

№. 500.



KEEVITAMINE

Laboratoorsed tööd

Ⓘ

*Tallinn
1966*



A - 30704

№. 500.

TALLINNA POLÜTEHNILLINE INSTITUUT
Metallide tehnoloogia kateeder

U. Randmer, U. Suur, O. Buzsel

K E E V I T A M I N E

I

Laboratoorse te tööde juhend

Tallinn 1966

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра технологии металлов

У.Рандмер, У.Суур, О.Буссель

СВАРКА

I

Руководство и лабораторным работам

Trükkimisele antud 25. X 66 Paber 60x84, 1/16
Trükipg. 4,0. Tingpg. 3,72. Tiraaaz 2500
TPI rotaprint, 1966. Tell. 381
Hind 10 kop.

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

SISSEJUHATUS

Käesolev laboratoorse töö juhend on mõeldud üliõpilaste abistamiseks laboratoorse töö tegemisel metallide tehnoloogias. Siin on neli tööd keevitamises, mis on valitud sellise arvestusega, et oleks haaratud keevituskursuse sõlmprobleemid.

Et laboratoorseid töid pole alati võimalik korraldada pärast vastava loengutsükli kuulamist, on kõigil töodel lühike teoreetiline sissejuhatus. See võimaldab üliõpilastel laboratoorseks töödeks paremini iseseisvalt ette valmistuda ja peaks tagama eksperimentaalse osa teadliku sooritamise ning saadud tulemuste õige hindamise. Juhendis leiduva materjali tundmine on eelduseks laboratoorsele tööle lubamisel.

Töö ajal kannab üliõpilane katseandmed ja arvutused vihikusse, kuhu töö lõpetamisel õppejõud või meister alla kirjutab.

Töö käigus registreeritud andmete ja tehtud arvutuste alusel tuleb koostada töö aruanne. Aruanne tuleb vormistada nüüete kohaselt.

1. Aruanne kirjutada valgele paberile (formaad 11), lehe ühele küljele, jättes mõlemale servale 25 mm laiuse vaba riba.
2. Iga laboratoorse töö aruandel olgu tiitelleht. Tiitellehe pealdise tempel on olemas laboratooriumis. Tiitellehe pealdisse tuleb kirjutada tindiaga:
 - a) laboratoorse töö number,
 - b) töö nimetus,
 - c) nimi ja õpperühm,
 - d) töö tegemise kuupäev.
3. Töö kirjeldus olgu kokkuvõtlik ja selge.
4. Vajalikud joonised teha korralikult tušiga või pliiatsiga, kasutada joonlauda ja sirklit ning lisada juurde vajalikud seletused.

5. Katseandmete alusel koostatud graafikud ja diagrammid peavad olema:

- a) tehtud millimeetripaberile,
- b) pealkirjastatud,
- c) liimitud aruande lehele.

6. Numbrilised tulemused esitada tabeli kujul.

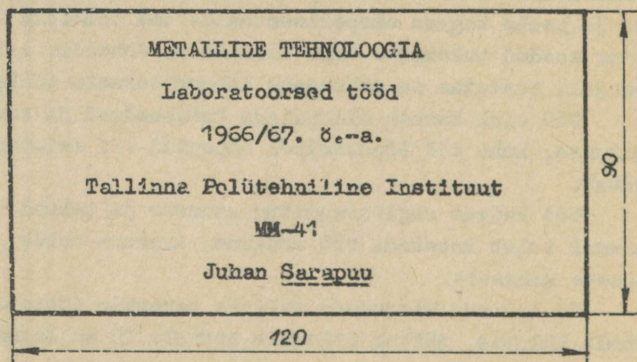
7. Kataetulemuste põhjal teha töö lõpul vastavad järeldused.

8. Aruanne kirjutada tündiga, loetavas käekirjas.

9. Aruannet, mis ei vasta nendele nõuetele, ei arvestata.

10. Aruanne tuleb esitada järgmise laboratoorse tunni algul.

Semestri lõpul võib aruanded kõita ühiseses kausta, millele liimida järgmine pealdis:



Laboratoorne töö 1

KEEVITUSVOOLUALLIKATE STAATILISTE KARAKTERISTIKUTE
MÄÄRAMINE

Teema. Elektrikaarkeevitamise seadmed.

Töö eesmärk. Tutvumine ühekohaliste keevitusvooluallikate ehitusega.

A. S i s s e j u h a t u s

Vooluallika staatiliseks väliskarakteristikuks nimetatakse seost vooluallika klemmpinge U ning vooluallikat läbiva voolu I vahel, s.o. $U = f(I)$. Tavaliselt kujutatakse seda seost graafiliselt teljestikus $U - I$ ja nimetatakse sel juhul vooluallika staatiliseks välis(voltampere)tunnusjooneks. Nimetus "staatiline" tuleneb sellest, et tunnusjoon ei iseloomusta elektriliste protsesside kulgu ajaliselt; nimetus "välis" aga näitab, et vaatlеме toimuvaid protsesse väljaspool vooluallikat.

Keevitusvooluallika tunnusjooned määratakse alljärgnevate keevitusprotsessi iseärasuste järgi:

1. Elektriikaare süütepinge U_s on tunduvalt kõrgem kaare püsivaks põlemiseks vajalikust pingest U_k . Vooluallika tühijooksupinge U_0 peab ületama kaare süütepinge. Ohutuse seisukohalt lähtudes ei tohi aga vooluallika tühijooksupinge ületada 80 V. Tavaliselt on alalisvoolu keevitusgeneraatorite tühijooksupinge 40 ... 65 V, vahelduvvoolu keevitustransformaatoril aga 50 ... 70 V.

2. Keevitamisel eralduvad elektroodilt sulametalli tilgad (sagedusega 20 ... 30 tilka sekundis), mis lühistavad vooluahela. Seepärast peab keevitusvooluallikas olema lühisekindel. Viimane nõue on täidetud, kui vooluallikas tagab lühisvoolu I_1 piiramise väärtuseni, mis ei ületa normaalset keevitusvoolu I_k rohkem kui 50 ... 100%. Harilikult valitakse see suhe (mida nimetatakse ka keevitusvooluallika headusteguriks) piirides $1,25 < \frac{I_1}{I_k} < 2$. Liiga väikese lühisvoolu väärtuse korral on kaare süütamine raske.

3. Tingituna lühistest vooluahelas ning kaare pikkuse muutusest, muutub pidevalt ka pinge vooluallika klemmidel. Kaare pikkuse ja elektroodi otsa ning põhimetalli vahelise pinge vahel on lineaarne seos (voolu väärtustel $I > 50$ A)

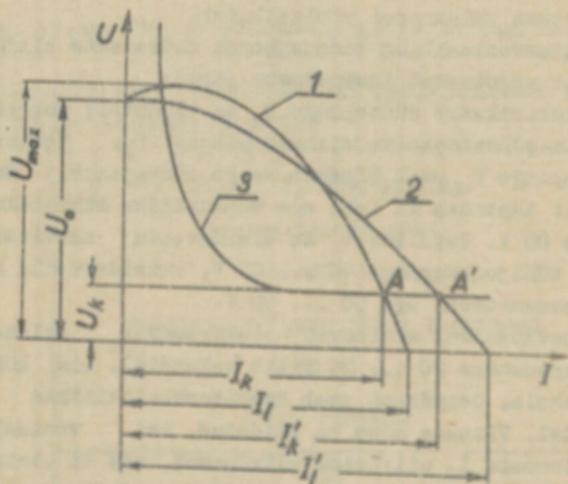
$$U_k = a + bI,$$

kus l on kaare pikkus, a ja b aga koefitsiendid, mis olenevad elektroodi materjalist, voolu liigist ning gaasilise

keskkonna iseloomust ja rõhust. Keemisõmbluse kvaliteedi huvides ei tohi nende pingemuutustega kaasned a voolutugevuse märgatav muutus.

Keevitusprotsessi iseärasustest tingitud nõuete (eriti p. 2 ja 3 toodud nõuete) täitmiseks peab keevitusvooluallika tunnusjoon olema järsult langev. See omadus aga tavalistel vooluallikatel puudub.

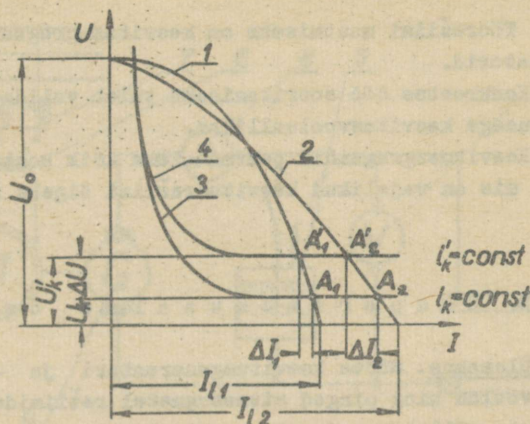
Joonisel 1 on toodud keevitusvooluallikate ja keevituskaare tüüpilised staatilised väliskarakteristikud (–tunnusjooned).



Joonis 1. Keevituskaare ja tema toiteallikate staatilised tunnusjooned:

1 – aeglaselt langev vooluallika tunnusjoon, 2 – järsult langev vooluallika tunnusjoon, 3 – keevituskaare tunnusjoon, U_0 – vooluallika tühijooksupinge ($I = 0$), U_{max} – vooluallika max pinge, U_k – vooluallika tööpinge antud kindla kaarepikkusega keevitamisel, I_k (I_1') – lühisvoolu tugevused ($U = 0$), I_k (I_1) – töövoolu tugevused, A (A') – tööpunktid.

Jooniselt 2 on näha, kuidas muutub keevitusvoolu tugevus (ΔI) kaare pikkuse l muutumisel järsult ja aeglaselt langeva tunnusjoone korral. Keevitusvoolu muutus on seda väiksem, mida järsumalt langev on tunnusjoon ($\Delta I < \Delta I'$).



Joonis 2. Keevitusvoolu muutumine elektrikaare pikkuse muutumisel:

1 - järsult langev vooluallika tunnusjoon, 2 - aeglasemalt langev vooluallika tunnusjoon, 3 - keevituskaare tunnusjoon kaare pikkusel $l_k = \text{const}$, 4 - keevituskaare tunnusjoon kaare pikkusel $l_k' = \text{const}$, U_k - vooluallika tööpinge, mis vastab kaare pikkusele l_k , U_k' - vooluallika tööpinge, mis vastab kaare pikkusele l_k' , I_{l1} , I_{l2} - lühisvoolu tugevused ($U = 0$), ΔI_1 , ΔI_2 - voolutugevuse muutused, ΔU - pinge muutus.

4. Keevitusvooluallika dünaamilistest omadustest on tähtsaim ajavahemik, mille jooksul pinge nullväärtusest (peale lühist) kasvab väärtuseni, mis on ligilähedane süütepingele. Vastavalt GOST 304-51-le peab keevitusgeneraator olema selliate dünaamiliste omadustega, et üleminekul lühise olukorrast tühijooksule ei tohi pinge taastumise aeg kuni 25 V-ni ületada 0,05 sek. Parimatel kaasagsetel keevitusgeneraatoritel on see aeg ainult 0,02 sek. Et keevitustransformaatorid on väikese elektromagnetilise inertsiaga, siis nende juures on ülalnimetatud nõus alati täidetud.

5. Nõuetest, mis lähtuvad tehnoloogilistest seisukohadest, on tähtsamad järgmised:

a. Vooluallika voolutugevus (töörežiim) peab olema sujuvalt reguleeritav, kuid konkreetne töörežiim ei tohi

muutuda. Töörežiimi muutmiseks on keevitusagregaatidel vooluregulaatorid.

b. Konkreetse töö sooritamiseks tuleb valida küllaldase võimsusega keevitusvooluallikas.

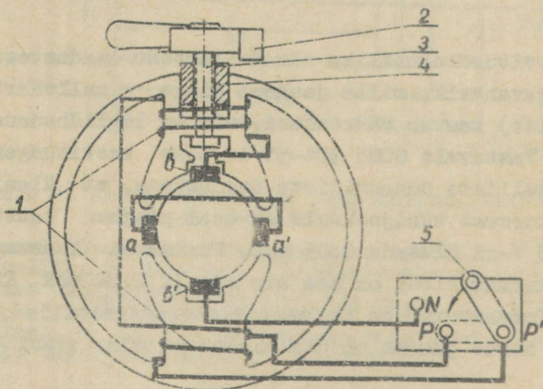
c. Keesvitusagregaadil peavad olema kõik kontrollmõõteriistad, mis on vajalikud keevitusrežiimi õigeks reguleerimiseks.

B. Eksperimentaalne osa

a. Ülesanne. Mõõta keevitusgeneraatori ja -transformaatori voolud ning pinged mitmesugustel režiimidel nende staatiliste välisvõrguühenduste saamiseks.

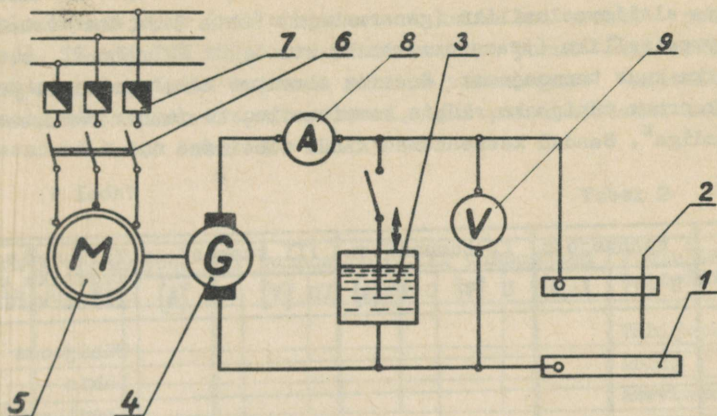
b. Seadmed ja materjalid. 1. Uuritav alalisvoolu keevitusgeneraator koos vajalike seadmete ja mõõteriistadega. Joonisel 3 a on toodud generaatori skeem, karakteristike määramise skeem on antud joonisel 3 b.

2. Uuritav vahelduvvooluallikas - TC või TCK tüüpi keevitustransformaator koos mõõteriistadega. Karakteristike määramise skeem on antud joonisel 4.



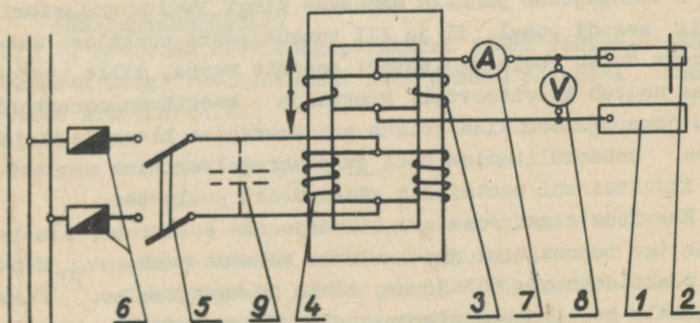
Joonis 3 a. Keesvitusgeneraatori skeem:

1 - magnetiseeriv peavoolu ergutusmähis, 2 - vooluregulaatori käepide voolu sujuvaks reguleerimiseks, 3 - vooluregulaatori spindel, 4 - vooluregulaatori liikuv südamik (muudab magnetvoo), 5 - vooluregulaator astmeliseks reguleerimiseks, a-a' - lühistatud harjad, b-b' - peaharjad.



Joonis 3 b. Karakteristikute määramise skeem:

1 - keevitav detail, 2 - elektrood, 3 - vesireostaat, 4 - keevitusgeneraator, 5 - elektrimootor, 6 - lüliti, 7 - kaitsmed, 8 - ampermeeter, 9 - voltmeeter.



