O. Pētersons
J. Priednieks

TIG METINĀŠANA

Linde Gas AGA

TIG metināšana
Rīga, 2009.
O. Pētersons, J. Priednieks
© AGA SIA

Visas autortiesības ir aizsargātas.
Tulkošana, kopēšana vai jebkāda veida pārpublikācija –
tikai ar AGA SIA rakstisku atļauju.

Dizains, datorsalikums un vāka noformējums –
Edgara Bataraga dizaina studija SIA

Satura rādītājs

Priekšvārds 5

1. TIG metināšana 7

2. Metinātie savienojumi un šuves 10

3. Elektriskais loks 24

4. Metināšanas materiāli 31

5. TIG iekārtas 47

6. TIG metināšanas tehnika 67

7. Metinātā savienojuma veidošanas pamati 71

8. Spriegumi un deformācijas 75

9. Oglekļa un mazleģēto tēraudu metināšana 80

10. Augstleģēto tēraudu metināšana 83

11. Alumīnija un tā sakausējumu metināšana 92

12. Metināmo savienojumu defekti un to labošana 100

13. Metināto savienojumu kvalitātes kontrole 105

14. TIG metinātāju sagatavošana 114

Izmantotā literatūra 118

Pielikums 119

Priekšvārds

Uzņēmums AGA SIA ir rūpniecisko gāzu tirgus līderis Latvijā. Kā jau līderim pienākas, mēs aktīvi iesaistāmies nozares aktuālāko jautājumu risināšanā. Savā ikdienas darbā mēs bieži sastopamies ar situāciju, kad rūpniecības uzņēmumiem ir nepieciešams atbalsts darbinieku izglītošanā un kvalifikācijas celšanā. Lai sekmētu metālapstrādes nozares konkurētspēju un attīstību, par svarīgu uzdevumu uzskatām sniegt atbalstu mācību literatūras izveidei, kas veicinātu augsti kvalificētu speciālistu izaugsmi Latvijā.

Pirmā šīs sērijas grāmata „MIG/MAG metināšana" ir guvusi milzu atsaucību, radot jaunu izaicinājumu – turpināt darbu pie nākamā izdevuma – „TIG metināšana".

TIG metināšanas tehnikas pielietojums šodien strauji attīstās. Salīdzinot ar citiem metināšanas veidiem, tajā izmanto sarežģītas iekārtas, ar kurām ir jāprot pareizi rīkoties, lai sasniegtu labu rezultātu. Šo metodi plaši izmanto izgatavojot iekārtas pārtikas rūpniecībai, mašīnbūvē, santehnikas darbos un daudzās citās jomās. Ar TIG metodi strādā gan rūpnieciskajā ražošanā, gan arī veicot amatniecības darbus.

Šī grāmata būs noderīgs palīgs arodskolu audzēkņiem un visiem tiem, kuri vēlas kļūt par sava amata profesionāļiem. Tajā ir ietverti apraksti par materiāliem, procesa tehnoloģiju, mērījumiem un kvalitātes kontroli.

Autoru kolektīvs ir pieredzējuši profesionāļi ar daudzu gadu pieredzi kā akadēmiskajā, tā arī praktiskajā darbā:

Ojārs Pētersons, Dr sc.ing., – pasniedzējs ar vairāk nekā 40 gadu pieredzi darbā Rīgas Tehniskajā universitātē, Latvijas Jūras akadēmijā, Rīgas 3. arodskolā un profesionālās kvalifikācijas kursos metālapstrādē Jelgavas reģionālajā Pieaugušo izglītības centrā. Ieguvis popularitāti savu audzēkņu vidū, jo prot pasniegt sarežģītas lietas vienkārši un saprotami. Konsultējis daudzus Latvijas uzņēmumus par metināšanas procesiem.

Juris Priednieks – sertificēts metināšanas inženieris – praktiķis, kurš ieguvis Eiropas Metināšanas federācijas un Starptautiskā metināšanas institūta sertifikātus (EWE Nr. LV – SLV–180069-1173-040612-013, IWE Nr. LV–SLV-18069-1173-040612-013-291IIW). Ikdienas darbā pārbauda un testē AGA SIA klientu ražošanas procesus, konsultē un vada apmācības par drošību darbā ar gāzēm, uzņēmumu metināšanas procesu uzlabojumiem un efektivitātes paaugstināšanu.

Esam pārliecināti, ka laba teorija ir pirmais solis, lai sasniegtu labu rezultātu praksē. Ar šādu domu esam radījuši šo grāmatu un ticam, ka tā būs labs ieguldījums metināšanas prasmju apguvē un teicami kalpos savas nozares profesionāļiem.

Olavs Ķiecis,
AGA SIA ģenerāldirektors

1. TIG metināšana

1. TIG metināšana

Pirmais patents metināšanā tika izdots 1885. gadā Lielbritānijā (N.Bernados un S.Olševskis), kaut arī metināšanas pirmsākumi meklējami daudz agrāk.

Mūsdienās metināšana ieņem ievērojamu vietu metālapstrādes procesā. Starp daudzajiem metināšanas veidiem pašlaik galveno vietu stabili ieņem metināšanas veidi, kuros metāla kausēšanai izmanto siltumu, ko izdala elektriskais loks.

Galvenie loka metināšanas veidi:

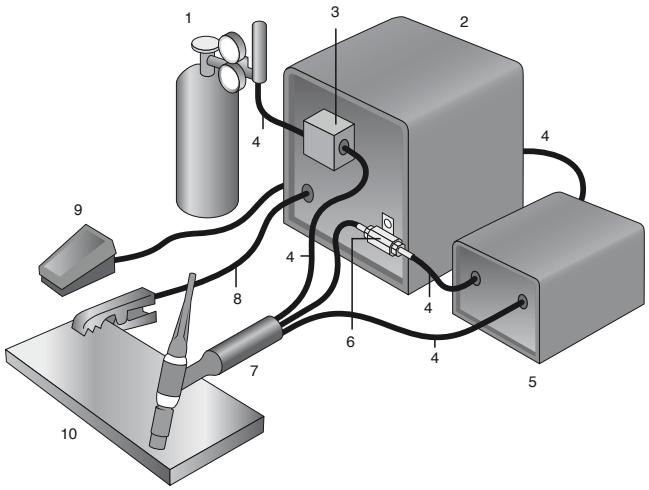
1) Rokas loka metināšana – MMA (*manual metal arc*), procesa Nr. 111.

2) Metināšana ar kūstošu elektrodu (stiepli) aizsarggāzu vidē – MIG/MAG (*metal inert gas / metal active gas*), procesa Nr. 131/135.

3) Metināšana ar volframa elektrodu aizsarggāzu vidē – TIG (*tungsten inert gas*), procesa Nr. 141.

4) Metināšana zem kušņu kārtas – SAW (*submerged arc welding*), procesa Nr. 121.

TIG metināšanas pirmsākumi ir meklējami *C.L. Coffin* (ASV) idejā veikt metināšanu neoksidējošu gāzu atmosfērā. Šis process bija ideāli piemērots magnija metināšanai, kā arī nerūsējošā tērauda un alumīnija metināšanā. 1942. gadā procesu pilnveidoja un patentēja *V.M.Pavlecka un Russ Meredith (ASV)* un nosauca par *Heliarc* metināšanu. Pilnveidojoties iekārtām, sevišķi loka barošanas avotiem, TIG process ieņēmis stabilu vietu starp loka metināšanas veidiem. Par šī veida rūpnieciskā pielietojuma sākumu var uzskatīt 1943. gadu.



1.1. zīm. TIG procesa shēma

1 – gāzes balons
2 – barošanas avots
3 – gāzes vārsts
4 – šļūtene
5 – dzesēšanas iekārta
6 – vārsts
7 – metināšanas deglis
8 – masas kabelis
9 – regulēšanas pedālis
10 – detaļa

TIG metināšanā elektriskais loks (1.1. zīm.) deg starp nekūstošu elektrodu un sametināmo detaļu (10). Nekūstošais elektrods ir iestiprināts metināšanas deglī (7). Piedevu materiālu – stiepli ievada loka zonā no sāniem ar roku (manuāli) vai arī ar speciālu padeves mehānismu.

Lokam elektrisko enerģiju pievada no strāvas avota (2) pa kabeli degļa šļūtenē (4) un tikai deglī pievada nekūstošajam elektrodam.

Aizsarggāzes primārais uzdevums ir aizsargāt nekūstošo elektrodu, stiepli, loku un metināšanas vannu no apkārtējā gaisa. Aizsarggāzi loka zonā pievada no balona (1) pa elastīgu cauruli caur aizsarggāzes sprauslu (7). Šinī procesā lieto tikai inertas gāzes (argonu, hēliju un to maisījumus), no kā cēlies arī metodes nosaukums.

Pilns metodes nosaukums ir loka metināšana ar nekūstošu elektrodu inerto gāzu plūsmā (*Gas Tungsten Arc Welding* – GTAW). Saīsinājumu GTAW lieto ASV, bet Eiropā, izņemot Vāciju, dod priekšroku saīsinājumam TIG (Vācijā WIG).

TIG metināšanā inertā gāze pilnībā izolē metināšanas vannu no apkārtējā gaisa iedarbības un pati nepiedalās metalurģiskajos procesos, kas norit šķidrajā metālā. Līdz ar to vienkāršojas šuves veidošanās (ķīmiskā sastāva ziņā). Inertā gāze stabilizē un koncentrē loku (sevišķi jaunākie gāzu maisījumi), tā izveidojot koncentrētu siltuma avotu.

TIG metināšana lietojama visos telpiskos stāvokļos, labi var novērot šuves veidošanos, pēc metināšanas nav jāatdala sārņi.

Produktivitāte, salīdzinot ar MIG/MAG un MMA metināšanu, ir zemāka.

Šī iemesla dēļ TIG metināšanu lieto galvenokārt nerūsējošo tēraudu (arī citu speciālo tēraudu) un alumīnija sakausējumu metināšanā, kur ir apgrūtināta piedevu stieples izgatavošana un tās padeve loka zonā.

2. Metinātie savienojumi un šuves

2.1. Metināto savienojumu veidi.....11

2.2. Metinātās šuves 12

2.3. Metāla sagatavošana metināšanai 15

2.4. Metināto šuvju apzīmējumi rasējumos 20

2.1. Metināto savienojumu veidi

Metināto konstrukciju izgatavošanā lieto sadursavienojumus, T-veida savienojumus, pārlaidsavienojumus, leņķsavienojumus, iegriezuma savienojumus, kā arī punktsavienojumus un elektroknieżu savienojumus.

Sadursavienojums (2.1. zīm. a) ir visizplatītākais savienojuma veids. Šim savienojuma veidam ir vairākas priekšrocības – neierobežots lokšņu biezums, minimāls metāla patēriņš, vienmērīgs slodzes sadalījums materiālā, kas ļoti svarīgi dinamiskā slodzē, un atvieglota kvalitātes kontrole.

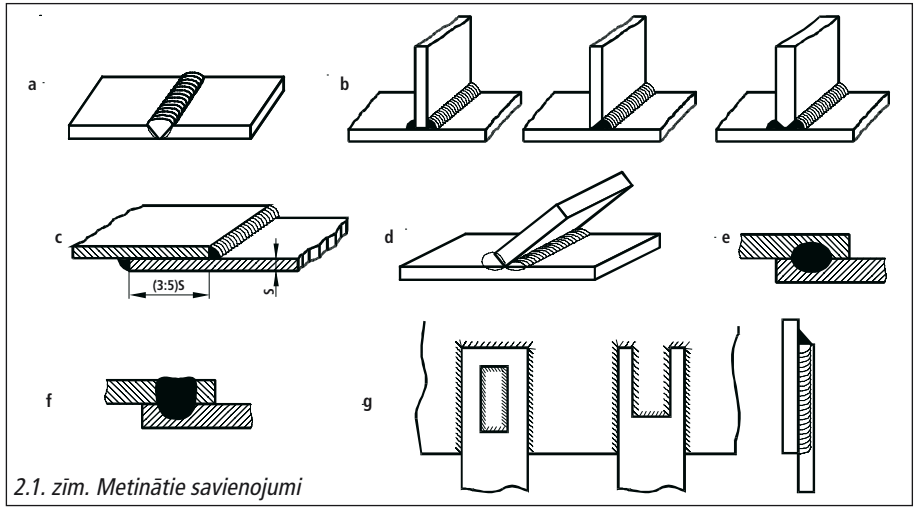
T-veida savienojumā (2.1. zīm. b) viena plāksne novietota perpendikulāri pret otru. Šo savienojuma veidu lieto siju, karkasu u.c. telpisku konstrukciju ražošanā.

nas (nav nepieciešama malu apstrāde un izmēru neprecizitāti nosedz pārlaidums).

Leņķsavienojumā (2.1. zīm. d) metināmās loksnes novieto zem taisna vai cita leņķa. Šādus savienojumus lieto galvenokārt rezervuāru metināšanai, kas paredzēti nelielam gāzu vai šķidrumu spiedienam.

Punktsavienojumus (2.1. zīm. e) lieto kontaktmetināšanā. Ar punktmetināšanu var sametināt loksnes, kā arī dažāda veida armatūru un profilus celtniecības darbos.

Elektroknieżu savienojumus (2.1. zīm. f) lieto metināta savienojuma iegūšanai, kad šuvi nedrīkst izveidot tā ārpusē. Augšējo loksni izurbj un urbumu aizkausē tā, lai metinājums skartu arī apakšējo loksni.



2.1. zīm. Metinātie savienojumi

Pārlaidumsavienojumā (2.1. zīm. c) metināmie elementi viens otru pārklāj. Pārlaidums rada pamatmetāla pārtēriņu, dinamiskā slodzē tā stiprība ir mazāka salīdzinājumā ar sadursavienojumu. Tomēr pārlaidumsavienojumi atvieglo detaļu sagatavošanu un salikšanu pirms metināša-

Iegriezuma savienojumus (2.1. zīm. g) lieto, ja normāla garuma pārlaidu šuve nenodrošina vajadzīgo izturību.

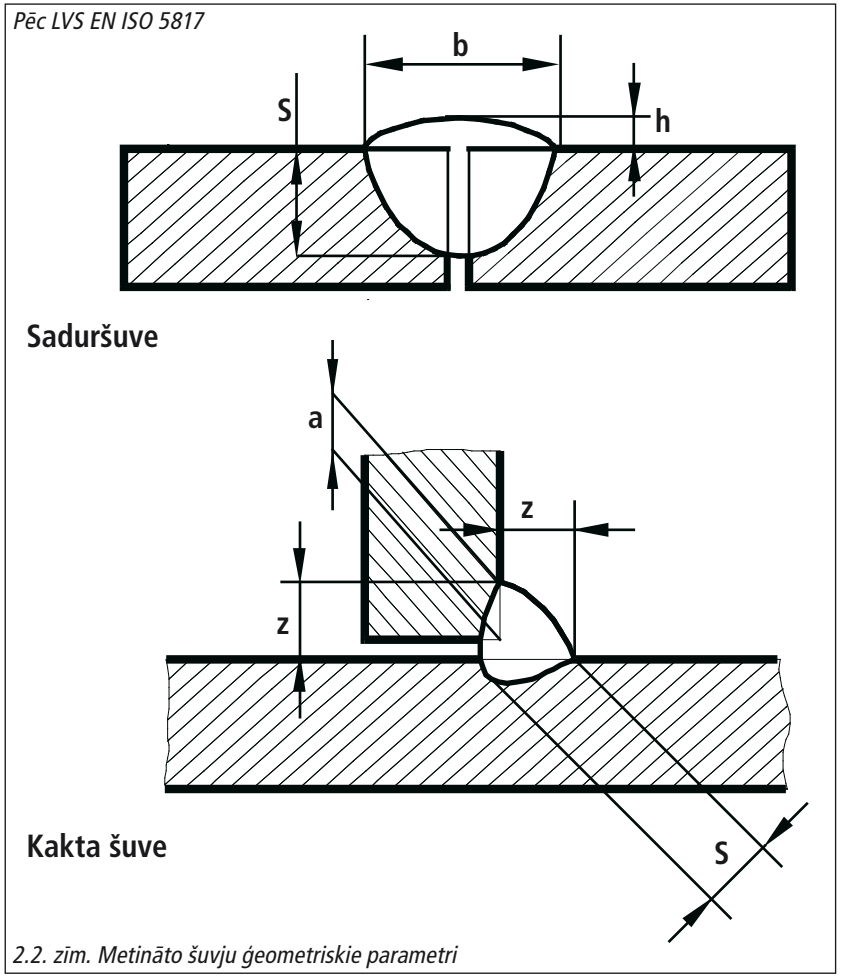
2.2. Metinātās šuves

Metinātās šuves pēc šuves ģeometriskās formas iedala saduršuvēs un kakta šuvēs (2.2. zīm.).

Saduršuves lieto sadursavienojumu izveidošanai, un tās raksturo platums **b**, pastiprinājums **h** un metinājuma dziļums **S**. Kakta šuves lieto pārlaidsavienojumos, T-veida savienojumos un leņķsavienojumos, un tās raksturo katete **z**, vai biezums **a**.

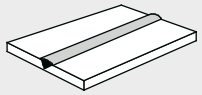
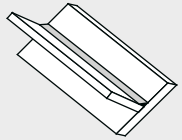
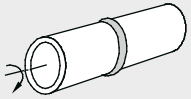
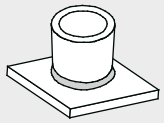
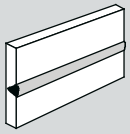
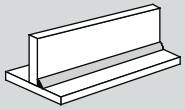
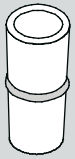
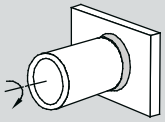
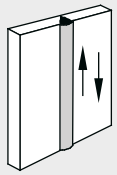
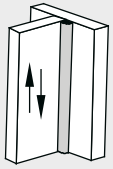
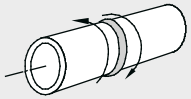
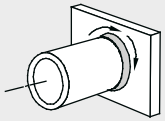
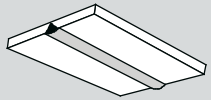
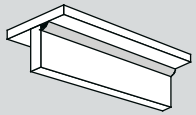
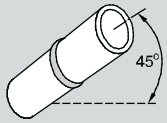
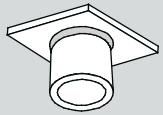
Atkarībā no šuves stāvokļa telpā tās iedala apakšējās, horizontālās, vertikālās un virsgalvas šuvēs. Dažādi šuvju stāvokļi loksnēm un caurulēm un to apzīmējumi pēc **EN** un **AWS** parādīti 2.3. zīmējumā.

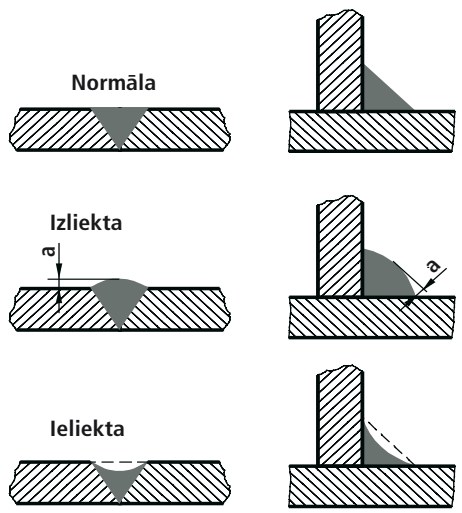
Pēc LVS EN ISO 5817



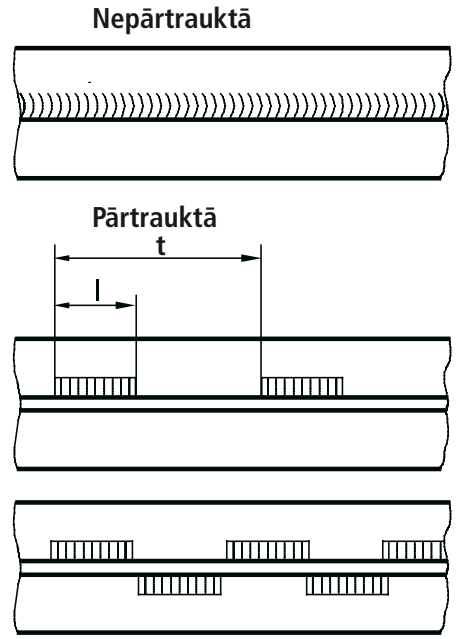
2.2. zīm. Metināto šuvju ģeometriskie parametri

2.3. zīm. Metināto šuvju apzīmējumi pēc EN un AWS

Saduršuves loksnēm	Kaktu šuves loksnēm	Saduršuves caurulēm	Kaktu šuves caurulēm
 AWS: 1G EN: PA	 AWS: 1F EN: PA	 AWS: 1G EN: PA	 AWS: 2F EN: PA
 AWS: 2G EN: PC	 AWS: 2F EN: PB	 AWS: 2G EN: PC	 AWS: 2F EN: PB
 AWS: 3G EN: PG, PF	 AWS: 3F EN: PG, PF	 AWS: 5G EN: PG, PF	 AWS: 5F EN: PG, PF
 AWS: 4G EN: PE	 AWS: 4F EN: PD	 AWS: 6G EN: H-L045	 AWS: 4F EN: PD



2.4. zīm. Metināto šuvju forma



2.5. zīm. Nepārtrauktā un pārtrauktā šuve

Šuves pēc ārējās virsmas formas var būt normālas, izliektas vai ieliektas (2.4. zīm.).

Saduršuves parasti mēdz būt normālas un izliektas. Metināti savienojumi ar izliektām šuvēm labāk iztur statisku slodzi. Tomēr šuves ar lielu izliekumu nav ekonomiskas, jo to izveidošanai izlietots daudz piedevu materiāla.

Pēc **LVS EN ISO 5817** pieļaujamo šuves izliekumu nosaka pēc šuves platuma.

Kaktu šuves var būt arī ieliektas, jo tās labāk iztur dinamiskas slodzes. Tas izskaidrojams ar to, ka šīm šuvēm nav strauju pāreju no uzkausētā uz pamatmetālu.

Pēc garuma šuves iedala nepārtrauktās un pārtrauktās (2.5. zīm.).

Pārtrauktās šuves lieto, ja šuvei nav jābūt blīvai un pēc izturības aprēķina nepārtraukta šuve nav vajadzīga. Pārtrauktās šuves garums parasti ir 50 – 150 mm, attālums starp šuvēm t = 1,5 ÷ 2,5 reizes lielāks. Šo lielumu sauc par šuves soli.

2.3. Metāla sagatavošana metināšanai

Jebkurā gadījumā pirms metināšanas nepieciešams detaļas sagatavot metināšanai. Sagatavošanas process ietver malu apgriešanu, noslīpināšanu, taisnošanu un tīrīšanu.

Malu apgriešanu pēc konkrētajiem izmēriem un noslīpināšanu veic atbilstoši rasējumā norādītajiem izmēriem ar kādu no mehāniskās vai termiskās griešanas paņēmieniem. Galvenie lokšņu sagatavošanas veidi ir: mehanizētā griešana ar skābekli, griešana ar plazmas strūklu un griešana ar lāzeru.

Malu noslīpināšanu sadursavienojumiem un T-veida savienojumiem veic atkarībā no plākšņu biezuma. Noslīpinājuma parametri (sprauga, slīpuma leņķi) atkarībā no plākšņu biezuma un metināšanas veida var mainīties.

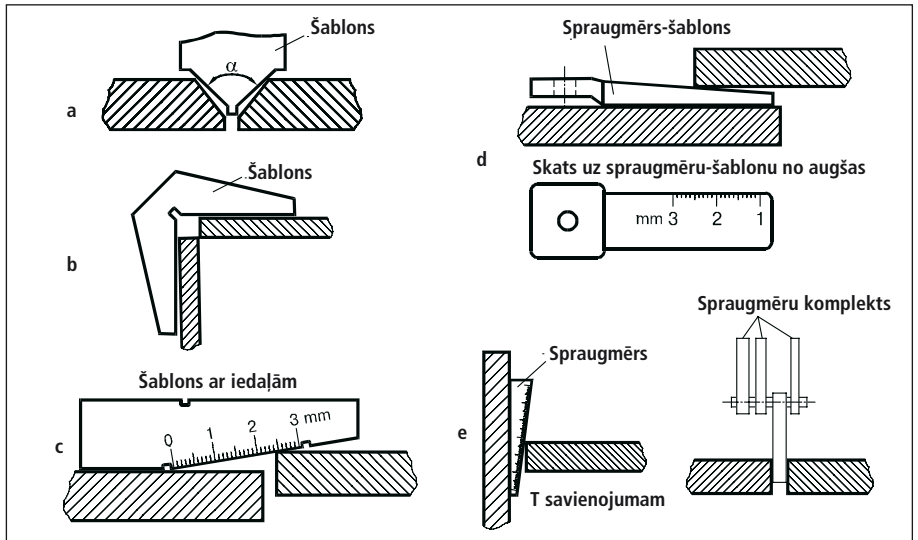
Standartā **LVS EN ISO 9692** ietverti malu sagatavošanas noteikumi tēraudu metināšanai aizsarggāzu vidē (tab. 1.).

Pēc lokšņu malu apgriešanas un noslīpināšanas loksnes jātaisno, lai metināmās malas atrastos paralēli viena otrai. Taisnošanu veic ar lielas jaudas presēm vai skrūvspīlēs (nelielām detaļām).

Metināmo detaļu malas jānotīra no rūsas, eļļas, krāsu traipiem un citiem netīrumiem, kuri pazemina loka degšanas stabilitāti un rada poras izkausētā metālā.

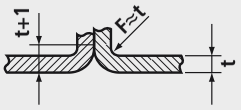
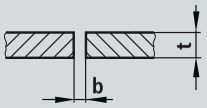
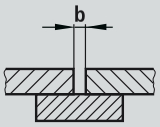
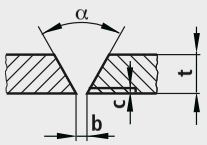
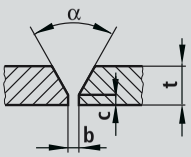
Metināmo detaļu salikšanas precizitāte atkarīga no metinātās konstrukcijas uzdevuma un metināšanas veida. Parasti pieļaujamās neprecizitātes detaļu salikšanā uzrāda rasējumā vai tehniskajos noteikumos.

Detaļu salikšanas precizitātes pārbaudei lieto šablonus, mērlineālus un spraugmērus. To lietošanas veidi parādīti 2.6. zīmējumā.

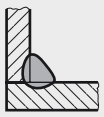
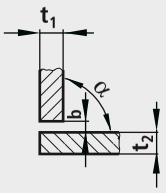
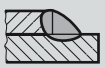
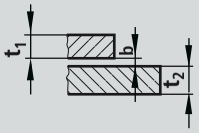
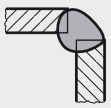
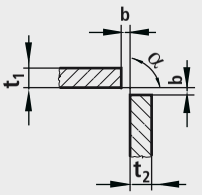


2.6. zīm. Salikšanas kvalitātes pārbaude

1. tabula. Vienpusēji metināto sadursavienojumu malu sagatavošanas formas

Šuve			Malu sagatavošanas forma			
Detaļas biezums *t*	Nosaukums	Attēls	Šķērsgriezums	Leņķis α, β	Sprauga *b*	Nogriezum-mala *c*
t≤2	Sadursavienojuma ar atlokiem šuve			–	–	–
t≤4	I-šuve – sadursavienojums bez malu noslīpinājuma			–	b≈t	–
3<t≤8				–	6≤b≤8	–
3<t≤10	V-šuve – sadursavienojums ar malu noslīpinājumu			40°≤α≤60°	b≤4	c≤2
5<t≤40	Y-šuve – sadursavienojums ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu			α≈60°	1≤b≤4	2≤c≤4

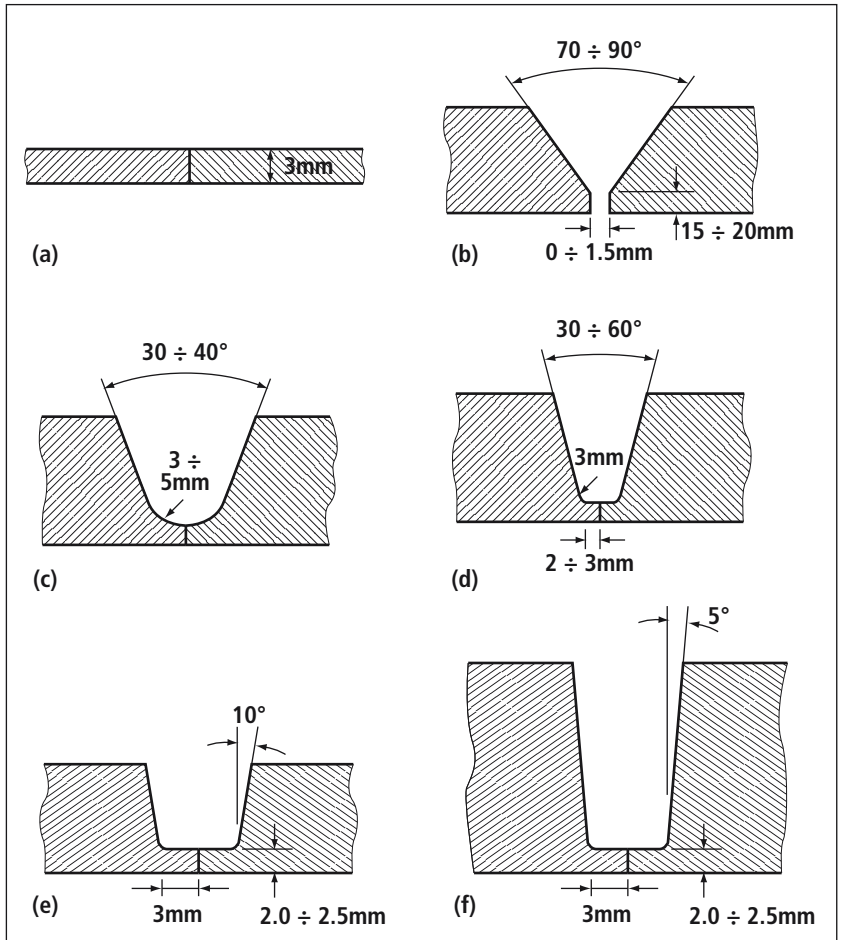
2. tabula. Vienpusēji metināto kaktu šuvju savienojumu malu sagatavošanas formas

Šuve			Malu sagatavošanas forma		
Detaļas biezums (t)	Nosaukums	Attēls	Šķērsgriezums	Leņķis (α, β)	Sprauga (b)
t_1>2 t_2>2	Kakta šuve T-veida savienojumā			70°≤α≤100°	b≤2
t_1>2 t_2>2	Kakta šuve pārlaidsavienojumā			–	b≤2
t_1>2 t_2>2	Kakta šuve stūra savienojumā			60°≤α≤120°	b≤2

3. tabula. Divpusēji metināto kaktu šuvju savienojumu malu sagatavošanas formas

Šuve			Malu sagatavošanas forma		
Detaļas biezums (t)	Nosaukums	Attēls	Šķērsgriezums	Leņķis (α, β)	Sprauga (b)
$t_1>3$ $t_2>3$	Divpusēja kakta šuve stūra savienojumā (ar spraugu)		α, b, a, t_1, t_2	$70°\leq\alpha\leq110°$	$b\leq2$
$t_1>2$ $t_2>5$	Divpusēja kakta šuve stūra savienojumā (bez spraugas)		α, e, t_1, t_2, $e_{min} = t_2-3$	$60°\leq\alpha\leq120°$	–
$2\leq t_1\leq4$ $2\leq t_2\leq4$	Divpusēja kakta šuve T-veida savienojumā		t_1, a, t_2	–	$b\leq2$
$t_1>2$ $t_2>2$				–	–

Metinot caurules ar TIG paņēmienu, tiek rekomendēts lietot šādus cauruļu galu apstrādes veidus (zīm. 2.7.):

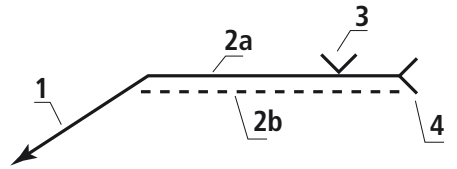


2.7. zīm. Cauruļu stieņu galu apstrāde:
a) *sadursavienojums bez malu apstrādes S < 3 mm,*
b) *sadursavienojums ar V-veida malu apstrādi S > 3 mm,*
c) *sadursavienojums ar līklīniju malu apstrādi S > 3 mm, lieto rokas metināšanā,*
d) *U-veida sadursavienojums, lieto mehanizētai metināšanai, kad jāveido plata šuve,*
e) *U-veida sadursavienojums automātiskai orbitālai metināšanai,*
f) *U-veida sadursavienojums mehanizētai metināšanai, kad jāveido šaura šuve*

2.4. Metināto šuvju apzīmējumi rasējumos

Metinātās šuves rasējumos norāda ar pieņemtiem grafiskiem apzīmējumiem. Metinātās šuves apzīmē saskaņā ar **LVS EN 22553**.

