaetakse kastmise teel katte lahusesse. Järgnevalt elektroodid kuivatatakse toatemperatuuril 6—12 tundi ja peale seda kuumendatakse 200—250°C juures 3—4 tunni jooksul.

## 5. NIKLI JA TEMA SULAMITE KEEVITAMINE

Nikli sulamitest kasutatakse keevisliidetes järgmiseid:

1. Monell-metall (niklit 65—70%, vaske 27—29%, rauda 2—3%, mangaani 1,2—1,8%) on korrosioonikindel hapete ja leeliste suhtes.

2. Nikroom (niklit 55—60%, kroomi 15—18%, ülejäänud raud), kasutatakse elektri kütteelementide ja kõrgete temperatuuride juures töötavate detailide valmistamiseks.

3. АЛЪНИ-tüüpi sulamid, mis sisaldavad niklit, rauda, alumiiniumi ja vähesel hulgal mangaani, räni ning vase lisandeid. Neid kasutatakse transformaatorite, elektri- ja raadioaparatuuri tootmiseks. Nikli ja raua sulameid kasutatakse laialt valudetailide valmistamiseks.

4. Nimonik — nikli sulamid, mis sisaldavad kuni 20% kroomi ja on täiendavalt legeeritud titaani, alumiiniumi, molübdeeni, volframi ja koobaltiga, omavad kõrget kuumuskindlust.

Põhiliseks raskuseks nikli keevitamisel on tema suur hapniku neeldumisevõime. Oksüüdid õmbluse metallis vähenevad järsult plastilisi omadusi ja korrosioonikindlust. Vesinik lahustub rohkem vedelmetallis kui tahkes. Vesiniku ja veeauru eraldumine õmbluse moodustamisel võib tekitada poorsust ja pragusid. Väävel on üks kahjulikumatest nikli lisanditest, ta muudab metalli hapraks isegi 0,005% koguses. Väävel ja süsinik põhjustavad pragusid keevisõmblustes. Magneesium nõrgendab vääveli mõju. Samuti on kasulik lisada keevisõmblusesse vähesel hulgal titaani.

Niklist ja tema sulamitest valmistatud detailid ühendatakse gaas-, kaar- ja kontaktkeevitamisega.

## GAASKEEVITAMINE

Niklist ja paljudest tema sulamitest valmistatavate eriti väikese paksusega detailide puhul leiab laia kasutamist atsetüleen-hapnikuga keevitamine. Sellel keevitamise meetodil on oluline õige

räbustaja kasutamine. Soovitatavate hulka kuulub järgmise koostisega räbustaja (kaalu osades):

Boorhape . . . . .	50
Booraks . . . . .	10
Magneesiumkloriid . . . . .	5
Mangaankloriid . . . . .	5
Koobalkloriid . . . . .	15
Liitiumkloriid . . . . .	5
Ferrovanaadium . . . . .	15
Ilmeniit . . . . .	15
Baariumühilhapend . . . . .	5
Alumiiniumi pulber . . . . .	5

Mangaani, titaani või teiste taandajate sisalduse korral täitematerjalis jäetakse räbustaja koostisest välja ferrovanaadium, alumiinium ja ilmeniit.

Räbustaja komponendid peenendatakse ja sõelutakse läbi sõela, millel on 2400—3000 auku  $\text{cm}^2$  kohta. Räbustaja koostamisel lisatakse viimastena magneesiumkloriid ja liitiumkloriid. Veega pudrutaoliseks massiks lahustatud räbustaja kantakse täitematerjali traatidele ja keevitatava detaili servadele. Kasutatakse ka lihtsama koostisega räbustajaid (kaalu %des):

a) kaltsiumfluoriid . . . . .	15
kustutatud lubi . . . . .	17
boorhappe anhüdriid . . . . .	23
naatriumklaas . . . . .	45
b) booraks . . . . .	50
boorhape . . . . .	50

Nikli keevitamisel kasutatakse täitematerjalina traati või lehtniklist mark HI lõigatud ribasid. Vastutusrikaste konstruktsioonide keevitamisel soovitatakse kasutada väga puhtast niklist (karboniilniklist) täitevardaid ja samuti väikestes kogustes mangaani, räni, titaani ja teiste taandavate elementide lisandeid, mis vähendavad õmbluse poorsust ja väävli poolt esile kutsutud haprust. Tehnilise nikli mitmekihilisel keevitamisel kasutatakse nikroomist mark ЭИ-334 (kroomi 20,7%; niklit 74,5%) täitematerjali.

Keemisühenduse kvaliteeti mõjutab tunduvalt atsetüleeni puhatus. Viimane võib olla õmbluse väävliga mustumise allikaks.