Joonis 4. Keevitutransformaatori karakteristikute määramise skeem:

1 - keevitav detail, 2 - elektrood, 3 - trafo sekundaarmähis, 4 - trafo primaarmähis, 5 - lüliti, 6 - kaitsmed, 7 - ampermeeter, 8 - voltmeeter, 9 - kompenseeriv kondensaator (ainult trafo TCK puhul).

c. Töö käik. Käesolevas töös on vaja määrata ühe uuri-tava alalisvooluallika (generaatori) kohta 3 ja ühe vahelduvvooluallika (transformaatori) kohta 3 tunnusjoont, s.o. kokku kuus tunnusjoont. Seda on soovitatav teha järgmises järjekorras: tühijooks, lühis, keevitamine, koormamine vesireostaadiga³. Saadud katseandmed kanda tabelisse 1.

Tabel 1

Jrk. nr.	I tunnusjoon		II tunnusjoon		III tunnusjoon		Märkused vooluallika režiimi kohta
	U [V]	I [A]	U [V]	I [A]	U [V]	I [A]	
1.							Tühijooks
2.							Lühis
3.							Keevitamine
4.							Koormamine
5.							vesireostaadiga
6.							
7.							
8.							

I tunnusjoone punktid saadakse mingi vooluregulaatori kindla asendi puhul. II ja III tunnusjoonte punktide määramiseks tuleb vooluregulaatori asendit muuta, mille tulemusena muutub keevitusvool. Ristvälja keevitusgeneraatori voolu jämereguleerimine toimub ergutusmähise klemmide järjekuse ümberlülitamise teel ja peenreguleerimine magnetilise induksiooni muutmisega generaatori poolustes.

Keevitustransformaatori tunnusjoonte konstrueerimiseks piisab iga tunnusjoone jaoks ainult kolmest punktist. Nendeks punktideks on: tühijooks, lühis ja keevitamine. Kuna tavaliselt keevitustransformaatorite tunnusjoon on sujuvalt langev, siis saame 3 punkti ühendamisel (sujuva joonega) küllaldase täpsusega tunnusjoone. Analoogiliselt keevitus-

³ M ä r k u s: Vesireostaati kasutatakse vooluahela koormamiseks väiksemate voolude piirkonnas, et saada pilti tunnusjoone vasakpoolse osa kulgemisest. Väikeste voolude piirkonnas ei ole keevituskaar püsiv ja seetõttu asendatakse ta vesireostaadiga.

generaatoriga tuleb ka keevitustransformaatori puhul võtta kolm tunnusjoont (vooluregulaatori kolme eri asendi juures). TC või TCK tüüpi transformaatorite puhul reguleeritakse voolu ainult sujuvalt mähiste vahekauguse muutmise teel, mis muudab transformaatori magnetpuistet. Saadud katseandmed kanda tabelisse 2.

Tabel 2

Jrk nr.	I tunnusjoon		II tunnusjoon		III tunnusjoon		Vooluallika režiim
	U [V]	I [A]	U [V]	I [A]	U [V]	I [A]	
1.							Tühijooks
2.							Lühis
3.							Keevitamine

C. Arvutuslik (rakenduslik) osa

Ülesanne. Arvutada mõõtmistulemuste alusel mõningad keevitusvooluallikaid iseloomustavad suurused.

Keevitusgeneraator

1. Arvutada keevitusgeneraatori jaoks vesireostaadi takistused kõigi vesireostaadi abil saadud punktide kohta, võttes aluseks valemi

$$r_{vr} = \frac{U}{I} \Omega,$$

kus r_{vr} - vesireostaadi takistus oomides,
 U - voltmeetrilt loetav pinge voltides,
 I - ampermeetrilt loetav vool amprites.
 Tulemused kanda tabelisse 3.

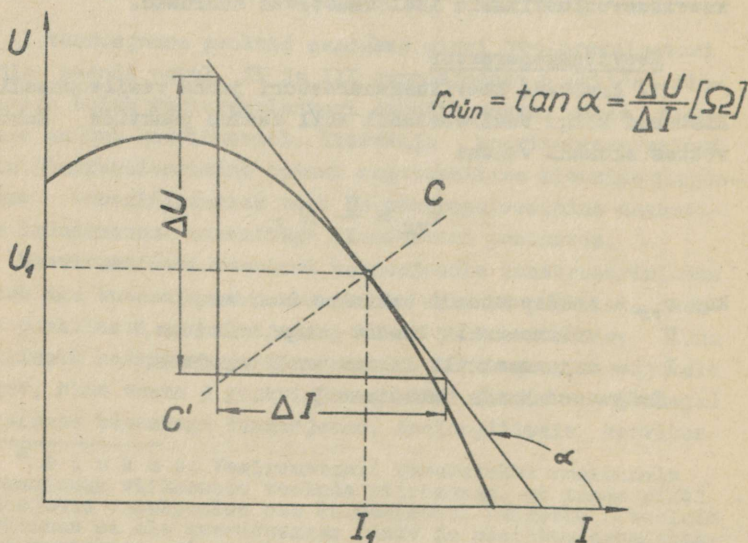
Tabel 3

Tunnusjoon	I tunnusjoone punktid					II tunnusjoone punktid					III tunnusjoone punktid				
	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
Suurus															
Pinge U [V]															
Vool I [A]															
Takistus $r_{vr}^{dün}$															

2. Arvutada generaatori dünaamilised takistused ühe tunnusjoone jaoks selle neljas punktis - tühijooksu-, maksimaalse pinge, keevitus- ja lühisepunktis. Keevitusvooluallika dünaamiliseks takistuseks $r_{dün}$ nimetatakse tema tunnusjoone tuletise väärtust (tõusu) antud punktis

$$r_{dün} = \frac{dU}{dI} \Omega .$$

Dünaamiline takistus $r_{dün}$ määratakse abikolmnurgast, nagu näidatud joonisel 5.



Joonis 5. Keevitusvooluallika dünaamilise takistuse määranine.

Funktsiooni $y = f(x)$ tuletise graafiliseks määramiseks x kindla väärtuse puhul tuleb kõverale tõmmata puutuja punktis koordinaatidega x_1, y_1 ja määrata nurk α_1 , mis moodustub selle puutuja ja x -telje positiivse suuna vahel.

Teatavasti

$$\frac{df(x)}{dx} = \frac{dy}{dx} = \tan \alpha.$$

Käesolev ülesanne on graafiliselt lahendatav ligikaudu, kuna meelevaldse kõvera antud punktile võib puutujat tõmmata väga piiratud täpsusega. Täpsemaid tulemusi saame siis, kui eelnevalt tõmbame antud punktist kõverale normaali CC_1 , lugeses seejuures punkti x_1, y_1 lähema lõigu ringjoone kaareks.

Arvutusandmed kanda tabelisse 4.

Tabel 4

Punktid	ΔU [V]	ΔI [A]	$r_{\text{äin}}$ [Ω]
Tühijooksupunkt			
Max pingepunkt			
Keevituspunkt			
Lühisepunkt			

3. Määrata suhted $\frac{U_0}{U_k}, \frac{U_{\text{max}}}{U_0}, \frac{I_1}{I_k}$ (masina headustegur) ja koondada andmed tabelisse 5.

Tabel 5

U_0 [V]	U_k [V]	U_{max} [V]	I_e [A]	I_k [A]	$\frac{U_0}{U_k}$	$\frac{U_{\text{max}}}{U_0}$	$\frac{I_1}{I_k}$

4. Määrata konstandid a, b, c ja d , kui staatiline volt-ampertunnusjoon on väljendatud valemiga

$$U = aI^3 + bI^2 + cI + d.$$

Konstantide määramisel kasutada pinget ja voolu väärtusi tühijooksu-, maksimaalse pinget, keevitus- ja lühisepunkti. Arvutus teha ühe tunnusjoone kohta.

Keevitustransformaator

1. Transformaatori iga tunnusjoone kohta arvutada tema sekundaarahela induktiivsus valemi järgi

$$L_2 = \frac{U_0}{2\pi f I_1} \text{ H},$$

kus f - toitevoolu sagedus Hz.

2. Eeldades, et pinget ja vool jäävad sinusoidaalseiks, määrata keevituspunktides sekundaarahela induktiivsus valemi järgi

$$L_2' = \frac{\sqrt{U_0^2 - U_k^2}}{2\pi f I_k} \text{ H}.$$

Koondada punktide a ja z järgi tehtud arvutused tabelisse 6.

Tabel 6.

Suurus	I tunnusjoon	II tunnusjoon	III tunnusjoon
L_2 [H]			
L_2' [H]			

3. Määrata keevitustransformaatori dünaamilised takistused $r_{dün} = \frac{dU}{dI}$ [Ω] ühe tunnusjoone jaoks kolmes punktis - tühijooksu, keevitus- ja lühisepunkti. Andmed kanda tabelisse 7.

Tabel 7

Suurused	U [V]	I [A]	$r_{dün}[\Omega]$
Punktid			
Tühijooksupunkt			
Keevituspunkt			
Lühisepunkt			

4. Arvutada suhted $\frac{U_0}{U_k}$ ja $\frac{I_1}{I_k}$ keevitustransformaatori ühe tunnusoone jaoks. Andmed kanda tabelisse 8.

Tabel 8

U_0 [V]	U_k [V]	I_1 [A]	I_k [A]	$\frac{U_0}{U_k}$	$\frac{I_1}{I_k}$

5. Arvutada transformaatori ühe tunnusoone jaoks suurused a, b, c ja d ning A, B ja C, kui transformaatori tunnusoont väljendada valemitega

$$a) U = aI^2 + bI + c,$$

$$b) (I - A)^2 + (I - B)^2 = C^2.$$

Aruanne sisaldagu:

- 1) tšehhi lühikese kirjelduse,
- 2) katseskeemid,
- 3) katsetulemused tabelite ja graafikutena,
- 4) arvutustulemused tabelitena,
- 5) järeldusi.

K i r j a n d u s

1. Б.Е. Батон, В.К. Лебедев. Электрооборудование для дуговой и плазменной сварки, Изд. Машиностроение, Москва 1966.
2. Рабинович И.Я. Оборудование для дуговой электрической сварки. Источники питания, Машгиз, 1958.

3. Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов, Машгиз, Киев-Москва 1959.
4. V. Tšegelski, V. Ždanov. Elektriķeevitus, ERK, Tallinn 1955.
5. V. Tšernjak, K. Voštšanov. Keevitaja käsiraamat, ERK, Tallinn 1964.
6. Технология электрической сварки плавлением. Под ред. академика Б.Е. Батона, Машгиз, Москва-Киев 1962.

K o n t r o l l k ü s i m u s e d

1. Mida nimetatakse keevitusvooluallika välistunnusjooneks?
2. Milline keevitusvooluallika tunnusjoon on langev, milline jääk ja milline tõusev?
3. Miks ühe töökoha keevitusvooluallikal peab olema järsult langev välistunnusjoon?
4. Mis tähendab staatiline välistunnusjoon?
5. Mis määrab keevitusvooluallika tühihjoosupinge minimaalväärtuse?
6. Millist keevitusvooluallika töörežiimi nimetatakse tühihjoosuks?
7. Milline keevitusvooluallika töörežiim on lühis?
8. Mis on elektrikaare staatiline tunnusjoon?
9. Kuidas määravad elektrikaare ja keevitusvooluallika antud tunnusjooned tööpunkti (töörežiimi)?
10. Mida nimetatakse staatilise tunnusjoone staatiliseks takistuseks tema antud punktis?
11. Mida nimetatakse staatilise tunnusjoone dünaamiliseks takistuseks tema antud punktis?
12. Kuidas lülitatakse laboratoorses töös vesireostaat keevitusvooluahelasse, kas paralleelselt või järjestikku elektrikaarega või koguni viimase asemel?
13. Millises keevitusvoolugeneraatori staatilise välis-volt-ampertunnusjoone osas kasutatakse vesireostaati tunnusjoone punktide määramiseks?
14. Miks kasutatakse väikeste koormusvoolude puhul keevitusvooluallika tunnusjoonte määramiseks vesireostaati?

15. Kuidas tagatakse keevitustrafodel järsult langev tunnusjoon?
16. Kuidas tekitatakse keevitusgeneraatori järsult langev tunnusjoon?
17. Kuidas reguleeritakse keevitusvoolu keevitustrafos?
18. Kuidas reguleeritakse keevitusgeneraatori voolu üldse?
19. Kuidas reguleeritakse TC tüüpi keevitustrafa voolu?
20. Kuidas reguleeritakse keevitusvoolu astmeliselt uuritavas keevitusgeneraatoris?
21. Kuidas reguleeritakse keevitusvoolu sujuvalt uuritavas keevitusgeneraatoris?
22. Millised on tõusva haruga keevitusgeneraatori langeva voltampertunnusjoone eelised?
23. Missuguse vooluliigi puhul võime rääkida faasinihkest voolu ja pinge vahel?
24. Miks vahelduvvoolu puhul - keevitustrafol - peab sekundaarpoolel olema suur faasinihe pinge ja voolu vahel ning seega ka madal $\cos \varphi$?
25. Mida nimetatakse keevitustrafa võimsusteguriks?
26. Miks ei ole madal võimsustegur soovitatav keevitustrafa primaarpoolel?
27. Kuidas on võimalik tõsta keevitustrafa primaarpoole võimsustegurit?
28. Millistes ühikutes mõõdetakse faasinihet pinge ja voolu vahel?
29. Mida nimetatakse päripolaarsuseks alalisvooluga keevitamisel?
30. Mida nimetatakse vastupolaarsuseks alalisvooluga keevitamisel?
31. Millal kasutatakse päripolaarsusega ja millal vastupolaarsusega keevitamist?

TEHNOLOOGILISTE NÄITAJATE MÄÄRAMINE TERASE
KÄSITSI KAARKEEVITAMISEL

Teema. Keevituskaare soojuslik toime.

Töö eesmärk. Tutvumine keevituskaare soojusbilansiga ja põhi- ning lisametalli sulamisega käsitsi kaarkeevitamisel.

1. S i s s e j u h a t u s

Keevitamisel vajatakse põhimetalli ja elektroodi sulatamiseks küllalt suure võimsusega ning kõrge temperatuuriga soojusallikat. Üheks nimetatud nõudeid rahuldavaks soojusallikaks on elektrikaar (keevituskaar).

Keevituskaare võimsusest

$$P_k = U_k I_k w \quad (1)$$

läheb osa soojuskaona P_{kadu} ümbritsevasse keskkonda. See toimub kiirguse ning konvektsiooni teel ja metallipritsmete soojusmahtuvuse arvel. Osa kaare võimsusest kasutatakse elektroodi sulatamiseks, osa antakse kaarelt otseselt üle põhimetallile. Sulanud elektroodimetall ja -kate lähevad keevitusvanni ning annavad oma soojuse põhimetallile.

Põhinetallile (tootele) soojuse näol edasiantavat võimsust nimetatakse kaare efektiivseks võimsuseks

$$P_d = U_k I_k \eta_d w, \quad (2)$$

kus U_k - kaare pinge V,

I_k - voolutugevus A,

η_d - põhinetalli kaarega kuumutamise efektiivne kasutegur ($\eta_d = 0,7 \dots 0,85$ käsitsi kaarkeevitamisel kvaliteetelektroodiga).

Efektiivsest võimsusest kasutatakse ainult osa põhinetalli sulatamiseks

$$P_s = P_d \eta_t = U_k I_k \eta_d \eta_t \quad w, \quad (3)$$

kus η_t - termiline kasutegur ($\eta_t = 0,12 \dots 0,36$ paksu põhimaterjali puhul; $\eta_t = 0,15 \dots 0,48$ õhukese põhimaterjali puhul).

Voolutugevuse ja keevituskiiruse ning elektroodi kalde-
nurga suurenemisel (keevitamise suunas) η_t suureneb.