Saskaņā ar šo standartu šuves ir jānorāda atbilstoši tehnisko rasējumu vispārējiem noteikumiem. Simboliskajam apzīmējumam skaidri jānorāda viss, kas nepieciešams šuvēm, nepārslogojot rasējumu ar piezīmēm un papildu datiem (2.8. zīm.).



2.8. zīm. Metināto šuvju apzīmējums rasējumos:
1 – bultas līnija; 2a – bāzes līnija (nepārtrauktā); 2b – bāzes līnija (svītrlīnija); 3 – simbols; 4 – dakša

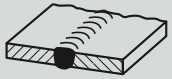
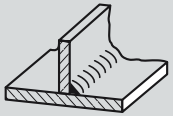
Simboli (3) veido tikai daļu no pilna attēla, kurš papildus pie simbola satur vēl bultas līniju (1), bāzes līniju, kura sastāv no divām paralēlām līnijām – nepārtrauktās (2a) un svītrlīnijas (2b), izmēru skaitļiem un citiem datiem.

Bāzes līnija galā tiek papildināta ar dakšu (4), ja tiek norādīts metināšanas process, piedevas materiāli u. c.

2.4.1. Pamatsimboli

Dažādu šuvju veidus apzīmē ar simboliem, kuri ir līdzīgi esošām šuvēm. Simbolam nav jārāda lietojamais metināšanas veids. Pamatsimbolu piemēri ir parādīti 2. tabulā. Tiek lietoti šādi simboli:

2. tabula. Metināto šuvju veidi un to pamatsimboli rasējumos

Nr. p.k.	Nosaukums	Attēls	Simbols
1.	I-šuve – sadursavienojuma bez malu noslīpinājuma šuve		
2.	V-šuve – sadursavienojuma ar malu noslīpinājumu šuve		
3.	Y-šuve – sadursavienojuma ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu šuve		
4.	Aizmetināšanas apakššuve		
5.	Kakta šuve		

2.4.2. Papildsimboli

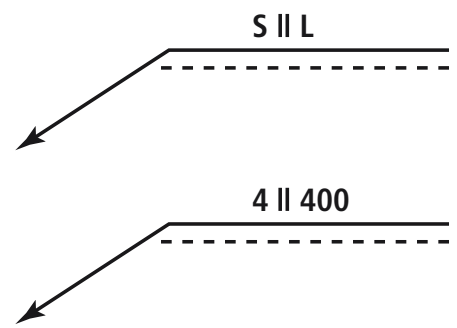
Papildsimboli raksturo šuves virsmas formu vai pašu šuvi. Ja nav papildsimbola, tad tas nozīmē, ka šuves virsma vai pati šuve var būt jebkāda (3. tabula). 4. tabulā ir redzami papildsimbolu lietošanas piemēri.

3. tabula. Papildsimboli

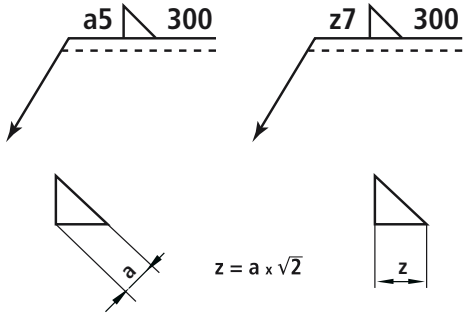
Šuves virsmas forma vai pati šuve	Simbols
a) plakana (parasti plakani apstrādāta)	
b) izliekta (pastiprināta)	
c) ieliekta (pavājināta)	
d) ar slaidu pāreju uz pamatmetālu	
e) ar paliekošu paliktni	
f) ar pagaidu paliktni	

4. tabula. Papildsimbolu lietošanas piemēri

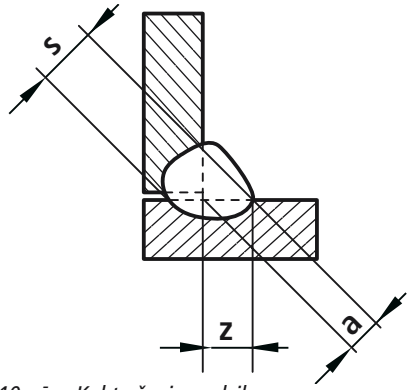
Nosaukums	Attēls	Simbols
Pavājināta plakana apstrādāta V-šuve		
Plakana pēc apstrādes V-šuve		
Y-šuve ar aizmetināšanas šuvi (no pretējās puses)		
Pavājināta (ieliekta) kaktu šuve		
Kaktu šuve ar slaidu (lēzenu) pāreju uz pamatmetālu		



2.8. zīm. Piemērs izmēru uzlikšanai saduršuvei. s – caurkausējuma dziļums (4); L – šuves garums (400)



2.9. zīm. Kaktu šuvju norādīšanas veidi



2.10. zīm. Kaktu šuvju ar dziļu caurkausējumu norādīšanas veidi

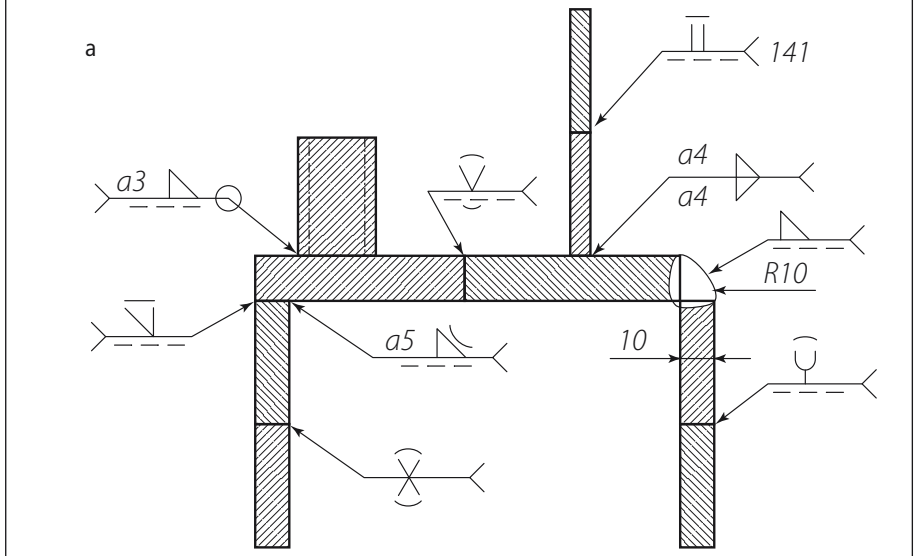
2.4.3. Izmēru norādīšana

Katram simbolam ir jābūt ar noteiktu izmēru skaitli. Galvenā šķērsgriezuma izmērus norāda pirms simbola. Garuma izmērus liek aiz simbola, ja nepieciešams, norāda arī citus izmērus ar mazāk svarīgu nozīmi.

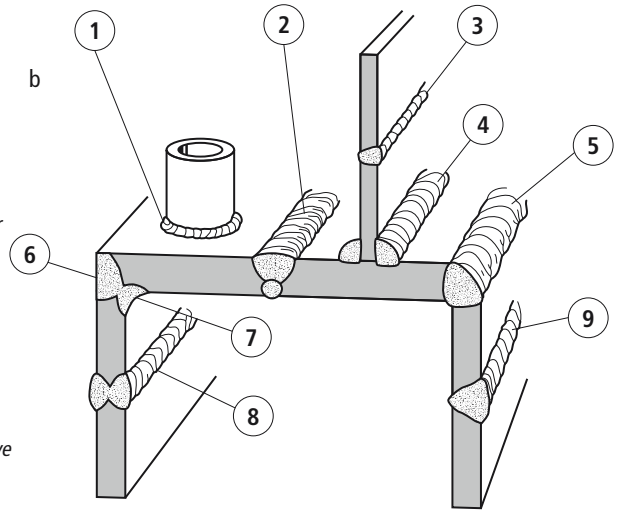
Izmērs, kurš nosaka attālumu no šuves līdz detaļas malai, netiek parādīts, jo tas ir parādīts rasējumā. Ja pie simbola šuves garums nav norādīts, tad tas nozīmē, ka šuve iet cauri visam detaļas garumam.

Kaktu šuvju izmēru norādīšanai ir divas metodes (2.9. zīm.). Tāpēc pirms attiecīgā izmēra ir norādīts burts **a** vai **z**. Kaktu šuvēm ar dziļu caurkausējumu šuves biezums **a** tiek norādīts kopā ar caurkausējuma dziļumu **s** (2.10. zīm.), piemēram, **s8a6**.

2.4.4. Metināto šuvju apzīmējumu piemēri



Zīm. 2.11. Metināto šuvju apzīmējumi rasējumos (a) un izpildījums (b)



1. Kakta šuve pa noslēgtu kontūru (O)

2. Sadursavienojuma ar malu noslīpinājumu (V) šuve; ar aizmetināšanu no otras puses

3. Sadursavienojuma bez malu noslīpinājuma (II) šuve, veikta ar TIG metodi (141)

4. Kakta šuve, divpusēja ( )

5. Kakta šuve ar noteiktu noapaļojumu (R10)

6. Sadursavienojuma ar vienas malas noslīpinājumu ( ) šuve

7. Pavājināta (ieliekta) kaktu šuve

8. Divpusīgā V- šuve (X šuve)

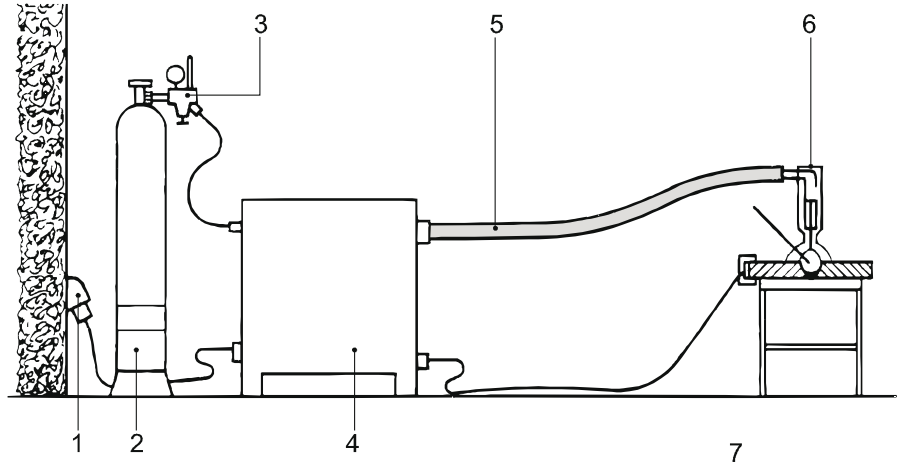
9. Sadursavienojuma ar līklīniju malu noslīpinājumu ( ) šuve

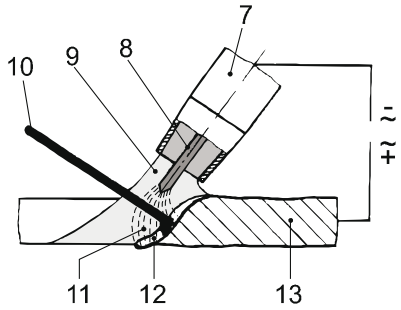
3. Elektriskais loks

3.1. Elektriskais loks un tā īpašības 26

3.2. Loka veidi TIG metināšanā 28

Loka metināšanas veidos, lai nodrošinātu loka degšanu, nepieciešams barošanas avots (4), kas pieslēgts tīkla spriegumam. TIG metināšanā elektriskais loks deg starp volframa elektrodu (8) un detaļu (13), kas pievienoti barošanas avotam ar kabeļiem. Lai nodrošinātu stabilu loka degšanu, katram metināšanas veidam nepieciešams barošanas avots ar parametriem, kas atbilst loka īpatnībām.



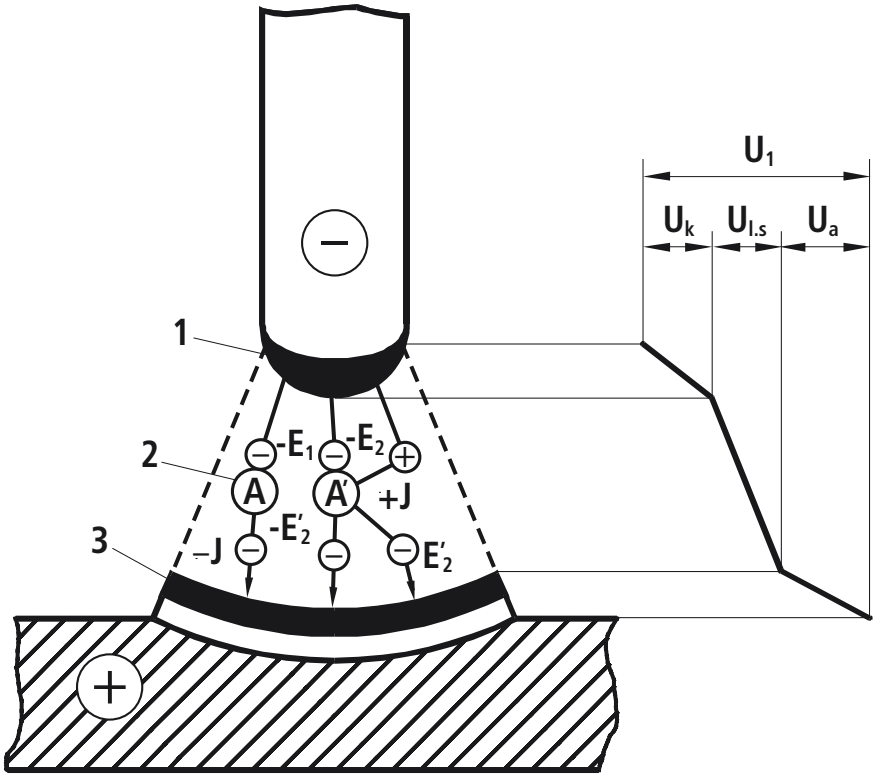


3.1. zīm. TIG metināšanas shēma:
1 – kontaktdakša
2 – gāzes balons
3 – reduktors
4 – barošanas avots
5 – šļūtene
6 – deglis
7 – sprausla
8 – elektrods
9 – aizsarggāzes plūsma
10 – piedevu materiāls
11 – loks
12 – metināšanas vanna
13 – detaļa

3.1. Elektriskais loks un tā īpašības

Gaiss parastos apstākļos nevada elektrisko strāvu. Ja elektroda galu, kurš pieslēgts strāvas avota vienam polam, tuvina detaļai, kas pieslēgta strāvas avota otram polam, tad zināmā attālumā starp tiem pārlec dzirkstele. Ilgstošu, noturīgu elektriskā lādiņa izlādēšanos gāzu vidē starp diviem vadītājiem sauc par *elektrisko loku*.

Šim procesam raksturīgs augsts strāvas blīvums un temperatūra. Strāva plūst starp diviem elektrodiem, kas atrodas gāzu vidē un ir pievienoti elektriskās enerģijas avotam ar pietiekamu jaudu (N=IU). Elektrodus sauc par elektriskā loka poliem. Negatīvo polu sauc par *katodu*, bet pozitīvo – par *anodu* (3.2. zīm.).



3.2. zīm. Tiešās polaritātes līdzstrāvas loks:
1 – katodzona; 2 – loka stabs; 3 – anodzona

3.1. Elektriskais loks un tā īpašības

Elektriskā lauka ietekmē no katoda atraujas elektroni (E1; E2) un virzās uz anodu. Saduroties ar gāzu atomiem (A), elektroni izsit no to apvalkiem jaunus elektronus un turpina kustību uz anodu. Atomi, kas zaudējuši elektronus, kļūst par joniem (J) un sāk kustēties uz katodu. Atduroties pret katodu, tie izsit jaunus elektronus, tādējādi uzturot loka degšanu.

Vadītājos elektriskās strāvas nesēji ir brīvie elektroni. Gāzes molekulas parastos apstākļos ir elektriski neitrālas. Lai gāzes kļūtu par vadītāju, ir jānotiek *jonizācijai*, t.i., elektroniski neitrālu atomu vai molekulu pārvēršanās par joniem un brīviem elektroniem. Pozitīvie joni ir molekulas, kas zaudējušas elektronus, un negatīvie joni ir molekulas, kas savukārt pievienojušas elektronus.

Līdztekus jonizācijai notiek arī pretējais process – pozitīvie joni savienojas ar brīvajiem elektroniem, veidojot neitrālus atomus. Šo procesu sauc par *rekombināciju*.

Jonizācija un rekombinācija notiek ar lielu siltuma un gaismas daudzuma izdalīšanos. Enerģiju, kas nepieciešama, lai atrautu elektronus no atoma, sauc par *jonizācijas enerģiju* un mēra elektronvoltos (ev).

Jo mazāka jonizācijas enerģija, jo viegāk gāze jonizējas. Rezultātā – vieglāk aizdedzināt loku un tas deg stabilāk.

Lādēto daļiņu plūsmas enerģija lokā pārvēršas siltumā (Q).

$$Q = I.\ U.\ T.\ /\ J\ /$$

I – strāvas stiprums (**A**);
U – loka spriegums (**V**);
T – loka degšanas laiks (**s**).
Līdzstrāvas lokā uz anoda izdalās 42 – 43% no kopējā siltuma daudzuma, uz katoda – 36 – 38%, pārējais – loka zonas centrā.

Temperatūra dažādās loka vietās ir atšķirīga. Pie katoda tā ir 2400°C ÷ 3200°C, pie anoda – 2600°C ÷ 3900°C. Loka zonas centrā temperatūra sasniedz 5000°C ÷ 7000°C.

Ja detaļai pievienots pozitīvais pols (anods), tad tādu loku sauc par *tiešās polaritātes loku*, bet, ja pozitīvais pols ir pievienots elektrodam, tad tādu loku sauc par *apgrieztās polaritātes loku*.

3.2.1. Tiešās polaritātes līdzstrāvas loks (DC –)

Šajā gadījumā strāvas avota negatīvais pols ir pieslēgts elektrodam, bet pozitīvais – detaļai. Elektroni plūst no volframa elektroda uz detaļu, bet pozitīvie joni – pretējā virzienā. (3.3. zīm.)

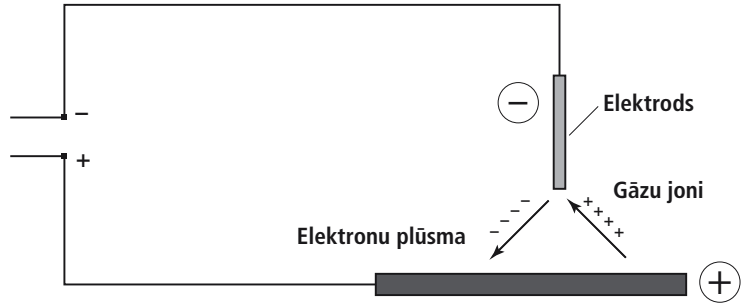
Elektronu plūsma nodrošina, ka uz detaļas izdalās aptuveni 2/3 no kopējā siltuma. Šāda metināšanas vanna ir dziļa un šaura. Siltums uz detaļas koncentrēts šaurā zonā un metināšana notiek ātrāk. Elektrods var būt ar mazāku diametru, jo uz tā izdalās mazāk siltuma. Šādam lokam nav virsmu attīrošās funkcijas, tādēļ sametināmām detaļām jābūt tīrām un atbrīvotām no oksīdu kārtas.

3.2.2. Apgrieztās polaritātes līdzstrāvas loks (DC +)

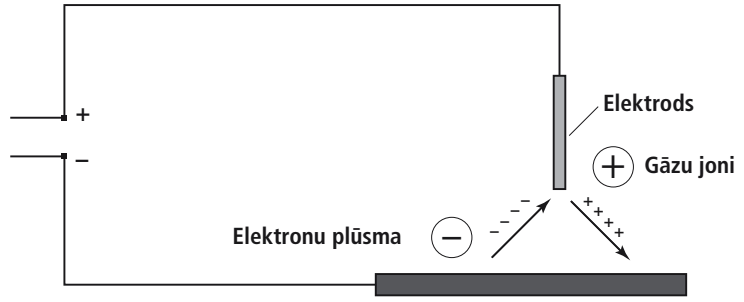
Izmantojot apgriezto polaritāti, negatīvo polu pieslēdz detaļai, bet pozitīvo – elektrodam (3.4. zīm.).

Šajā gadījumā lielākā siltuma daļa izdalās uz elektroda – jālieto lielāka diametra elektrodi pie nemainīgiem pārējiem nosacījumiem. Pozitīvie gāzu joni triecas pret detaļas virskārtu, sagraujot oksīdu kārtiņu, ja tāda ir. Metināšanas vanna ir salīdzinoši seklāka un platāka. Augstā temperatūra uz elektroda to sagrauj (erodē) un piesārņo metināmo šuvi. Šo iemeslu dēļ šāda veida loku lieto ļoti reti.

Zīm.3.3. Tiešās polaritātes līdzstrāvas loks



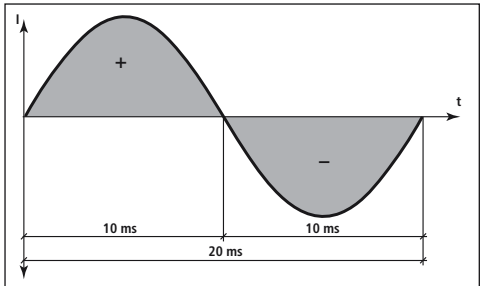
3.4. zīm. Apgrieztās polaritātes līdzstrāvas loks



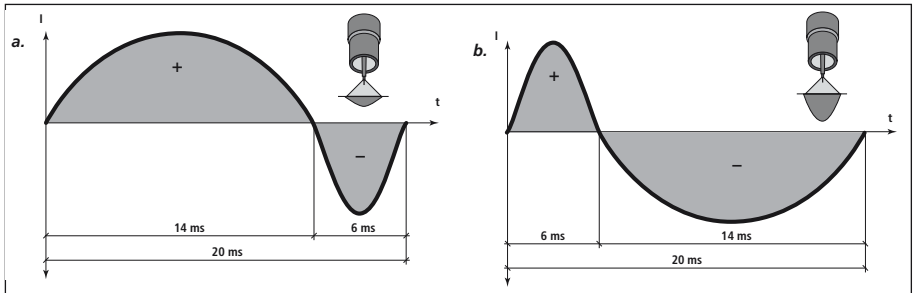
3.2.3. Maiņstrāvas loks (AC)

Izmantojot metināšanai maiņstrāvu, elektronu un jonu plūšanas virzieni periodiski mainās (zīm. 3.5.).

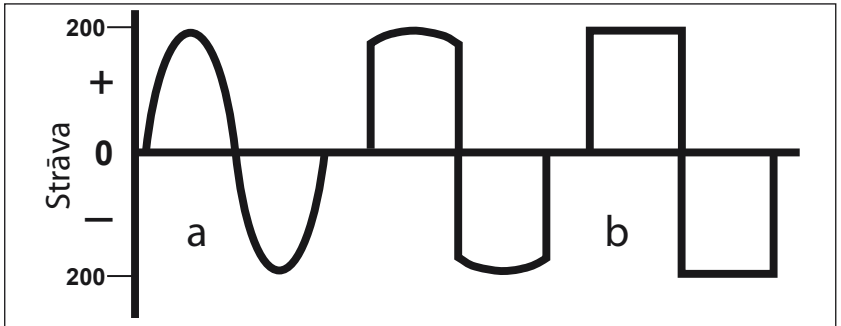
Modernie barošanas avoti nodrošina iespēju šos pusperiodus noregulēt pēc nepieciešamības.



3.5. zīm. Maiņstrāvas loks



3.6. zīm. Dažādi pusperiodu veidi maiņstrāvas lokā:
a. maksimālā oksīdu graušana,
b. maksimālā metāla kausēšana



3.7. zīm. Dažādi maiņstrāvas veidi: a – sinosuīda, b – taisnstūra.

3.2.4. Impulsu loks

Šādā lokā metināšanas strāva mainās impulsveidīgi (3.8. zīm.).

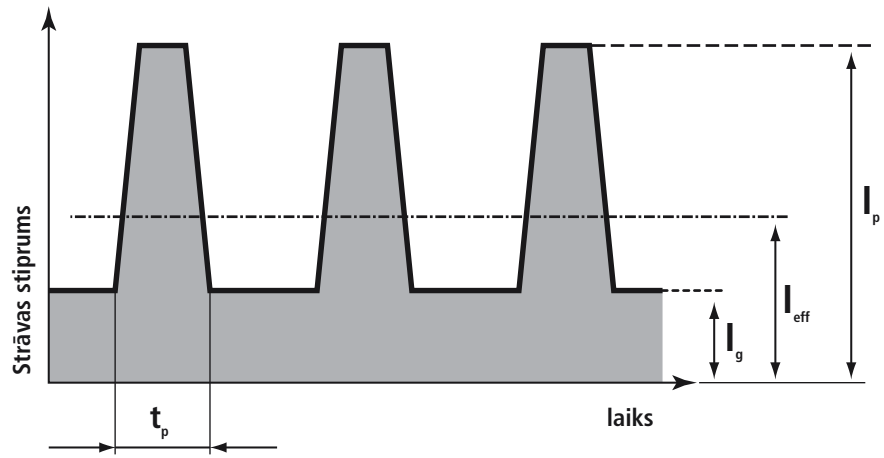
Svarīgākie parametri metināšanā ar impulsu loku ir:

bāzes strāva	I_g	(A)
impulsa strāva	I_p	(A)
impulsa ilgums	t_p	(ms) – mili sekundēs
impulsa frekvence	f	(Hz) – hercos
efektīvais strāvas stiprums	I_{eff}	(A)

Bāzes strāvai jābūt izvēlētai pēc iespējas mazākai, pie kuras loks starp impulsiem nedziest. Impulsu strāvai jābūt lielākai nekā kritiskajai vērtībai. Impulsu frekvences palielināšana izsauc loka jaudas pieaugumu. Metināšanā ar mazu impulsu frekvencei (20 – 50 Hz) metinātājam ir liela slodze acīm loka „mirdzēšanas" dēļ.

Šāda veida loks ļauj metināt bez šļakatām pie nelielas loka jaudas, kas svarīgi plānu lokšņu metināšanā. Impulsu loks ļauj kontrolēt šķidrā metāla vannu, kas atvieglo metināšanu vertikālā un virsgalvas pozīcijās.

3.8. zīm. Impulsu loks



4. Metināšanas materiāli

4.1. Volframa elektrodi 32

4.2. Piedevu stieples (stieņi) 37

4.3. Aizsarggāzes..... 39

4.1. Volframa elektrodi

TIG metināšanā lieto volframa elektrodus ar nelielām reto elementu piedevām. Elektrodi, kas satur torija oksīdu ir izturīgāki, piedeva atvieglo loka aizdedzināšanu. Taču tie ir toksiski un, nonākot elpošanas ceļos, kaitīgi veselībai. Tas var notikt metināšanas laikā (dūmi), vai asinot elektrodu (putekļi). Tuvākajā laikā paredzēts ieviest stingrākus noteikumus, kas regulēs torija oksīdu saturošu elektrodu izmantošanu. Elektrodi ar cērija oksīdu ir pielietojami visiem materiāliem, nav toksiski, tiem ir mazs nodilums. Tīra volframa elektrodus lieto, metinot alumīnija sakausējumus. Var lietot arī elektrodus ar cirkonija oksīda piedevu, kam ir samazināta erozija. Volframa elektrodu sastāvi un gala krāsojums saskaņā ar **LVS EN 26848**, dati tabulā 4.2.