Atsetüleen-hapnik keevitamisel teostatakse eelnev kohalik soojendamine neutraalse gaasipõleti leegiga. Keevitatakse väheses atsetüleeni liias. Põleti valitakse selliselt, et kindlustada gaasi kulu umbes 100 l/tunnis iga millimeetri keevitatava metalli paksuse kohta. Tavaliselt valitakse põleti düüs ühe numbri võrra suurem kui sama paksusega terase keevitamisel.

Defektideta õmbluse saamiseks on vajalik detaili servi puhastada.

Kuni 1 mm paksusega niklit keevitatakse mööda üleskeeratud servi. 1—2 mm paksune metall keevitatakse ühe läbimisega servi

faasimata. Suure paksusega metalli põkk-keevitamiseks on vaja V-kujulist servade faasimist. Tavaliselt töödeldakse servi 70° nurga all.

Õhukeste niklilehtede puhul kasutatakse vasakut keevitusviisi, paksude lehtede puhul paremat.

### KAARKEEVITAMINE ELEKTRIGA

Üle 2 mm paksusega nikli ja tema sulamite keevitamiseks kasutatakse kaarkeevitamist argooni keskkonnas ja kaetud metall-elektroodiga keevitamist. Nikli ja monell-metalli keevitamine söe-elektroodiga on piiratud. Nikli ja tema sulamite soojuslikud ja füüsikalised omadused on lähedased terase omadustele, seepärast on lähedane ka energiakulu keevitamisel.

Kaarkeevitamisel argooni keskkonnas kasutatakse päripolaarsuuga alalisvoolu. Mittesulava elektroodiga nikli keevitamist teostatakse nii käsitsi kui ka automaatidega. Inertsed gaasid — argoon või heelium peavad olema väga puhtad. Õmbluste kaitseks pooride vastu tuleb keevitada lühikese kaarega. Õmbluse vastupidavust poorsusele võib tõsta lisades inertsele gaasile vähesel hulgal hapnikku (kuni 5%).

Kaetud elektroodidega käsitsi keevitamisel kasutatakse vastupolaarsusega alalisvoolu. Allpool on toodud mõned ВНИИХИММАШ'i poolt soovitatavad elektroodide katted (kaalu %-des) tehnilise nikli Н1, nikroomi ЭИ-442 ja nikli-molübdeeni sulami ЭИ-460 keevitamiseks.

1. Elektroodide kate nikli Н1 keevitamiseks (elektrooditraad on valmistatud niklist Н1):

marmor	40
sulapagu	48,5
ferromangaan	3,5
ferrosiliitsium	3,0
kvartslüiv	3,0
kaltsineeritud sooda	2,0
naatrium-vesiklaas (teiste komponentide summast)	30

Katte kaalu suhe varda kaalusse on 25—30%.

2. Elektroodide kate nikroomi ЭИ-442 keevitamiseks (traat on sama koostisega, mis põhimetall):

marmor	55
sulapagu	30
kaoliin	5
ferrosiliitsium	5
ferrotitaan	5
naatrium-vesiklaas (teiste komponentide summast)	30

Kate segatakse potaši lahusega (400 g potaši 1 l vee kohta).

Katte paksus peab olema 0,2 elektroodi läbimõõtu.

3. Elektroodide kate nikkel-molübdeensulami ЭИ-460 keevitamiseks (traadi koostis on analoogiline põhimetalli koosseisuga):

marmor . . . . .	55
sulapagu . . . . .	30
ferrosiilsium . . . . .	5
ferrotitaan . . . . .	5
kaoliin . . . . .	5
naatrium-vesiklaas (teiste komponentide summast) . . . . .	30

Katte kaalu suhe varda kaalusse on 25—30%.

Nikli ja mõningate tema sulamite keevitamiseks võib kasutada automaatset või poolautomaatset kaarkeevitamist aluseliste (vähese räniga) räubustajate all. Sulamite «Nimonik» keevitamisel võib saada häid tagajärgi kasutades hapnikuvaba räubustajaid АН-Ф5.

### KONTAKTKEEVITAMINE

Nikli sulamitest detailide keevitamiseks on kõige lihtsam kasutada kontaktkeevitamist. Tehnilist niklit on kontaktmeetodil raske keevitada. See on seletatav sellega, et niklil on suurem elektri juhtivus kui sulamil, mille põhikomponendiks on nikkel. Soojuskindlate sulamite keevitamisel soovitatakse keevitustsooni intensiivselt jahutada. Selleks paigutatakse keevitav detail ja elektroodid vette või jahutatakse veejoaga.