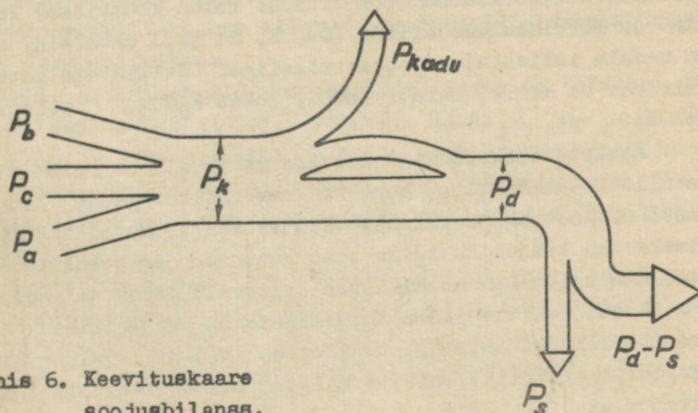
Kõik need soojuskulutused kaetakse kaare võimsusega

$$P_k = P_a + P_b + P_c, \quad (4)$$

mis eraldub kolmes kaare tsoonis:

P_a - anoodil, P_b - katoodil ja P_c - samba osas.

Üldist pilti soojuste eraldumisest kaare eri tsoonides ja selle kulutamisest nimetatakse keevituskaare soojusbilansiks. Seda võib kujutada graafiliselt joon. 6 näidatud viisil.



Joonis 6. Keevituskaare soojusbilanss.

Keevituskaare soojusbilansiga võib lähemalt tutvuda kirjanduse kaudu (K 1, lk. 164; K3, lk. 23-24 ja 32-35; K4, lk. 35-40; K2, joon. 2 ja lk. 193).

Alljärgnevalt peatume lühidalt elektroodidel ja nende sulamisprotsessil.

Peamisteks elektroodide omadusi määravaiks tegureiks on elektroodi koostis ja läbimõõt ning katte koostis ja suhteline mass.

Kasutatava elektrooditraadi koostis sõltub keevitava metalli keemilisest koostisest ja omadustest. Teras- te jaoks on elektrooditraat reglementeeritud GOST 2246-60-ga.

Elektrooditraati toodetakse 0,3 ... 12-mm läbimõõdu- ga. Käitsi kaarkeevitamisel kasutatakse peamiselt 2...10-mm läbimõõduga traati. Olenevalt elektroodi läbimõõdust kõi- gub nende pikkus 225 ... 450 mm-ni.

Elektroodikatete ülesandeks on kaare stabiilsuse suu- rendamine, sulametalli kaitsmine õhu kahjulike komponen- tide (hapnik, lämmastik) toime eest ja õmbluse metalli taandamine ning legeerimine.

Katteta elektroodiga keevitamisel ei ole keevitus- kaar püsiv (vahelduvvooluga pole üldse võimalik keevita- da). Kaare stabiilsuse suurendamiseks kantakse elektroodi vardale õukese kihina (või viiakse katte koostisse) lee- lis- ja leelismuldmetallide (Ca, K, Na jt.) ühendeid, mis on madala ionisatsioonipotentsiaaliga. Sellisteks mater- jalideks on kriit, marmor CaCO_3 , potas K_2CO_3 , põldpagu KAlSi_3O_8 jt.

Katteta elektroodiga keevitatud metall on halbade me- haaniliste omadustega, kuna ta keevitusprotsessis tuge- vasti oksüdeerub ja rikastub lämmastikuga. Metall kaits- miseks õhu kahjuliku toime eest kantakse elektroodile kat- ted, mis sulamisel moodustavad kaitsvaid gaase ja räbu.

Gaasi tekitavaiks materjalideks on orgaanilised ai- ned (tärkliis, dekstriin, tselluloos jt.) ja mineraalid (marmor, magneesiit), mis termilisel dissotsieerumisel an- navad gaase (CO , CO_2).

Räbu moodustavate komponentide peamiseks ülesandeks on rübukatte kujundamine ja seega sulametalli kaitsmine atmosfääri õhu eest. Need ained võtavad aktiivselt osa me- tallurgilistest protsessidest, mis toimuvad keevitustsoo- nis. Sagedamini kasutatakse rübumoodustajaina mangaani-

maaki (MnO), hematiti (Fe_3O_4), marmorit ($CaCO_3$), kvartsi (SiO_2), rutiili (TiO_2) jt.

Õmbluse metall võib oksüdeeruda veel kattes sisalduva hapniku ja toote pinnal asuvalis roostejälgedes või tagasihis sisalduva hapniku arvel. Keevitamisel kasutatakse taandajaina kõige sagedamini elemente või nende ferrosulameid (viiakse tavaliselt elektroodi kattesesse), mis küllaldase aktiivsusega ühinevad hapnikuga. Nendeks osutuvad ferrosilliitsium, ferrotitaan, ferromangaan ja harvemini ferroalumiinium.

Difuusseks taandamiseks valitakse katte koostis selliselt, et rübuse sattuv raud(II)oksiid (FeO) seotakse teemas silikaatideks või titanaatideks. Sel teel saavutatakse FeO pidev siirdumine metallist rübuse.

Kindlate mehaaniliste omadustega õmbluse saamiseks viiakse sellesse spetsiaalsetid legeerivaid elemente (mangaani, räni, kroomi, molübdeeni, vanaadiumi jt.). Õmblust legeeritakse nende elementidega nii katte kui ka elektrooditraadi kaudu. Kattesesse viiakse legeerivaid elemente tavaliselt ferrosulamitena.

Peale ülalnimetatud komponentide lisatakse elektroodi kattesesse veel sulapagu CaF_2 , põldpagu $KAlSi_3O_8$ jt. Nende ülesandeks on räbu veeldamine. Katte vormitavuse parandamiseks viiakse sinna kaoliini, betoniiti, dekstriini jm. Si-deainena kasutatakse vesiklaasi, fenoolformaldehüüdvaiku (bakeliit) jt.

Katte hulk elektroodil avaldab olulist mõju õmbluse kvaliteedile. Katte suhtelise massi vähenemisel alla kindlaksmääratud piiri halvneb järsult metalli kaitsmine ja legeerimine, mis põhjustab õmbluse mehaaniliste omaduste languse.

Katte hulga suurendamine elektroodil soodustab kaare pikenemist ja pinget ning võimsuse kasvu. Kuid liiga paks katte annab palju räbu, mille tulemusena keevitamine raskendub ja halvneb õmbluse kvaliteet.

Käsitsi kaarkeevitamisel on peamisteks tehnoloogilisteks näitajateks:

1. α_s - elektroodi sulamistegur, mis iseloomustab sulamisprotsessi eritootlikkust:

$$\alpha_s = \frac{G_s}{T_{p\ddot{o}hi} \cdot J_k} \frac{\text{kg}}{\text{A}\cdot\text{s}},$$

- kus G_s - p\ddot{o}hiaja $T_{p\ddot{o}hi}$ jooksul sulanud elektroodivarda mass kg,
 J_k - keevitusvoolu keskmine v\ddot{a}artus p\ddot{o}hiaja $T_{p\ddot{o}hi}$ kestel A,
 $T_{p\ddot{o}hi}$ - elektroodi sulamisaeg (kaare p\ddot{o}lemise aeg) - tehnoloogiline p\ddot{o}hiaeg s.

2. α_{ps} - elektroodi pealesulamistegur (pealesulamise efektiivsus), mis iseloomustab peale sulamisprotsessi ka eritootlikkust:

$$\alpha_{ps} = \frac{G_{ps}}{T_{p\ddot{o}hi} J_k} \frac{\text{kg}}{\text{A}\cdot\text{s}}$$

- kus G_{ps} - p\ddot{o}hiaja $T_{p\ddot{o}hi}$ jooksul pealesulanud metalli mass kg.

3. ψ - kaotegur, mis iseloomustab elektroodi metalli kadu aurustumise, laialipritsimise ja hapendumise tagaj\ddot{a}rjel:

$$\psi = \frac{G_s - G_{ps}}{G_s} \cdot 100\%.$$

4. ψ_p - pritsmete tegur, mis v\ddot{a}ljendab pritsmete summaarse massi G_p suhet pealesulanud metalli massisse G_{ps} :

$$\psi_p = \frac{G_p}{G_{ps}}.$$

5. K - elektroodi kattetegur, n\ddot{a}itab, millise osa moodustab elektroodi katte mass elektroodi varda massist (kattega osa pikkuses):

$$K = \frac{G_k}{G_v},$$

kus G_k - elektroodi katte mass kg,
 G_v - elektroodi varda mass kg.

6. K_1 - elektroodi kattetegur näitab, millise osa moodustab katte mass elektroodi varda massist (kogu elektroodi pikkuses):

$$K_1 = \frac{G_k}{G_{vm}},$$

kus G_{vm} - kogu elektroodi varda mass kg.

7. ξ - räbu moodustumise tegur, näitab räbu massi G_r suhet katte massisse G_k , millest moodustub räbu:

$$\xi = \frac{G_r}{G_k}.$$

8. W_s - elektrenergia erikulu elektri sulatamiseks:

$$W_s = \frac{U_k}{\alpha_s} \frac{J}{kg},$$

kus U_k - kaare pinge V.

9. W_{ps} - elektrenergia erikulu metalli pealesulatamiseks:

$$W_{ps} = \frac{U_k}{\alpha_{ps}} \frac{J}{kg}.$$

10. Sulamisaäitajad, mis iseloomustavad polaarsuse mõju elektroodi sulamisprotsessile keevitamisel alalisvooluga

$$P_p = \frac{\alpha_{sp}}{\alpha_{sv}} = \frac{W_{sv}}{W_{sp}}, \quad P_{ps} = \frac{\alpha_{psp}}{\alpha_{psv}} = \frac{W_{psv}}{W_{psp}},$$

$$P_\psi = \frac{\psi_p}{\psi_v}, \quad P_{\psi p} = \frac{\psi_{pp}}{\psi_{pv}}, \quad P_f = \frac{f_p}{f_v}$$

kus α_{sp} , α_{psp} , W_{sp} , W_{psp} , ψ_p ja ψ_{pp} tähistavad vastavaid näitajaid, mis on saadud keevitamisel päripolaarsusega, α_{sv} , α_{psv} , W_{sv} , W_{psv} , ψ_v ja ψ_{pv} aga kasutatakse vastupolaarsuse puhul.

Kui mõningad koefitsientidest P_p , P_{ps} , P_ψ , $P_{\psi p}$ ja P_ξ erinevad palju ühest, võib konstateerida tugevat polaarsuse mõju vastavatele sulamisaäitajatele.

Vahelduvvooluga keevitamisel ei esine polaarsuse mõistet, mistõttu kõigil tehnoloogilistel näitajatel on igaljuhul üks väärtus ja sulamisaäitajad, mis iseloomustavad polaarsuse mõju, võrduvad ühega.

B. Eksperimentaalne osa

a. Ülesanne. Teha vajalikud mõõtmised ja kaalumised elektroodi ja katsekeha juures tehnoloogiliste näitajate arvutamiseks käsitsi kaarkeevitamisel.

b. Seadmed ja materjalid. 1. Alalisvoolu (vahelduvvoolu) keevituspost koos vajalike kaitse- ja tööabinõudega ning mõõteriistadega (voltmeeter, ampermeeter, stopper).

2. Tehnilised (laboratoorsed) kaalud, nihkkaliiber ja joonlaud.

3. Uuritav elektrood (paksukatteline kvaliteetelektrood) ja katsekeha (plaat).

4. Vasar, meisel ja terashari.

c. Töö käik. Kaaluda tehnilistel kaaludel katsekeha, millele keevitatakse õmblus. Samuti kaaluda uuritav elektrood ja mõõta tema pikkus joonlaua abil. Seejärel määrata nihkkaliibriga elektroodivarda (traadi) läbimõõt ning sellest lähtudes valida vajalik keevitusvool, milleks kasutada käsiraamatut või laboratooriumis olevat tabelit. Õmbluse keevitamisel katsekehale määrata keevitusaeg $T_{põhi}$ ja keevitusvoolu ning pinget keskmised väärtused.

Keevitusaeg määratakse stopperiga, keskmine pinget ja voolu väärtus isekirjutavate mõõteriistadega. Nende puudumisel loetakse keevitamise ajal mitu korda pinget ja voolu väärtust ja võetakse neist aritmeetiline keskmine.

Pärast katsekeha ja elektroodi jahtumist määrata nende massid ja mõõta järelejäänud elektroodi pikkus, samuti määrata räbu, pritsmete ja pealesulatatud metalli massid. Selleks kaaluda esmajärjekorras katsekeha koos räbu ja pritsmetega, seejärel eraldada räbu ja kaaluda pritsmetega katsekeha ja lõpuks eraldada pritsmed ja kaaluda katsekeha uuesti.

Vahetu mõõtmise teel saadud katsetulemused kanda tabelisse 9. Samuti kanda tabelisse elektroodi tähistus, voolu liik ja polaarsus. Elektroodi tähistus anda GOST 9467-60 järgi. Elektroodi tingtähistus selle GOST-i järgi sisaldab elektroodi margi, elektroodi tüüpi, varda läbimõõdu, katte tüüpi ja GOST-i numbri, näiteks YOHH-13/55-350A-4,0-Φ
ГОСТ 9467-60.

Tabel 9

Mõeldav suurus	Enne keevitamist	Pärast keevitamist	Keevitamise ajal
1. Elektroodi mass kg	$Q_1 =$	$Q_2 =$	
2. Elektroodi pikkus m	$l_1 =$	$l_2 =$	
3. Elektroodi varda Ø mm	$d =$		
4. Katsekeha mass kg	$P_1 =$	$P_2 =$	
5. Katsekeha mass koos räbu ja pritsmetega kg		$P_2' =$	
6. Katsekeha mass koos pritsmetega kg		$P_2'' =$	
7. Keevitusaeg s			$T_{põhi} =$
8. Keskmine voolu väärtus A			$I_k =$
9. Keskmine pingeline väärtus V			$U_k =$
Elektroodi tähistus: Voolu liik: Polaarsus:			

Tabelis 9 toodud mõõtmistulemuste alusel arvutada tehnoloogilised näitajad ja võrrelda saadud tulemusi kirjanduse andmetega.

Arvutamiseks kasutada alljärgnevaid valemeid:

$$\alpha_s = \frac{\pi d^2 (l_1 - l_2) \rho}{4 T_{\text{põhi}} \cdot J_k} \frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}},$$

kus ρ - elektroodi varda tihedus kg/m^3 ,

$$\alpha_{ps} = \frac{P_2 - P_1}{T_{\text{põhi}} \cdot J_k} \frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}},$$

$$\psi = \frac{\alpha_s - \alpha_{ps}}{\alpha_s} = 1 - \frac{\alpha_{ps}}{\alpha_s},$$

$$K = \frac{Q_1 - Q_2 - \frac{\pi d^2}{4} (l_1 - l_2) \rho}{\frac{\pi d^2}{4} (l_1 - l_2) \rho} = \frac{4(Q_1 - Q_2)}{\pi d^2 (l_1 - l_2)} - 1.$$

$K_1 \approx 0,9$ K elektroodidel, mille pikkus on 250...450 mm ja katteta osa pikkus ~ 30 mm.

$$\xi = \frac{P_1' - P_2''}{Q_1 - Q_2 - \frac{\pi d^2}{4} (l_1 - l_2) \rho},$$

$$\psi_p = \frac{P_2'' - P_1'}{P_2 - P_1};$$

$$W_s = 4 \frac{U J_k T_{\text{põhi}}}{\pi d^2 (l_1 - l_2) \rho} \frac{\text{J}}{\text{kg}},$$

$$W_{ps} = \frac{U J_k \cdot T_{\text{põhi}}}{P_2 - P_1} \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

Aruande koostamisel tuleb saadud tehnoloogilisi näite-
jaid võrrelda kirjanduse andmetega (näit. K 2, lk. 13-24;
K 3, tabel 4) tabeli 10 kujul.

Tabel 10^x

Võrreldavad suurused	α_s	α_{ps}	ψ	K	K_1	W_s	W_{ps}
Arvutatud katselised suurused							
Kirjanduse andmed							

^x Andmete võrdlemiseks väljendada nad ühes ja samas mõõtühikute süsteemis (SI süsteemis).

C. Rakenduslik osa

Ülesanne: Katsetulemuste kasutamine ülesannete lahendamiseks.