Volframa elektrodi loka zonā metināšanas laikā nedaudz iztvaiko. Volframa elektrodu patēriņu var pieņemt vidēji 0,5 g uz 1 m sametinātās šuves, vai arī noteikt pēc 4.1. tabulas.

Tabula 4.1. Volframa elektrodu patēriņš

Metināmais materiāls	Materiāla biezums (mm)	Elektroda diametrs (mm)	Volframa patēriņš uz 100 m (gramos)	
			Rokas metināšana	Mehanizētā metināšana
Al un Mg sakausējumi	1,0	1,5	8,3	3,9
	2,0	2,0	23,4	10,9
	4,0	3,0	83,3	39,0
	5–6	4,0	132,2	125
	7 un vairāk	5,0	165,0	156
Visu veidu tēraudi	0,5	1,0	6,0	2,8
	1,0	1,5	8,3	3,9
	2,0	2,0	23,4	10,9
	3,0	3,0	83,3	39,0
	4,0	4,0	132,2	125
	5 un vairāk	5,0	165,0	156

Tabula 4.2. Elektrodi (skat. krāsainu tabulu pielikumā).

Apzīmējums	Sastāvs						Krāsa
	Oksīdu piedeva			Volframs %	Elektroda metāls un komentāri	Polorītāte	
	% (masa/masa)	Tips	Piemaisījums % (m/m)				
WP			≤ 0,20	99,8	Volframs *	Alumīnijam (AC)	zaļa
WT 4	0,35–0,55	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos	DC	zila
WT 10	0,80–1,20	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos	DC	dzeltena
WT 20	1,70–2,20	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos *	DC	sarkana
WT 30	2,80–3,20	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos	DC	violeta
WT 40	3,80–4,20	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos	DC	oranža
WZ 3	0,15–0,50	ZrO_2	≤ 0,20	atlikums	Cirkonija piedeva – samazina elektroda eroziju, izdrupšanu, jo, metinot alumīniju, elektrods atrodas augstākā temperatūras vidē *	Alumīnijam (AC)	brūna
WZ 8	0,70–0,90	ZrO_2	≤ 0,20	atlikums	Cirkonija piedeva – samazina elektroda eroziju, izdrupšanu, jo, metinot alumīniju, elektrods atrodas augstākā temperatūras vidē	Alumīnijam (AC)	balta
WL 10	0,90–1,20	La_2O_3	≤ 0,20	atlikums	Lantāna piedeva – alternatīva elektrodam ar torija piedevu. Viegli aizdegas elektriskais loks, mazs elektroda nodilums *	DC	melna
WC 20	1,80–2,20	CeO_2	≤ 0,20	atlikums	Cerija piedeva – alternatīva elektrodam ar torija piedevu. Viegli aizdegas elektriskais loks, mazs elektroda nodilums *	DC	pelēka

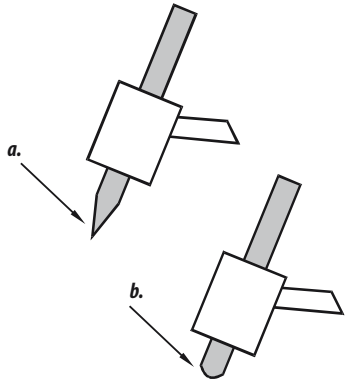
** ar šādu sastāvu elektrodi ir visbiežāk lietoti.*

Volframa patēriņš pieaug, ja par lielu tiek izvēlēta strāva, lieto mitru gāzi, kā arī loku aizdedzina ar tiešo pieskaršanos. Aizsarggāzei jāplūst pirms un pēc loka degšanas, lai izspiestu gaisu no metināšanas zonas un novērstu sakarsušā volframa oksidēšanos.

Ļoti svarīgi ir pareizi sagatavot elektroda galu metināšanai. Vispirms jāzina kāda veida strāva tiks izmantota metināšanai – līdzstrāva vai maiņstrāva. Atkarībā no izmantotās strāvas veida mainīsies elektroda gala forma (4.1. zīm.).

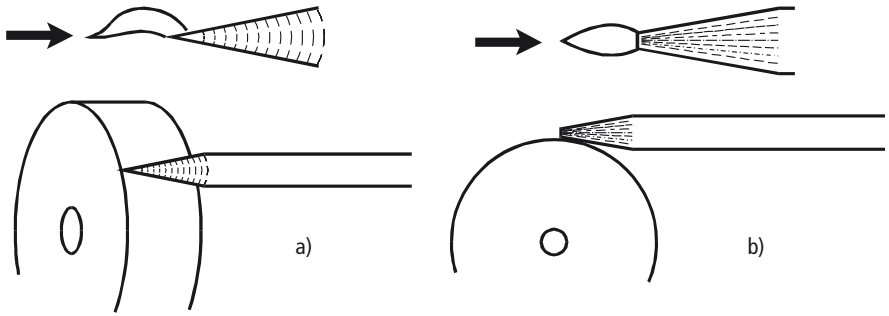
Elektroda gala slīpēšanu jāveic tā, lai paliekošās rievas netraucētu loka veidošanos. Slīpēšana garenvirzienā nodrošina stabilu loku (4.2. zīm.).

Metinot ar līdzstrāvu, elektroda galam jābūt noasinātam konusa veidā, lai loks būtu stabilāks un siltuma enerģija tiktu koncentrēta metināšanas punktā. Asinājuma leņķis iespaido šuves platumu un caurkausējuma dziļumu (4.3. zīm.).

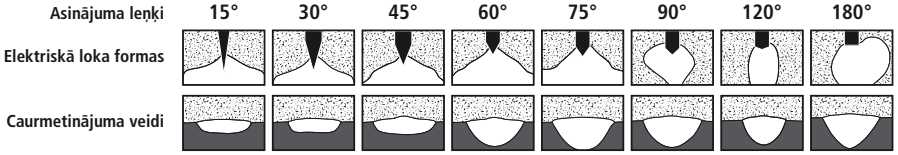


Zīm. 4.1. Volframa elektroda gala sagatavošana metināšanai: a) gala forma līdzstrāvai, b) gala forma maiņstrāvai

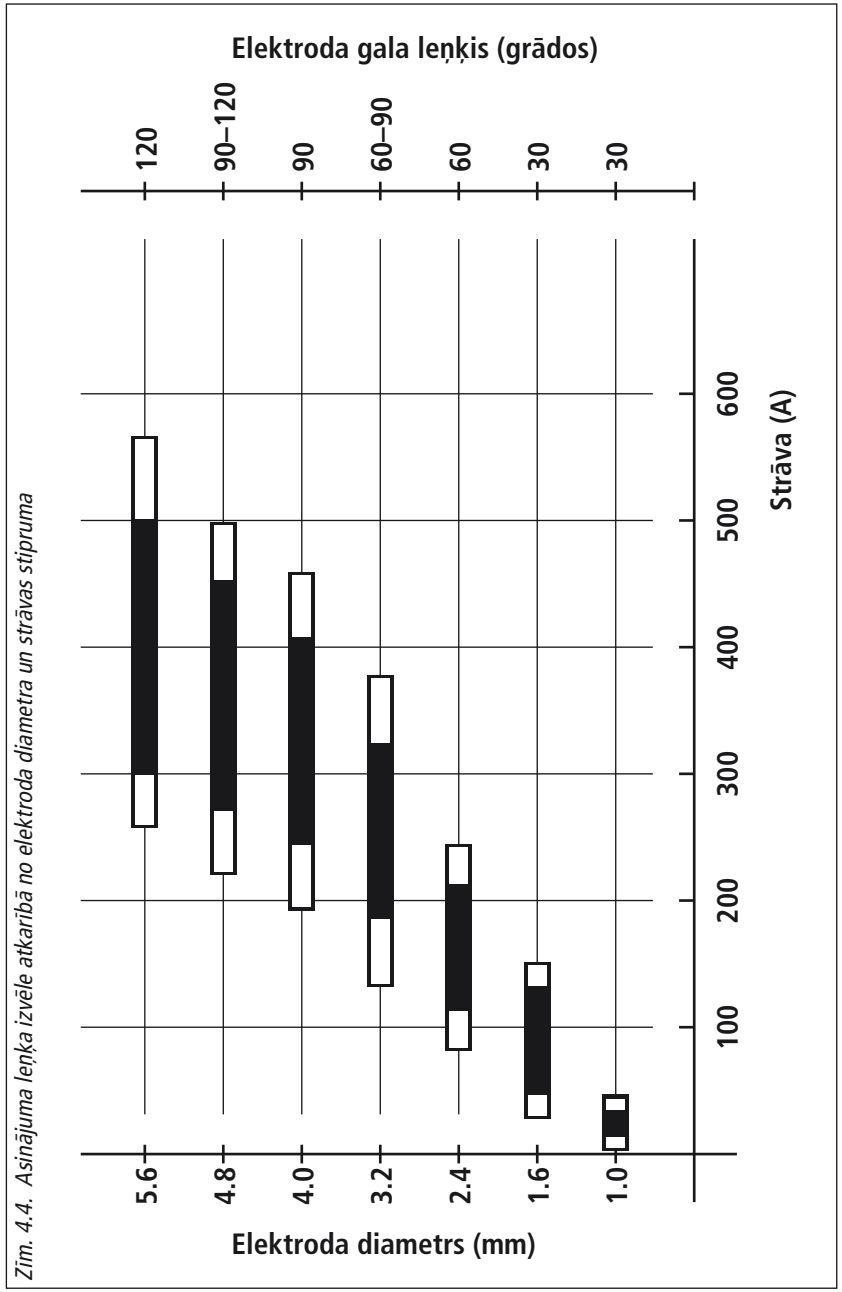
Pareizs asinājuma leņķis ir atkarīgs no izvēlētās metināšanas strāvas stipruma un elektroda diametra (4.4. zīm.)



Zīm. 4.2. (a) nepareiza un (b) pareiza volframa elektroda asināšana



Zīm. 4.3. Elektriskā loka un caurmetinājuma forma atkarībā no elektroda asinājuma leņķa



Zīm. 4.4. Asinājuma leņķa izvēle atkarībā no elektroda diametra un strāvas stipruma

4.1. Volframa elektrodi

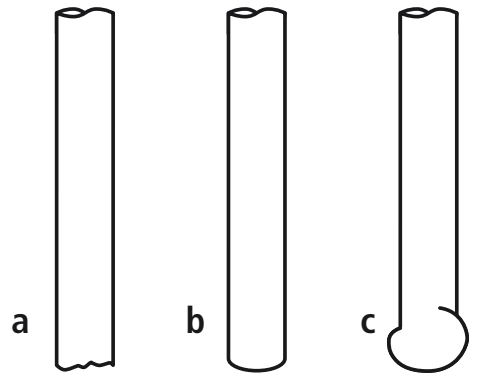
Metinot ar maiņstrāvu, elektroda gala temperatūra paceļas virs tā kušanas temperatūras, izveidojot lokveida gala formu. Pēc tā, kā veidojas gala forma un deg loks, var noteikt atbilstošo strāvu dotajam elektroda sastāvam un diametram.

Kā paātrināt elektroda gala formas veidošanu:

- ieregulēt metināšanas strāvu nedaudz lielāku par rekomendēto,
- uz atsevišķa metāla gabala ierosināt loku, turot degli perpendikulāri,
- izslēgt strāvu pēc lodveida gala izveidošanas,
- samazināt metināšanas strāvu līdz nepieciešamajam lielumam.

Pareizi izvēlēta metināšanas strāva dos pareizu elektroda gala formu (4.5. zīm.).

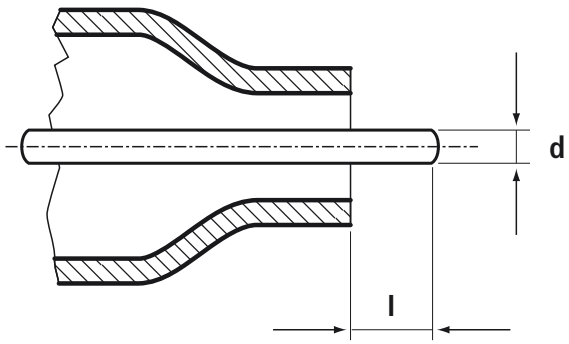
Noasināto elektrodu jāiestiprina deglī. Nedrīkst lietot pārāk lielu spēku, tas var sabojāt elektroda iespīlēto daļu. Elektroda galam jābūt nedaudz izvirzītam no aizsarggāzes sprauslas. Izvirzījuma lielums ir atkarīgs no elektroda diametra un strāvas veida (4.6. zīm.).



4.5. zīm. Elektroda gala forma atkarībā no izvēlētās metināšanas strāvas

a. *maza metināšanas strāva lielam diametram. Loks ir nestabils un nav vērsts uz metināmo vietu,*
b. *pietiekama strāva,*
c. *pārāk liela strāva vai pārāk mazs elektroda diametrs*

4.6. zīm. Elektroda izvirzījuma lielums



AC
l = 1...1,5 x d

DC
l = 2...3 x d

4.2. Piedevu stieples un stieņi

Piedevu stieplei pēc ķīmiskā sastāva jābūt tādai pašai kā pamatmateriālam, jo inerto aizsarggāzu plūsmā metalurģiskie procesi izkausētā metāla vannā gandrīz nenotiek. Parasti piedevu stiepļu ražotāji uzrāda kādām metālu markām šī stieple paredzēta. Ja nav iespējams noteikt metināmā materiāla marku, vai arī nav pieejama kvalitatīva piedevu stieple, jācenšas nogriezt šauru strēmeli no pamatmateriāla un to izmantot kā piedevu materiālu, vai arī plānas detaļas metināt bez piedevu materiāla.

Stieņi TIG metināšanai rūpnieciski tiek gatavoti 1,2 – 4,0 mm diametrā, 1000 mm garumā. Rokasgrāmatās šos stieņus parasti iedala grupās, bieži apvienojot ar līdzīgu stiepli MIG/MAG metināšanai. Tādā gadījumā mainās tikai nosaukums, piemēram, *OK Autrod* 16.31 (MIG/MAG) *OK Tigrod* 16.31 (TIG).

Rokasgrāmatās parasti ir norādīts stieņu raksturojums un pielietojums.

Piemēram: piedevu stienis augstleģēto tēraudu metināšanai *Cromatig 308 LS i.*
Šīs stienis paredzēts austenīta nerūsējošo tēraudu ar mazu oglekļa saturu metināšanai. Šuvei ir laba vispārējā un starpgraudu korozijnoturība, arī oksidējošās un reducējošās skābēs. Paaugstinātais silīcija saturs nodrošina plūstošu šķidrā metāla vannu, kas atvieglo metināšanu. Metinātā savienojuma darba temperatūra līdz 400°C.

Stieņa ķīmiskais sastāvs: C = 0,02%;
Ni ≈ 10%; Cr = 20%, Mn = 1,1%,
Si = 0,8%, Fe – pārējais

Aizsarggāze Argons (LVS EN ISO 14175)
6 – 12 l/min

Strāva DC

Šuves mehāniskās īpašības:
Re ≥ 400 N/mm^2; Rm ≥ 590 N/mm^2;
A_5 ≥ 50%; CV pie 20°C = 120 J,
pie –196°C = 50 J.

Tab. 4.3. Pamatstandarti, ko lieto TIG piedevu materiālu izvēlei.

	Materiāls	Standarts	Komentāri par piedevu materiāliem
1.	Neleģēti tēraudi	EN 1668	Izpildīts stienīšu un stieples veidā, metināšanai inertas gāzes vidē (TIG) neleģētiem, smalkgraudainiem tēraudiem
2.	Mazoglekļa leģētie, augstas izturības tēraudi	EN 12070	Izpildīts stienīšu, stieples elektrodu un stieples veidā metināšanai ar elektrisko loku mazoglekļa, augstas izturības tēraudiem
3.		EN 12534	Izpildīts stienīšu, stieples elektrodu un stieples veidā metināšanai ar elektrisko loku aizsarggāzu vidē augstas izturības tēraudiem (zemās temperatūrās)
4.	Alumīnija sakausējumi	EN ISO 18273	Izpildīts stienīšu, stieples elektrodu un stieples veidā alumīnija un to sakausējumu metināšanai
5.	Niķelis un tā sakausējumi	EN ISO 18274	Izpildīts stienīšu, monolītās stieples un lentas veidā nikeļa un to sakausējumu metināšanai
6.	Kapars un tā sakausējumi	EN 14640	Izpildīts stienīšu un monolītās stieples veidā kapara un to sakausējumu metināšanai ar kausēšanas metodēm
7.	Nerūsējošie un augsti leģētie tēraudi	EN 12072	Izpildīts stienīšu, stieples elektrodu un stieples veidā metināšanai ar elektrisko loku nerūsējušiem un karstumizturīgiem tēraudiem

4.2. Piedevu stieples un stieņi

A. TIG stieņi neleģēto tēraudu metināšanai saskaņā ar EN 1668 – 97; piemēram:

EN 1668 W	46	3	W2 Mo
stienis TIG metināšanai	sametinātās šuves mehāniskās īpašības (Re; Rm; A5) – Re = 460 n/mm²	sametinātās šuves stigrība pie noteiktām temperatūrām; 3 – 47 J pie -30°C	stieņa ķīmiskais sastāvs

B. TIG stieņi augstleģēto tēraudu metināšanai saskaņā ar EN 12072 – 99; piemēram:

EN 12072 W	25	20	4
stienis TIG metināšanai	hroma vidējais daudzums stienī (25%)	niķeļa vidējais daudzums stienī (20%)	molibdēna vidējais daudzums stienī (4%)

C. TIG stieņi alumīnija sakausējumu metināšanai, kas tiek ražoti saskaņā ar EN ISO 18273; piemēram: EN ISO 18273 S Al 1100.

Tab. 4.4. Piedevu stieņu lietošana.

Materiāls	Standarts	Komentāri par piedevu materiāliem
Neleģēti tēraudi	EN 1668	Izpildīts stienīšu un stieples veidā, metināšanai inertas gāzes vidē (TIG) neleģētiem, smalkgraudainiem tēraudiem
Mazoglekļa tēraudi	EN 12070	Izpildīts stienīšu, stieples elektrodu un stieples veidā metināšanai ar elektrisko loku mazoglekļa, augstas izturības tēraudiem
	EN 12534	Izpildīts stienīšu, stieples elektrodu un stieples veidā metināšanai ar elektrisko loku aizsarggāzu vidē augstas izturības tēraudiem (zemās temperatūrās)
Alumīnija sakausējumi	EN ISO 18273	Izpildīts stienīšu, stieples elektrodu un stieples veidā alumīnija un to sakausējumu metināšanai
Niķelis un tā sakausējumi	EN ISO 18274	Izpildīts stienīšu, monolītās stieples un lentas veidā nikeļa un to sakausējumu metināšanai
Kapars un tā sakausējumi	EN 14640	Izpildīts stienīšu un monolītās stieples veidā kapara un to sakausējumu metināšanai ar kausēšanas metodēm
Nerūsējošie un augsti leģētie tēraudi	EN 12072	Izpildīts stienīšu, stieples elektrodu un stieples veidā metināšanai ar elektrisko loku nerūsējošiem un karstumizturīgiem tēraudiem

4.3 Aizsarggāzes

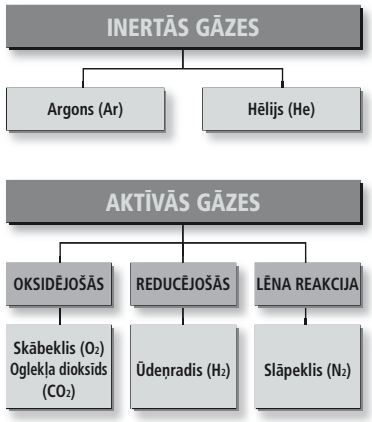
4.3.1. Atsevišķu aizsarggāzu elementu raksturojums

Argons (Ar)
Zemes atmosfērā argons (0,934%) ir izplatītākā cēlgāze. Tā ir vienatoma gāze bez krāsas un smaržas. Argons ir aptuveni 1,4 reizes smagāks par gaisu. Argonu iegūst šķidra gaisa frakcionēšanas procesā. Argonu galvenokārt lieto inertas atmosfēras radīšanai dažādos ķīmiskos, metalurģiskos un metināšanas procesos.

Hēlijs (He)
Hēlijs pēc ūdeņraža ir kosmosā visvairāk izplatītais elements. Tas arī ir vienatoma gāze bez krāsas un smaržas. Hēlijs ir nākamā vieglākā gāze aiz ūdeņraža, tā ir septiņas reizes vieglāka par gaisu un 10 reižu vieglāka par argonu. Hēliju iegūst no dabasgāzēm, tās sašķidrina un atdala piemaisījumus.

Skābeklis (O_2)
Skābeklis dabā ir izplatītākais elements. Diskābekļa O_2 veidā tas atrodas atmosfērā un hidrosfērā, bet savienojumos ar citiem elementiem ietilpst iežu, ūdens, daudzu minerālu, kā arī organisko savienojumu sastāvā, no kuriem veidota visa dzīvā daba. Parastos apstākļos skābeklis ir bezkrāsaina gāze bez smaržas. Tīrs skābeklis ir nedaudz smagāks par gaisu, tas slikti šķīst ūdenī. Skābeklis (O_2) ir ķīmiski aktīva viela, tas ir spēcīgs oksidētājs.

Oglekļa dioksīds (CO_2)
Ogļekļa dioksīds ir trīsatomu gāze, bez krāsas, tā ir pusotras reizes smagāka par gaisu. Oglekļa dioksīds nav indīgs, bet tam ir slāpējošas īpašības. Ja CO_2 tilpumdaļa gaisā palielinās līdz 3%, strauji pasliktinās pašsajūta, bet, ja ieelpojamais gaiss satur 10% CO_2, iestājas bezsamaņa un nāve. Rūpniecībā CO_2 iegūst spirta rūgšanas procesā, kā arī termiski sadalot kaļķakmeni un dolomītu.



4.2. zīm. Aizsarggāzu klasifikācija

Ūdeņradis (H_2)
Ūdeņradis ir visizplatītākais elements kosmosā. Tas veido aptuveni 50% no saules un citu zvaigžņu masas, kā arī ietilpst Visuma gāzu un miglāju sastāvā. Ūdeņradis atrodams ūdens, daudzu minerālu un iežu, naftas, akmeņogļu, dabasgāzu, visu dzīvo organismu, kā arī mākslīgo un sintētisko organisko vielu sastāvā. Ūdeņradis ir bezkrāsaina gāze bez smaržas. Tā ir visvieglākā gāze – 14,5 reizes vieglāka par gaisu, slikti šķīst ūdenī, bet labi šķīst metālos.

Slāpeklis (N_2)
Stabilu divatomu molekulu veidā slāpeklis atrodas gaisā (78,08%). Slāpeklis ir visu augu un dzīvnieku olbaltumvielu sastāvdaļa, tas atrodams akmeņoglēs un kūdrā. Slāpeklis ir bezkrāsaina gāze bez smaržas. Tas ir nedaudz vieglāks par gaisu, slikti šķīst ūdenī. Slāpeklis parastos apstākļos ir ķīmiski neaktīvs.

Gāzes un to īpašības

Nosaukums	Simbols	Blīvums (kg/m³) 1.013 bar,150°C	Molekulsvars
Ūdeņradis	H_2	0,083	2
Hēlijs	He	0,169	4
Slāpeklis	N_2	1,160	28
Argons	Ar	1,690	40
Ogļekļa dioksīds	CO_2	1,870	44
Skābeklis	O_2	1,430	32

4.3.2. Atsevišķu aizsarggāzu komponentu ietekme uz metināšanas procesu

Metināšanas process ir ietekmējams dažādos veidos, to skaitā arī ar aizsarggāzu izvēli. Katram metinājuma veidam, procesam un metāla specifikai, pielieto atbilstošu gāzu sastāvu.

Tas nozīmē, ka gāzes un to maisījumi jāizvēlas tā, lai metināšanas laikā tiktu sasniegti optimālie kvalitātes rādītāji (caurmetinājums, metināšanas ātrums, laidena šuves pāreja uz pamatmateriālu, šuves gludums utt.). Tas ir būtiski.

Gāzu fizikālās īpašības iespaido metāla piliena spraiguma spēkus caurmetinājuma dziļumu un formu, metināšanas ātrumu, loka aizdedzināšanu un stabilitāti. Kombinējot gāzu maisījumus ar augstu jonizācijas enerģiju (He) un zemu jonizācijas enerģiju (Ar), sekmējas elektriskā loka stabilizācija un aizdedzināšana.

Gāze	Disociācijas enerģija (eV/molekula)	Jonizācijas enerģija (eV/molekula)
H_2	4,5	13,6
O_2	5,1	13,6
CO_2	4,3	14,4
N_2	9,8	14,5
He	–	24,6
Ar	–	15,8
Kr	–	14,0

Turklāt elektriskā loka ietekmē gāzu molekulu disociācijas un rekombinācijas process uzlabo siltuma pārnesi uz pamatmetālu.

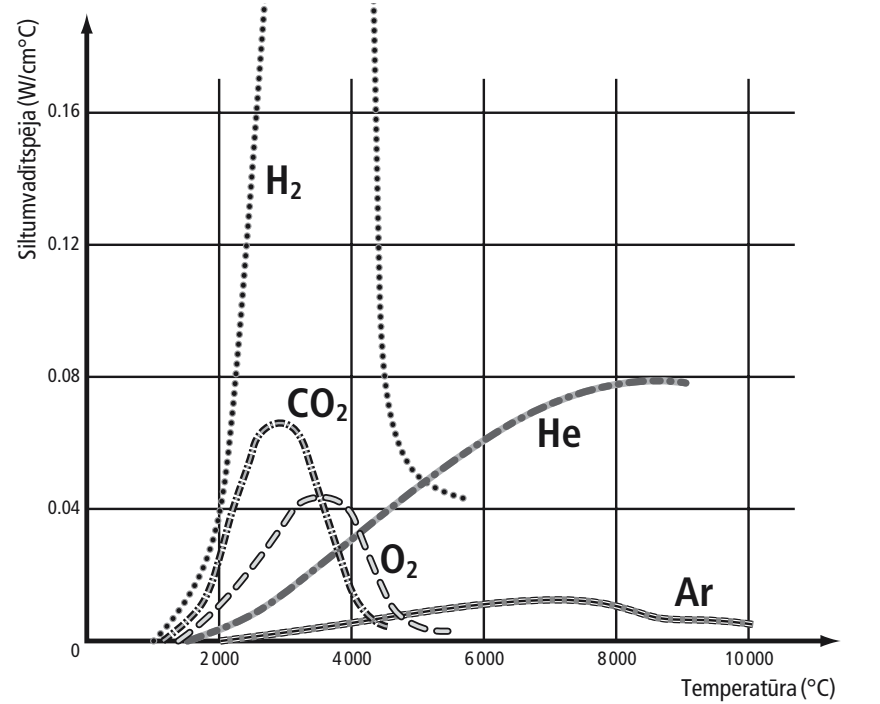
Aizsarggāzu siltuma vadītspēja ietekmē metinājuma ģeometrisko formu, metināšanas vanniņas temperatūru, degazāciju un metināšanas ātrumu. Piemēram, metināšanas ātrums būtiski pieaug, ja:

- **TIG procesā** aizsarggāzei pievieno hēliju (He);
- **TIG procesā**, metinot CrNi tēraudu, aizsarggāzei pievieno ūdeņradi (H_2).

Gāzu ķīmiskās īpašības ietekmē metalurģiskās pārvērtības un šuves virsmas kvalitāti:

- oksidējošās gāzes – skābeklis (O_2) un oglekļa dioksīds (CO_2) veicina sakausējuma elementu izdegšanu un šķidrā metāla plūsmu metināšanas vanniņā (TIG procesā nelieto tāpēc, ka pastiprināti diltu elektrods);
- reducējošās gāzes – ūdeņradis (H_2) saista skābekli un no oksīdiem izdala metālu (TIG procesā lieto saknes aizsardzībai kombinējot kopā ar slāpekli N_2);
- inertas gāzes – argons (Ar) un hēlijs (He) nereaģē ar metālu;
- slāpekļa monoksīdu (0,03% NO) pievieno argonam (Ar) vai argona un hēlija (He) maisījumam, lai neitralizētu ozonu O_3, kas rodas TIG metināšanas procesā. Savukārt NO ir aktīva gāze, kura iedarbojas uz metāla kausēšanas procesiem un palielina caurmetinājumu.