Elektroodid valmistatakse vase sulamitest kõvadusega  $R_B = 65-85$ .

Punktkeevitamise jaoks valitakse sfäärilise pinnaga elektroodide läbimõõdud olenevalt keevitatava metalli paksusest:

Lehe paksus mm . . . . .	0,5—1,5	1,5—2,5	2,5—3,0
Elektroodi läbimõõt mm . . . . .	3—6	6—8	8—10

Enne keevitamist tuleb hoolikalt puhastada detailide pinnad. Selleks kasutatakse söövitajaid (peitse). Nikli põkk-keevitamisel on vaja suuremat voolutugevust kui terase keevitamisel. Kvaliteetse keevisõmbluse saamiseks tuleb metalli ülekuumenemise ärahoidmiseks valida minimaalne vool.

### 6. MOLÜBDEENI KEEVITAMINE

Molübdeeni hakati alles hiljuti kasutama kõrgetel temperatuuridel töötavate detailide materjalina. Molübdeen on kõrge sulamistemperatuuriga (2620°C) ja suure soojusjuhtivusega. Selle tõttu on tema keevitamiseks kõlbulikud kõrge soojuse kontsentratsiooniga meetodid: kaarkeevitamine argooni keskkonnas, aatomvesinik ja kontaktkeevitamine.

Kuumutamisel suurenevad molübdeeni terad ja ta muutub hapraks. Tema oksüüdid lenduvad juba 650°C juures. Metallide keevitavust määrab lisandite sisaldus ja eeskätt hapniku olemasolu.

Tööstuses kasutatakse kahte sorti metalli: valtsitud ja kaarleekahjus sulatatud. Viimane sisaldab vähem hapnikku. Hapniku sisaldusel üle 0,004% on õmblused vähe plastilised. 0,2% titaani lisamisega saab õmbluse kvaliteeti tunduyalt parandada.

**Elektri-gaaskeevitamine.** Molübdeeni keevitatakse mittesulava elektrodiga heeliumi või heeliumi ja argooni segu joas, päripolaarsusega alalisvooluga (miinus elektrodil). Keevitamise kvaliteet oleneb suurel määral hapniku sisaldusest gaasis. Hapniku sisalduse suurenemisel kaitsegaasis 0,02 kuni 0,05% tekivad õmbluse kraateris praod. Hapnikusisalduse suurenemisel kuni 0,1—0,2% muutub õmblus hapraks. Vahel kasutatakse traadi, lühikeste õmbluste ja teiste detailide keevitamiseks söe kaarleeki vesiniku keskkonnas.

**Kontaktkeevitamine.** Peamiseks raskuseks on põhimetalli kleepumine elektrodile ja õmbluse mustumine elektroodi metallist. Et defekte vältida, tuleb keevitamist teostada kiiresti. Lehtmölübdeeni punktkeevitamise režiimid on toodud tabelis 29.

Tabel 29

Paksus mm	Energia kWh/sek.	Lõppsurve kg/mm <sup>2</sup>	Elektroodi läbimõõt mm	Ühe punkti tugevus kg
0,5	1,5	80	3,8	90
1,0	3,5	50	5,6	230
1,5	5,5	40	7,4	450
2,0	8,75	35	9,1	680
2,5	12,0	35	11,2	1100

On andmeid edukatest molübdeeni kontaktkeevitamise katsetest nikli, tsirkooniumi ja teiste metallidega.



## SISUKORD

Eessõna . . . . .	3
1. Värviliste metallide põhiomadused . . . . .	4
2. Alumiinium ja tema sulamite keevitamine . . . . .	5
3. Magneesiumsulamite keevitamine . . . . .	20
4. Vase ja tema sulamite keevitamine . . . . .	22
5. Nikli ja tema sulamite keevitamine . . . . .	33
6. Molübdeeni keevitamine . . . . .	36

---

Д. М. Рабкин, С. М. Гуревич, Ф. С. Бугрий

СВАРКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

На эстонском языке

Государственный научно-технический  
комитет Совета Министров  
Эстонской ССР.

Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

\*

Toimetaja A. Lillemaa

Tehniline toimetaja K. Einberg

Korrektor L. Kosenkranius

Ladumisele antud 29. VIII 1961. Trükkimisele antud  
15. XI 1961. Paber 60x92, 1/16. Trükipoognaid 2,5.

Arvutuspoognaid 2,33. Trükiarv 400. MB-09108.

Tellimise nr. 1692-e.

Siseministeriumi trükikoda, Tallinn, Lühike jalg 4.

Hind 12 kop.

Hind 12 kop.

A-24239

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00367523 0