Lahendatava ülesande lähteandmed annab õppejõud. Nendeks on keevisliite liik ja selle mõningad mõõtmised. Üliõpilasel tuleb valida ja määrata:

1. Servade ettevalmistamine (kuju, viis).
2. Keevitusvool J_k A.
3. Kaare pinge U_k V (näit. töös nr. 1 saadud vooluallikate tunnusjoonte järgi).
4. Pealesulatatud metalli (keevisõmbluse) ristlõikepind S_{ps} .
5. ldgikaudne põhimetalli osa θ õmbluses (K 2, tabel 8) ja tema ristlõige S_{1s} :

$$S_{1s} = \frac{\theta}{1 - \theta} \cdot S_{ps} \text{ m}^2.$$

6. Pealesulatatud metalli hulk

$$G_{ps} = \rho \cdot S_{ps} \cdot L \text{ kg},$$

kus ρ - pealesulatatud metalli tihedus $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,

S_{ps} - pealesulatatud metalli (õmbluse) rist lõikepind m^2 ,

L - keevisõmbluse pikkus m,

7. Läbisulanud põhimetalli hulk

$$G_{ls} = \rho \cdot S_{ps} \cdot \frac{\theta}{1 - \theta} \cdot L \quad \text{kg.}$$

8. Elektroodi varda (traadi) kulu

$$G_{vm} = \frac{G_{ps}}{\alpha_e} = \frac{G_{ps} \lambda}{1 - \psi} \quad \text{kg ,}$$

kus G_{ps} - metalli hulk, mis on vajalik antud ristlõikega õmbluse saamiseks,

α_e - elektroodi varda kasutamise koefitsient:

$$\alpha_e = \frac{1 - \psi}{\lambda} ,$$

kus ψ - kaotegur,

λ - elektroodi varda pikkuse suhe tema sulanud osa pikkusesse ($\lambda = 1,1 \dots 1,25$ sõltuvalt elektroodi pdkkusest; võib leida K2, tabelist 11).

9. Kattega elektroodide kulu

$$\begin{aligned} G_{ek} &= G_{vm} (1 + K_1) = G_{vm} (1 + 0,9 K) = (1 + K_1) \frac{\lambda G_{ps}}{1 - \psi} = \\ &= (1 + 0,9 K) \frac{\lambda G_{ps}}{1 - \psi} \quad \text{kg .} \end{aligned}$$

10. Elektrienergia kulu

$$A = \frac{\beta W_{ps} G_{ps}}{\eta_s} \quad \text{J,}$$

kus G_{ps} - metalli hulk kg, mis on vajalik antud ristlõikega õmbluse saamiseks,

W_{ps} - elektroodi pealesulatamiseks vajaliku elektrienergia erikulu $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$,

η_s - keevitusvooluallika kasutegur (trafodel $\eta_s = 0,8$; ühe töökohaga alalisvoolu keevitusseadmetel $\eta_s = 0,5$, mitme töökohaga alalisvoolu keevitusseadmetel $\eta_s = 0,4$; võib leida K2, tabelist 14),

β - koefitsient, mis arvestab energia erikulu suhtelist suurenemist seoses energiakadudega keevitusseadme tühijooksul ($\beta = 1,02, 3,5 \dots$ 10-kW võimsusega keevitustrafode korral ja $\beta = 1,05$ alalisvoolu keevitusseadmete korral).

Koefitsiendi arvutamiseks võib kasutada valemit

$$\beta = 1 + \left(\frac{1 - K}{K} \right) \eta_s \frac{N_0}{U \cdot I},$$

kus K - keevitusposti kasutamise koefitsient (parimal juhul $K = 0,85 \dots 0,9$),

N_0 - keevitusvooluallika tühikäigu võimsus W ($N_0 = 250 W$ vähem kui 10-kW võimsusega transformaatoritel; sama võimsusega ühe töökohaga alalisvoolu keevitusseadmetel $N_0 = 2500 W$).

Aruanne sisaldagu:

- 1) töö käigu lühikese kirjelduse,
- 2) katsetulemused tabelitena,
- 3) keevitamise tehnoloogiliste näitajate arvutused ja arvutustulemuste võrdluse kirjanduses toodud andmetega (tabeli kujul),
- 4) ülesande lahenduse,
- 5) järeldused.

K i r j a n d u s

1. Справочник по сварке, т. I. Под ред. Е.В. Соколова, Москва, Машгиз, 1960.
2. Справочник по сварке, т.2. Под ред. Е.В. Соколова, Москва, Машгиз, 1962.
3. Демянцевич В.П., Думов С.И. Технология дуговой сварки, Москва-Ленинград, Машгиз, 1959.
4. Рыбаков В.И., Воцанов К.П. Технология ручной дуговой сварки, Москва, Машгиз, 1953.
5. Бородин И.Н. Справочник сварщика, Москва-Ленинград, Машгиз, 1959.

6. V. Tšernjak, K. Voštšanov. Keevitaja käsiraamat, ERK, Tallinn 1964.

K o n t r o l l k ü s i m u s e d

1. Mida nimetatakse sulamisteguriks?
2. Milline on sulamisteguri dimensioon?
3. Missugused suurused tuleb sulamisteguri arvutamiseks vahetult määrata?
4. Millistest teguritest sõltub sulamistegur?
5. Mida nimetatakse pealesulamisteguriks?
6. Milline on pealesulamisteguri dimensioon?
7. Missugused suurused tuleb pealesulamisteguri arvutamiseks mõõta katse käigus?
8. Millised tegurid mõjustavad pealesulamistegurit?
9. Milline tegur iseloomustab keevitamise tootlikkust?
10. Mida iseloomustab kaotegur?
11. Millised metalli kaod esinevad keevitamisel?
12. Millised tegurid määravad elektroodi varda diameetri valiku?
13. Millised tegurid määravad keevitusvoolu valiku?
14. Mida näitab elektroodi katte(massi)tegur?
15. Mis suhet väljendab räbu moodustamise tegur?
16. Millised tegurid määravad elektrienergia erikulu elektroodi sulamiseks keevitamisel?
17. Milline on elektrienergia erikulu dimensioon keevitamisel?
18. Millal on elektrienergia erikulu suurem, kas elektroodi sulatamisel või metalli pealesulatamisel?
19. Mida nimetatakse päripolaarsuseks elektrikaarkeevitamisel?
20. Mida nimetatakse vastupolaarsuseks keevitamisel?
21. Millised on eelised alalisvooluga keevitamisel?
22. Millised on vahelduvvoolu eelised elektrikaarkeevitamisel?
23. Mida nimetatakse käsitsi kaarleekkeevitamise parameetriteks?

Laboratoorne töö 3

JÄÄVATE DEFORMATSIOONIDE MÄÄRAMINE KAARKEEVITAMISEL

Teema. Keevituspinged ja deformatsioonid.

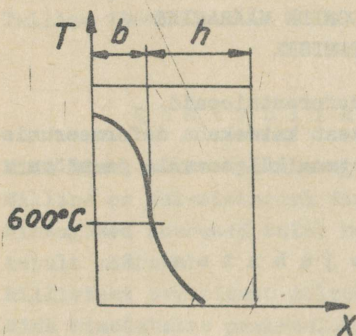
Töö eesmärk. Tutvuda terasest katsekeha deformeerumisega pärast õmbluse keevitamist tema külgservale ja mõõta deformatsioonide suurused.

A. S i s s e j u h a t u s

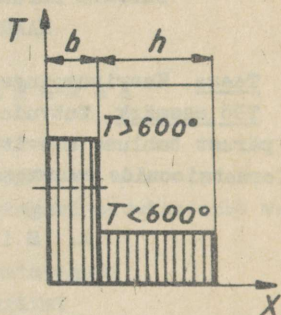
Keevitatava detaili tugeva kohaliku kuumenemise tõttu tekivad keevitusprotsessis alati jäävad sisepinged ja deformatsioonid. Peatume pingete ja deformatsioonide tekkemehhanismil ja vaatleme teoreetilistest arutlustest lähtudes, millises suunas on antud konkreetsel juhul oodata katsekeha (plaadi) kaardumist.

Pingete ja deformatsioonide tekkemehhanismi paremaks mõistmiseks teeme tegeliku olukorraga võrreldes mõningaid lõpptulemusi mittemõjutavaid lihtsustusi.

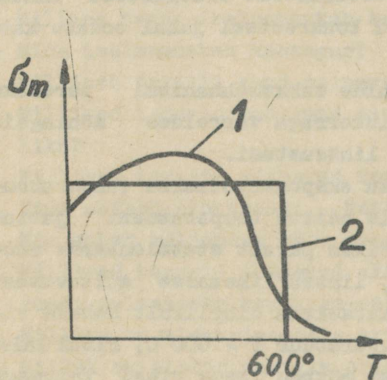
Esiteks arendame tegeliku eksponentsiaalse temperatuuriga jaotuskõvera (joon. 7), mis näitab temperatuuri jaotumist mingis katsekeha põiklõikes pärast statsionaarse soojusliku olukorra saavutamist, lihtsa lineaarse sõltuvusena (joon. 8). Sel juhul jaotub katsekeha tinglikult kaheks ribaks: ribal laiusel b on temperatuur $T \geq 600^{\circ}\text{C}$, ribal laiusel h aga $T < 600^{\circ}\text{C}$ (lihtsuse mõttes loeme ribal laiusel h temperatuuri võrdseks toatemperatuuriga). Selline temperatuurijaotus on tehtud kõvera alusel, mis näitab terase voolamispiiri sõltuvust temperatuurist (joon. 9). Toodud kõveralt selgub, et alates 600°C ja kõrgematel temperatuuridel terase vastupanu deformeerimisele alaneb sedavõrd, et teda võib lugeda täiesti plastiliseks. Seega jaotame mõtteliselt plaadi kaheks osaks. Üks osa (I) läbib keevitusprotsessi vältel plastilise staadiumi, teine osa (II) jääb keevitusprotsessi vältel elastsesse olekusse (joon. 10).



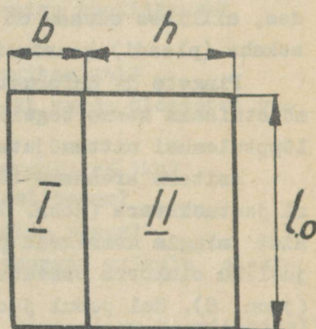
Joon. 7. Tegelik temperatuurijaoitus plaadi ristlõikes.



Joon. 8. Lihtsustatud temperatuurijaoitus plaadi ristlõikes.



Joon. 9. Terase voolavuspiiri sõltuvus temperatuurist:
1 - tegelik ja 2 - lihtsustatud.



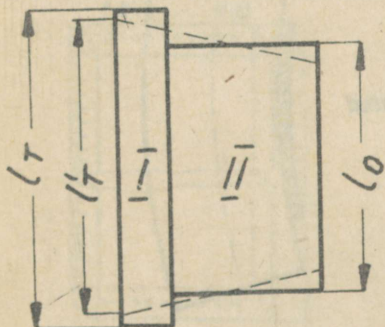
Joon. 10. Tegelik plaadi jaotus:
I - täielikult plastiline, II - täielikult elastne osa.

Teiseks vaatleme, mis toimub plaadiga, kui keevitame ümbluse tema servale (joon. 11). Juhul kui jaotada plaat kaheks osaks, siis esimene (I), s.t. vasakpoolne osa, võtaks uueks pikkuseks l_T , mis oleks seotud plaadi algpikkusega l_0 järgmiselt:

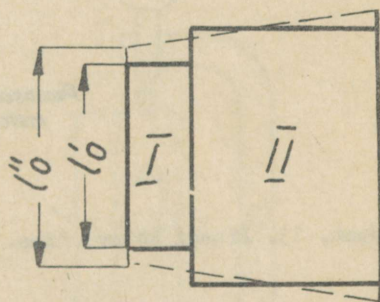
$$l_T = l_0 [1 + B(T - T_0)] ,$$

kus l_0 - plaadi algpikkus temperatuuril T_0 ,
 B - joonpaisumistegur.

Teise (II), parempoolse osa pikkus jääks muutumatuks. Tegelikult on aga osad I ja II omavahel seotud, mistõttu II - elastne osa, takistab I osa paisumist ning I osa võtab mingi vahepealse pikkuse l_T' (tegelik asend näidatud joon. 11 punktiirjoonega). Suurus $l_T - l_T'$ vastab plastilisele deformatsioonile, mille saab I osa kuumutusprotsessis (keevitamisel). Järelikult on kuumutamisel I osa survepingete ja II osa tõmbepingete all.



Joon. 11. Plaadi deformeerumine kuumutamisel.



Joon. 12. Plaadi deformeerumine jahtumisel.

Joonis 12 vastab olukorrale, kus katsekeha on jahtunud lähtetemperatuurini. Oletusel, et plaat on jällegi jaotatud kahte ossa (joon. 12 tähistatud täisjoonega), saaks I osa vabal kokkutõmbumisel pikkuse $l_0' = l_T'(1 - B\Delta T)$, II osa aga saaks tagasi algmõõtmed. Tegelikult kujuneb olukord jällegi vahepealseks (näidatud punktiirjoonega), sest plaat on tervik ning elastne osa II takistab plastilise osa I vaba kokkutõmbumist.

Seega lõpptulemusena jäävad pärast jahtumist osasse I tõmbepinged, osa II jääb survepingete alla (õigemini osa II vasakpoolne ja suurem osa, kuna äärmised parempoolsed kiud, nagu näitab ka meie katse, jäävad samuti tõmmatuks). Kuna äärmised parempoolsed kiud jäid kogu protsessi vältel elastuse piiridesse, siis võime neis valitsevaid pikisuunalisi sisepingeid arvutada Hook'i seaduse põhjal, kasutades selleks katsetulemusi.

Eeltoodud arutluse põhjal võtab plaat pärast keevitamist ja jahtumist kuju, mis on näidatud joon. 13. Sellise kuju võtmisele aitab kaasa lisaks eeltoodule veel pealesulatatud metalli pikisuunaline kahanemine tema jahtumisel.

*Pealesulatatud
metall*



Joon. 13. Plaadi kõverdumine.

B. Eksperimentaalne osa

a. Ülesanne. Mõõta katsekeha kiudude pikkused ja läbipaine enne ja pärast keevitamist keevitusprotsessi tagajärjel tekkinud deformatsioonide määramiseks. Samaaegselt tuleb fikseerida keevitusrežiim deformatsioonide arvutamiseks.

b. Seadmed, rakised ja materjalid. 1. Alalisvoolu (vahelduvvoolu) keevitusallikas koos registreerivate mõõteriistade - ampermeetri, voltmeetri ja stopperiga.

2. Tehnilised kaalud, nihkkaliiber ja joonlaud.

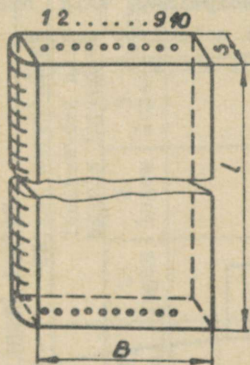
3. Spetsiaalsed indikaatoriga rakised plaadi kiudude pikkuse ja läbipainde määramiseks.

4. Uuritav katsekeha.

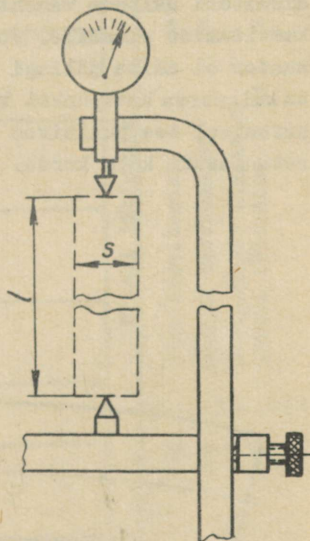
5. Keevitaja töökoht koos sinna juurde kuuluvate töö- ja kaitsevahenditega.

Uuritav katsekeha on ristkülikukujulise põiklõikega terasplaat, mille mõlemad otstahud on kindla intervalli tagant kärnitud. Kärnid asetsevad vastakuti ja nendevaheline metalli osa moodustab katsekeha mõttelise pikikiu. Ühe kärnipaari vahelist kaugust loeme antud metallikiu pikkuseks, mille muutumist keevitusprotsessis me jälgimegi vastava indikaatoriga mõõterakise abil.

c. Töö käik. Määrame plaadi algmõõtmed: pikkuse, lause ja paksuse (joon. 14).