4.3. zīm. Aizsarggāzu siltuma vadītspēja



4.3.3. Aizsarggāzu darbība un būtība

Aizsarggāzu pamatfunkcija ir aizsargāt elektrodu, elektrisko loku un metināšanas vanniņu no apkārtējā gaisa iedarbības. Ja gaiss nonāk saskarsmē ar izkausēto vai karsto metālu, gaisā esošais skābeklis oksidē metālu, slāpeklis var būt par galveno iemeslu šuves trauslumam, bet mitrums ir galvenais iemesls šuves porainībai. Rezultātā tiek veicināts oksidācijas process, veidojas poras, samazinās metinātās šuves stiprība, *tiek ietekmēta elektriskā loka stabilitāte.*

Aizsarggāzes ietekme TIG procesos:

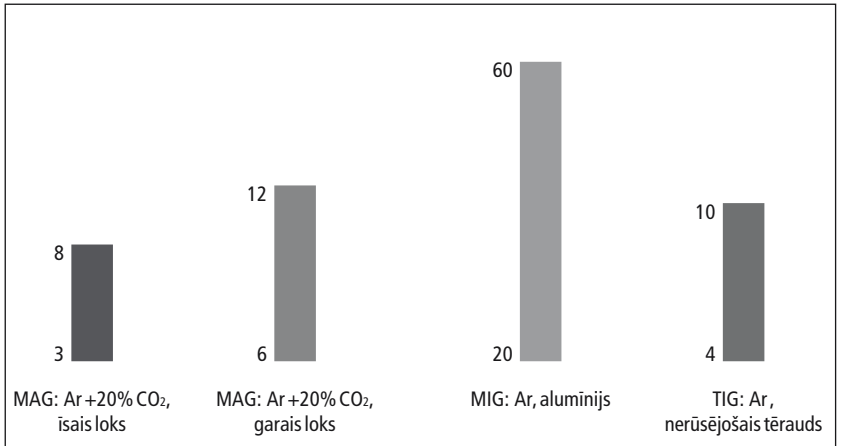
- **ietekme uz vidi** – ozona, dūmu un putekļu emisija ir daudzējādā ziņā atkarīga no aizsarggāzes veida;
- **aizsardzība** – izkausētā un karstā metāla aizsardzība no apkārtējā gaisa un vides;
- **loka stabilitāte** – aizsarggāze vistiešākā veidā ietekmē loka stabilitāti;
- **metināšanas ātrums** – kvalitatīva un pareizi izvēlēta gāze dod iespēju palielināt metināšanas ātrumu, tas savukārt ietekmē šuves mehāniskās īpašības, termiskās ietekmes zonas lielumu;
- **šuves kvalitāte** – aizsarggāze ietekmē šuves formēšanu, iespēju veidot ģeometriski pareizu šuves profilu.

4.3.4. MISON® aizsarggāzes

Metināšanas procesā rodas apkārtējas vides piesārņojums un neveselīgi darba apstākļi metinātājiem. Galvenie piesārņojuma veidi ir putekļi, dūmi un kaitīgās vielas. Viena no vistoksiskākajām gāzēm ir ozons (O_3). Dabā ozona emisija notiek zibens ietekmē, bet rūpniecībā spēcīgu ozona emisiju rada elektriskais loks. Atmosfēras apakšējos slāņos emitētais ozons nekādā veidā nepapildina ozona slāni atmosfērā, jo tas ir nestabils savienojums, kas ilgākā laika posmā sadalās.

Sadzīvē jēdziens ozons bieži vien asociējas ar tīru gaisu mežos un atpūtas vietās. Nelielās devās saskaņā ar ārstēšanas metodēm ozons darbojas kā dezinficējošs līdzeklis, bet devās, kas pārsniedz maksimāli noteikto robežu, tas kļūst par vienu no kaitīgākajām gāzēm. Faktiski ozons jau zemās koncentrācijās ir toksiska un kairinoša gāze. Ilgstoša paaugstināta ozona deva cilvēkam rada ievērojamu kaitējumu veselībai. Tā graujošā ietekme izskaidrojama ar ozona augsto ķīmisko aktivitāti.

Gāze	Ķīmiskā formula	Maksimāli pieļaujamā koncentrācija (ppm)*
Ozons	O_3	0,1
Slāpekļa dioksīds	NO_2	3
Slāpekļa monoksīds	NO	30
Tvana gāze	CO	35



4.4. zīm. Ozona emisija MIG/MAG metināšanā (ppm) (maks. 0,1 ppm)
** 1 ppm = 1 miljonā daļa*

Vislielākā ozona emisija notiek apmēram 15 cm no metināšanas loka. Cilvēks ozona koncentrāciju gaisā ar ožas palīdzību sāk just no 0,004 – 0,015 ppm.

Ozons var izraisīt kairinājumus:

- elpceļu iekaisumus;
- sausuma sajūtu mutē;
- acu asarošanu;
- biežas nepārejošas galvassāpes;
- biežu saaukstēšanos;
- sāpes krūtīs un sirds rajonā;
- pastāvīgu nogurumu.

(Rīgas Stradiņa universitātes, Higiēnas un arodslimību laboratorijas dati).

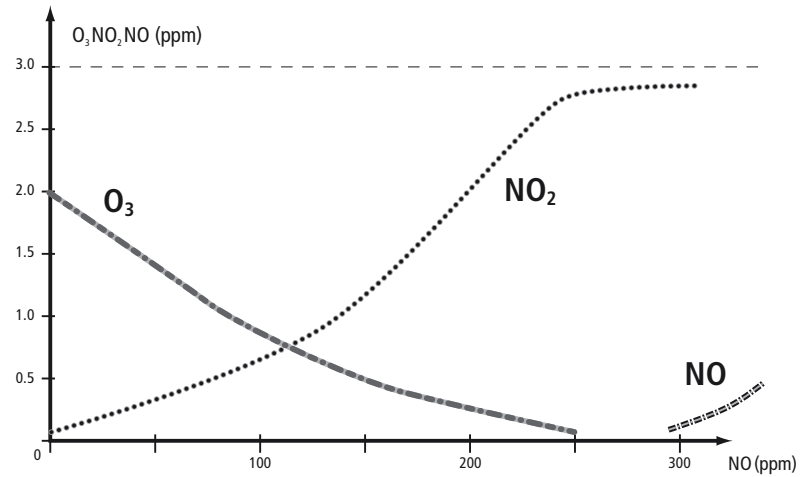
Daudzas dzīvās radības: kaķi, kāmji, peles un žurkas, atrodoties 2 stundas vidē, kur ir 4 ppm ozona deva, iet bojā.

Pastāv divu veidu gaisa piesārņojuma novēršanas metodes – pasīvā un aktīvā. Pasīvā ir ventilācija, t.i. ozons tiek pārvietots no vienas vietas uz citu, nenovēršot tā graujošo ietekmi. *Turklāt, palielinot gaisa vilkmi, lai nodrošinātu metināšanas procesu, ir jāpalielina aizsarggāzu plūsma, bet tas palielina produkcijas pašizmaksu.* Aktīvā jeb ķīmiskā metode nodrošina strauju ozona līmeņa samazināšanu zem maksimāli pieļaujamās normas. AGA attīstīja aktīvo metodi, izstrādājot jauno aizsarggāzu grupu MISON®.

$$O_3 + NO \rightarrow O_2 + NO_2$$

MISON® aizsarggāzēm piedeva NO aktīvi piesaista ozona lieko atomu, pārvēršot ozonu mazāk toksiskā savienojumā NO_2, turklāt nepārsniedzot pieļaujamo normu 3 ppm NO_2.

Daudzu valstu institūcijas, tādas kā Vācijas *Bundesanstalt fur Materialprufung*, Austrijas *SZA* , Lielbritānijas *TWI*, Dānijas *FORCE*, Norvēģijas *SINTEF*, Francijas *Souduras Institūts*, Holandes *TNO*, Zviedrijas Veselības departaments, ir akceptējušas MISON® tehnoloģiju, kura tagad tiek plaši pielietota Latvijā.



4.5. zīm. MISON® darbības būtība

Tab. 4.6. Aizsarggāzu regula un klasifikācija

Simbols		Komponentu tilpuma nominālās vērtības procentos					
		Oksidējoša		Inerta		Reducējoša	Līna reakcija
Galvenās grupas	Apakšgrupas	CO_2	O_2	Ar	He	H_2	N_2
I	1			100			
	2				100		
	3			Līdzsvarā	$0,5 \le He \le 95$		
M1	1	$0,5 \le CO_2 \le 5$		Līdzsvarā[a]		$0,5 \le H_2 \le 5$	
	2	$0,5 \le CO_2 \le 5$		Līdzsvarā[a]			
	3		$0,5 \le O_2 \le 3$	Līdzsvarā[a]			
	4	$0,5 \le CO_2 \le 5$	$0,5 \le O_2 \le 3$	Līdzsvarā[a]			
M2	0	$5 < CO_2 \le 15$		Līdzsvarā[a]			
	1	$15 < CO_2 \le 25$		Līdzsvarā[a]			
	2		$3 < O_2 \le 10$	Līdzsvarā[a]			
	3	$0,5 \le CO_2 \le 5$	$3 < O_2 \le 10$	Līdzsvarā[a]			
	4	$5 < CO_2 \le 15$	$0,5 \le O_2 \le 3$	Līdzsvarā[a]			
	5	$5 < CO_2 \le 15$	$3 < O_2 \le 10$	Līdzsvarā[a]			
	6	$15 < CO_2 \le 25$	$0,5 \le O_2 \le 3$	Līdzsvarā[a]			
	7	$15 < CO_2 \le 25$	$3 < O_2 \le 10$	Līdzsvarā[a]			
M3	1	$25 < CO_2 \le 50$		Līdzsvarā[a]			
	2		$10 < O_2 \le 15$	Līdzsvarā[a]			
	3	$25 < CO_2 \le 50$	$2 < O_2 \le 10$	Līdzsvarā[a]			
	4	$5 < CO_2 \le 25$	$10 < O_2 \le 15$	Līdzsvarā[a]			
	5	$25 < CO_2 \le 50$	$10 < O_2 \le 15$	Līdzsvarā[a]			
C	1	100					
	2	Līdzsvarā	$0,5 \le O_2 \le 30$				
R	1			Līdzsvarā[a]		$0,5 \le H_2 \le 15$	
	2			Līdzsvarā[a]		$15 < H_2 \le 50$	
N	1						100
	2			Līdzsvarā[a]			$0,5 \le N_2 \le 5$
	3			Līdzsvarā[a]			$5 < N_2 \le 50$
	4			Līdzsvarā[a]		$0,5 \le H_2 \le 10$	$0,5 \le N_2 \le 5$
	5					$0,5 \le H_2 \le 50$	Līdzsvarā[a]
O	1		100				
Z		Gāzu maisījumi, kas nav šajā augšminētajā tabulā.[a]					

[a]šajā klasifikācijā argons ir daļējs gāzu aizstājējs vai to pilnīgi aizstāj hēlijs.

Tab. 4.7. Gāzu un gāzu maisījumu tīrība un rasas punkts, LVS EN ISO 14175

Grupa[1)]	Gāzes	Minimālā tīrība (%)	Rasas punkts, 1,013 bar °C	Maksimālais mitrums (ppm)
I	inertas	99,99	- 50	40
M1[a]	gāzu maisījumi	99,9	- 50	40
M2[a]	gāzu maisījumi	99,9	- 44	80
M3[a]	gāzu maisījumi	99,9	- 40	120
C [a]	oglekļa dioksīds	99,8	- 40	120
R	reducējošas	99,95	- 50	40
N	slāpeklis	99,9	- 50	40
O	skābeklis	99,5	- 50	40
Zināšanai. Ja pēc tehnoloģijas šuvei ir paaugstinātas prasības pret oksidēšanos un sārņu veidošanos, tad jālieto gāzes ar augstāku tīrību un zemāku rasas punktu.				
[a] slāpeklis: maksimums 1000 ppm				

Tab. 4.8. Gāzu un gāzu maisījumu tīrība un rasas punkts. LVS EN ISO 14175

Grupa[1)]	Minimālā tīrība (%) pēc tilpuma	Maksimālie °C, kad rodas rasas punkts pie 1,013 bar	Maksimālais mitrums (ppm)
R	99,95	- 50	40
I	99,99	- 50	40
M1	99,70	- 50	40
M2	99,70	- 44	80
M3	99,70	- 40	120
C	99,70	- 35	200
F	99,50	- 50	40
Skābeklis (O_2)	99,50	- 35	200
Ūdeņradis (H_2)	99,50	- 50	40
1) Šajā tabulā ir pievienoti dati par skābekli un ūdeņradi			

Padziļinātu izpratni par gāzu maisījumiem, ko lieto metināšanā, var atrast Valsts standarta oriģinālajā izdevumā LVS EN ISO 14175.

Tab. 4.9. TIG metināšanā lietojamās aizsarggāzes

Aizsarggāzes AGA	Materiāls	Komentāri
Argons	Visiem metināmajiem metāliem, alumīniju un kaparu ieskaitot	visplašāk pielietojamā aplikācija
MISON® Ar [Ar + 0.03% NO]		palielinās loka stabilitāte; AC metināšanā pieaug loka aizdedzināšanas stabilitāte; pieaug metināšanas ātrums
MISON® He30 [Ar + 30% He + 0.03% NO]		
MISON® H2 [Ar + 2%H_2 + 0.03%NO]	Augstleģēti CrNi tēraudi	pieaug loka temperatūra; labāks caurmetinājums; pieaug metināšanas ātrums
VARIGON® H5 [Ar + 5%H_2]		
MISON® N2 [Ar + 2%N_2 + 0.03%NO]	Duplekss, superduplekss un arī citiem austenīta tēraudiem, kas ir apstrādāti ar slāpekli (N_2)	tiek ierobežots slāpekļa zaudējums no metināšanas vanniņas; karstāka metināšanas vanniņa un lielāks metināšanas ātrums; uzlabojas šuves mehāniskās īpašības
VARIGON® He50 [Ar + 50%He]	Alumīnijam un tā sakausējumiem vai kaparam un tā sakausējumiem	pieaug loka temperatūra; labāks caurmetinājums; pieaug metināšanas ātrums
VARIGON® He70 [Ar + 70%He]		
VARIGON® N [Ar + (2% – 3%)N_2]	Austenīta tēraudi, kas ir apstrādāti ar slāpekli (N_2)	tiek ierobežoti slāpekļa zudumi no metināšanas vanniņas
Argons	Titāns, tantals, cirkonijs (reaktīvi materiāli)	var būt arī Ar + He maisījumi; gāzu tīrība vismaz 4.8 – 5.0

Zināšanai: MISON® H2 un VARIGON® H5: nelieto alumīnija un tā sakausējumu metināšanai (veido poras)!!!

Zināšanai: *0.03% NO gāzu piedeva iedarbojas ne tikai uz emitēto ozonu un uzlabo darba vidi, bet arī iedarbojas uz metāla kausēšanas procesiem un rezultātā iespējams palielināt metināšanas ātrumu un darba ražīgumu.*

5. TIG iekārtas

5.1. Loka barošanas avots 48

5.2. Metināšanas deglis un šļūtene 52

5.3. Aizsarggāzes padeves sistēma 54

5.4. Vadības bloks 57

5.5. Iekārtu apkope un iespējamie traucējumi 66

5.1 Loka barošanas avots

Jebkura TIG iekārta sastāv no 4 pamatblokiem:
1. Loka barošanas avots.
2. Lokanās šļūtenes ar metināšanas degli.
3. Gāzes padeves sistēmas.
4. Vadības bloka.

(Skat. zīm. 5.1.)

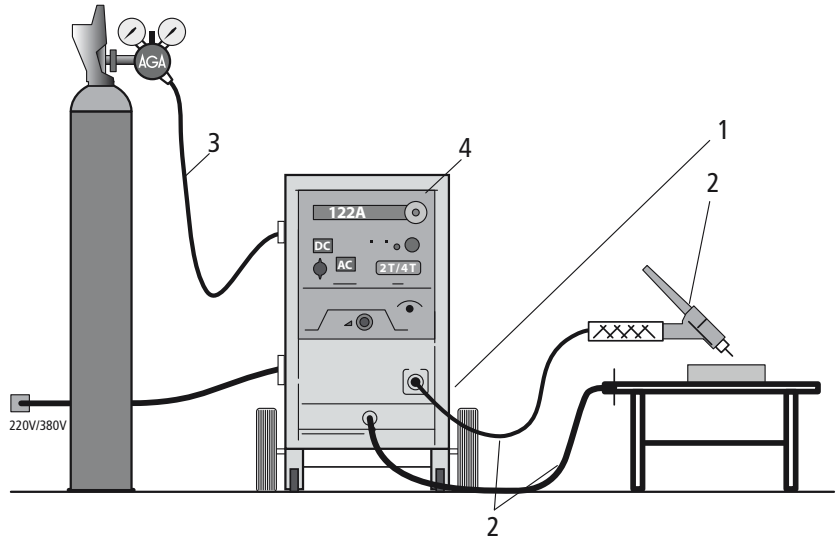
5.1.1. Galvenās loka barošanas avotam izvirzītās prasības

Elektriskais loks ar barošanas avotu un savienojošiem kabeļiem veido kopīgu enerģētisku sistēmu, tādēļ, ievērojot loka īpatnības, nevar lietot parastos barošanas avotus (piemēram, pieslēgties elektriskajam tīklam). Elektroloka barošanas avoti jākonstruē speciāli šim nolūkam, ievērojot šādas galvenās prasības:

1. Tukšgaitas spriegumam jānodrošina loka aizdedzināšana (jābūt pēc iespējas lielākam), un tajā pašā laikā tam jābūt nelielam no drošības viedokļa. TIG metināšanas barošanas avotu tukšgaitas spriegums (OCV – *open circuit voltage*) ir 80 – 90V.
2. Loka barošanas avotam jānodrošina strāvas stipruma regulēšana. Tas nepieciešams, lai ar vienu loka barošanas avotu varētu metināt dažāda biezuma materiālus (iegūt dažādas jaudas lokus).

TIG metināšanā strāvas avotam nepieciešama strauji krītoša raksturlīkne, kas nodrošina gandrīz nemainīgu strāvas stiprumu, mainoties loka garumam (5.1.1. zīm.).

Kā loka barošanas avotus TIG metināšanā pašlaik lieto tikai invertorus.



5.1. zīm. TIG metināšanas shēma:
1 - loka barošanas avots, kas pievada lokam nepieciešamo elektroenerģiju ar noteiktiem parametriem;
2 - lokanās šļūtenes ar metināšanas degli, kas pievada strāvu lokam caur volframa elektrodu;
3 - gāzes padeves sistēma, kas no balona padod loka zonā noteiktā daudzumā izvēlēto aizsarggāzi;
4 - vadības bloks, kas ļauj ieregulēt izvēlētos metināšanas parametrus un uzturēt tos nemainīgus (vai arī mainīt metināšanas laikā

5.1.2. Metināšanas invertori

Invertora principiālā shēma parādīta 5.2. zīmējumā.

Primārais taisngriezis trīsfāzu rūpniecisko maiņstrāvu pārveido līdzstrāvā, kas caur filtru nonāk invertorā. Invertors līdzstrāvu pārveido augstfrekvences maiņstrāvā. Ceturtajā blokā strāvas transformators veido nepieciešamo spriegumu un raksturlīkni. Tā kā frekvence ir augsta, transformatora izmēri un svars ir nelieli. Iegūtā strāva vēlreiz tiek iztaisnota un caur droseli pievadīta lokam.

Invertora darbību vada ar kontrolkartes (*control card*) palīdzību. Invertors dod iespēju iegūt jebkura veida raksturlīkni – no strauji krītošas līdz augošai, kas ļauj izmantot vienu loka barošanas avotu vairākiem metināšanas veidiem.

5.1.3. Loka barošanas avotu raksturojums

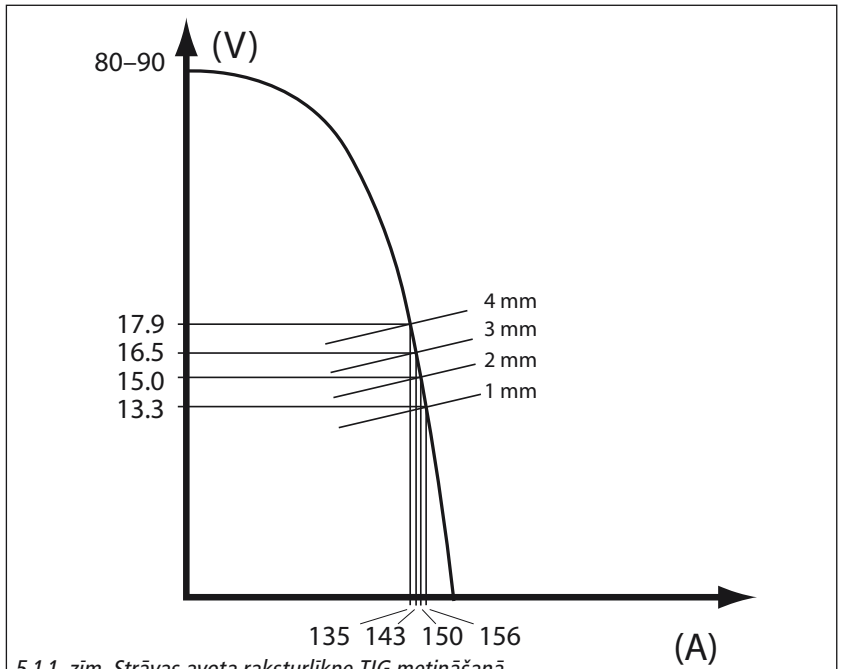
Lai pareizi izvēlētos loka barošanas avotus, nepieciešams saprast tos nosacītos apzīmējumus un skaitļus, kuri norādīti iekārtu raksturojumos.

Tīkla spriegums

Rietumvalstu loka barošanas avotiem nominālais tīkla spriegums ir 400 V. Parasti instrukcija pieļauj tīkla svārstības ±10%. Tātad mūsu 380 V tīkla spriegums atļauj šo iekārtu ekspluatāciju (400 V - 10% 400 V = 360 V).

Slogošanas cikls

Barošanas avotiem parasti uzrāda maksimālās strāvas pie 35%; 60% un 100% noslodzes (5.3. zīm.).



5.1.1. zīm. Strāvas avota raksturlīkne TIG metināšanā

Gadījumā b strāvas stiprums var būt lielāks nekā gadījumā a (350 A pret 270 A), bet no kopējā laika 10 minūtes loks var degt tikai 6 minūtes.

Visi loka barošanas avoti ir apgādāti ar termorelejiem, kuri pārkaršanas gadījumā atslēdz metināšanas ķēdi.

Iekārtu pasēs parasti vēl uzrāda tukšgaitas jaudu, lietderības un jaudas koeficientus, kā arī pieļaujamās darba un glabāšanas temperatūras un aizsardzības klases, gabarītus un svaru.

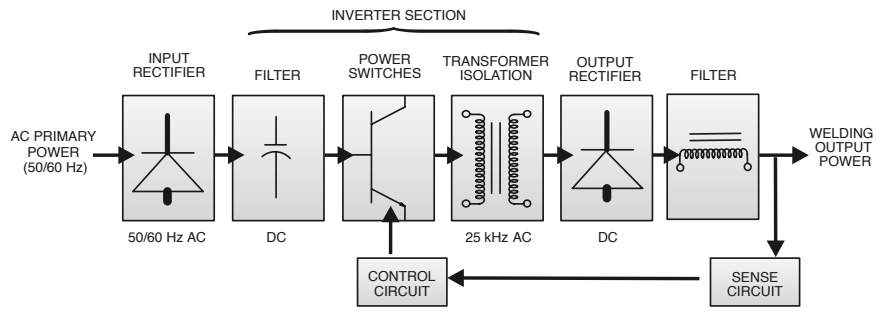
5.1.4. Iekārtu uzbūves varianti

Izmantojot invertoru kā loka barošanas avotu, iespējams izgatavot iekārtas dažādiem nolūkiem dažādā izpildījumā.

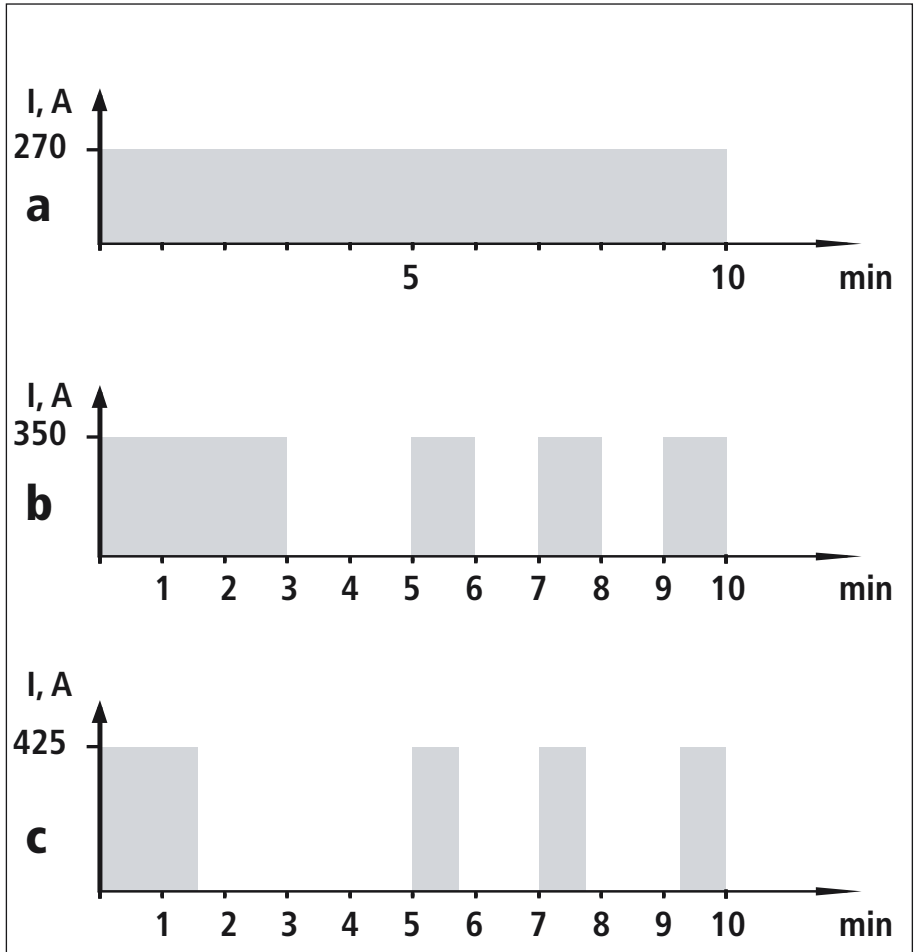
1. Invertors nodrošina lokam līdzstrāvu ar nepieciešamo raksturlīkni tēraudu (galvenokārt leģēto) metināšanai.
2. Iekārta ar iespēju padot uz loku arī speciāli sagatavotu maiņstrāvu. Šajā gadījumā iekārtas apzīmējuma beigās būs AC/DC (AC – *alternating current* / maiņstrāva; DC – *direct current* / līdzstrāva). Ar šo iekārtu iespējams metināt gan ar līdzstrāvu, gan ar maiņstrāvu, ko izmanto galvenokārt alumīnija sakausējumu metināšanā.

Abos variantos degļa dzesēšanai var izmantot gan gāzi, gan šķidrumu. Jaudīgākām iekārtām parasti izmanto otro variantu – šķidrumu. Tad iekārtas apzīmējumā tiek uzrādīts burts W (*water*).

3. Tā kā invertors ļauj iegūt jebkura veida raksturlīkni, tad parasti jaunākām iekārtām ir papildus ligzda, kurai var pieslēgt kabeli MMA metināšanai. Kabelis parasti ir iekārtas komplektā.
4. Pēdējā laikā MMA metināšanas iekārtām, kuras balstās uz invertora tehnoloģiju, paredz iespēju pieslēgt kabeli TIG metināšanai. Šajā gadījumā jāatceras, ka loku varēs aizdedzināt tikai ar pieskaršanos (*contact*) un gāzes plūsmas regulēšana, metināšanu uzsākot un pabeidzot, būs jāveic ar roku (manuāli). TIG deglis parasti neietilpst iekārtas cenā, tas jāiegādājas atsevišķi.



5.2. zīm. Invertora principiālā shēma



5.3. zīm. Dažādi loka barošanas avota noslogošanas cikli: a – nepārtraukts cikls, b – noslodze 65% no kopējā laika, c – noslodze 35% no kopējā laika

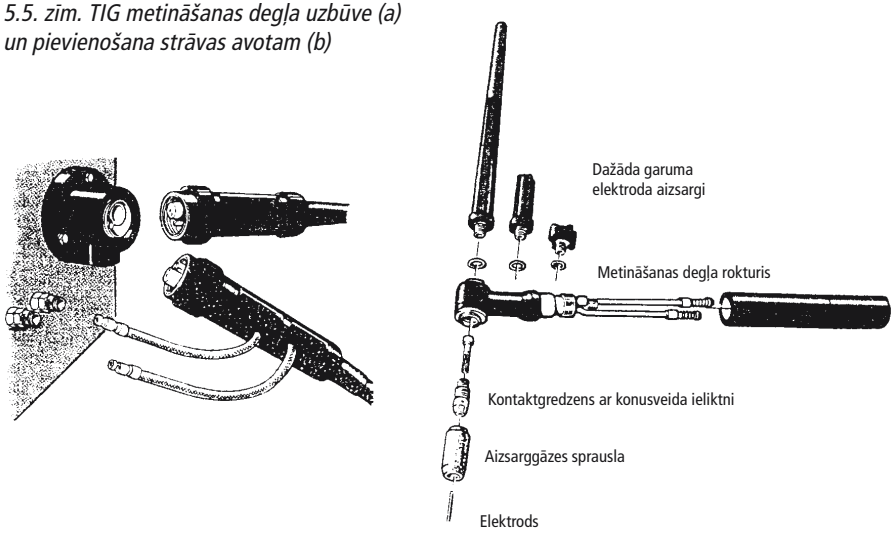
5.2. Metināšanas deglis un šļūtene

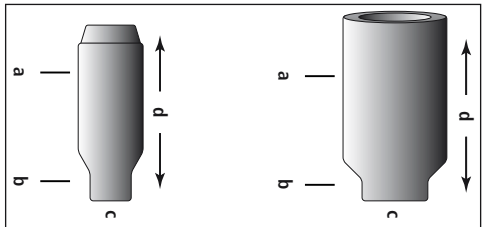
Metināšanā lieto speciālas konstrukcijas degļus: tie nodrošina strāvas pievadīšanu volframa elektrodam un izveido argona aizsargplūsmu.

Deglis ar šļūtenes palīdzību savienots ar strāvas avotu un gāzes balonu.