Joon. 14. Katsekeha kuju.

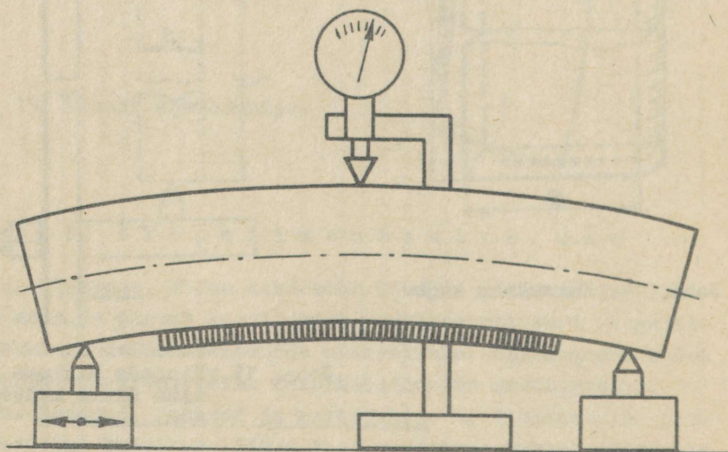


Joon. 15. Kiudude pikkuse mõõtmise skeem mõõterakises.

Edasi järgneb üksikute kiudude algpikkuste määramine. Kuna indikaator ei võimalda määrata absoluutset mõõdet, vaid ainult hälbeid mingist baasist, siis valime kõigepealt mingi baasi. Selleks on kõige sobivam võtta esimese kiu alg-

pikkus. Baasi saamiseks asetame plaadi esimest kiudu pidi mõõterakisesse (joon. 15) ja fikseerime indikaatori skaala asendi vastava kruvi abil. Edaspidises töö käigus seda skaala asendit mitte muuta!

Kõikide järgmiste kiudude pikkusi võrdleme baasiks oleva kiu pikkusega. Hälbed võivad seejuures olla nii positiivsed (mõõdetav kiud on pikem baasiks olevast kiust) kui ka negatiivsed (mõõdetav kiud on lühem baasiks olevast kiust). Mõõtmistulemuste täpsuse suurendamiseks korrata iga mõõtmist kolm korda ja võtta nende aritmeetiline keskmine. Seejärel määrata vastavas mõõterakises plaadi läbipaine (joon. 16). Keevitusprotsessist tingitud plaadi läbipaine saadakse indikaatori näitude vahena, mõõdetuna enne ja pärast õmbluse keevitamist plaadile. Joon. 16 näidatud mõõterakise indikaator ei näita jällegi tegelikku läbipainet, vaid õmblustakülgserva keskpunkti kõrgust mingi nullnivoo suhtes. Lahutamisel see nullnivoo koondub. Seda mõõtmist on vaja korrata samuti kolm korda.



Joon. 16. Plaadi läbipainde mõõtmine.

Tabel 11

Kiu nr.	Kiu pikkus baasi suhtes										Jääv absoluutne deformatsioon	Jääv suhteline deformatsioon	Märkusid
	Enne keevitamist					Pärast keevitamist							
	Indikaatori näit skaala jaotustes					Indikaatori näit skaala jaotustes							
	1. lugem	2. lugem	3. lugem	keskm.	l_e n	1. lugem	2. lugem	3. lugem	keskm.	l_p m			
1.											$\Delta l = \frac{l_p - l_e}{m}$	$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_{\text{plaat}}}$	
2.													
3.													
4.													
5.													
6.													
7.													
8.													
9.													
10.													

Flaadi mass

Flaadi läbipaine

Flaadi mõõtmed

Enne keevitamist kg
 Pärast keevitamist kg
 Pealekeevitatud metalli mass kg

Enne keevitamist n
 Pärast keevitamist n
 Keevitusast tingitud plaadi läbipaine n

Pikkus n
 Laius enne keevitamist n
 Paksus n
 Õmbluse pikkus n
 Laius pärast keevitamist M
 Keevitusaeag s

Keevitusrežiim: keevitusvool

A;

kaare pinges

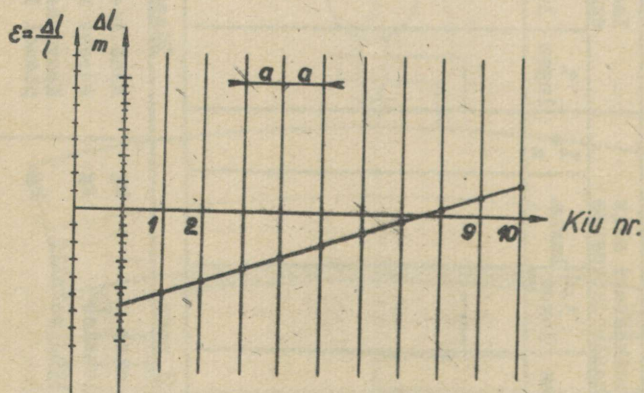
V

Ligikaudu võib määrata plaadi läbipainde järgmisel viisil. Enne keevitamist kontrollida katsekeha (plaadi) pealekeevitatava serva tasapinnalisust. Selleks võib kasutada tavalist mõtjajoonlauda, kusjuures jälgida valguspilu joonlauda ja plaadi vahel. Õhupilu asendi (suuruse) muutuse järgi pärast keevitamist on võimalik määrata plaadi kaardumise suunda.

Enne keevitamist on vajalik plaat kaaluda, et määrata keevitamisel plaadile lisandunud metalli hulk. Kõik andmed kanda tabelisse 11.

Pärast katsekeha (plaadi) kaalumist järgneb pealekeevitamine, mida teeb õppemeister. Keevitamise ajal tuleb voltmeetri ja ampermeetri näitude järgi võtta keevitusvoolu J_k ja kaare pinge U_k keskmised väärtused (mitme lugemi keskmised registreerivate mõõteriistade puundumisel) ning määrata stopperiga keevitusaeg T .

Pärast katsekeha jahtumist mõõdame uuesti kiudude pikkused, lähtudes algaasist. Et vähendada mõõtmisvigu, tuleb tingimata jälgida, et plaat asetseks mõõtmisrakises täpselt samas asendis kui mõõtmisel enne keevitamist. Iga kiu pikkust mõõta kolm korda.



Joon. 17. Õmbluse keevitamisest plaadi ühele servale tingitud plaadi jäävate pikisuunaliste deformatsioonide graafik.

Pärast keevitamist mõõta plaadi läbipaine ja kaaluda plaat (eelnevalt kõrvaldada õmblusel olev räbu) ning mõõta plaadi laius koos pealekeevitatud õmblusega (kolmest eri kohast). Kõik andmed kanda tabelisse 11.

Saadud mõõtmistulemuste alusel koostada graafik, mille kuju on toodud joonisel 17. Saadud graafik peab kujunema sirgjooneks, kuna ta kujutab endast plaadi otspinna asendit pärast keevitamist, mis, nagu ülejäänudki plaadi põiklõiked, ei saa kõverduda, tingituna plaadi suhteliselt suurest paksusest.

C. Rakenduslik osa

Ülesanne. Kontrollida plaadi mõõdetud deformatsioone arvutuslikult, kasutades selleks keevitusrežiimi andmeid.

Määrame pealesulatatud võõdi laiuse b_{σ} (joon. 18) valemist

$$b_{\sigma} = \frac{G_{ps}}{\rho \cdot l_{\sigma} \cdot s} \quad \text{m}, \quad (1)$$



kus G_{ps} - pealesulatatud metalli mass kg,

ρ - pealesulatatud metalli tihedus $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,

l_{σ} - keevisõmbluse pikkus m,

s - plaadi paksus m.

Joon. 18. Pealesulatatud võõdi ristlõige.

Pealesulatatud metalli mass G_{ps} määratakse plaadi kaalulisel enne ja pärast keevitamist

$$G_{ps} = G_2 - G_1 \quad \text{kg}, \quad (2)$$

kus G_1 - plaadi mass enne keevitamist kg,

G_2 - plaadi mass pärast keevitamist kg, või arvutatakse valemist

$$G_{ps} = \alpha_{ps} I_k T_{põhi} \text{ kg,} \quad (3)$$

kus α_{ps} - kasutatud elektroodi pealesulamistegur $\frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}}$ (võetakse kas käsiraamatust või laboratoorsest tööst nr. 2),

I_k - keevitusvoolu keskmine väärtus A,

$T_{põhi}$ - keevitamise põhiaeg s.

Tulemuste kontrollimiseks võib kasutada plaadi laiuse mõõtmise tulemusi enne ja pärast keevitamist.

Edasi määrame (slates plaadi servast) põhimetallitsiooni laiuse b' , mille ulatuses temperatuur on üle 600°C .

Plaadi pealekeevitatud servast telje suunas muutub temperatuur järgmist seadust mööda:

$$T = \frac{q}{2\pi\lambda s} \cdot e^{-\frac{\sqrt{k}}{2\lambda l} x} \quad (4)$$

Võttes $T = 600^\circ\text{C}$, võime valemist (4) avaldada $x = b'$, mille piires $T = 600^\circ\text{C}$.

Avaldises (4) on q kaare efektiivne võimsus:

$$q = U \cdot J_k \cdot \eta_d \text{ W,} \quad (5)$$

kus U - kaare pingeline V ,

J_k - keevitusvool A,

η_d - metalli kaarega kuumutamise efektiivne kasutegur ($\eta_d = 0,7 \dots 0,8$),

λ - metalli soojusjuhtivustegur $\frac{\text{W}}{\text{m deg}}$ (süsinikuvaestel terastel $\lambda = 40 \dots 50$),

s - plaadi paksus m,

$e = 2,718$ - naturaallogaritmide alus,

$$v_k = \frac{l_{\delta}}{T_{\text{põhi}}} - \text{keevituskiirus } \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

kus l_{δ} - õmbluse pikkus m,

$T_{\text{põhi}}$ - keevituse põhiaeg s,

$$\lambda_t = \frac{\lambda}{\delta_p \cdot \rho} - \text{temperatuuri juhtivustegur (süsinikuvaestel terastel } \lambda_t = 0,07 \dots 0,1 \cdot 10^{-4}),$$

C_p - metalli erisoojus jääval rõhul $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{deg}}$ (süsinikuvaestel terastel $C_p = 380 \dots 460$),

ρ - metalli tihedus $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Üldine ala laius, mille ulatuses keevitamise ajal temperatuur ületab 600°C :

$$b = b_0 + b' \text{ m.} \quad (6)$$

Plaadi selle osa laius, mille temperatuur on alla 600°C

$$h = B - b' \approx B.$$

Jõud, millega plaadi osa I laiusel b , kus temperatuur on kõrgem kui 600°C , mõjub ülejäänud osale laiusel h , väljendub valemiga

$$F = \sigma_T \cdot b \cdot s \text{ N,} \quad (7)$$

kus σ_T - terase voolavuspiir; süsinikuvaestel terastel on $\sigma_T = 2,0 \dots 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

Plaadi ristlõike peatsentraalteljest x kaugusel e' rakendatud jõu F mõjumisel tekib samast teljest kaugusel z asetsevas kius normaalpinge σ , mis on määratav valemiga (vt. joon. 19)

$$\sigma = -\frac{F}{S} - \frac{F \cdot e' \cdot z}{J_x} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \quad (8)$$

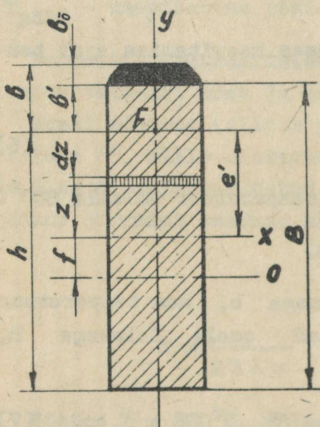
kus J_x - plaadi ristlõike inertsimoment x - telje suhtes:

$$J_x = \frac{B^3 \cdot s}{12} \text{ m}^4,$$

kus B - plaadi laius m,
s - plaadi paksus m.

Valemis 8 tähendab märk "miinus" seda, et tegemist on survepingetega.

$$e' = \frac{B}{2} - b'. \quad (9)$$



Joonis 19. Vaadeldava plaadi ristlõike elemendid:

- O - neutraaltelg,
- x - peatsentraaltelg,
- F - jõu F kandesirge jälg.

Asendades valemis 8 suurused F, J_x , e' , z ja S (plaadi ristlõikepind) nende avaldistega, saame:

$$\sigma = - \frac{\sigma_r \cdot b}{B} \left[1 + \frac{12 z \left(\frac{B}{2} - b' \right)}{B^2} \right] \frac{N}{m^2}. \quad (10)$$

Kiu suhteline elastne pikenemine on määratav valemiga

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}, \quad (11)$$

kus E - elastsusmoodul (terase $E = 2 \dots 2,1 \cdot 10^{11} \frac{N}{m^2}$).

Asendades valemis 11 σ tema avaldisega, saame:

$$\epsilon = - \frac{\sigma_T \cdot b}{B \cdot E} \left[1 + 12 \frac{z \left(\frac{B}{2} - b' \right)}{B^2} \right]. \quad (12)$$

Kui arvutus teha viienda kiu kohta (lugedes plaadi tsentraaltelje viiendaks kiuks), siis $z = 0$ ja

$$\epsilon_5 = - \frac{\sigma_T \cdot b}{B \cdot E}. \quad (13)$$

Plaadi vasakul äärel (esimene kiud) $z = \frac{B}{2} - b'$ ja

$$\epsilon_1 = \frac{\sigma_T \cdot b}{B \cdot E} \left[1 + 12 \frac{\left(\frac{B}{2} - b' \right)^2}{B^2} \right] \approx - 4 \frac{\sigma_T \cdot b}{B \cdot E}. \quad (14)$$

Plaadi paremal serval (kiimnes kiud)

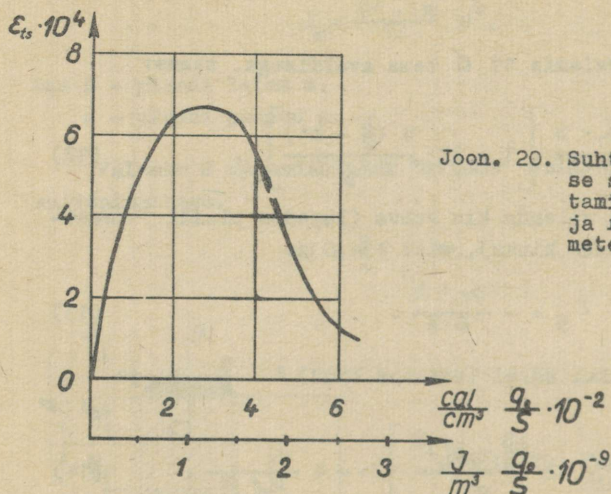
$$z = - \left(\frac{B}{2} - b' \right) \text{ ja}$$

$$\epsilon_{10} = - \frac{\sigma_T \cdot b}{B \cdot E} \left[1 - 12 \frac{\left(\frac{B}{2} - b' \right)^2}{B^2} \right] \approx 2 \frac{\sigma_T \cdot b}{B \cdot E}. \quad (15)$$

Joonisel 20 on toodud plaadi tsentraaltelje suhtelise pikenemise ϵ_{ts} muutumise kõver sõltuvalt suhtest $\frac{q_e}{S}$, kus q_e - keevitamise erienergia ja $S = B \cdot s$ - plaadi ristlõikepind m^2 .

$$q_e = \frac{U_k \cdot I_k \cdot \eta_d \cdot T_{põhi}}{I_g} \frac{J}{m}. \quad (16)$$

Lugedes mõõtmisandmete alusel (vt. katseandmete tabel) saadud tsentraalkiu suhtelise pikenemise väärtuse õigeks, leida valemi 13 järgi arvutatud ja graafikust (joon. 20) saadud väärtuste erinevus %-des mõõtmisandmetest. Tulemused kanda tabelisse 12.



Joon. 20. Suhtelise pikenemise sõltuvus keevitamise erienergiast ja ristlõike mõõtmetest.

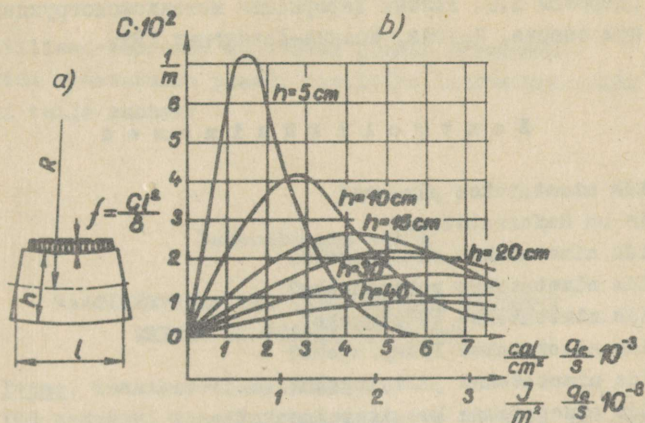
Tabel 12

Suhteline elastne pikenemine					
mõõtmistulemuste järgi	arvutatud valemiga 13	erinevus %	määratud joonise 20 järgi	erinevus %	märkusi

Plaadi mõõdetud läbipainde järgi arvutada tema kõverus valemiga

$$c = \frac{8f}{l^2} \cdot \frac{1}{m}. \quad (17)$$

Võrrelda saadud kõveruse väärtust joon. 21 toodud kõverate abil leitud väärtusega.



Joon. 21. Ristkülikukujulise põiklõikega erineva laius-
saga ribade jääva kõveruse sõltuvus keevitus-
režiimist:

a - pealekeevitatud õablusega riba (lati) ku-
ju pärast jahtumist, b - kõveruse muutuse ise-
loom sõltuvalt keevituse erienergia muutusest.

Joonisel 21 on abtsissteljele kantud keevitamise eri-
energia q_e suhe plaadi paksusesse s.

Aruanne sisaldagu:

- 1) katse lühikese kirjelduse,
- 2) katseandmete tabelid,
- 3) pikisuunaliste jäävate deformatsioonide graafiku,
- 4) suhtelise pikenemise ja läbipainde arvutused ning nende võrdlused graafikute (joon. 20 ja 21) abil saadud tulemustega,
- 5) järeldusi.

K i r j a n d u s

1. Демянцевич В.П., Думов С.И. Технология дуговой сварки, Машгиз, Москва-Ленинград 1959.
2. Рыбаков В.И., Вошанов К.П. Технология ручной дуговой сварки, Машгиз, Москва 1953.

3. Очерблом Н.С. Расчет деформации металлоконструкции при сварке, Машгиз, Москва-Ленинград 1955.

K o n t r o l l k ü s i m u s e d

1. Mida nimetatakse pingeks?
2. Mis on deformatsioon?
3. Mida nimetatakse sisepingeks?
4. Mida nimetatakse põhipingeks?
5. Mida nimetatakse tööpingeks?
6. Mida nimetatakse lisapingeks?
7. Mida nimetatakse jääkpingeks?
8. Mida nimetatakse keevituspingeks?
9. Miks pakub meile huvi metalli selle ala laius, kus temperatuur on üle 600°C ?
10. Joonistage temperatuuri muutumise kõver eemaldumisel keevise teljest?
11. Millistest alajaotustest koosneb plaadi osa, kus temperatuur on üle 600°C ?
12. Mida nimetatakse elastsusmooduliks?
13. Mis tähtsus on elastsusmoodulil keevitusdeformatsioonide ja pingete arvutamisel?
14. Joonistage elastsusmooduli sõltuvus temperatuurist.
15. Kirjutage Hooke'i seadus.
16. Mida nimetatakse proportsionaalsuse piiriks?
17. Mida nimetatakse voolavuspiiriks?
18. Kuidas sõltub voolavuspiir temperatuurist?
19. Mida nimetatakse keevitamisel lineaarseks erieneergiaks (jooksvaks energiaks)? *
20. Milliseid suurusi tuleb mõõta katse käigus, et arvutada lineaarset erieneegiat?
21. Kuidas sõltub plaadi suhteline joonkahanemine (lühenemine) lineaarsest erieneegiast ja plaadi ristlõike pindalast?
22. Miks kõverdub plaat keevitamisel?
23. Kus tekib plaadil keevitamisel nõgusus, kus kumerus ja miks?

24. Millised suurused mõjutavad plaadi kõverust?
25. Mida nimetatakse plaadi ristlõike inertsimomendiks mingi telje suhtes?

Laboratoorne töö 4

GAASIKEEVITAMISEL KASUTATAVATE SEADMETE EHITUS JA TÖÖTAMISPÕHIMÕTE

Teema. Gaasikeevitusseadmed.

Töö eesmärk. Gaasikeevitusseadmete ehituse ja töö-
tamis põhimõttega tutvumine.

A. S i s s e j u h a t u s

I. Metallide gaasikeevitamine. Gaasikeevitamine on oma olemuselt sulatuskeevitus. Gaasikeevitamine seisneb keevitatavate detailide servade kuumutamises ja sulatamises gaasi-hapnikuleegiga ning nende vahelise pilu täitmises sulatatavast traadist saadava lisametalliga. Gaasileegi temperatuur on madalam elektrikaare temperatuurist, mistõttu on vajalik metalli sulatamiseks hoida gaasileeki ühel kohal märgatavalt kauem elektrikaarest. Selle tagajärjel suureneb gaasikeevitamisel termilise mõju tsoon. Suure paksusega detailide gaasikeevitamisel väheneb tootlikkus järsult, mistõttu on otstarbekas kasutada gaasikeevitust kuni 5 mm paksuste toodete keevitamisel.

Tänapäeval kasutatakse gaasikeevitust õhukeste (0,5... 3,0 mm) teraslehtede, torude jm. keevitamisel, samuti ka värviliste metallide ja malmi keevitamisel (defektide parandamisel malmist ja pronksist detailidel).

II. Keevitamisel kasutatavad gaasid. Metallide sulatamiseks vajalik kõrge temperatuur saadakse gaasikeevitamisel põlevgaasi süütamisel hapnikujoos. Põlevgaasina kasutatakse atsetüleenit (C_2H_2), vesinikku (H_2), naftagaasi, looduslikku

gaasi (metaan), koksigaasi jt. Keevitamiseks on sobivam kasutada atsetüleeni, kuna tal on rida eeliseid teiste gaasidega võrreldes. Atsetüleen annab põlemisel kõrgeima leegi temperatuuri ($3100 \dots 3400^{\circ}\text{C}$), ($3373 \dots 3673^{\circ}\text{K}$), tema kulu on märgatavalt väiksem kui teiste gaaside kulu. Atsetüleeni kasutamisel on väiksem ka hapnikuvajadus ja seejuures on keevitamise tootlikkus küllalt kõrge (võrreldes vesinikkeevitusega on tootlikkus 1,5 ... 2 korda kõrgem). Atsetüleeni puuduseks on tema suur plahvatusohtlikkus. Atsetüleen võib plahvatada:

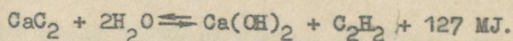
- 1) järsul rõhu tõstmisel kuni 2 atü võrra ja temperatuuri tõusmisel kuni $450 \dots 500^{\circ}\text{C}$ ($723 \dots 773^{\circ}\text{K}$) võrra,
- 2) kui atsetüleeni hulk on õhu või hapniku segus üle 2,2 mahuprotsendi,
- 3) kokkupuutes vase või hõbedaga (kuna võivad tekkida plahvatusohtlikud ühendid).

III. Atsetüleenikeevitamise seadmed. Atsetüleenikeevitamiseks on vajalikud:

- a) generaator atsetüleeni saamiseks või atsetüleeniballoon,
- b) hapnikuballoon,
- c) reduktorid hapniku ja atsetüleeni rõhu alandamiseks (kui viimast saadakse töökohal balloonist),
- d) kummivoolikud atsetüleeni ja hapniku juhtimiseks põletisse,
- e) põletite komplekt.

Atsetüleenigeneraatorid. Atsetüleeni saamiseks vahetult keevituskohal kasutatakse spetsiaalseid seadmeid - atsetüleenigeneraatoreid.

Generaatoris reageerib kaltsiumkarbiid CaC_2 veega, mille tulemusena saadakse atsetüleen ja kustutatud lubi:

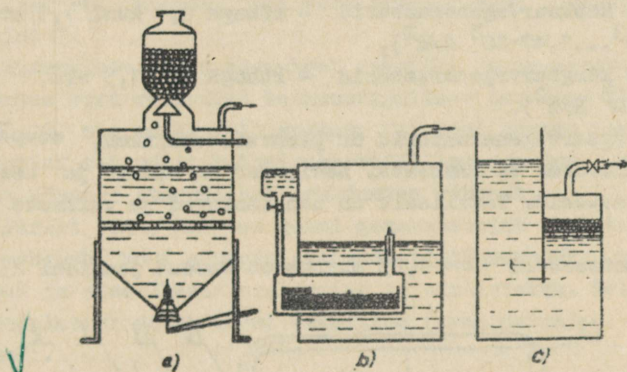


Ühe kilogrammi tehnilise kaltsiumkarbiidi lagunemisel eraldub 250...300 l atsetüleeni. Mida väiksemad on karbiiditü-

kid, seda kiiremini saadakse atsetüleen. Kaltsiumkarbiidi kaubastatakse terasnõudes kaaluga 50...130 kg. Tünni tohib avada ainult sellise instrumendiga, mis ei tekita sädemeid.

Atsetüleenigeneraatorid jagatakse vee ja kaltsiumkarbiidi vastastikuse toime järgi kolme põhisüsteemi:

1. Süsteem "karbiid vette" (joon. 22a), mille puhul kaltsiumkarbiid perioodiliselt, üksikute koguste kaupa lastakse vette. Need generaatorid annavad kõige suurema koguse (ca 95%), hästi jahutatud ja lisanditest puhta atsetüleen.



Joon. 22. Atsetüleenigeneraatori töötamispehimõtet selgitavad skeemid:

a - "karbiid vette", b - "vesi karbiidile",
c - "kontaktsüsteem".

2. Süsteem "vesi karbiidile" (joon. 22b), mille puhul karbiid paigutatakse spetsiaalsesse laadimiskasti või retorti, kuhu perioodiliselt lastakse vett karbiidi lagundamiseks. Retorti jahutatakse veega. Sellised generaatorid annavad kõige vähem atsetüleen (85 ... 90%), kuna karbiiditükid kattuvad pehme kestaga, mis takistab kaltsiumkarbiiditükikeste täielikku lagunemist. Nende generaatorite lihtsa konstruktsiooni tõttu kasutatakse neid laialdaselt.

selt. Meil toodetakse mitut eri marki sedatüüpi generaatoreid. Nad on enamikus kantavad ja väikese tootlikkusega (1 ... 3 m³ tunnis).

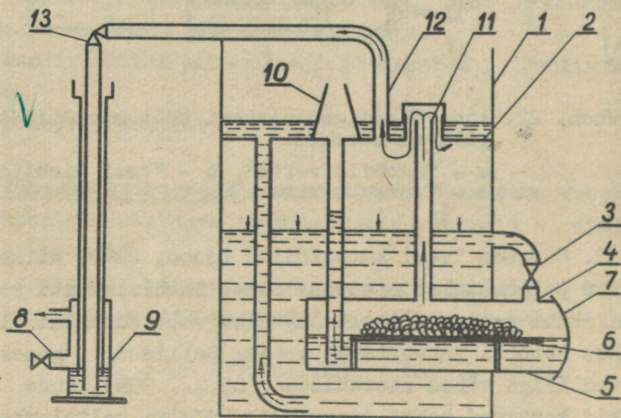
3. "Kontaktüsteem" (joon. 22c), mille puhul kaltsiumkarbiid ja vesi viiakse perioodiliselt kokkupuutesse, sõltuvalt atsetüleeni kulust generaatoris. Sellistel generaatoritel on madal karbiidi lagunduskoefitsient (tingituna osalisest veepuudusest atsetüleeni kuumeneb üle).

Eraldud gaas (atsetüleeni) on generaatoris rõhu all. Olevalt rõhu suuruselt jaotatakse generaatorid kolme rühma:

- a) madalsurvegeneraatorid - rõhuga kuni 0,1 atü ($9,8 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$),
- b) kesksurvegeneraatorid - rõhuga 0,1 kuni 1,5 atü ($9,8 \cdot 10^3 \dots 1,47 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$),
- c) kõrgsurvegeneraatorid - rõhuga üle 1,5 atü ($1,47 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$).

Kõrgsurvegeneraatorid on plahvatusohtlikud, seepärast neid tööstuses ei kasutata. Levinumad on madal- ja kesksurvegeneraatorid. Tavaliselt on nad kantavad ja väikeste mõõtmetega.

Generaatori ГВН-1,25 ehitus on toodud joonisel 23.



Joonis 23. Generaatori ГВН-1,25 skeem.

Silindrilise kujuga metallkorpus 1 on jaotatud vahe-
seinaga 2 kaheks osaks. Alumine osa on ühendatud kraani 3
ja toru või kummivooliku 4 abil retordiga 5, kuhu on pai-
gutatud korv 6. Kaltsiumkarbiid paigutatakse korvi 6 ja
seejärel suletakse retort 5 hermeetiliselt kaanega 7. Enne
veega täitmist kraan 3 suletakse ja kraan 13 avatakse. Ge-
neraatorisse valatakse vesi läbi kere ülemise osa. Vesi-
lukku valatakse vesi ülemise lehtri kaudu kuni kontroll-
kraani 8 nivooni. Kraani 3 avamisel voolab vesi retorti 5
ja reageerib seal asuva kaltsiumkarbiidiga. Tekkinud atse-
tüleen väljub toru 11 kaudu, liigub generaatori kere alu-
misse ossa ja tõrjub sealt vee ülemisse ossa. Vee juurde-
vool retorti katkeb, kui tema tase langeb madalamale
kraanist 3.

Atsetüleeni rõhu tõusmisel retordis ja generaatoris
surutakse vesi retordist koonusekujulisse anumasse (laid-
dise) 10, mis on ülevalt avatud. Sel moel pärast vee väl-
jasurumist retordist kaltsiumkarbiidi lagundumine aeglus-
tub ja edasine atsetüleeni eraldumine väheneb.

Pärast seda, kui osa gaasi generaatorist kulutatakse,
rõhk väheneb, vesi anumast (laidendist) 10 suundub uuesti
retorti ja atsetüleeni eraldumine intensiivistub. Sel vii-
sil reguleerub atsetüleeni tekkimine (eraldumine) auto-
maatselt.

Atsetüleen väljub generaatorist põletisse toru 12 kau-
du, läbides seejuures vesiluku 9. Tavaliselt on generaato-
ritel keemilised puhastajad atsetüleeni puhastamiseks niis-
kusest, tolmust ja kõrvalistest gaasidest.

Gaasikeevituse käigus on võimalik tagasilöök, s. o.
plahvatuslaine levik põletist gaasiallika poole. Tagasilöö-
giga kaasneb heli (paukumine), samuti leek, mis tekib gaasi
süttimisest põletis. Põletist võib leek levida voolikute
kaudu generaatorisse ja põhjustada plahvatust.

Tagasilöögi põhjuseks võib olla gaaside rõhu suurene-
mine põleti suudmiku ees (kui suudmiku ja metalli vaheline
kaugus väheneb, tõkestub gaasisegu väljumine) ja suur hap-
niku ülehulk (happniku väljavoolamiskiirus muutub vähe, lee-
gi levimiskiirus aga suureneb mitu korda). Tulemuseks on

suudmikust väljuva gaasisegu voolamiskiiruse vähenemine määrani, mis on väiksem leegi levimiskiirusest segus. Põlemine läheb üle põletisse ja atsetüleenikanalisse ning seejärel voolikut mööda generaatori poole. See on tingitud asjaolust, et atsetüleeni rõhk põletis on tunduvalt väiksem kui hapniku rõhk.