Metināšanas deglī strāva no kabeļa caur kontaktgredzenu tiek pievadīta volframa elektrodam. Volframa elektroda brīvā gala aizsardzībai paredzēti dažāda garuma aizsargi. Degļa galā uzskrūvēta aizsarggāzes sprausla, kas izgatavota no alumīnija

5.5. zīm. TIG metināšanas degļa uzbūve (a) un pievienošana strāvas avotam (b)

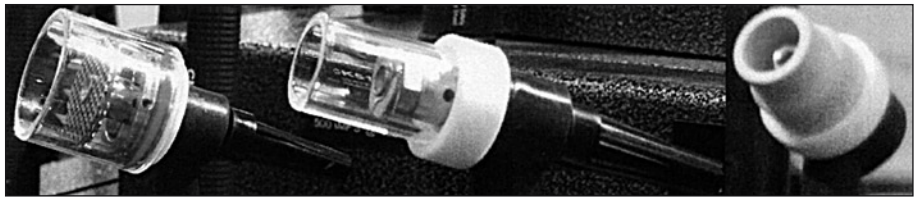




5.6. zīm. Aizsarggāzes sprauslas

oksīda vai keramikas un kalpo gāzes plūsmas veidošanai. Gāzes sprauslas var būt dažādas konfigurācijas ar dažādu iekšējo diametru, ko parasti raksturo sprauslas numurs.

Sprauslas diametram noteikti jābūt vismaz 4 reizes lielākam par elektroda diametru ($D_{sprauslas} \geq 4D_{elektroda}$).



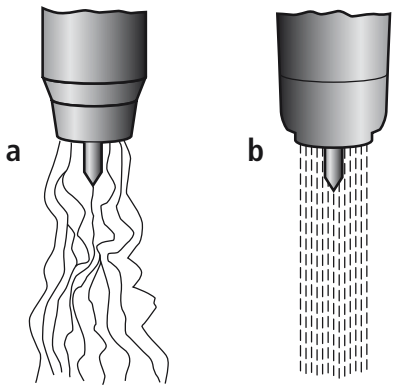
Gāzes sprauslas izmēru (numuru) nosaka strāvas stiprums un elektroda diametrs. Zemāk pievienotai tabulai ir rekomendējošs raksturs.

Ja paredzēta degļa dzesēšana ar šķidrumu, tad tajā ir zila caurule šķidruma ieplūdei un sarkana – atplūdei.

Sprauslas izmēru izvēle

Metināšanas strāva DC- (AC) A	Elektrodu diametrs (mm)	Gāzes sprausla numurs	D mm	Gāzes plūsma (l/min)
5 ... 80 (5 ... 50)	1,0	4 / 5	6,5 / 8,0	5 ... 6
70 ... 150 (30 ... 100)	1,6	4 / 5 / 6	6,5 / 8,0 / 9,5	6 ... 7
130 ... 250 (80 ... 150)	2,4	6 / 7	9,5 / 11,0	7 ... 8
220 ... 350 (120 ... 210)	3,2	7 / 8 / 10	11,0 / 12,5 / 16,0	8 ... 10
330 ... 500 (180 ... 280)	4,0	10 / 11 / 12	16,0 / 17,5 / 19,0	10 ... 12

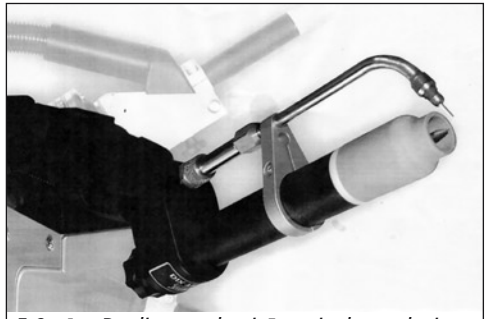
Dažas firmas (*Oerlikon, Migatronic*) iesaka sprauslas ar sietiņu, kas padara gāzes plūsmu vienmērīgāku.



5.7. zīm. Gāzes plūsma (a) bez sietiņa un (b) ar sietiņu

Metināšanas degli ar šļūteni pievieno iekārtai ar speciāla kontakta palīdzību (EIRO). Šis kontakts ir vienāds visiem ražotājiem, kas atvieglo degļa izvēli.

Automatizētai metināšanai, sevišķi orbitālai, lieto degļus, kuros stieples padeve ir mehanizēta. Speciāls mehānisms iekārtā padod maza diametra stiepli loka zonā 90° leņķī pret elektrodu.



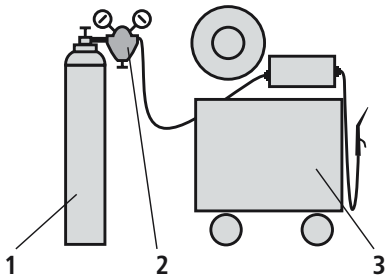
5.8. zīm. Deglis ar mehanizētu stieples padevi

Aizsarggāzes padeve TIG metināšanai var tikt nodrošināta no atsevišķa gāzes balona vai no centralizētas gāzu sistēmas padeves tīkla.

Spiediens pilnā gāzes balonā parasti ir 200 bāri vai 150 bāri. Lai samazinātu šo augsto spiedienu līdz darba spiedienam, aizsarggāzes balonam pievieno reduktoru. Reduktors nodrošina nemainīgu aizsarggāzes plūsmu (l/min) metināšanas laikā, neraugoties uz to, ka spiediens balonā krītas līdz ar gāzes patēriņu.

Ventilim, kas iebūvēts pusautomātā, ir elektriskā saikne ar metināšanas degļa sprūdu. Tas nodrošina aizsarggāzes plūsmu, metināšanu uzsākot, un aizsarggāzes plūsmas pārtraukšanu, metināšanu beidzot. Ja ir nospiests sprūds, aizsarggāze plūst no balona caur reduktoru uz metināšanas iekārtu, degļa šļūteni, aizsarggāzes sprauslu un izolē no apkārtējās vides elektrodu, elektrisko loku un metināšanas vanniņu.

Zināšanai: katrs regulatora tips ir paredzēts konkrētai aizsarggāzei un ar šo gāzi tad arī jālieto. Pretējā gadījumā pareizā gāzes plūsma netiks nodrošināta. Lai pagarinātu reduktora darba mūžu, jāievēro:

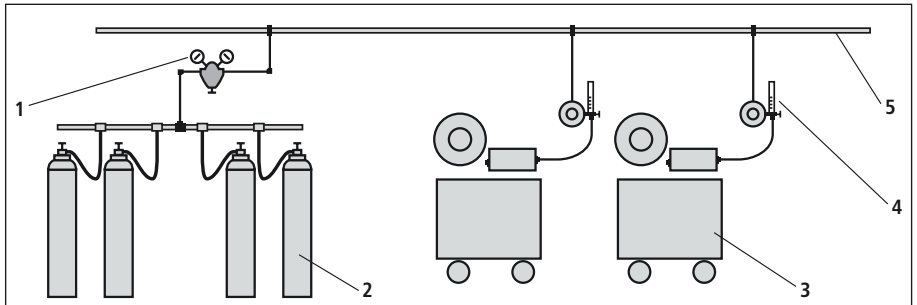


5.9. zīm. Individuālā gāzu padeves sistēma: 1 – gāzes balons, 2 – reduktors, 3 – metināšanas iekārta

1) beidzot darbu – jānoslēdz balona ventilis, jāizlaiž aizsarggāze no reduktora un jāizskrūvē reduktora plūsmas regulēšanas skrūve;

2) ja jāmaina aizsarggāzu balons:

- jānoslēdz gāzu balona ventilis;
- *jāizskrūvē reduktora plūsmas regulēšanas skrūve;*
- jānomaina balons;
- jāatgriež piepildītā gāzu balona ventilis un tikai tad jāregulē aizsarggāzu plūsma.



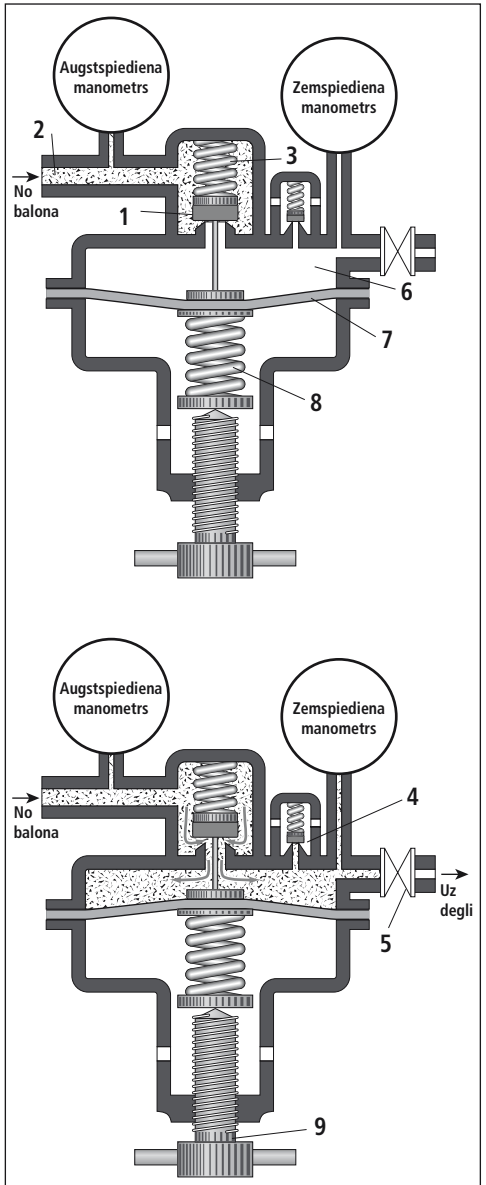
5.10. zīm. Centralizēta gāzu sistēma: 1 – centrālais reduktors, 2 – gāzes baloni, 3 – metināšanas postenis, 4 – individuālais gāzu plūsmas reduktors, 5 – gāzu cauruļvadi

5.3.2. Reduktora darbības princips

Reduktoram ir divas kameras: augstspiediena kamera (2), kurā spiediens ir vienāds ar gāzes spiedienu balonā, un zemspiediena kamera (6). Starp kameru (2) un kameru (6) atrodas vārsts (1), uz kuru darbojas atsperes (3) un (8). Caur vārstu (1) izplūstošā gāze izliec membrānu, saspiež atsperi (8) un vārsts (1) noslēdzas. Gāzei izplūstot no kameras (6), atspere (8) iztaisnojas un vārsts (1) atveras, un no augstspiediena kameras ieplūst jauna gāzes doza zemspiediena kamerā.

Atsperes spriegojumu regulē ar skrūvi (9), jo vairāk saspiesta atspere (8), jo ilgāk vārsts (1) ir atvērts, un līdz ar to lielāks spiediens kamerā (6).

Aizsarggāzu reduktoriem zemspiediena kameras izplūdes kanāls ir kalibrēts, līdz ar to zemspiediena manometra skalas iedalījums ir l/min vai zemspiediena manometra vietā ir iemontēts plūsmas mērītājs.



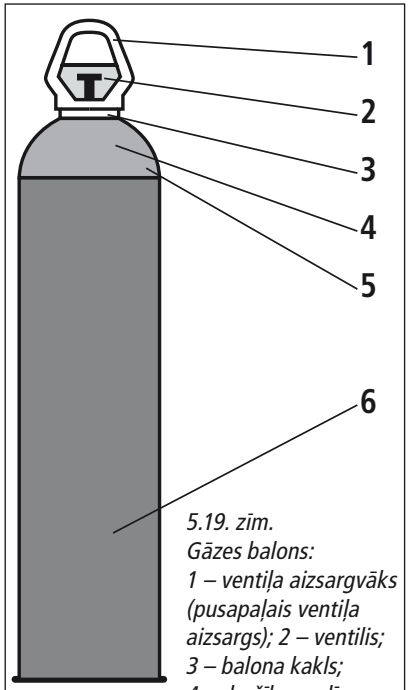
5.18. zīm. Gāzes reduktora shēma

5.3.3. Baloni

Aizsarggāzu baloni ir izgatavoti no speciāli leģētiem tēraudiem. Baloni ir aprīkoti ar augstspiediena ventiļiem un to aizsargvākiem (ventiļa aizsargvāks ar rokturi, slēgts ventiļa aizsargvāks, pusapaļais ventiļa aizsargvāks, AGA apaļais ventiļa aizsargvāks).

Baloniem izmanto krāsu kodēšanas sistēmu, kuru lieto balona plecu joslā, bet balonu korpusu (cilindrisko daļu) industriālajām gāzēm krāso melnā krāsā. Katram balonam ir drošības uzlīmes.

SVARĪGI: Baloni ir jānostiprina pret apgāšanos un ripošanu.



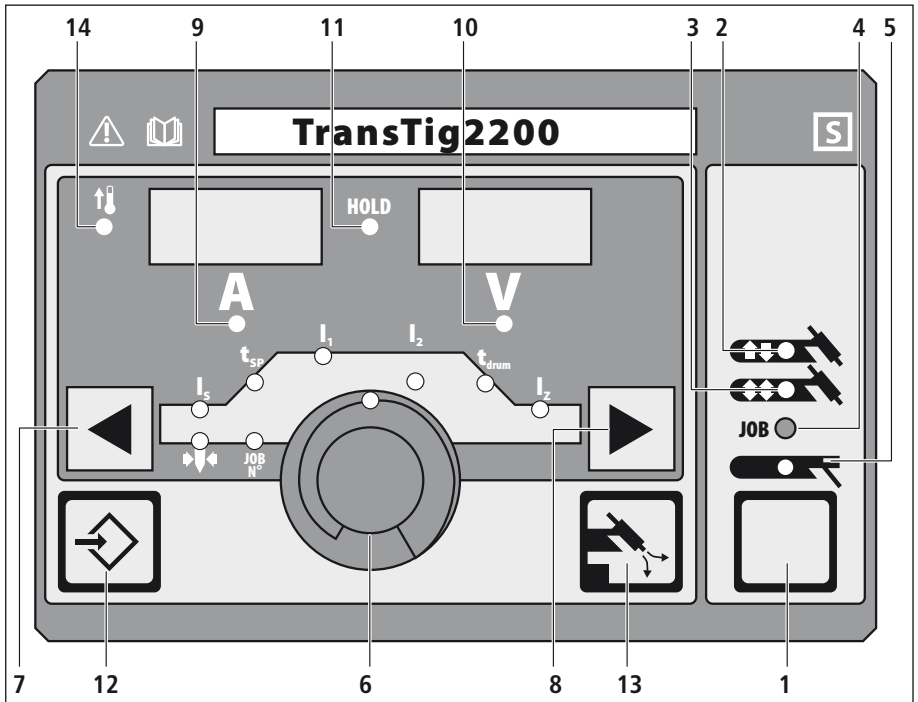
5.19. zīm.
Gāzes balons:
1 – ventiļa aizsargvāks (pusapaļais ventiļa aizsargs); 2 – ventilis; 3 – balona kakls; 4 – drošības uzlīmes; 5 – plecs; 6 – korpuss (cilindriskā daļa)

Krāsu kodēšana

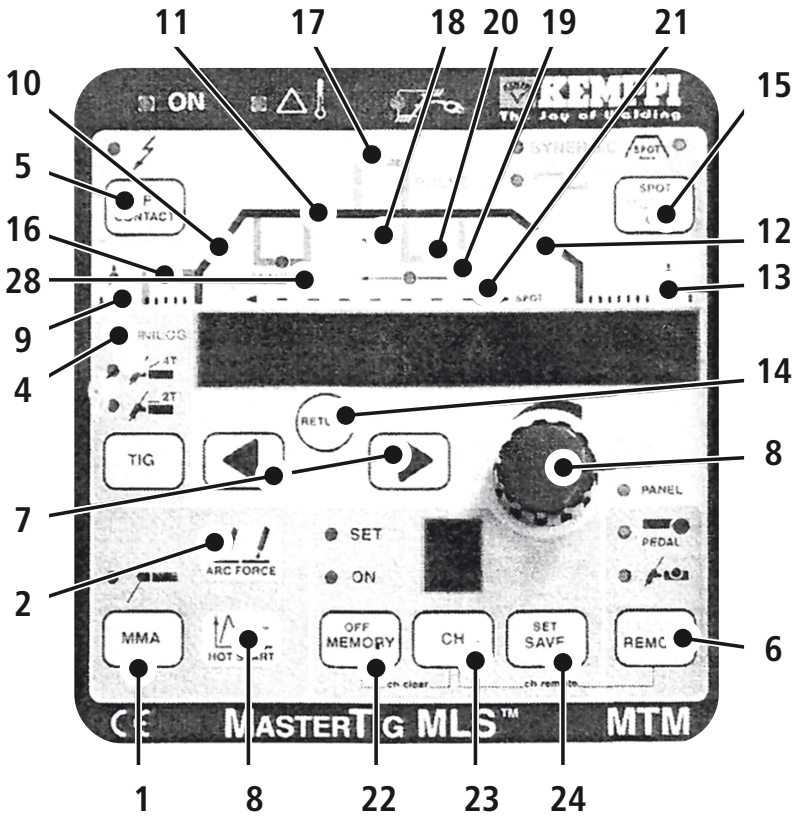
Argons (Ar)		Tumši zaļš
Slāpeklis (N_2)		Melns
Oglekļa dioksīds (CO_2)		Pelēks
Hēlijs (He)		Brūns

5.4. Vadības bloks

Atkarībā no iekārtas ražotājfirmas un sarežģītības pakāpes, vadības ierīces var būt dažādi izveidotas un ievietotas vadības panelī. Zemāk parādīti dažu populārāko zīmolu TIG iekārtu vadības paneļi.

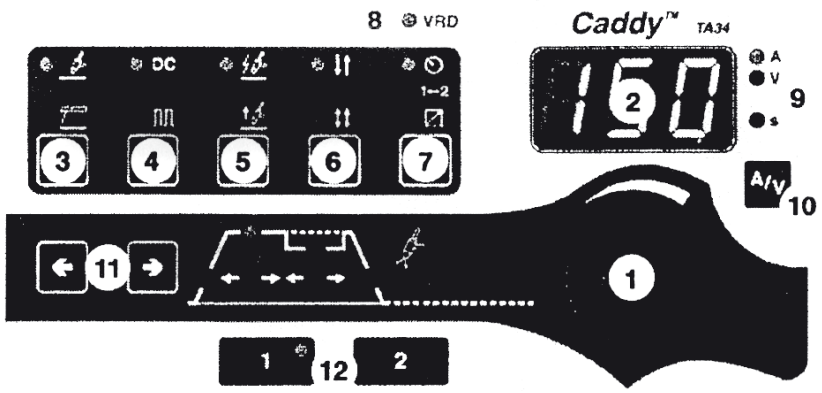


5.20. zīm. Transtig TIG 2200 kontroles panelis (Fronius).
1. – Funkciju izvēles taustiņš
2. – 2 - taktu cikls
3. – 4 - taktu cikls
4. – Darba režīma numurs (job)
5. – MMA metināšana
6. – Parametru regulators
7.8. – Parametru izvēles pogas
9. – metināšanas strāvas displejs (A)
10. – metināšanas sprieguma displejs (V)
11. – atmiņā saglabāto parametru indikators (hold)
12. – darba režīmu saglabāšana atmiņā
13. – gāzes plūsmas kontrole
14. – pārkaršanas indikators



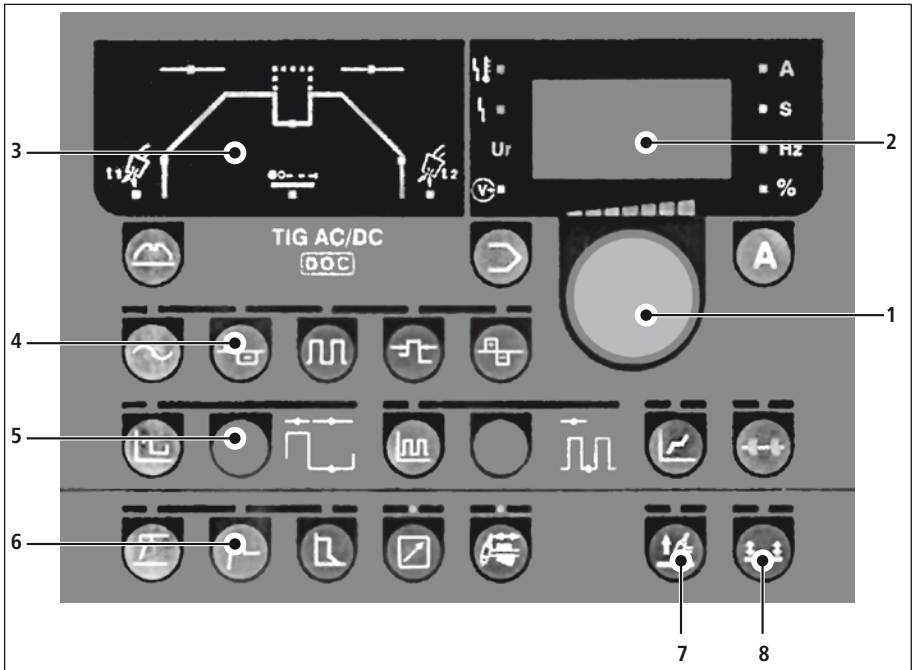
5.21. zīm. Mastertig MLS 2500 kontroles panelis (Kemppi)

1 – izvēles taustiņš MMA metināšanai,
2 – izvēles taustiņš loka dinamikai MMA metināšanā vai pedālis zems/augsts TIG metināšanā
3 – izvēles taustiņš „karstam" staram MMA metināšanā vai gāzes pārbaude TIG metināšanā
4 – TIG metināšanā 2/4 taktu režīma izvēle
5 – HF/kontakta aizdedzes izvēle un ūdens kontroles funkcija
6 – izvēles taustiņš paneļa pedāļa vai tālvadības kontrolei
7 – metināšanas parametru izvēle
8 – metināšanas parametru regulēšana
9 – gāzes priekšplūde 0 - 12 s
10 – strāvas pieauguma laiks 0 - 15 s
11 – metināšanas strāva
12 – strāvas samazināšanās laiks 0 - 15 s
13 – gāzes pieplūde 1 - 30 s
14 – taustiņš, lai atgrieztos pie metināšanas strāvas
15 – sinerģētiskā ātrā vai garā pulsa ieslēgšanas vai izslēgšanas taustiņš
16 – sākuma loks 10 - 80% no metināšanas strāvas
17 – pulsa strāva – 10A līdz maksimālai strāvai
18 – pulsa līmenis 10 - 70% no pulsa strāvas
19 – frekvence 0.2 - 300 Hz
20 – bāzes strāva 10 - 70% no pulsa strāvas
21 – punkta laiks 0 - 10 s
22 – atmiņu funkciju kanāla izvēle
23 – minilog – 10 - 90% no metināšanas strāvas
24 – saglabāšana (set save)

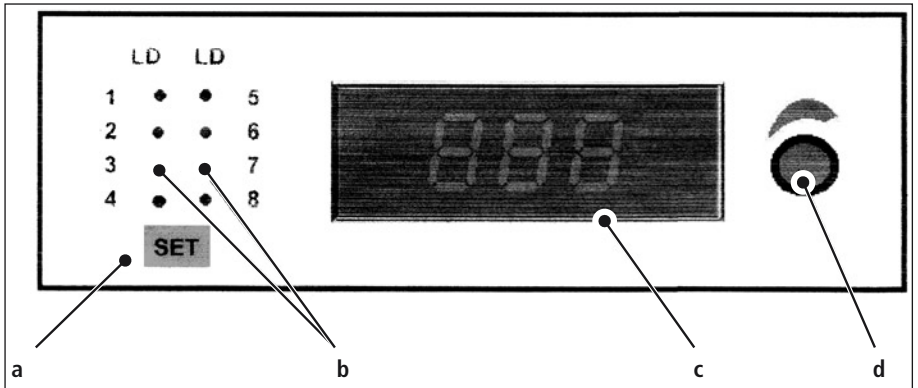


5.22. zīm. TA 34 kontroles panelis (ESAB)

1 – strāvas (A) vai laika (S) regulēšanas poga
2 – displejs
3 – metināšanas veida izvēle: TIG vai MMA
4 – strāvas veida izvēle – TIG / MMA – DC (–) vai TIG pulse
5 – loka aizdedzināšanas veida izvēle: kontakta vai HF
6 – 2 vai 4 taktu vadības cikla izvēle
7 – parametru izmaiņa no paneļa vai degļa
8 – tukšgaitas sprieguma kontrollampa
9 – indikators, kas parāda kāds parametrs (A; V; S) izgaismots uz displeja
10 – indikators, kas parāda kāds parametrs (A; V) izgaismots uz displeja metināšanas laikā
11 – grafikā parādīti lielumu izmaiņas taustiņi
12 – taustiņi parametru ievadīšanai atmiņā



5.23. zīm. 250 AC/DC HP kontroles panelis (Migatronic)
1. – regulēšanas poga
2. – displejs
3. – metināšanas procesa grafiks
4. – strāvas tips un maiņstrāvas parametru izvēle
5. – lēno impulsu parametru izvēle
6. – MMA metināšanas process
7. – loka aizdedzināšanas veidi
8. – 2T/4T



5.24. zīm. Quark 215 kontroles panelis

a – režīmu izvēles poga
b – indikatora lampas
c – displejs
d – potenciometrs

Indikatori:
1. augsts spriegums
2. zems spriegums
3. L ķēdes bojājumi
4. termo aizsardzība
5. sprieguma regulators
6. metināšanas strāva
7. tīkla spriegums
8. iekšējā temperatūra

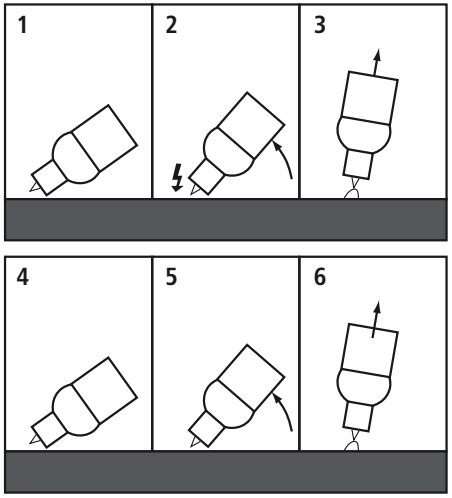
5.4.1. Galveno parametru ieregulēšana

5.4.1.1. Galvenais slēdzis

Slēdža nulles pozīcijā visas strāvas ķēdes ir izslēgtas (bez sprieguma). Ieslēdzot galveno slēdzi, iekārtai tiek pievadīta strāva. Zināšanai:

– metināšanas strāva uz volframa elektrodu tiek padota tikai pēc degļa slēdža nospiešanas,

– galveno slēdzi drīkst izslēgt tikai pēc dzesējošā ventilatora apstāšanās.



5.25. zīm. Loka aizdedzināšanas paņēmieni:
a – HF 1–3; b – contact 4–6:
1 – pie izslēgtas strāvas degli uzlikt aizdedzināšanas vietai tā, lai sprauslas mala pieguļ detaļai un starp elektrodu un detaļu ir sprauga 2–3 mm; 2 – nospiežot degļa slēdzi sāk plūst aizsarggāze, un pēc iestādītā laika aizdegas loks; 3 – atgriezt degli normālā stāvoklī; 4 – pie izslēgtas strāvas degli uzlikt aizdedzināšanas vietai tā, lai sprauslas mala pieguļ detaļai un starp elektrodu un detaļu ir sprauga 2–3 mm; 5 – nospiest degļa slēdzi, kad sāk plūst aizsarggāze, degli lēnām pagriezt ap sprauslas malu, līdz elektroda smaile pieskaras detaļai; 6 – elektriskais loks aizdegas pie degļa pacelšanas un pagriešanas normālā stāvoklī

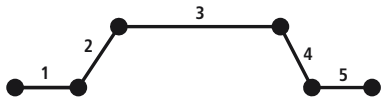
5.4.1.2. Loka aizdedzināšanas veidi:

Lielākajai daļai iekārtu iespējams izvēlēties loka aizdedzināšanas veidu: ar augstfrekvences strāvu, nepieskaroties ar elektrodu detaļai (HF), vai arī, tāpat kā rokas loka metināšanā, pieskaroties ar elektroda galu detaļai un tad to atraujot (contact).

Visos gadījumos labāk ir aizdedzināt loku ar HF paņēmienu, jo tas pasargā volframa elektrodu. Izņēmums ir gadījumi, kad jāmetina tuvu jutīgām elektroniskām ierīcēm (datori, roboti u. c.). Tad jālieto *contact* metode, jo augstas frekvences impulss var sabojāt iekārtu atmiņu blokus.

5.4.1.3. Metināšanas cikla ieregulēšana

Lielākai daļai iekārtu metināšanas cikls uz vadības paneļa parādīts grafiskā veidā.



5.26. zīm. Metināšanas cikls:
1 – gāzes priekšplūdes posms. Vadības bloks pēc slēdža nospiešanas atver gāzes vārstu, bet neizslēdz strāvu. Aizsarggāze izspiež gaisu no metināšanas zonas, tā uzlabojot šuves sākuma kvalitāti;
2 – strāvas pieaugšanas posms. Beidzoties 1. posmam iedegas starta loks, kura jauda pakāpeniski pieaug līdz ieregulētai darba strāvai. Šādā veidā var precīzi sametināt šuves sākumu;
3 – metināšanas posms. Šajā posmā deg metināšanas loks ar ieregulēto strāvas stiprumu;
4 – strāvas samazināšanās posms. Šuves beigās metināšanas strāva tiek pakāpeniski samazināta, ļaujot precīzi aizpildīt karteri;
5 – gāzes pēcplūdes posms. Pēc loka nodzišanas gāze turpina plūst, neļaujot gaisam piekļūt sakarsētam metālam un to oksidēt.

5.4.1.4. 2/4 taktu cikls

2 taktu ciklā iekārta darbojas pēc principa: degļa slēdzis nospiests – metināšanas sākums; degļa slēdzis atlaists – metināšanas beigas. 2 taktu ciklā metināšanas laikā slēdzis visu laiku jātur nospiests, kas ir apgrūtinoši garu šuvju metināšanā. Bez tam slēdzi nevar izmantot citām darbībām.

4 taktu ciklā iekārtu ieslēdz tāpat slēdzi nospiežot, bet pēc tam to var atlaist un metināšana turpinās. Ja metināšana jāpārtrauc, jānospiež degļa slēdzis un tas jāatlaiž. Metināšanas laikā, kad degļa slēdzis ir atlaists, to var izmantot citām darbībām.

5.4.1.5. Pārkaršanas indikators (overheating)

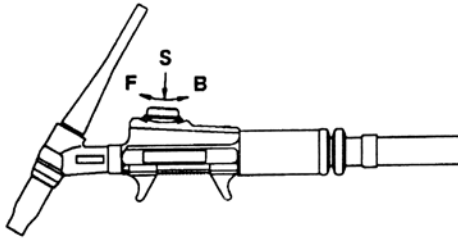
Ja iekārta ir pārkarsusi (pārsniegts pieļaujamais ED, skat. nodaļu 5.1. Loka barošanas avots) metināšanas strāva atslēdzas un iedegas pārkaršanas indikatora kontrolspuldze. Ventilators turpina strādāt un dzesē iekārtu. Indikatora kontrollampa nodziest, kad iekārtas temperatūra ir pazeminājusies līdz normālai.

5.4.2. Papildierīces vadības blokā

Ja iepriekšējā nodaļā aprakstītie vadības elementi ir gandrīz katrā iekārtā, tad zemāk aprakstītie ir sarežģītākajās (dārgās) iekārtās. Tomēr šīs papildierīces noteiktos apstākļos atvieglo metinātāja darbu un, galvenais, ceļ produktivitāti.

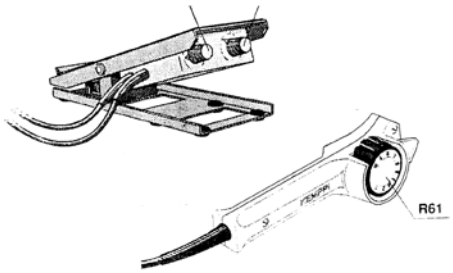
5.4.2.1. Tālvadība (remote control)

Uz metināšanas degļa bez slēdža var būt izvietots potenciometrs strāvas stipruma koriģēšanai metināšanas laikā (zīm. 5.28.)

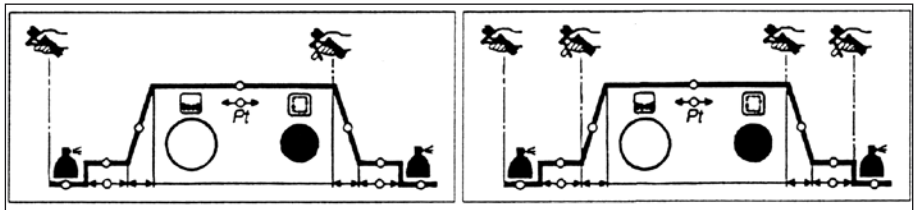


5.28. zīm. Potenciometrs uz degļa slēdža
S – starts; S+B – strāvas samazinājums;
S+F – strāvas pieaugums

Iespējams iekārtām pievienot speciālas tālvadības pultis, ar kuru palīdzību metinātājs koriģē (maina) strāvas stiprumu (zīm. 5.29.)



5.29. zīm. Tālvadības pults:
a) ar kāju darbināma, b) ar roku darbināma



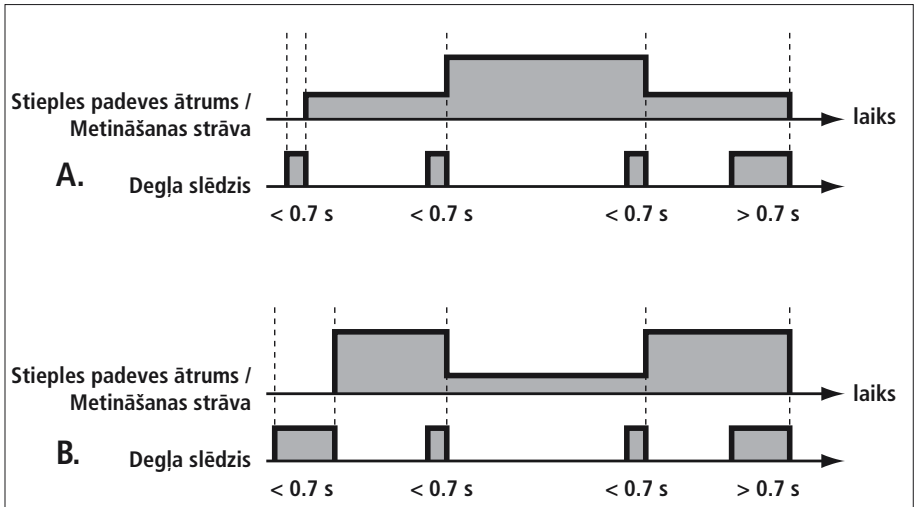
5.27. zīm. Degļa darbināšana 2-taktu un 4-taktu režīmā

5.4.2.2. Strāvas stipruma izmaiņas metināšanas laikā (MINILOG funkcija)

Minilog funkcija ļauj izmainīt metināšanas strāvu loka degšanas laikā. Pirms metināšanas uzsākšanas uz iekārtas jāuzstāda izvēlētā izmainītā vērtība (parasti % no pamatvērtības un 4 taktu ciklā, īslaicīgi nospiežot degļa slēdzi, iekārta pārslēgsies uz izmainīto vērtību.

5.4.2.4. Metināšana ar intervāliem (spot welding)

Nospiežot degļa slēdzi, sākas metināšana, kas turpinās noteiktu, iepriekš iestādītu laiku. Pēc tam loks uz noteiktu laiku (pauze) nodziest. Pie nospiesta slēdža loks atjaunojas. Tādā veidā pie nospiesta degļa slēdža notiek periodiska metināšana.



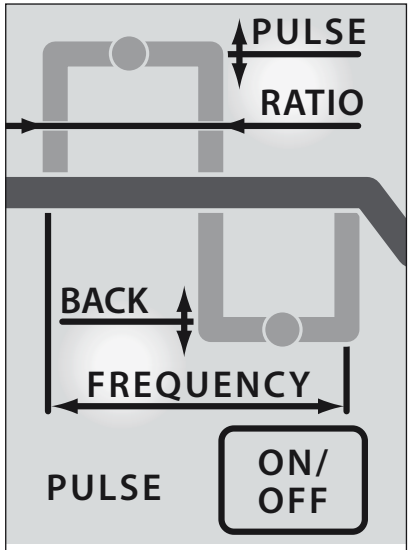
5.30. zīm. Minilog funkciju darbība
metināšanas uzsākšana un nobeigšana pie samazinātas strāvas,
metināšana ar palielinātu uzsākšanas un nobeigšanas strāvu.

5.4.2.3. Metināšana ar pulsējošo loku

Ja iekārta paredzēta metināšanai ar pulsējošo loku, tad pirms metināšanas jāregulē augšējā pusperioda amplitūdu – PULSE, apakšējā pusperioda amplitūdu – BACK, jāiestāda pulsa frekvence FREQUENCY augšējā un apakšējā pusperiodu attiecība – RATIO (5.31. zīm.). Konkrētie pulsējošā loka parametri jāpiemeklē eksperimentālā ceļā.

5.4.2.5. Starta strāvas stipruma izmaiņa (MMA)

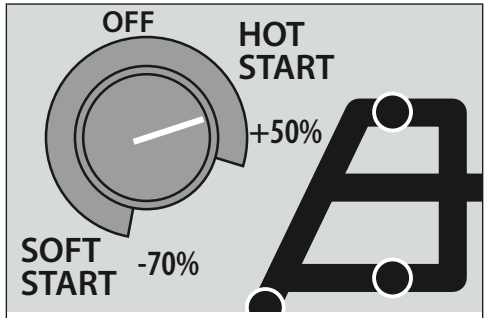
Ja iekārta paredzēta arī MMA metināšanai, tad iespējams karstais starts (HOT START) ar palielinātu metināšanas strāvu vai arī mīkstais starts (SOFT START) ar samazinātu strāvu. 5.16. zīm.



5.31. zīm. Pulsējošā loka parametri

5.4.2.6. Parametru saglabāšana atmiņā (memory)

Iekārtām var būt no 10 līdz 100 atmiņu kanāliem parametru saglabāšanai. Atmiņā var saglabāt ne tikai parametrus, ar kuriem metināts, bet arī izvēlētos. Nepieciešamības gadījumā šos parametrus var atrast atmiņā un izmantot atkārtoti. Parasti tas notiek ar taustiņa MEMORY palīdzību. Konkrētas darbības ir aprakstītas iekārtu pasēs.



5.16. zīm. Starta strāvas regulēšana

5.4.2.7. Speciālie papildparametri

Sarežģītākajām iekārtām vēl var būt šādi regulējumi:

a. elektroda pārkaršanas indikators – ziņo par elektroda gala pārkaršanu (par lielu strāva attiecīgam elektroda diametram);
b. elektroda gala asināšanas funkcija – automātiski noasina elektroda galu pareizā leņķī atkarībā no izvēlētā elektroda diametra un strāvas stipruma;
c. metināšanas ķēdes pretestības mērīšana – iespējams izmērīt šo lielumu un pie palielinātas vērtības meklēt bojājuma cēloni;
d. metināšanas ķēdes induktivitātes uzstādīšana. Metinot ar pulsējošo loku un maiņstrāvu, var parādīties augsta ķēdes induktivitāte, kas atkarīga no šļūtenes garuma un veida, kā tā saritināta. Ar regulatora palīdzību var iegūt labāku metinājumu.

Attīstoties metināšanas tehnikai, vadības bloki kļūst arvien sarežģītāki. Tāpēc obligāti jāpieprasa no pārdevēja iekārtas pase latviešu valodā (patērētāja tiesības). Tikai tā iespējams pilnībā apgūt iekārtu un izmantot visas iespējas, ko tā dod.

5.5. Iekārtu apkope un iespējamie traucējumi

Plānojot iekārtas apkopi, jāievēro tās izmantošanas intensitāte un darba apstākļi. Rūpīga un savlaicīga apkope novērš neparedzētus bojājumus. Metināšanas un savienojošo kabeļu stāvoklis jāpārbauda katru dienu. Reizi 6 mēnešos:

– jānotīra elektrisko kontaktu oksidējošās daļas un jāpievelk savienojumi;

– jānotīra iekārtas iekšējās daļas no netīrumiem un putekļiem, izmantojot mīkstu birsti vai putekļsūcēju. Nedrīkst izmantot saspiestu gaisu.

Konkrēti katrai iekārtai veicamie apkopes darbi ir uzskaitīti iekārtu pasēs. Darbības traucējumu gadījumā iekārta jānodod remontā, jo tikai kvalificēts meistars var noteikt bojājumu elektronikā un veikt remontu. Taču pirms tam ir jāveic dažas vienkāršas pārbaudes:

- jāpārbauda elektrisko kontaktu vietas:
- strāvas un masas kabeļu pievienojums iekārtai;
- masas kabeļa pievienojums detaļai;
- jāpārbauda gāzes padeve (degļa galā), jo bieži vien asi salocīts kabelis neļauj tai plūst, vai arī šļūtenē vai savienojumos ir noplūde;
- jāpārbauda gāzes vārsta darbība un gāzes padeve pirms un pēc metināšanas;
- jāpārbauda ar ūdeni dzesējamiem degļiem šķidruma cirkulācija (aizsērējuši cauruļvadi, nestrādā sūknis).

6. TIG metināšanas tehnika

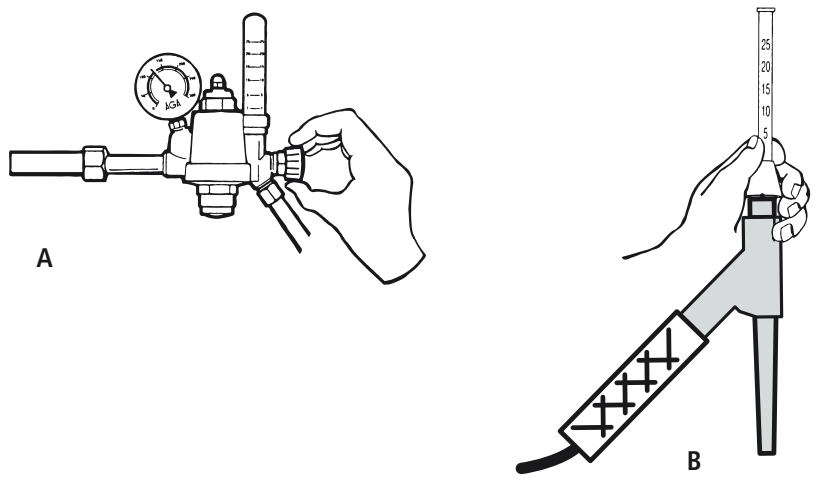
6.1. Iekārtas sagatavošana darbam 68

6.2. Metināšanas tehnika 69

6.1. Iekārtas sagatavošana darbam

Uzsākot metināšanu, vispirms jāpārbauda iekārta, sevišķi vērību piegriežot elektriskajiem savienojumiem, lai nebūtu strāvas noplūdes. Pirms metināšanas uzsākšanas jāizvēlas un uz iekārtas jāuzstāda sekojoši lielumi:

- jāizvēlas aizsarggāzes veids un jāiestāda tās plūsma pēc rekomendācijām. (6.1. zīm.) Zināšanai:
- aizsarggāzes plūsmas lielums būs atkarīgs no metinātā savienojuma biezuma un tā veida,
- aizsarggāzes plūsmas lielums jāmēra metināšanas degļa galā,
- jāizvēlas volframa elektroda marka, tā diametrs un asinājuma leņķis,
- jāizvēlas aizsarggāzes sprausla un jāiestiprina deglī elektrods ar pareizu izvirzījumu,
- jāizvēlas piedevu stieņa marka un tā diametrs,
- uz metināšanas iekārtas jāiestāda sekojoši metināšanas parametri (dažādu firmu iekārtām var būt nelielas atšķirības):
- loka aizdedzināšanas veids, ja nav sevišķu nosacījumu, tad parasti izvēlas bezkontakta aizdedzi (HF),
- gāzes priekšplūdes laiks, tam jābūt pietiekamam, lai izspiestu gaisu no metināšanas vietas,
- strāvas pieauguma laiks,
- metināšanas strāva un veids (skat. nodaļas „Augstleģēto tēraudu metināšana" un „Alumīnija un tā sakausējumu metināšana"),
- krātera aizpildīšanas laiks – pietiekams, lai varētu aizpildīt krāteri šuves galā,
- gāzes pēcplūdes laiks – pietiekams, lai atdzistu volframa elektrods un sagataves materiāls.



6.1. zīm. Aizsarggāzes plūsmas regulēšana:
A – gāzes plūsmas iestatīšana reduktorā;
B – plūsmas mērīšana pie metināšanas degļa izejas.

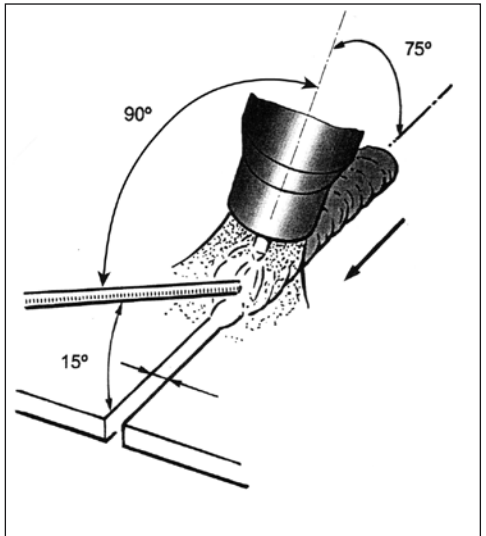
6.2. Metināšanas tehnika

Metināšanas laikā metinātājs patstāvīgi izvēlas metināšanas ātrumu, loka garumu un degļa nolieces leņķi. Izvēloties metināšanas ātrumu, metinātājam ir jāseko, lai veidotos pareizas ģeometriskas formas šuve. Pārāk liels metināšanas ātrums dos šauru šuvi ar šuves saknes necaurkausējumu. Tāpat iespējama pamatmetāla nesakušana ar piedevu materiālu. Savukārt pārāk mazs metināšanas ātrums rada daudz izkausētā metāla, kas virzās lokam pa priekšu.

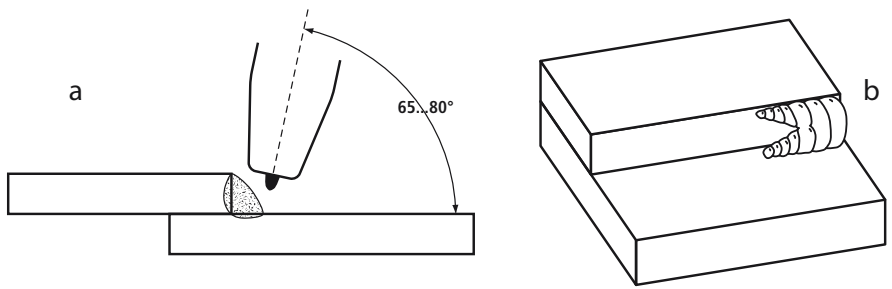
Loka garums var tikt mainīts, paceļot un nolaižot degli. Metināšanas laikā šis garums jātur nemainīgs. Metināšanas degli, tāpat kā MIG/MAG metināšanā, nedaudz noliec metināšanas virzienā. Atšķirībā no MIG/MAG metināšanas TIG metināšanā lieto tikai paņēmienu „uz priekšu" (6.2. zīm.).

Piedevu stiepli ievada loka zonā nelieliem soļiem. Stieples gals nedrīkst pieskarties volframa elektrodam un iziet no aizsarggāzes plūsmas.

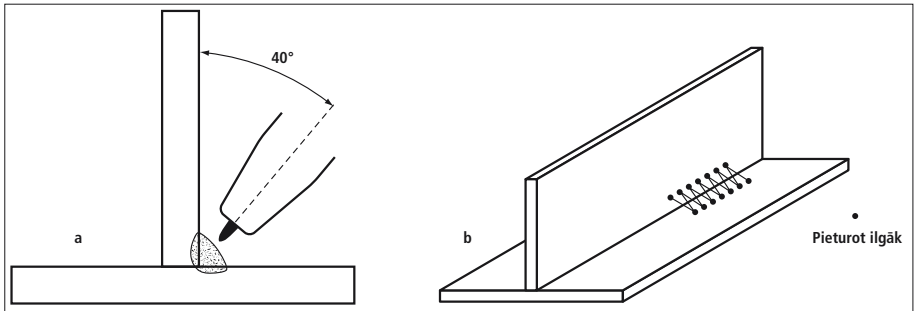
Degļa nolieces leņķis mainās atkarībā no materiāla biezuma, veida un stāvokļa telpā. Zemāk parādīti ieteicamie degļa leņķi pārlaidsavienojumam (6.3. zīm.), T-veida savienojumam (6.4. zīm.), kā arī horizontālo un vertikālo (6.5. zīm.) šuvju metināšanā.



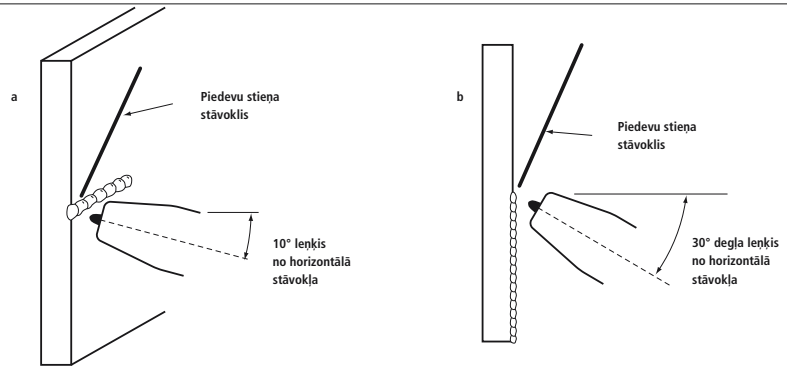
6.2. zīm. Degļa un piedevu stieples stāvoklis TIG metināšanā



6.3. zīm. Degļa stāvoklis (a) un šuves veidošanās (b) pārlaidsavienojumā.



6.4. zīm. Degļa stāvoklis (a) un šuves veidošanās (b) T-veida savienojumā



6.5. – Degļa stāvoklis horizontālo (a) un vertikālo šuvju (b) metināšanā

7. Metinātā savienojuma veidošanas pamati

7.1. Šuves metāla kristalizācija 72

7.2 Termiskās ietekmes zona 73

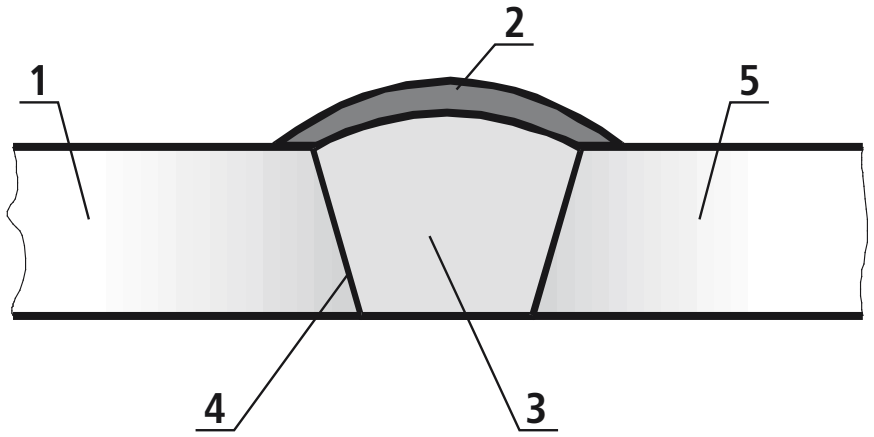
7.3. Metālu metināmība 74

7.1. Šuves metāla kristalizācija

Metināšanas procesā notiek pamatmetāla malu apkausēšana, piedevu metāla (stieples) izkausēšana, šķidrā metāla vannas izveidošanās un šuves kristalizācija (sacietēšana). Metināšanas laikā notiek šķidrā metāla ķīmiskā sastāva izmaiņas, un kristalizācijas procesā izveidojas jauna, no pamatmetāla atšķirīga struktūra. Šķidrā metāla vannai blakus esošajā zonā, metālam sakarstot un atdziestot, izmainās tā struktūra (iekšējā uzbūve) (7.1. zīm.).

Šādos apstākļos notiek aktīva šķidrā metāla un apkārtējās gāzes vides mijiedarbība. Nemetāliskiem ieslēgumiem, oksīdiem un gāzēm ir grūti izkļūt no šķidrā metāla vannas, jo ķīmiskās reakcijas parasti nenotiek līdz galam.

Tātad – galarezultātu nosaka ne tikai pamatmetāla un stieples ķīmiskais sastāvs, bet lielā mērā arī metalurģiskie procesi, kuri notiek metināšanas laikā.



7.1. zīm. Metināta savienojuma uzbūve
1 – pamatmetāls, 2 – sacietējušie sārņi, 3 – sametinātā šuve, 4 – sakusuma zona, 5 – termiskā iespaida zona.
Pamatmetāls: bez izmaiņām.
Termiskā iespaida zona: tāds pats ķīmiskais sastāvs kā pamatmetālam, bet izmainīta struktūra.
Sametinātā šuve: piedevu metāla un pamatmetāla sakausējums ar atšķirīgu ķīmisko sastāvu un jaunizveidotu struktūru.

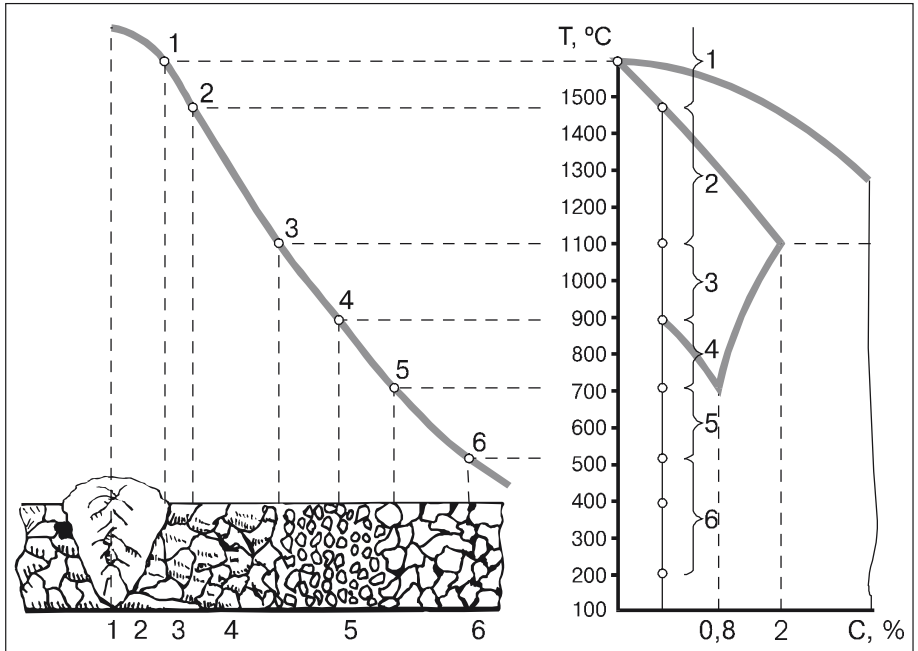
7.2. Termiskās ietekmes zona

Starp šuves metālu (ko sauc arī par uzkausēto metālu) un pamatmetālu atrodas sakusuma zona (1) (11.2. zīm.). Ja šuves un pamatmetāla graudi labi saauguši, šuvei ir maksimālā izturība. Sakusuma zonas izmēri ir ļoti niecīgi un bieži, pat aplūkojot mikroskopā, tā saplūst ar šuves robežu.

Otro un trešo zonu veido pamatmetāls, kas metināšanas procesā sakarsis līdz 1100 … 1500°C. Šajās zonās novērojama metāla graudu augšana, tādēļ mehāniskās īpašības parasti ir nedaudz zemākas. Seko pārkristalizācijas zona (3), ko veido pamatmetāls, kas sakarsis līdz 900 … 1100°C, ar smalkgraudainu struktūru un labām mehāniskām īpašībām. Pēdējā zona, kur saskatāmas struktūras izmaiņas, ir nepilnās rekristalizācijas zona (5) ar rupjgraudaināku struktūru. Šinī zonā metāls sakarst līdz 300 … 700°C. Tālāk seko pamatmetāls ar neizmainītu struktūru (6).

Metinot tēraudu, kam tieksme rūdīties, termiskās ietekmes zonā sastopami rūdīti vai daļēji rūdīti iecirkņi, kas padara metināto savienojumu trauslu.

Tādējādi struktūras maiņa termiskās ietekmes zonā gandrīz vienmēr pasliktina metāla mehāniskās īpašības. Tāpēc, veicot metināšanu, jāievēro struktūras iespējamās izmaiņas zonā, kas atrodas blakus šuvei, un jāveic pasākumi, lai iegūtu labvēlīgāku struktūru. Katram metinātam savienojumam jāizvēlas visracionālākā metināšanas tehnoloģija. Tā var būt diezgan sarežģīta, jo, iespējams, jāveic iepriekšējā sakarsēšana, pēcmetināšanas termiskā apstrāde u. c. operācijas, taču nodrošina maksimāli iespējamās mehāniskās īpašības.



11.2. zīm. Termiskās ietekmes zonas, metinot mazoglekļa tēraudu

7.3. Metālu metināmība

Metināmība ir metālu un to sakausējumu spēja metināšanas procesā veidot savienojumus ar noteiktām mehāniskām u. c. īpašībām. Metināmība atkarīga no sakausējumu ķīmiskā sastāva, tā fizikālajām īpašībām, metināšanas tehnoloģijas, izstrādājuma konfigurācijas u. c.

Metināmībai vienota rādītāja nav, tai ir komplekss raksturs, galvenokārt to raksturo metāla īpašības.

Tēraudu metināmību visspēcīgāk iespaido oglekļa un leģējošo elementu daudzums tajā. Lai varētu salīdzināt ķīmiskā sastāva ziņā atšķirīgus tēraudus, lieto jēdzienu – ekvivalentais oglekļa daudzumus šuvē (C_{ekv}).

Tēraudus pēc metināmības pieņemts iedalīt 4 grupās:

1. *Labi metināmie* – tēraudi ar C_{ekv} <0,25%, kuri labi metinās bez ierobežojumiem. Pie šīs grupas pieskaita 1. grupas tēraudus pēc ISO 15608.
2. *Apmierinoši metināmie* – tēraudi ar C_{ekv} līdz 0,35%. Parasti, metinot šos tēraudus, virs 0°C nav jāievēro speciāli nosacījumi, taču pie pazeminātām temperatūrām nepieciešama iepriekšēja uzkarsēšana un lēna atdzesēšana.
3. *Ierobežoti metināmie* – tēraudi ar C_{ekv} līdz 0,45%, kuriem ir tieksme rūdīties, metinot ar vienkāršoto tehnoloģiju. Metinot šos tēraudus, jāveic iepriekšēja sakarsēšana un metinātā savienojuma termiskā apstrāde pēc metināšanas.
4. *Slikti metināmie* – tēraudi ar C_{ekv} virs 0,45%. Šiem tēraudiem parasti tiek izstrādāta speciāla metināšanas tehnoloģija atkarībā no ķīmiskā sastāva.

$$C_{ekv} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cu+\%Ni}{15} + \frac{\%Cr+\%Mo+\%U}{5}$$

8. Spriegumi un deformācijas

8.1. Vispārīgās ziņas 76

8.2. Spriegumu un deformāciju rašanās 77

8.3. Pasākumi spriegumu un deformācijas samazināšanai 78

8.1. Vispārīgās ziņas

Lai spriestu par metālu izturību ārējo slodžu iedarbības rezultātā ekspluatācijas apstākļos, jāzina metālu tehniskās īpašības, t. i., spēja pretoties deformācijai vai sagraušanai, ko izraisa ārējie spēki, kurus pieņemts saukt par ***slodzi***.