Tagasilööki võib põhjustada ka põleti suudmiku ummistumine sulametalli pritsmetega. Osalise ummistumise korral suureneb gaaside väljavoolutakistus ja segu hapnikusisaldus. Suudmiku ava täielikul ummistumisel võib esineda segu, järelikult aga ka hapniku tungimine atsetüleenivooliku kaudu generaatorisse.

Tagasilööki võib põhjustada veel põleti ülekuumenemine. Ülekuumenemisel esineb tagasilöök, tingituna gaaside väljumisava suurenemisest (rõhk väheneb, kiirus alaneb) või gaasisegu temperatuuri tõusust. Gaasisegu temperatuuri kasvamisel leegi levimiskiirus suureneb ja atsetüleen võib plahvatada põleti sees.

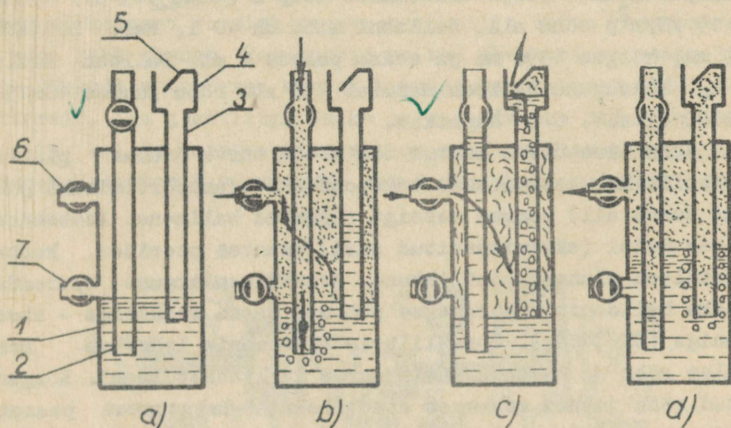
Atsetüleeni plahvatamise vältimiseks generaatoris tagasilöökidest korral peavad generaatoritel olema tingimata vesilukud. Tagasilöögi korral leek kustub. Vaatamata sellele on vaja esiteks sulgeda põleti atsetüleeni- ja seejärel hapnikukraan.

Pärast tagasilööki on põletit vaja jahutada vees, milleks töökoha juures peab alati olema veega täidetud ämber. Vesilukk kaitseb atsetüleenigeneraatorit (või gaasijuhet) temasse leegi sattumise eest põletist. Joonisel 24 on toodud vesiluku töötamis põhimõtte.

Vesilukku 1 valatakse vesi kuni kontrollkraanini 7 (joon 24a). Kui läbi kraani 7 jookseb vett, siis vesilukk on töökorras ja kontrollkraan suletakse. Generaatorist tulev gaas tungib toru 2 kaudu läbi vee vesiluku ülemisse ossa, kust ta gaasi väljumistoru 6 kaudu juhitakse põletisse (joon. 24b).

Tagasilöögi korral (joon. 24c) tungib mööda voolikut tulev leek gaasi väljumistoru 6 kaudu vesiluku sisse ja süütab seal atsetüleeni. Süttinud atsetüleenist tekib vesilukus rõhk, mille tagajärjel seal olev vesi surutakse gaasi sisenemistorusse 2. Sel teel suletakse leegile edasipääs gene-

raatorisse ja välditakse plahvatus. Vee nivoo langeb kaitsetoru 3 alumisest otsast allapoole ja põlenud gaasid pääsevad kaitsetoru kaudu välja. Tagasilöögiklapp 5 kaitseb lehtrisse 4 tunginud vee väljapaiskumist vesilukust. Pärast tagasilööki rõhk vesilukus alaneb ja veenivoo võtab normaalasendi (joon. 24d).



Joon. 24. Vesiluku ehitus ja töötamis põhimõte:

1 - vesiluku silindriline korpus, 2 - gaasi sisenemistoru (generaatorist), 3 - kaitsetoru, 4 - lehter, 5 - tagasilöögiklapp, 6 - gaasi väljumistoru (põletisse), 7 - kontrollkraan.

Ülalkirjeldatud vesilukku kasutatakse madalate gaasirõhkude puhul. Sõltuvalt generaatori töö rõhust kasutatakse veel kesk rõhu ja kõrgrõhu vesilukke. Kesk rõhu vesilukkudes kasutatakse spetsiaalseid klappe, mis sulguvad atsetüleeni süttimisest tingitud vee rõhu suurenemisel tagajärjel.

Balloonid. Gaaside hoidmiseks ja transportimiseks kasutatakse spetsiaalseid terasballoone. Balloon koosneb silindrilisest korpusest, mis valmistatakse tõmmatud terastorust. Tal on väljakumerdud põhi; ülemine ots lõpeb sfäärilise pak-

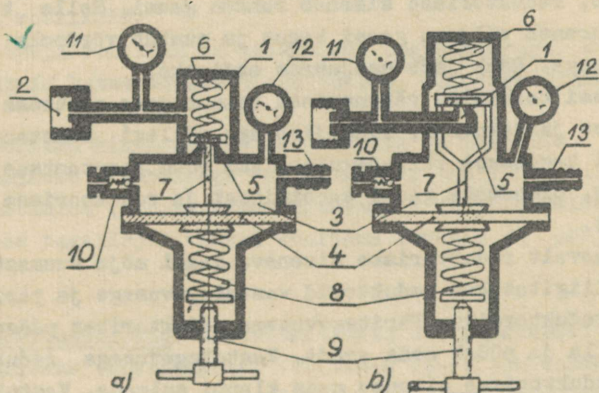
sendi ja kaelaga, millesse keeratakse ventiil. Ventiil on vajalik gaasi väljalaskmiseks balloonest ja samuti tema täitmiseks. Hapnikuballoonid ventiil valmistatakse messingist, atsetüleeniballoonid ventiil aga terasest. Ballooni alumisele osale on kinnitatud ruudukujuline tald, mis on vajalik ballooni hoidmiseks püstasendis. Gaasilist hapnikku hoitakse ja transportitakse terasballoonides tüüp A (GOST 949-57) 150 atü ($\sim 15 \text{ MN/m}^2$) rõhu all. Ballooni maht on 40 l, kere läbimõõt 219 mm, kõrgus 1390 mm ja seinapaksus 8 mm. Balloon kaalub 67 kg. Niisugune balloon mahutab 150 atü rõhu juures $40 \times 150 = 6000 \text{ l}$, s.o. 6 m^3 hapnikku.

Kuna atsetüleen muutub üle 2-atü surve juures plahvatusohtlikuks, kasutatakse tema ohutuks transportimiseks (kõrgema surve all) poorse massiga täidetud balloone. Asetsedes poorse massi (aktiiviseeritud süsi) peentes poorides, kaotab atsetüleen plahvatusohtlikkuse. Atsetüleenikoguse suurendamiseks balloonis immutatakse poorset massi lahustiga - atsetooniga (CH_3COOH). Ühes liitris atsetoonis lahustub normaalse rõhu ja temperatuuri juures 23 l atsetüleeni. Kõrgendatud rõhu juures suureneb atsetüleeni lahustuvus peaaegu võrdeliselt rõhuga. Atsetüleeni hoitakse ja transportitakse terasballoonides tüüp B (GOST 949-57) rõhu juures 16 atü. Ballooni maht on 40 või 50 l, kere läbimõõt 219 mm, seinapaksus 7 mm. Balloonide kõrgus on vastavalt kas 1390 või 1700 mm ja kaal 52 või 64 kg. Olenevalt mahust sisaldab balloon atsetüleeni 4,5...6,0 m^3 . Balloonide segiajamise vältimiseks värvitakse nad erineva värviga. Samuti värvitakse eri värviga ka gaasi nimetus ballooni. Nii näiteks on:

- a) hapnikuballoon sinine, pealkirja tekst "КИСЛОРОД" must,
- b) atsetüleeniballoon valge, pealkirja tekst "АЦЕТИЛЕН" punane,
- c) süsihappegaasi balloon must, pealkirja tekst "УГЛЕКИСЛОТА" kollane,
- d) argooniballoonid ülemine pool valge, alumine must, pealkirja tekst "АРГОН" must,
- e) vesinikuballoon tumepruun, pealkirja tekst "ВОДОРОД" punane.

Hapniku puhtus avaldab olulist mõju keevitusprotsessile, eriti lõikamisele. Seepärast kasutatakse hapnikku 97,5...99,5% puhtusega. Keelatud on kasutada hapnikku puhtusega alla 92%.

Reduktorid. Ballooniist saadava gaasi rõhu alandamiseks töörihuni ja selle stabiliseerimiseks kasutatakse redukto-reid (joon. 25). Nende töötamis põhimõte seisneb gaasi tungi-mises väiksemast ruumist suuremasse, mille tõttu gaas paisub ja tema rõhk alaneb. Reduktorid on kas ühe- või kaheastmelise-d. Rõhkude suure vahe korral kasutatakse kaheastmelisi re-duktoreid. Iga gaasiliigi jaoks on vajalik oma reduktor, ise-gi siis, kui ta konstruktiivselt on sobiv mitmesugustele gaa-sidele! Reduktorid värvitakse antud gaasiballooni värvi.



Joon. 25. Reduktorite skeemid: a - vastutegevusega, b - pä-ritegevusega:

- 1 - kõrgsurvekamber, 2 - sisenemistoru, 3 - madal-survekamber, 4 - membraan, 5 - reduktsiooniklapp, 6 - abivedru, 7 - tõukur, 8 - peavedru, 9 - regu-leerimiskruvi, 10 - kaitseklapp, 11 - kõrgsurve-manomeeter, 12 - madalsurve manomeeter, 13 - väl-jumistoru.

Reduktori töötamis põhimõte on järgmine. Gaas siseneb kõrgsurvekambrisse 1 sisenemistoru 2 kaudu (ühendatud bal-

looni ventilliga). Kui reductor ei tööta, on läbipääs kõrgsurvekambrist 1 madalsurvekambrisse 3 suletud klapi 5, mis surutakse vastu klapi pesa vedru 6 abil. Reguleerimiskruvi 9 pööramisel surutakse kokku peavedru 8 ning see tõstab üles kummimembraani 4. Membraan 4 tõstab üles tükuri 7, mistõttu avaneb klapp 5 ja gaas pääseb kõrgsurvekambrist 1 madalsurvekambrisse 3. Gaas tungib madalsurvekambrisse 3 seni, kui gaasi rõhk membraanile ei tasakaalusta peavedru 8 jõudu.

Kui gaasi sisenemine reductorisse ja gaasi tarbimine on ühesugused, jääb rõhk konstantseks ja membraan on kogu aeg ühes asendis. Kui aga reductorist võetava gaasi kogus muutub suuremaks reductorisse siseneva gaasi kogusest, väheneb rõhk kambri 3; membraan koos tükuri ja klapi 5 tõuseb peavedru 8 mõjul ülespoole, klapi 5 ja klapi pesa vaheline pilu suureneb, reductorisse siseneb rohkem gaasi. Selle tulemusena suureneb väljuva gaasi kogus ja muutub võrdseks gaasi tarbimisega. Rõhk jääb seejuures endiseks.

Gaasi tarbimise vähenemisel toimub sama protsess vastupidises järjekorras, rõhk jääb aga jällegi konstantseks. Sel moel tagatakse väljareguleeritud rõhu konstantsus reductoris, olenemata gaasi tarbimisest ja reductorisse sisenemisest.

Olenevalt reductorisse siseneva gaasi mõju suunast klapi 5 liigitatakse reductorid vastutegevusega ja päritegevusega reductoreiks. Päritegevusega reductorites pääseb gaas klapi alla ja püüab seda avada. Vastutegevusega reductoris püüab reductorisse sisenev gaas klappi sulgeda. Vastutegevusega reductorid tagavad gaasi töösurve sujuvama muutumise ballooni tühjenemisel. Selle eelise tõttu kasutatakse tänapäeval peamiselt vastutegevusega reductoreid. Üheastmeliste reductorite puuduseks on nende kinnikülmumise oht suure gaasitarviduse puhul, mida põhjustab temperatuuri langemine gaasi paisumisel. Niiskust sisaldava hapniku korral võib veeaur külmuda ja ummistada ventiili või reductori kanalid.

Hapnikureductorid vähendavad gaasi rõhku 150 atü-lt kuni 3...10 atü-ni, atsetüleenireductorid aga 16 atü-lt 0,2...0,5 atü-ni.

Voolikud. Gaasi juhtimiseks põletisse kasutatakse spetsiaalseid voolikuid. Need koosnevad sisemisest kummikihist, vahepealsetest kummeeritud linase riide kihtidest (karkassist) ja välimisest kummikihist. Sisemise kihi ülesandeks on hermeetilisuse tagamine, keskmise kihi (karkassi) ülesandeks on vooliku mõõtmete stabiilsuse tagamine ja voolikule tugevuse andmine. GOST 8318-57 järgi valmistatakse riidega armeeritud voolikuid 6 tüüpi. Keevitusvoolikuteks on ette nähtud 7 tüüpi voolikud. Riidega armeeritud voolikuid (tüüp 7) toodetakse siseläbimõõduga 9, 12, 16, 18, 25 mm. Nende töösurve on 10 kg/cm^2 . Väiksema siseläbimõõduga voolikuid kasutatakse harilikke põletite, suurema siseläbimõõduga voolikuid suure võimsusega põletite jaoks. Voolikute minimaalne pikkus on 5 m. Harilikult kasutatakse 9 ... 10 või 18 ... 20 m pikkusi voolikuid.

7 tüüpi voolikud on viiekordse tugevusvaruga. Atsetüleenivoolikuid katsetatakse 5 atü juures, hapnikuvoolikuid rõhul 20 atü.

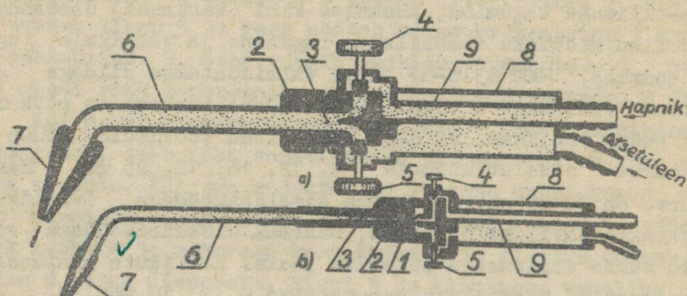
Voolikud kinnitatakse reduktorite ja põletite külge spetsiaalsete klambritega või traadiga. Voolikuid tuleb hoida vigastamise (mehaanilise vigastamise ja põletamise) eest. Vigastuse tagajärjel võivad voolikud lõhkeda ja põhjustada avarii.

Keevituspõletid. Keevituspõletid on gaasikeevitustöödel peamiseks töövahendiks. Voolikute kaudu juhitakse põletisse hapnik ja põlev gaas. Segunedes moodustavad nad põleva segu. Põletist väljuv segu süüdatakse, tekib keevitusleek, mida reguleeritakse põletil asuvate ventiilide abil.

Töötamispehmittte järgi liigitatakse põletid inžektor- ja kõrgrõhupõletiteks. Nende põletite põhimõttelised skeemid on toodud joon. 26 ja joon. 27.

Kõrgrõhupõletites segunevad gaasid segukambris 3 (joon. 26a) atsetüleen (või mõne teise põlevgaasi) kyllalt kõrge rõhu (umbes 0,5 atü) arvel. Hapniku töö rõhk on 3...4 atü. Vajadus anda põlevat gaasi suhteliselt kõrge rõhu all piirab nende põletite kasutusala. Kõrgrõhupõleteid toidetakse gaasiga balloonidest (nn. kõrgsurvepostist). Sellised põletid

on ehituselt lihtsad ja tagavad põleva segu püsiva koostise. Segu koostist ja seega ka leeki reguleeritakse hapniku- ja atsetüleeniventilide 4 ja 5 abil.