Pēc darbības rakstura slodzi iedala ***statiskā*** un ***dinamiskā*** slodze.

Par ***statisku slodzi*** sauc tādu slodzi, kas lēni pieaug līdz kādai maksimālai vērtībai un pēc tam paliek nemainīga vai mainās tikai nedaudz.

Par ***dinamisku slodzi*** sauc tādu slodzi, kura rodas trieciena rezultātā un kuras darbības ilgumu mēra sekundes daļās.

Materiālu ***mehāniskās īpašības*** raksturo šādi rādītāji: stiprība, plastiskums, elastība, cietība un stigrība.

Stiprība

Stiprība ir materiāla spēja pretoties ārējiem spēkiem nesagrūstot.

Plastiskums

Par plastiskumu sauc materiāla spēju deformēties ārējo spēku iedarbībā un saglabāt iegūto formu pēc slodzes noņemšanas.

Elastība

Par elastību sauc materiāla spēju ieņemt sākotnējo formu pēc ārējās slodzes darbības izbeigšanās.

Cietība

Par cietību sauc materiāla spēju pretoties deformācijai, ko izraisa cits cietāks ķermenis.

Stigrība

Par stigrību sauc materiāla spēju pretoties triecienveida slodžu iedarbībai. Stigrība ir pretēja īpašība trauslumam. Stigrība ir svarīga materiāla īpašība tādām detaļām, kas darbības procesā pakļautas īslaicīgām triecienveida slodzēm.

Spriegums un deformācija

Par deformāciju sauc ķermeņa formas un izmēru izmaiņas, kas rodas pielikto slodžu iedarbības rezultātā. Deformācijas, kas pēc slodzes noņemšanas izzūd (materiāls ieņem sākotnējo formu un izmērus), sauc par elastīgām deformācijām. Deformācijas, kas paliek pēc slodzes noņemšanas (materiāls saglabā iegūto formu), sauc par paliekošām vai plastiskām deformācijām.

Izšķir šādus deformācijas pamatveidus: stieple, spiede, vērpe, cirpe un liece.

Spriegums ir spēks, kas attiecināts uz šķērsgriezuma laukumu. Parasti spriegumu izsaka ņūtonos (N) uz kvadrātmilimetru (mm^2).

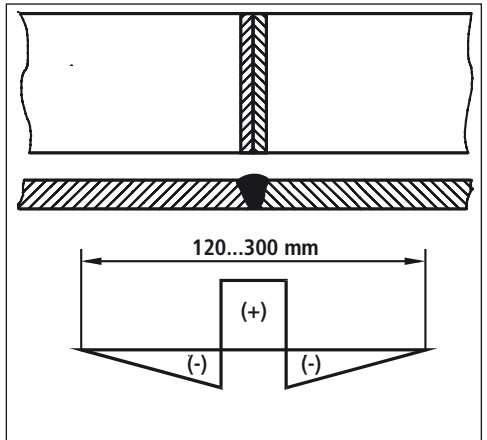
8.2. Spriegumu un deformāciju rašanās

Metālu sakarsējot, notiek tā strukturālas izmaiņas – palielinās tilpums. Sakarsētie iecirkņi cenšas palielināt savus izmērus, kam pretojas blakus esošie nesakarsētie iecirkņi. Rezultātā metālā rodas spriegumi, kas noved pie deformāciju rašanās.

Parasti, metinot plāksnes, pēc metināšanas šuvē rodas paliekoši stiepes spriegumi, bet blakus esošajā zonā – spiedes spriegumi (8.1. zīm.).

Jo vienmērīgāka ir šuves atdzišana visā tās garumā, jo mazāki ir paliekošie spriegumi metālā un mazāka deformācija. Lai to panāktu, veic iepriekšēju metināmo mezglu sakarsēšanu un lēnu atdzesēšanu pēc metināšanas.

Tā kā metinot pilnībā izvairīties no sprieguma un deformāciju rašanās nav iespējams, ir izstrādāta virkne konstruktīvu un tehnoloģisku paņēmienu to samazināšanai.



8.1. zīm. Sadursavienojumā paliekošo spriegumu sadalījums

Metināšanas deformāciju samazināšanas metodes iedala **konstruktīvos pasākumos** (izveido tādu sametināmo elementu izvietojumu, kas rada vismazākās deformācijas), **tehnoloģiskos pasākumos** (optimālie metināšanas režīmi un pareiza šuvju uzlikšanas secība) un **pasākumos pēc metināšanas** – aukstā un karstā labošana.

Visas sametinātās konstrukcijas atlaidināšana termiskās krāsnīs

Šī metode paredzēta nelielām detaļām, kuras var ievietot krāsnīs. Detaļas sakarsē līdz 600 – 650°C, iztur šajā temperatūrā un atdzesē gaisā. Pēc šādas termiskās apstrādes iekšējie spriegumi gandrīz pilnīgi izzūd.

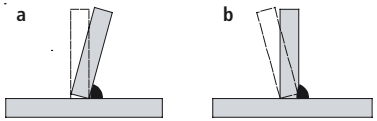
Var veikt arī vietējo atlaidināšanu, sakarsējot atsevišķus sametinātos iecirkņus ar gāzes liesmu.

Šuvju kaldināšanas metode novērš paliekošos spriegumus un vienlaicīgi samazina deformācijas. Kaldināšana jāveic karstā stāvoklī, lai neveidotos uzkalde.

Aplūkosim dažus praktiskus piemērus metināto savienojumu paliekošo spriegumu un deformāciju samazināšanai:

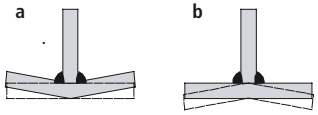
1. Izvēloties materiālu metinātai konstrukcijai un piedevu materiālu, jācenšas lietot tādus metālus, kas gaisā nerūdās un dod pietiekoši plastisku šuves metālu.

8.2. zīm. Pretējo deformāciju izmantošanas piemēri



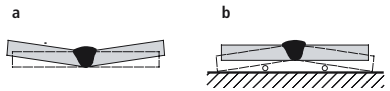
a) Metinot T-veida savienojumus, kā parādīts zīmējumā, saraušanās spēki noliec plāksni uz šuves pusi.

b) Lai neitralizētu saraušanās efektu (a zīm.), pirms metināšanas plāksni var noliekt pretējā virzienā, lai kompensētu saraušanos.



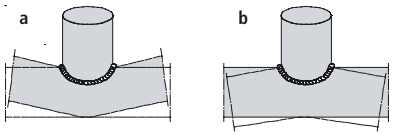
a) Metinot T-veida savienojumu, kā parādīts zīmējumā, saraušanās spēki vilks plāksnes sānus uz augšu.

b) Lai neitralizētu saraušanās efektu (a zīm.), plāksnes malas var noliekt uz pretējo pusi, lai kompensētu saraušanos.



a) Metinot sadursavienojumu brīvi novietotām plāksnēm un gadījumos, kad sakarsētā zona augšpusē ir platāka nekā metinājuma apakšpusē, plāksnes tiks vilktas uz augšu.

b) Lai neitralizētu saraušanās efektu (a zīm.), plāksnes var novietot slīpi, lai kompensētu saraušanos.

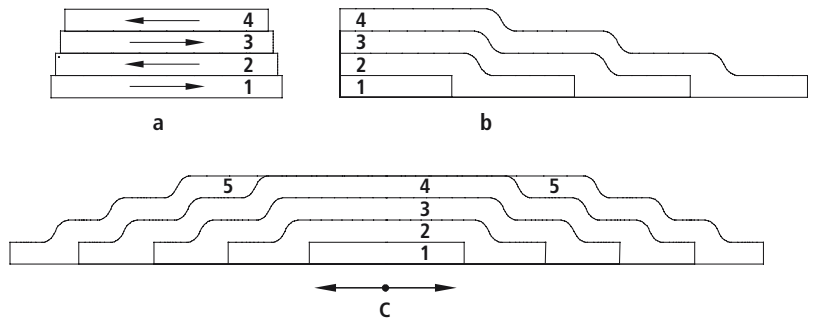


a) Ja caurulei piemetina atzaru, kā parādīts zīmējumā, saraušanās spēki centīsies saliekt cauruli atzara virzienā.

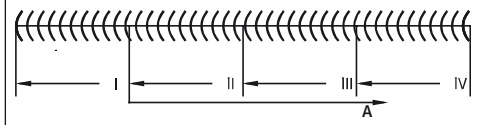
b) Lai neitralizētu saraušanās efektu, (a zīm.), cauruli var saliekt pretējā virzienā, lai kompensētu saraušanos.

2. Konstrukcijas jācenšas sametināt pa daļām un beigās sametināt jau gatavus mezglus. Tas samazina nevēlamo ietekmi, kas rodas, ja detaļas ir savstarpēji saistītas ar metinātām šuvēm.
3. Lietot galvenokārt saduršuves, jo tās dod mazāko spriegumu koncentrāciju.
4. Nepieļaut metināmo šuvju koncentrāciju krustošanos.
5. Ievērot pareizu šuvju metināšanas secību. Metināšanas laikā detaļām jābūt brīvā stāvoklī. Metinot vairākas loksnes ar garenšuvēm un šķērsšuvēm, vispirms jāmetina visas šķērsšuves un pēc tam garenšuves. Tādējādi loksnes nebūs savstarpēji saistītas un metinot varēs brīvi pārvietoties.
6. Izmantot pretējās deformācijas. Šajā gadījumā metināmās detaļas deformē pretēji tai, kāda sagaidāma metināšanā.
7. Izmantot izlīdzinošās deformācijas. Šajā gadījumā šuvju uzlikšanas secību izvēlas tā, lai katrā nākamajā šuvē rastos deformācijas, pretējas iepriekšējās šuves deformācijām.
8. Metinot biezas loksnes, kad jālieto vairākkārtu šuve, izmantot „kalniņa" vai „kaskādes" metodi.
9. Garas šuves ieteicams metināt ar atpakaļkāpienu paņēmienu. Visu šuves garumu sadala atsevišķos posmos un katru posmu metina virzienā, kas pretējs kopējam metināšanas virzienam. Posma garumus izvēlas no 100 līdz 200 mm.

Kādu konkrētu paņēmienu (vai paņēmienus) izvēlēties, jānosaka aprēķinu un eksperimentālā ceļā (sērijveida ražošanā). Individuālajā ražošanā paņēmienu izvēle paliek metinātāja ziņā un ir pilnīgi atkarīga no viņa profesionālās meistarības.



8.3. zīm. Šuvju metināšanas secība vairākkārtu metināšanā:
***a** – pa sekcijām, **b** – "kaskādes" metode, **c** – "kalniņa" metode*



8.4. zīm. Atpakaļkāpiena šuves metināšanas secība

9. Oglekļa un mazleģēto tēraudu metināšana

9.1. Oglekļa un mazleģēto tēraudu raksturojums..... 81

9.2. Mazoglekļa un mazleģēto tēraudu metināšana..... 82

Oglekļa tēraudi – dzelzs sakausējums ar oglekli (C ≤ 2%), kurā vēl ir mangāns un silīcijs (Mn, Si < 1%), kā arī sērs un fosfors.

Oglekļa tēraudiem ir neapmierinošs mehānisko īpašību komplekss, tādēļ tika radīti leģētie tēraudi, kuros bez augšminētiem ir arī citi elementi, kas ievadīti tērauda kausēšanas procesā.

Leģējošie elementi piedalās sakausējuma struktūras veidošanā un ietekmē tā īpašības. Izplatītākie leģējošie elementi ir Cr, Ni, W, Si, V, Mn, Mo, Ti, Al.

9.1.1. Oglekļa tēraudi

Oglekļa tēraudus iedala:

- pēc oglekļa daudzuma – mazoglekļa, vidēja oglekļa satura un augsta oglekļa satura tērauds,
- pēc kvalitātes – vispārējas nozīmes tēraudos un kvalitātes tēraudos.

Oglekļa tēraudus marķē:

- Pēc GOST – Ct.O ÷ Ct 6 vispārējas nozīmes tēraudi,
  08 ÷ 65 kvalitātes oglekļa tēraudi.
- Pēc EN – S185 ÷ S460 tēraudi, kuri apzīmēti pēc to pielietošanas un mehāniskām īpašībām.
- C10 ÷ C60 tēraudi, kuri apzīmēti pēc to ķīmiskā sastāva.

9.1.2. Leģētie tēraudi

Leģētos tēraudus iedala:

Pēc GOST:

- mazleģētos,
- vidēji leģētos,
- augstleģētos.

Pēc EN:

- leģētos tēraudos, kuros jebkura leģējošā elementa saturs ir ≤ 5%,
- leģētos tēraudos ar kaut viena leģējošā elementa vidējo saturu ≥ 5%.

Leģētos konstrukciju tēraudus marķē:

Pēc GOST – apzīmē ar burtu un ciparu sistēmu, kurā katram leģējošam, elementam ir savs apzīmējums, bet cipari norāda to daudzumu. Piemērs, 18 ХГ 2 Н
C = 18/100 = 0,18%

Cr (X) = 1%

Mn (Г) – 2%

Ni (H) – 1%

Pēc EN – apzīmē ar burtu un ciparu sistēmu, kurā katram leģējošam elementam ir savs apzīmējums, bet cipari norāda tā daudzumu, dalītu ar faktora koeficientu. Piemēram, 13 CrMo 4 – 5

C = 13/100 = 0,13%

Cr = 4/4 = 1%

Mo = 5/10 = 0,5%

9.2. Oglekļa un mazleģēto tēraudu metināšana

Šie tēraudi ir ar labu vai apmierinošu metināmību, tādēļ parasti tos metina ar MMA vai MIG/MAG paņēmieniem, kuri nodrošina augstāku produktivitāti nekā TIG.

TIG metināšana šiem tēraudiem tiek rekomendēta:

- Bieziem materiāliem – šuves saknes sametināšanai (sevišķi caurulēm).
- Remontdarbos.
- Plāniem materiāliem.

Oglekļa un mazleģēto tēraudu metināšana

Uzsākot šo tēraudu metināšanu, jānoskaidro metāla ķīmiskais sastāvs, lai varētu pareizi izvēlēties piedevu stieni. Tāpat jānosaka iepriekšējā termiskā apstrāde (sevišķi remontdarbos), lai varētu paredzēt iespējamās struktūras izmaiņas. Tā, piemēram, ir liela atšķirība, kā metināt leģētos cementējamos tēraudus – vai process notiek pirms cementēšanas (ķīmiskais sastāvs šķērsgriezumā ir nemainīgs) vai pēc cementēšanas (virsējais slānis ir piesātināts ar oglekli).

Parasti rokasgrāmatās, pēc kurām izvēlas piedevu stieņus, ir uzrādīti metināšanas rekomendējamie un termiskās apstrādes (ja nepieciešams) režīmi.

Biezums (mm)	Savienojuma forma	Gājienu skaits	Diametrs		Strāvas stiprums (A)
			elektroda (mm)	stieniša (mm)	
1,0	II	1	1 vai 1,6	1,6 vai 2,0	30 .. .40
2,0	II	1	1,6 vai 2,4	1,6 vai 2,0	70 ... 80
3,0	II	1	2,4	2,4	70 ... 90
4,0	V vai II	2 vai 3	2,4	2,4	70 ... 130
5,0	V	3	2,4 vai 3,2	2,4	75 ... 130
6,0	V	3	2,4 vai 3,2	2,4 vai 3,0	75 ... 130

10. Augstleģēto tēraudu metināšana

10.1. Augstleģēto tēraudu raksturojums 84

10.2. Metālu korozija 85

10.3. Augstleģēto tēraudu iedalījums pēc struktūras 86

10.4. Augstleģēto tēraudu metināšana 87

10.5. Vispārējie noteikumi augstleģēto tēraudu metināšanā 88

10.6. Augstleģēto tēraudu metināšanas parametri 90

10.1. Augstleģēto tēraudu raksturojums

Noturību pret apkārtējās vides iedarbību var panākt ievadot tēraudā leģējošos elementus, kuri veido ar dzelzi šķīdumus tādā daudzumā, ka lēcienveidīgi palielinās sakausējuma elektroķīmiskais potenciāls.

Šādā veidā tēraudiem rodas īpašības, kas parastajos sakausējumos nav novērojamas: pretošanās korozijai agresīvās vidēs, pretošanās oksidācijas procesam augstās temperatūrās, nemagnētiskums u. c. Šos tēraudus bieži literatūrā dēvē arī par tēraudiem ar sevišķām īpašībām.

Augstleģētos tēraudus klasificē pēc dažādām pazīmēm, galvenokārt pēc leģēšanas sistēmas, struktūras un īpašībām.

Pēc leģēšanas sistēmas augstleģētos tēraudus iedala hromtēraudos, hromniķeļa, hrommangāna, hromniķeļmangāna, hrommangāna – slāpekļa tēraudos.

Pēc struktūras augstleģētos tēraudus iedala martensīta klases tēraudos, martensīta-ferīta klases tēraudos, ferīta klases tēraudos, austenīta-martensīta klases tēraudos, austenīta-ferīta klases tēraudos un austenīta klases tēraudos.

Pēc īpašībām augstleģētos tēraudus iedala korozijizturīgos (nerūsošos) tēraudos, karstumnoturīgos (kvēles noturīgos) karstumstipros tēraudos.

10.1.1. Nerūsējošie tēraudi

Šie tēraudi ir noturīgi pret rūsēšanu dažādās vidēs (gaisā, ūdenī, gāzēs, sāļos, skābēs u. c.) Parasti šos tēraudus iegūst ievadot lētāko un efektīvāko leģējošo elementu – hromu, tā saturs nerūsējošos tēraudos ir virs 12%. Pretkorozijas pretestība rodas izveidojoties uz virskārtas plānai un blīvai hroma oksīda kārtiņai.

Labākas tehnoloģiskās īpašības un pretkorozijas pretestība ir hroma niķeļa tēraudiem (biežāk 18% Cr un 9% Ni). Šie tēraudi arī saglabā stiprību paaugstinātās temperatūrās.

10.1.2. Karstumizturīgie tēraudi

Šie tēraudi pie augstām temperatūrām tik pat kā neveido plāvu. Šo īpašību rada hroms, silīcijs un alumīnijs, veidojot blīvu oksīdu kārtiņu, kas aizsargā metālu no tālākās oksidēšanās.

10.1.3. Karstumstiprie tēraudi

Karstumstiprie tēraudi saglabā savas mehāniskās īpašības pie paaugstinātām temperatūrām. Galvenais leģējošais elements, kas nosaka stiprību, šajos tēraudos ir molibdēns.

10.2. Metālu korozija

Par koroziju sauc metālu un sakausējumu sagrūšanu ķīmiskās vai elektroķīmiskās iedarbības rezultātā.

Korozijas rezultātā uz metāla virsmas parādās korozijas produkti. Vienkāršākajā gadījumā tēraudiem tā ir rūsa, tāpēc arī radies nosaukums – nerūsējošie tēraudi.

Ķīmiskā korozija – sairšanas process gāzu iedarbības rezultātā. Vienkāršākais piemērs – gaiss, kura sastāvā esošais skābeklis veido oksīdus uz sakausējuma virskārtas. Ja oksīdu kārtiņa ir blīva, tad tālākā korozija tiek nobremzēta, ja irdena – process turpinās.

Elektroķīmiskā korozija – sairšanas process elektrolītu iedarbības rezultātā. Elektroķīmiskā korozija notiek sāļu, skābju un sārmu iedarbības rezultātā.

Ūdens ar piemaisījumiem arī ir elektrolīts, kurš izraisa koroziju.

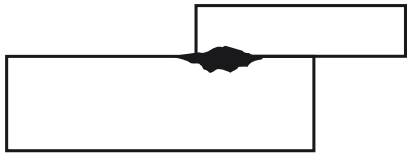
Pēc tā, kādā veidā korozija iedarbojas uz sakausējumu, izšķir:

Nepārtrauktā (vispārējā) korozija – tā aptver visu metāla virsmu.

Vietējā korozija – tā izpaužas atsevišķos iecirkņos. Izplatītākā ir punktveida korozija (*pittings*).

Starpkristāliskā korozija – tā izplatās pa metāla graudu robežām.

Nažveida korozija, kas ir lokāla korozija metināto savienojumu sakusuma vietā.



Sprieguma korozija – veids, kas rodas, ja agresīvā vide iedarbojas vienlaicīgi ar slodzi.

10.3. Augstleģēto tēraudu iedalījums pēc struktūras

10.3.1. Austenīta augstleģētie tēraudi

Vairums augstleģēto tēraudu, kurus izmanto metināto konstrukciju izgatavošanai, ir ar austenīta struktūru. Pēc ķīmiskā sastāva parasti tie ir hroma – niķeļa tēraudi (izplatītākais – 18% Cr un 8% Ni). Hroma un niķeļa attiecība var mainīties, kā arī var tikt pievienoti citi leģējošie elementi.

Šie tēraudi ir raksturīgi ar zemu tecēšanas robežu un augstu stiprības robežu. Labas mehāniskās īpašības tie iegūst pēc termiskās apstrādes. Atlaidinātā stāvoklī tiem ir austenīta struktūra, kas nodrošina labas mehāniskās īpašības zemās temperatūrās.

Austenīta augstleģētiem tēraudiem ir augstāka pretošanās spēja korozijai nekā citiem augstleģētiem tēraudiem.

10.3.2. Ferītiskie augstleģētie tēraudi

Tiem ir raksturīgs augsts hroma saturs (14 – 27%), zems oglekļa daudzums, sastāvā ir titāns un alumīnijs, kā leģējošu elementu neizmanto niķeli. Mainoties temperatūrai, tie nemaina savu ferītisko struktūru, tādēļ nav nepieciešama termiska apstrāde. Temperatūras izmaiņas neietekmē tērauda magnētiskās īpašības. Tērauda pamatsastāvs ir C ≈ 0,12%; Cr ≈ – 18%; Mn ≈ 1%.

10.3.3. Martensīta augstleģētie tēraudi

Šajos tēraudos hroma saturs ir zemāks, bet oglekļa – augstāks nekā ferītiskos tēraudos. Sakarsējot izveidojusies martensīta struktūra paliek tāda pati dzesēšanas procesā, tā nodrošinot šiem tēraudiem augstu cietību un stiprību. Tēraudi ir magnētiski visos stāvokļos. Šos tēraudus parasti izmanto gadījumos, kad nepieciešama abrazīvā noturība (žiletes, ķirurģiskie instrumenti).

10.3.4. Dupleksa (duplex) augstleģētie tēraudi

Šo tēraudu struktūra sastāv no ferīta un austenīta maisījuma. Lai iegūtu šādu struktūru ķīmiskajam sastāvam jābūt šādam: C ≈ 0,02 – 0,03%, Cr ≈ 21 – 27%, Ni ≈ 4 – 7%, Mn ≈ 1,5 – 2%, Mo ≈ 2 – 4%, Si ≈ 1%. Šiem tēraudiem ir augsta pretošanās spēja korozijai.

10.4. Augstleģēto tēraudu metināšana

Savienojumiem no augstleģētiem tēraudiem bez parastajām prasībām (stiprība, plastiskums, defektu minimums) tiek uzstādītas vēl papildprasības atkarībā no konstrukciju pielietojuma:

- nerūsējošiem tēraudiem – noturība pret visiem korozijas veidiem,
- karstumizturīgiem tēraudiem – noturība pret oksīdu veidošanos un starpkristālu koroziju,
- karstumstipriem tēraudiem – ilgstoša stiprība augstās temperatūrās, mikrostruktūras stabilitāte, pretošanās šļūdei u. c.

Vienu un to pašu augstleģēto tēraudu var izmantot dažādiem mērķiem. Tādā gadījumā metināšanas materiāli un tehnoloģijas būs dažādi.

Salīdzinot ar mazoglekļa tēraudiem, augstleģētiem tēraudiem ir 1,5 reizes lielāks izplešanās koeficients un 1,5 – 2 reizes mazāks siltumvadītspējas koeficients. Mazās siltumvadītspējas dēļ metinot rodas siltuma koncentrācija un vairāk izkūst pamatmateriāls. Lai iegūtu vajadzīgo izkusuma dziļumu, jāmaina metināšanas režīmi. Lielā izplešanās koeficienta dēļ metāls ievērojami deformējas, bet liela stinguma gadījumā rodas plaisas.

Korozijnoturīgie tēraudi, kas nesatur titānu vai niobiju, sakarstot virs 500°C zaudē antikorozijas īpašības, jo uz graudu robežām var parādīties dzelzs un hroma karbīdi, kas kļūst par korozijas centriem (starpkristālu korozija).

Augšminētās parādības novēršanai veic sekojošus pasākumus:

- samazina oglekļa daudzumu pamatmetālā līdz 0,02 – 0,03% (izvēlas citu tērauda marku),
- veic metinātā savienojuma termisko apstrādi – sakarsē līdz 850°C (hroma karbīdi no jauna izšķīst) un, strauji atdzesējot, tie vairs neizdalās. Šādu termisko apstrādi sauc par stabilizāciju.

Augstleģētiem tēraudiem ir pazemināta noturība pret plaisu veidošanos. Konstatēts, ka jāpalielina ferīta daudzums šuvē no 2 – 10%. Tādā gadījumā šuves metāla plastiskums palielinās un kristalizācija notiek bez plaisu veidošanās uz plastisko deformāciju rēķina. Zinot metāla ķīmisko sastāvu, var prognozēt šuves mikrostruktūru, izmantojot Šeflera diagrammu. (Skat. pielikumu)

Uzkarsēšana līdz 100 … 300°C ieteicama augstleģēto tēraudu metināšanā atkarībā no pamatmateriāla mikrostruktūras, kā arī oglekļa satura un metāla biezuma.

10.5.1. Metāla sagatavošana

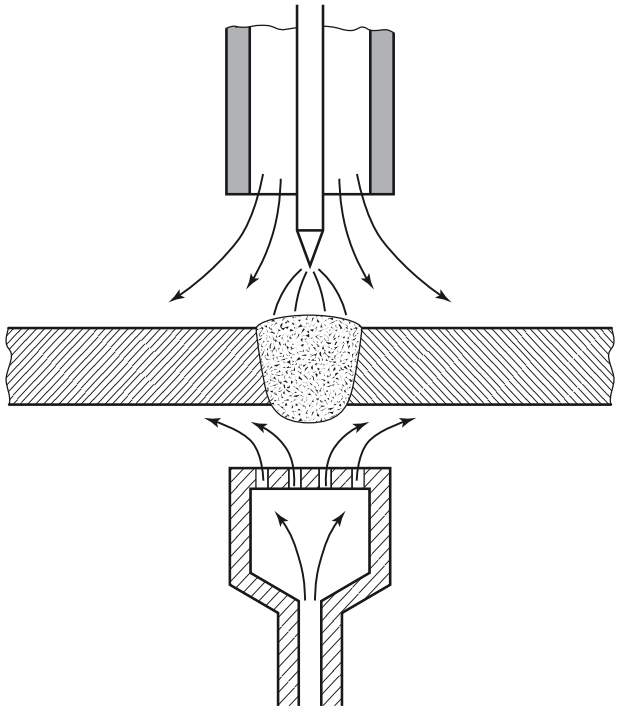
Sagatavošanas procesā jālieto tikai nerūsējošā tērauda instrumenti, jo pretējā gadījumā oglekļa tērauda daļiņas, kas noteikti iespiedīsies metālā, veidos galvanisko pāri un tas novedīs pie elektroķīmiskās korozijas.

Regulāri metinot augstleģētos tēraudus, arī metināšanas galdu būtu vēlams izgatavot no šī materiāla.

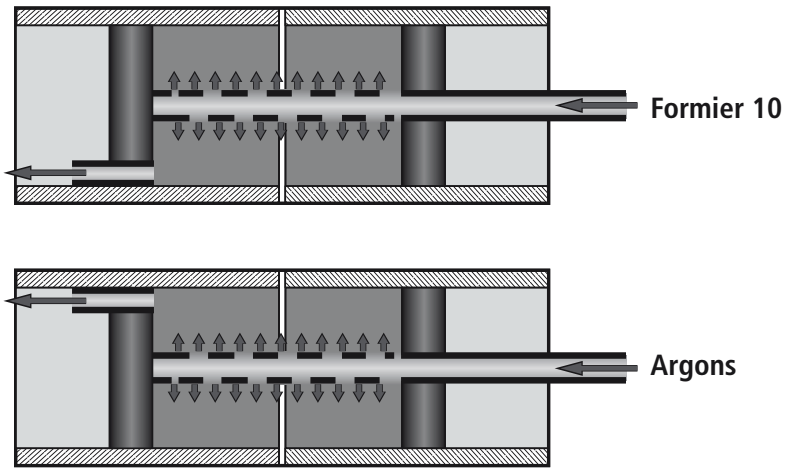
10.5.2. Šuves saknes aizsardzība

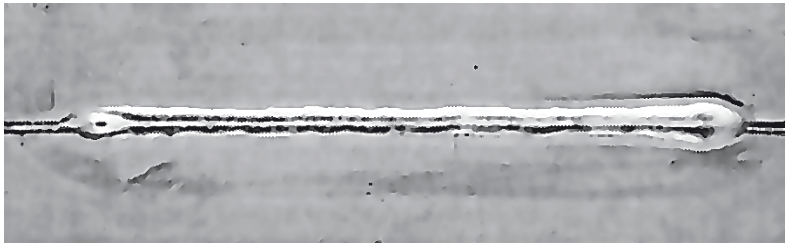
Metinot augstleģētos tēraudus, nepieciešams aizsargāt sakarsēto metālu no gaisa iedarbības arī no šuves saknes puses. To var veikt padodot aizsarggāzi no otras puses (gāzes patēriņš apmeram ½ no galvenās plūsmas (10.2. zīm.). Metinot caurules, piepilda visu cauruli ar aizsarggāzi, vai arī lieto ierīces, kuras ievieto caurulē (10.3. zīm.). Nelielu sagatavju metināšanā var izmantot kameras, kurās iepildīta aizsarggāze (10.4. zīm.).