Joon. 26. Keevituspõletite skeemid:

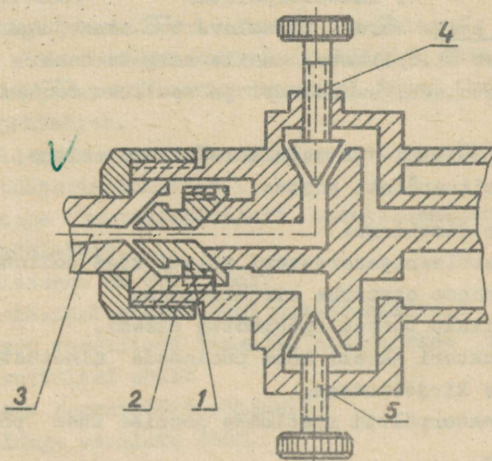
a - kõrgrõhupõlet, b - inžektorpõlet:

1 - inžektor, 2 - kinnitusmutter, 3 - segukamber, 4 - hapnikuventiil, 5 - atsetüleeniventil, 6 - joatoru (otsik), 7 - suundmik, 8 - kere, 9 - hapnikutoru.

Inžektorpõletite töötamis põhimõte on rajatud põleva gaasi injektsioonile (kaasainemisele) hapniku poolt. Hapnik tungib voolikust läbi põleti hapnikutoru 9 ning edasi läbi ventiili 4 inžektorisse 1 (joon. 26b). Voolates inžektorist suure kiirusega välja, tekitab hapnikujuga hõrenduse, mis tagab suhteliselt madala rõhu all antava atsetüleeni inemise segukambris 3. Atsetüleen antakse toiteallikast (generaatorist) rõhul kuni 0,3 atü (tavaliselt kuni 0,1 atü) vooliku kaudu läbi põleti kere ja atsetüleeniventili 5 segukambris 3, kus ta seguneb hapnikuga. Saadud põlemisseguga liigub läbi joatoru (otsiku) 6 suundmikku 7, millest väljudes põleb ja annab keevitusleegi. Joonisel 27 on toodud inžektorpõleti inžektorlosa.

Inžektortüüpi põletid on kõige levinumad. Nende kerged otsikud on vahetatavad. Otsiku (joatoru) vahetamisel mu-

tub põleti võimsus. Võimsust iseloomustatakse atsetüleenil kuulu järgi tunnis (tähistatud otsikul l/h). Komplekti kuulub tavaliselt 7 otsikut, mis on nummerdatud. Igale otsiku numbrile vastab kindlaksmääratud võimsus, mis võimaldab keevitada mitmesuguses paksuses metalli. Meil toodetavad põletid lubavad keevitada 0,2 ... 30 mm paksust metalli.



Joon. 27. Keesituspõleti inžektoriosa:

- 1 - inžektor, 2 kinnitusmutter, 3 - segukamber,
4 - hapnikuventiil, 5 - atsetüleeniventiiil.

Atsetüleenil kulu tunnis on 50...2800 liitrit, hapniku kulu 50...3100 liitrit.

Inžektorpõletid on kasutatavad ka kõrgrõhupostide puhul.

Gaasi süütamisel põletis avatakse enne veidi hapnikukraan ja seejärel täispöörde võrra atsetüleenikraan. Suudmiku väljuv segu süüdatakse ja tekkinud leeki reguleeritakse ventiilide abil.

Leegi kustutamisel suletakse alguses atsetüleeniventiiil ja seejärel hapnikuventiil.

B. E k s p e r i m e n t a a l n e o s a

a. Ülesanne. Tutvuda atsetüleenigeneraatori, hapniku- ja atsetüleenireduktori ning keevituspõletite ehitusega.

b. Seadmed. 1. Atsetüleenigeneraator ГВН-1,25.

2. Hapnikureduktor РК-536М või РК-53.

3. Atsetüleenireduktor РД-2АМ või РД-2А.

4. Inžektorpõletiti.

c. Töö kõik. Pärast käesoleva töö sissejuhatusega tutvumist tuleb üliõpilastel endile selgeks teha:

a) atsetüleenigeneraatori ja vesiluku töötamispõhimõte,

b) atsetüleeni- ja hapnikureduktori ehitus,

c) keevituspõletiti ehitus.

Aruanne sisaldagu:

1) atsetüleenigeneraatori skeemi koos põhiosade nimetustega ja nende otstarbe kirjeldusega,

2) vesiluku töötamispõhimõtte skeemi,

3) reduktori skeemi koos põhiosade nimetustega ja nende otstarbe kirjeldusega,

4) inžektorpõletiti ristlõike joonise koos põhiosade tähistamisega.

K i r j a n d u s

1. Д.Д. Глизначенко, Г.Б. Евсеев. Газовая сварка и резка металлов, Машгиз, Москва 1954.

2. V. Tšernjak, K. Voštšanov. Keevitaja käsiraamat, ERK, Tallinn 1964.

K o n t r o l l k ü s i m u s e d

1. Mis osa etendab hapnik gaasikeevitusel?
2. Mis tähtsus on põleval gaasil gaasikeevitusel?
3. Millise keevitusviisi, kas gaasi- või elektrikaarkeevituse puhul on termilise mõju ala laiem ja miks?
4. Missuguste keevitatava materjali paksuste puhul on otsustav kasutada gaasikeevitust?
5. Miks põlev gaas põletatakse puhtas hapnikus mitte aga õhus?

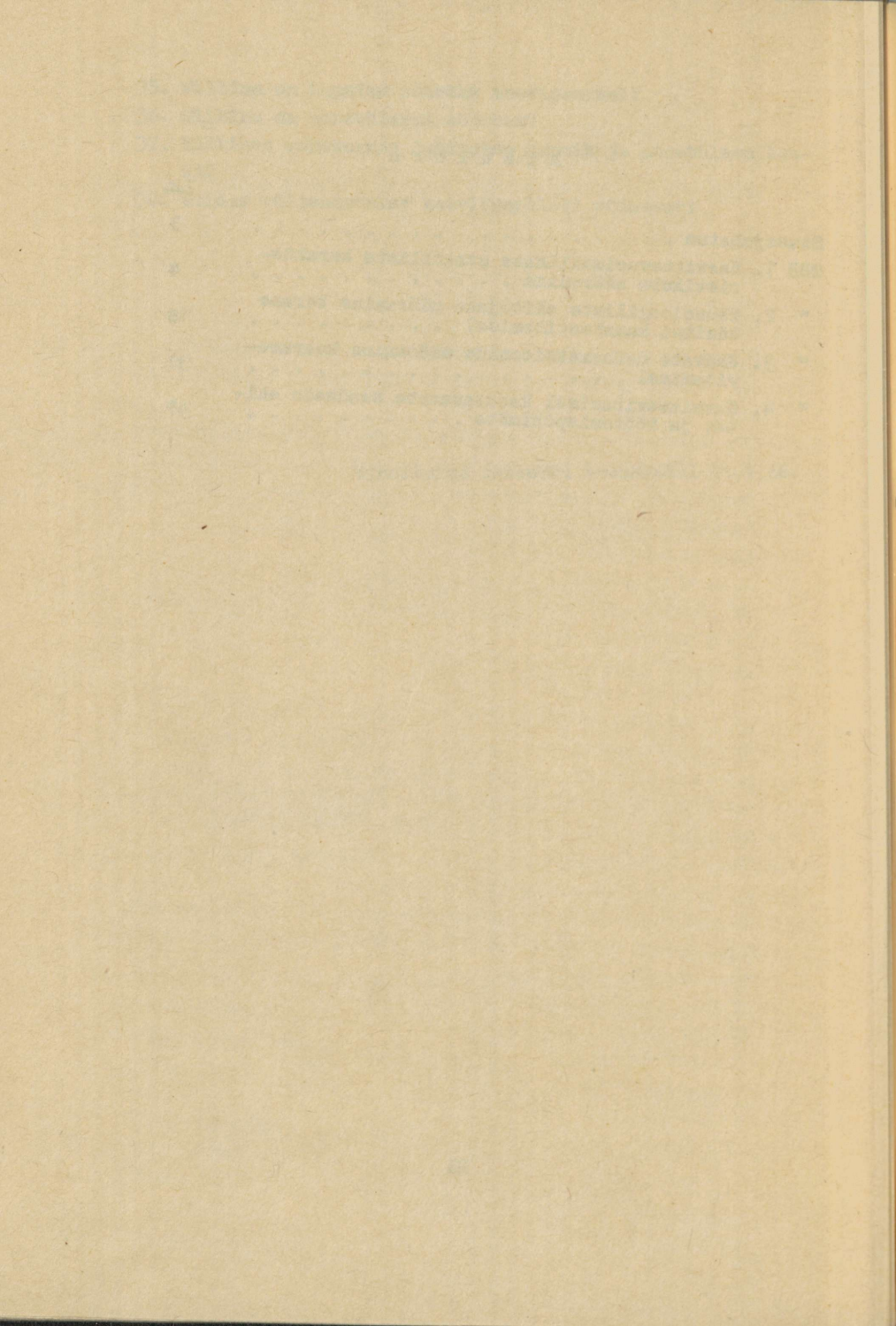
6. Kui kõrge on atsetüleen-i-hapnikulcegi temperatuur?
7. Nimetage atsetüleen-i plarvatamise võimalikke põhjusi.
8. Kirjutage kaltsiumkarbiidi saamise reaktsioon.
9. Millest, millistes seadmetes ja missuguste tingimuste juures saadakse kaltsiumkarbiidi?
10. Kui palju peaks teoreetiliselt saama ja kui palju praktiliselt saadakse ühe massühiku kaltsiumkarbiidi kohta atsetüleen-i?
11. Kirjutage atsetüleen-i saamise reaktsioon.
12. Mille abil saadakse kaltsiumkarbiidist atsetüleen-i?
13. Kirjeldage atsetüleenigeneraatori "vesi karbiidile" töötamis põhimõtet.
14. Kirjeldage süsteemi "karbiid vette" atsetüleenigeneraatori töötamis põhimõtet.
15. Selgitage "kontaktsüsteemi" atsetüleenigeneraatori töötamis põhimõtet.
16. Mis ülesanne on vesilukul?
17. Mida sisaldab atsetüleen-i puhastusfilter?
18. Millised gaasilised lisandid eraldatakse atsetüleen-ist puhastusfiltri abil?
19. Loendage tagasilöögi põhjusi.
20. Kirjeldage vesiluku tööd.
21. Miks atsetüleen-i hoitakse balloonis lahustatud kujul?
22. Milliste ainetega on täidetud atsetüleen-i balloom?
23. Millise rõhu all on atsetüleen-i balloomis?
24. Millisel kujul on hapnik balloomis?
25. Milline on rõhk täidetud hapnikuballoonis?
26. Kui palju sisaldab 40-liitrine balloom hapnikku?
27. Milliseid ülesandeid täidab reductor?
28. Kirjeldage vastutegevusega reductor-i töötamis põhimõtet.
29. Milline on erinevus vastu- ja päritegevusega reductor-ite töötamis põhimõtetes?
30. Milles seisneb gaasi redutseerimise põhimõte?
31. Millal kasutatakse kaheastmelist reductor-i?
32. Millest on valmistatud keevitusvoolikud?
33. Missuguseid põlsteid kasutatakse, lähtudes gaaside segunemisviisist?
34. Milliseid nõudeid esitatakse keevituspõletile?

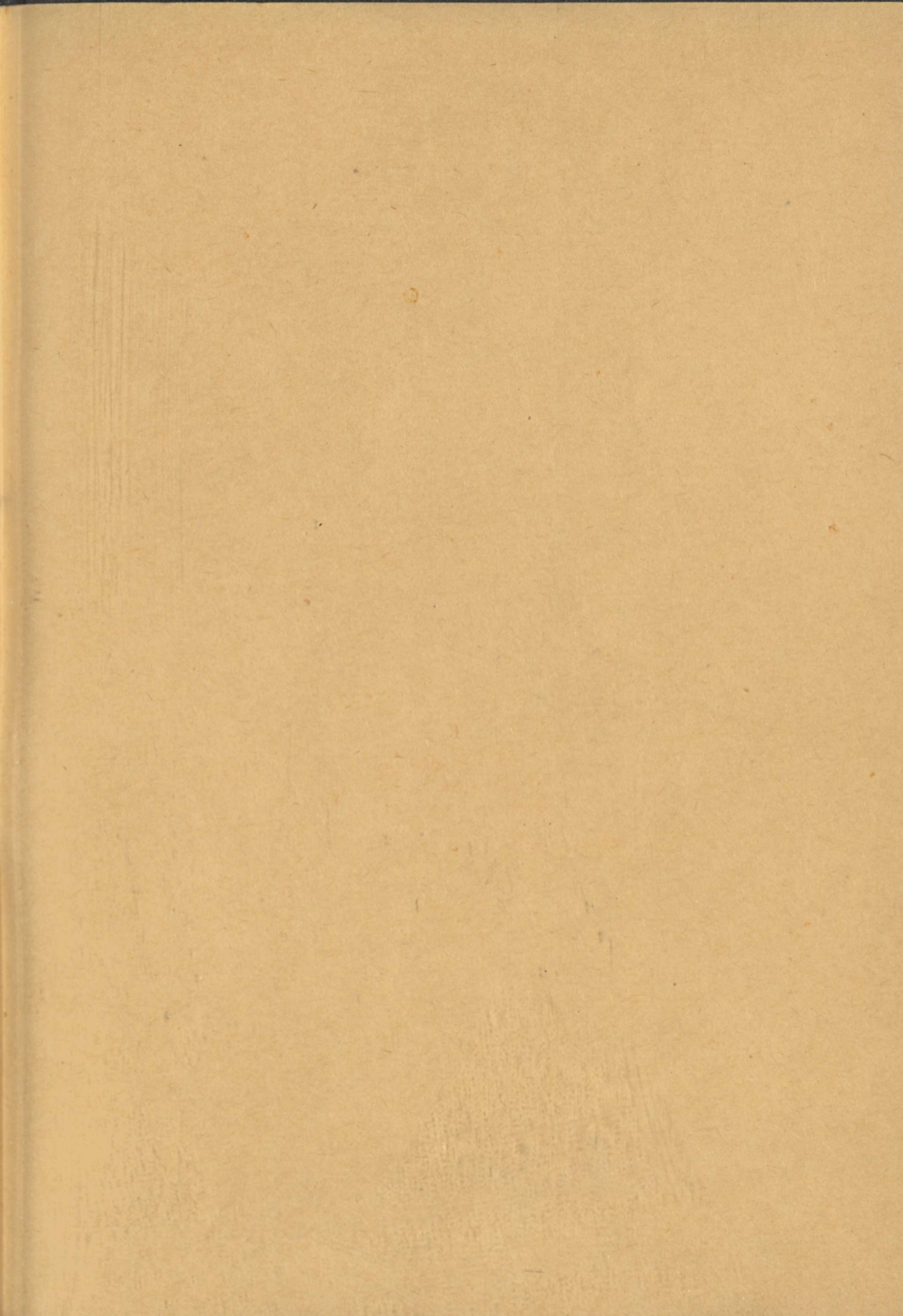
35. Milline on hapniku töörihk keevitamisel?
36. Milline on atsetüleen töörihk?
37. Millises vahekorras juhitakse hapnik ja atsetüleen leeki?
38. Kuidas väljendatakse keevituspõleti võimsust?

Kinnitatud kateedri koosolekul 11.V 66.

S i s u k o r d

	Lk.
Sissejuhatus	3
Töö 1. Keevitusvooluallikate staatiliste karakteristikute määramine	4
" 2. Tehnoloogiliste näitajate määramine terase käsitsi kaarkeevitamisel	18
" 3. Jäävate deformatsioonide määramine kaarkeevitamisel	31
" 4. Gaasikeevitamisel kasutatavate seadmete ehitus ja töötamis põhimõte	47





Hind 10 kop.

A
30704

1.

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00884880 8