Argona un ūdeņraža maisījumi nodrošina reducējošu ķīmisko reakciju (pārvērš oksīdus atpakaļ metālā). Šādus maisījumus nedrīkst lietot alumīnija un tā sakausējumu metināšanā.

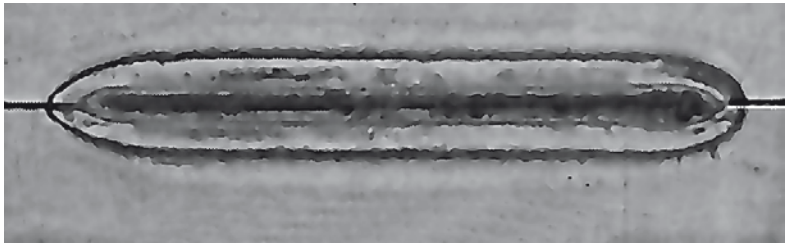


10.2. zīm. Aizsarggāzes padeve no šuves saknes puses





Ar saknes aizsardzību



Bez saknes aizsardzības

10.3. zīm. Ierīce šuves saknes aizsardzībai, metinot caurules

10.6. Augstleģēto tēraudu metināšanas parametri

Gāzes, ko izmanto metināšanas laikā, šuves saknes aizsardzībai

Gāzes saknes šuves aizsardzībai	Materiāli
Argons (Ar)	Visiem materiāliem
Ar/H_2 maisījumi	Austenīta tēraudi, Ni un tā sakausējumi
N_2/H_2 maisījumi Formier 5 (N_2 + 5% H_2) Formier 10 (N_2 + 10% H_2)	Tēraudiem, izņemot augstas stiprības smalkgraudainiem austenīta tēraudiem un titānam
N_2	Austenīta CrNi tēraudiem, *duplekss* un *super duplekss* tēraudiem
Ar/N_2 maisījumi	

10.4. zīm. Metināšana kamerā ar aizsarggāzi

Gāzu maisījums nodrošina reducējošu ķīmisku reakciju jeb vienkārši skaidrojot – oksīds pārvēršas par metālu.

MISON® Ar nelieto saknes aizsardzībai!

SVARĪGI: Ja gāzu maisījumos ir ūdeņradis (H_2), tad šādu aizsarggāzi nelieto alumīnija metināšanā nekādā veidā!

Režīmu izvēle TIG metināšanā (ESAB)

Plākšņu biezums (mm)	Savienojuma veids	Strāva (A)			Elektroda ø (mm)	Metināšanas ātrums (mm/min)	Argona patēriņš l/min
		Apakšējais	Vertikālais	Griestu			
1		25 – 60	23 – 55	22 – 54	1,0	250 – 300	6
		60	55	54	1,0	250 – 300	6
		40	35	36	1,0	250 – 300	6
		55	50	50	1,6	250 – 300	6
2		80 – 110	75 – 100	70 – 100	1,6 – 2,4	175 – 225	6
		110	100	100	1,6 – 2,4	175 – 225	6
		80	75	70	1,6 – 2,4	175 – 225	6
		105	95	95	1,6 – 2,4	175 – 225	6
3		120 – 100	110 – 185	110 – 180	2,4 – 3,2	125 – 175	7
		130	120	115	2,4 – 3,2	125 – 175	7
		110	100	100	2,4 – 3,2	125 – 175	7
		125	115	110	2,4 – 3,2	125 – 175	7
4		120 – 200	110 – 185	110 – 180	2,4 – 3,2	100 – 150	7
		185	170	165	2,4 – 3,2	100 – 150	7
		180	165	160	2,4 – 3,2	100 – 150	7
5		160	140	140	3,2 – 4,0	100 – 150	7

11. Alumīnija un tā sakausējumu metināšana

11.1. Alumīnija un tā sakausējumu īpašības 93

11.2. Grūtības alumīnija sakausējumu metināšanā 94

11.3. Metināšanas materiālu un režīmu izvēle..... 96

11.1. Alumīnija un tā sakausējumu īpašības

Alumīnijs – sudrabbaltas krāsas metāls ar mazu blīvumu, lielu siltumvadītspēju un elektrovadītspēju un plastiskumu. Alumīnijs pretēji izplatītam uzskatam ir ķīmiski aktīvs elements, kas viegli oksidējas gaisā. Taču atšķirībā no dzelzs, oksīdu kārtiņa, kas izveidojas (Al_2O_3) ir blīva un pasargā to no tālākās oksidēšanās.

Tabula nr. 11.1. Al un Fe atšķirības

Īpašība	Mērvienība	Al	Fe	Attiecība
Blīvums	$9/cm^3$	2,7	7,87	≈ 1: 3
Kušanas t°	°C	660	1535	1: 2,5
Kušanas siltums	J/9	390	272	1,5: 1
Elektrovadītspēja	$m/\Omega\times mm^2$	38	10	4: 1
Oksīdi		Al_2O_3	FeO	
			Fe_2O_3	
			Fe_3O_4	
Oksīdu blīvums	$9/cm^3$	3,89	5,7	FeO vieglāks par Fe
			5,24	Al_2O_3 smagāks par Al
			5,0	
Oksīdu kušanas t°	°C	2050	1400	FeO šķidrā veidā
			1455	Al_2O_3 cietā veidā
			1600	

Tabulā 11.1. parādītas alumīnija un dzelzs, kā arī to oksīdu īpašību atšķirības. Metinot sakausējumus uz Fe bāzes, oksīdi metināšanas vannā būs šķidrā veidā un kā vieglāki uzpeldēs vannas virspusē. Savukārt metinot sakausējumus uz Al bāzes, metināšanas vannā atradīsies cietie oksīdu gabaliņi, kas centīsies nosēsties vannas apakšējā daļā.

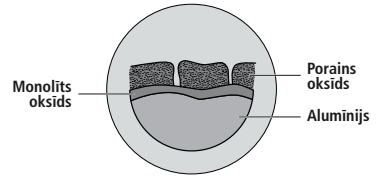
Galvenie alumīnija sakausējumu veidi:

1. Lejamie alumīnija sakausējumi. No šiem sakausējumiem detaļas izgatavo lejot. Pēc ķīmiskā sastāva tie var būt Al – Si (silimini), Al – Si – Cu, Al – Cu, Al – Mg, Al – dažādi elementi (Cu, Ni, Mg, Si, Zn) u. c.
2. Deformējamie alumīnija sakausējumi. No šiem sakausējumiem ar spiedienu (velmēšana, presēšana, vilkšana) izgatavo loksnes, caurules, dažādus profilus. Deformējamie alumīnija sakausējumi iedalās termiski nenostiprināmos un termiski nostiprināmos sakausējumos. Termiski nenostiprināmie sakausējumi ir Al – Mg un Al – Mn. Šie sakausējumi karsēšanas atdzesēšanas laikā nemaina savas mehāniskās īpašības. Termiski nostiprināmie sakausējumi (dūralumīniji) bez Al satur Cu, Mg, Mn. Šie sakausējumi izstrādājumos tiek lietoti termiski apstrādātā veidā (rūdīšana + vecināšana).
3. Metālkeramiskie alumīnija sakausējumi. Šos sakausējumus iegūst ar alumīnija sakausējumu pulvera presēšanu, saķepināšanu un deformēšanu. Tā tiek iegūtas sarežģītas konfigurācijas detaļas bez materiāla kausēšanas (šķidrās fāzes).

11.2. Grūtības alumīnija sakausējumu metināšanā

Galvenās grūtības alumīnija sakausējumu metināšanā:

- uz metāla virsmas vienmēr ir izveidojusies grūti kūstoša alumīnija oksīda kārta,



11.1. zīm. Alumīnija un tā oksīdu izvietošanās uz sagataves virskārtas

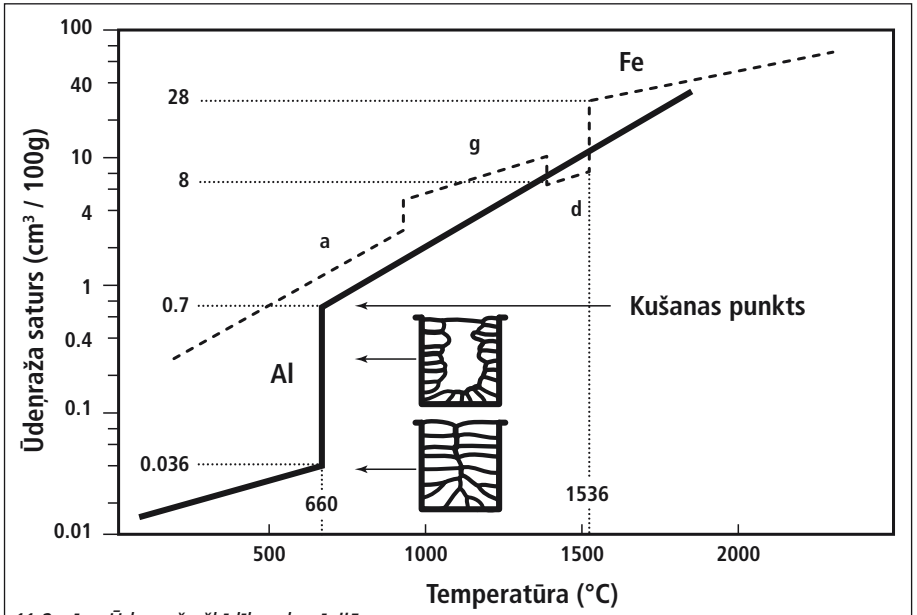
- sakarā ar gāzu uzsūkšanu (absorbciju) metinātā šuvē var izveidoties poras.

Al_2O_3 kārtas iznīcināšanai metināšanā lieto divus paņēmienus:

1. Oksīdu šķīdināšana. Pārklāja vai kušņu sastāvā ievada vielas, kas šķīdina oksīdus un kopā ar tiem pāriet no metināšanas vannas sārņos. Šo paņēmienu izmanto MMA, SAW un OAW metināšanā.
2. Katoda izputekļošana. Metinot ar elektrisko loku aizsarggāzu plūsmā, loka iedarbībā oksīdu kārta sasmalcinās un tiek aizpūsta no detaļu virsmas. Oksīdu kārtiņa un tās biezums ietekmē metināšanas procesu: no tā ir atkarīga loka stabilitāte un sprieguma kritums lokā.

Poru veidošanās saistīta ar ūdeņraža šķīdību alumīnijā. Šī šķīdība ir ļoti atkarīga no temperatūras.

Tātad, pārejot šķidrā stāvoklī, strauji pieaug ūdeņraža šķīdība alumīnijā, tā veidojot poru rašanos iespēju. Mitruma daudzums (kondensāts) ir atkarīgs no gaisa relatīvā mitruma – jo lielāks mitrums, jo mazāka drīkst būt temperatūru starpība starp gaisu un metināmām detaļām.



11.2. zīm. Ūdeņraža šķīdība alumīnijā

Tab. 11.3. Pieļaujamā temperatūru starpība un gaisa mitrums.

$(T_{air} - T_{metal})°$	Relatīvais mitrums	$(T_{air} - T_{metal})°$	Relatīvais mitrums
0	100	12	44
1	93	13	41
2	87	14	38
3	81	15	36
4	75	16	34
5	70	18	30
6	66	20	26
7	61	22	23
8	57	24	21
9	53	26	18
10	50	28	16
11	48	30	14

Galvenie defekti, kas var veidoties alumīnija un tā sakausējumu metināšanas procesā, būs oksīdu ieslēgumi un poras. Lai izvairītos no šiem defektiem ir nepieciešams:

- Izlīdzināt metināmā materiāla un telpas temperatūru. Nedrīkst metināt materiālu tūlīt pēc tā ienešanas telpā.
- Attīrīt detaļu virsmas no oksīdu kārtiņas, lietojot mehāniskos un ķīmiskos paņēmienus. Nedrīkst paļauties tikai uz katoda izputekļošanu. Metināšanu jāveic ne vēlāk kā 30 minūtes pēc attīrīšanas.

11.3. Metināšanas materiālu un režīmu izvēle

Metinot alumīnija sakausējumus, pareiza piedevu materiāla (stieņa, stieples) izvēle atkarībā no pamatmetāla grupas nosaka gala rezultātu – metinātā savienojuma stiprību un pretestību korozijai.

Metinot alumīniju un termiski nenostiprināmos alumīnija sakausējumus, piedevu materiālam jābūt tāda paša tipa kā pamatmetālam. Savukārt, metinot termiski nostiprināmos alumīnija sakausējumus, piedevu stieņiem jābūt ar augstu silīcija (Si) un magnija (Mg) saturu, lai novērstu plaisu veidošanos.

1.3.1. Malu sagatavošana

Malu apstrādei vislabāk izmantot mehānisko apstrādi (virpošana, frēzēšana, vīlēšana), lai nebūtu siltuma ietekmes uz sakausējumu. Pieļaujama arī griešana ar plazmu.

Tīrīšanai jāizmanto nerūsējošo tēraudu sukas, un ķīmiskā attīrīšana (spirts, acetons) jāveic īsi pirms metināšanas.

1.3.2. Piedevu materiāla izvēle

Piedevu stieņus TIG metināšanā: pieņemts iedalīt 5 grupās pēc to ķīmiskā sastāva. Tabulā 11.4 parādīti šo grupu apzīmējumi un ķīmiskais sastāvs.

Tabula 11.4

Piedevu stieņu grupas	Apzīmējums	Ķīmiskais sastāvs
1	S Al 1098	S Al 99,98
	S Al 1098 A	S Al 99,98 (Al)
	S Al 1450	S Al 99,5 Ti
2	S Al 2319	S AlCu6MnZrTi
3	S Al 3103	S AlMn1
4	S Al 4043 A	S AlSi5 (A)
	S Al 4018	S AlSi7Mg
	S Al 4046	S AlSi10Mg
	S Al 4047 A	S AlSi12 (A)
5	S Al 5249	S AlMg2Mn0,8Zr
	S Al 5554	S AlMg2,7Mn
	S Al 5754	S AlMg3
	S Al 5356	S AlMg5Cr (A)
	S Al 5556 (A)	S AlMg5Mn
	S Al 5183	S AlMg4,5Mn0,7 (A)
	S Al 5087	S AlMg4,5Zr

Zinot metināmā materiāla marku, pēc 11.5 tabulas var atrast vislabāk piemēroto piedevu stieni.

Piemēram, lai sametinātu AlZnMg sakausējumu (97. vertikālā aile) ar AlCu sakausējumu (2. horizontālā aile) jālieto 4. grupas stienis.

Tabula 11.5

	AlCuMn	AlCu	AlSiCu	AlSiMg	AlZnMg	AlMgSi	AlMg5% utt. ar Mn	AlMg3% utt. ar Mn	AlMg<1%	AlMn	Al
Al			4	4	5	4 o.5	5	4 o.5	4 o.5	4 o.5	4
			4	4	5	5	5	5d	1	1	1
			4	4	5	4	5	4 o.5	4	4	4
AlMn			4	4	5	4 o.5	5	5	4	3 o.4	
			4	4	5	5	5	5d o.3	4	3	
			4	4	5	4	5	4	4	4	
AlMg<1%			4	4	5	4 o.5	5	5	4		
			4	4	5	5	5	5d	4		
			4	4	5	4	5	4	4		
AlMg3% utt. ar Mn			4	4	5	5	5	5			
			4	4	5	5	5	5d			
			4	4	5	4	5	5			
AlMg5% utt. ar Mn			4	4	5	5	5				
			4	4	5	5	5				
			4	4	5	4	5				
AlMgSic		4	4	4	5	4 o.5					
		4	4	4	5	5					
		4	4	4	5	4					
AlZnMg		4	4	4	5						
		4	4	4	5						
		4	4	4	5						
AlSiMg		4	4	4							
		4	4	4							
		4	4	4							
AlSiCu		4	4								
		4	4								
		4	4								
AlCu		4									
AlCuMn	2										
	2										
	2										

Piezīme:
1. līnija – optimālās mehāniskās īpašības;
2. līnija – optimālā korozijizturība;
3. līnija – optimālā metināmība;
Ja nav apzīmējuma – netiek rekomendēts.

13.3.3. Metināšanas režīmi

Pirms metināšanas jāizvēlas volframa elektroda diametrs un marka, piedevu stieņa diametrs un marka, aizsarggāze un tās plūsma, kā arī strāvas stiprums. Tabulā 11.6 parādītas ESAB firmas ieteiktās vērtības.

Tabula 11.6. Režīmu izvēle TIG metināšanā (ESAB)

Aizsarggāze – argons

Sadursavienojums

Lokšņu biezums (mm)	Metināšanas strāva			Stienis ∅ (mm)	Metināšanas ātrums (cm/min)	Gāzes plūsma (l/min)
	Horizontāla	Vertikāla	Virsgalvas			
	A	A	A			
1	45	40	45	1.6	25	6–8
2	80	75	80	2.4	25	6–8
3	120	110	120	3.2	25	8–10
4	175	170	175	4.0	20	8–10

Pārlaidsavienojums

Lokšņu biezums (mm)	Metināšanas strāva			Stienis ∅ (mm)	Metināšanas ātrums (cm/min)	Gāzes plūsma (l/min)
	Horizontāla	Vertikāla	Virsgalvas			
	A	A	A			
1	45	40	40	1.6	25	6–8
2	80	75	80	2.4	25	6–8
3	150	140	140	3.2	25	6–8
4	200	175	175	4.0	20	8–10
5	230	200	220	4.0	20	8–10

T-veida savienojums

Lokšņu biezums (mm)	Metināšanas strāva			Stienis ∅ (mm)	Metināšanas ātrums (cm/min)	Gāzes plūsma (l/min)
	Horizontāla	Vertikāla	Virsgalvas			
	A	A	A			
1	60	50	60	1.6	20	4–6
2	110	100	110	2.4	20	4–6
3	150	130	140	3.2	20	6–8
4	220	200	210	4.0	15	6–8
5	250	240	250	4.0–4.8	15	6–8

Stūra savienojums

Lokšņu biezums (mm)	Metināšanas strāva			Stienis ∅ (mm)	Metināšanas ātrums (cm/min)	Gāzes plūsma (l/min)
	Horizontāla	Vertikāla	Virsgalvas			
	A	A	A			
1	40	35	35	1.6	25	6–8
2	80	75	80	2.4	25	6–8
3	120	110	120	3.2	25	8–10
4	160	150	160	4.0	20	8–10
5	220	200	220	4.0	20	8–10

Iespējamo defektu alumīnija sakausējumu metināšanā un to novēršanas paņēmieni apkopoti tabulā 11.7

Tabula 11.7. Defekti alumīnija metināšanā un to novēršana

Defekti	Cēlonis	Aizsardzība un pretpasākumi
Poras	Netīra stieple Mitrums uz stieples virskārtas	Notīrīt stiepli Metināt virs rasas punkta
	Netīrs pamatmetāls Mitrums uz pamatmetāla	Notīrīt detaļas Iepriekšēja sakarsēšana Sekot materiāla temperatūrai
	Netīra aizsarggāze	Izmantojiet gāzi atbilstoši LVS EN ISO 14175
	Nepareiza gāzes plūsma	Optimizēt gāzes plūsmu. Mērīt!
	Degļa leņķis par mazu	Optimizēt degļa leņķi
Oksīdu ieslēgumi	Oksīdu veidošanās ar nepietiekamu aizsardzību	Novērst gaisa piekļūšanu
	Netīra virsma	Notīrīt virsmu
	Nepareiza piedevu leņķa padeve	Neizvadīt stieņa galu ārpus gāzes padeves
Plaisas	Metināšanas vannas pārāk ātra kristalizācija	Lietot plastisku stiepli. Izmantot CRATER FILL programmu
	Pārāk lieli iekšēji spriegumi	Lietot pareizu metināšanas secību
	Pārkaršana TIZ zonā	Lietot viengājiena šuves. Lietot 4xxx stieples
Volframa ieslēgumi	Pārāk stipra strāva Elektroda gals pieskaras vannai	Samazināt strāvu vai lietot lielāka diametra elektrodu. Nepieskarties metināšanas vannai

12. Metināto savienojumu defekti un to labošana

12.1. Defektu klasifikācija.....101

12.2. Kvalitātes līmeņa noteikšana defektiem 103

12.3. Metināto savienojumu defektu labošana 104

12.1. Defektu klasifikācija

Metināšanas procesā šuves metālā un termiskā iespaida zonā var rasties defekti sametināto metālu fizikālo un ķīmisko īpašību dēļ.

Defekti rodas arī metināšanas režīmu neievērošanas, nepareizas detaļu sagatavošanas metināšanai, bojātas aparatūras u. c. tieši no metinātāja atkarīgu iemeslu dēļ.

Galvēno defektu veidi parādīti zīmējumā 12.1.

Šuves saknes defekti (1). Saknes nesametināšanās veidojas nepietiekama strāvas stipruma vai palielināta metināšanas ātruma dēļ. Defekti var rasties arī nepareizas detaļu salikšanas vai nepareiza (par lielu) elektroda diametra dēļ. Pie palielināta strāvas stipruma šuves saknes metāls ir pārdedzināts.

Nesametināšanās (2) (pamata un šuves metāla nesakusums) rodas, ja ir nepietiekama strāva vai par lielu metināšanas ātrums. Defekts var rasties metinot aukstu metālu. Nesakusumi novērojami arī vairākslāņu šuvēs, ja metina pa iepriekšējo metāla kārtu bez uzsildīšanas.

Iegriezumi (3) rodas pārāk stipras strāvas dēļ. Šis defekts var rasties arī pie nepareizi izvēlētas strāvas, ja metina ar pārāk garu loku. Šis ir bīstams defekts konstrukcijām, kas strādā dinamiskās slodzēs, jo pēc zināma laika iegriezuma vietā veidojas plaisa.

Poras (4) galvenokārt rodas, metinot ar nepareizi izvēlētu aizsarggāzes plūsmu, mitru vai pietiekami neattīrītu pamatmetālu. Poras pazemina šuves stiprību. Sīkas, vienmērīgi izvietotas poras ir mazāk bīstamas nekā lielas poras. Gāzes, kas palikušas šuvē, palielina metāla cietību un samazina plastiskumu.

Sārņu ieslēgumi (5) ir metāla oksīdi, kas, šuves metālam sacietējot, nav paspējuši pacelties virspusē. Parasti sārņu ieslēgumi novērojami, metinot ar palielinātu ātrumu. Ieslēgumi var arī rasties, ja no metāla nav notīrīta oksīdu kārta.

Plaisas šuvē (6). Ja pie pareizi ievērotas tehnoloģijas rodas šis defekts, jāveic papildus pasākumi, piemēram, iepriekšēja sakarsēšana.

Metinātās šuves palielināts pastiprinājums (7) veidojas, ja nepareizi izvēlēts metināšanas režīms, kā arī, ja ir zema metinātāja kvalifikācija. Šis defekts nav pieļaujams, ja metinātais savienojums strādā dinamiskā slodzē.

Uzplūdumi (8) rodas, ja elektrods kūst pārāk ātri un šķidrais elektroda metāls uzplūst uz nepietiekami sakarsētas virsmas.

Metāla pārkaršana (9). Ja metāls sakarsēts augstāk par noteiktu temperatūru un pārāk ilgi atrodas šajā temperatūrā, tad notiek metāla graudu augšana – rezultātā pazeminās metāla mehāniskās īpašības.

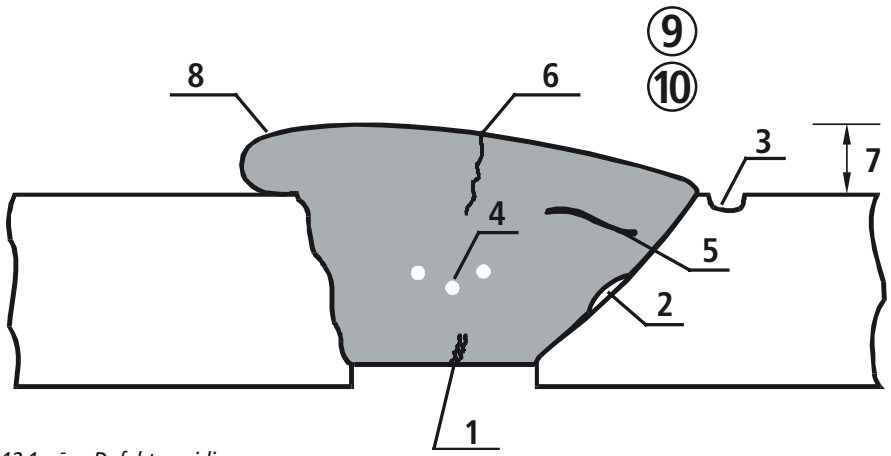
Metāla pārdedzināšana (10). Šuvē rodas metāla graudiņi ar oksidētu virskārtu. Pārdedzinātais metāls ir ļoti trausls.

Galvenie defekti saskaņā ar ISO 6250–1

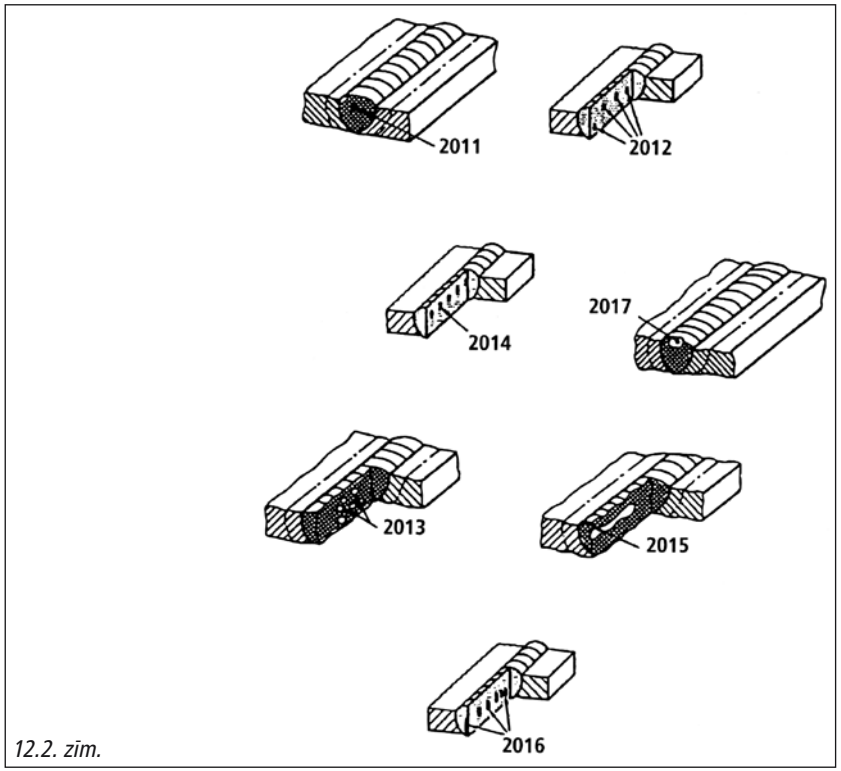
Galvenie defekti saskaņā ar ISO 6250–1 (ģeometrisko nepilnību klasifikācija metālos) tiek iedalīti 6 grupās:

1. plaisas,
2. dobumi un gāzes poras,
3. cietie ieslēgumi,
4. necaurmetinājumi,
5. formu un izmēru neatbilstība,
6. pārējās nepilnības.

Katra no šīm defektu grupām tiek sadalīta sīkāk. Piemēram, porainība un gāzes poras 2011, 2012, 2014, 2017; lokāla porainība 2013; iegareni dobumi un gāzes kanāli 2015, 2016 (skat. 12.2. zīm.).



12.1. zīm. Defektu veidi



12.2. zīm.

12.2. Kvalitātes līmeņa noteikšana defektiem

EN ISO 5817 nosaka trīs kvalitātes līmeņus šuves defektiem: D – mērens, C – vidējs, B – stingrs. Kvalitātes līmeni, kas nepieciešams katrā gadījumā, jānosaka ar lietošanas standartu vai atbildīgajam konstruktoram kopā ar ražotāju, patērētāju un citām ieinteresētām pusēm. Līmenis jānosaka pirms ražošanas uzsākšanas, labāk pieprasījuma vai piedāvājuma stadijā.

Kvalitātes līmeņa izvēlē jebkurai lietošanai jāņem vērā projekta apsvērumi, tehnoloģiskie procesi, slodzes veids (statiskā, dinamiskā), ekspluatācijas apstākļi (temperatūra, vide) un bojājuma sekas.

Standarts ietver materiāla biezumu robežās no 3 līdz 63 mm, bet to var lietot arī citam biezumam.

Atkarībā no kvalitātes līmeņa tiek noteikts pieļaujamais defekta lielums. Piemēram, porām nosaka poru laukuma kopsummu (1), atsevišķas poras maksimālo izmēru (2) un maksimālo izmēru lokālai sagrupētai porainībai (3).

	D	C	B
1.	2.5%	1.5%	1%
2.	d<0,4s	d<0,3s	d<0,25s
3.	4 mm	3 mm	2 mm

Tādā veidā, iepriekš vienojoties par pieņemto kvalitātes līmeni, var noteikt metinātā savienojuma kvalitāti.

Defektoskopisti, novērtējot šuves, parasti izmanto reālo ilustrāciju katalogu, kas parāda izmērus pieļaujamiem defektiem dažādiem pieņemšanas līmeņiem.

12.3. Metināto savienojumu defektu labošana

Metināto savienojumu defekti, kas atklāti, apskatot šuvi tieši pēc metināšanas, vai arī, ja tos atklāj metinātā savienojuma nesagraujošās kontroles metodes, ir jālabo.

Metinātā defekta vieta vispirms rūpīgi jāatbrīvo no sārņiem un, ja nepieciešams, jāizcērt. Plaisu garumu var noteikt, virsmu kodinot ar 20% slāpekļskābes šķīdumu. Plaisu galos nepieciešams ieurbt caurumus, pēc tam tā jāaizmetina visā plaisas garumā un dziļumā. Ja nevar metālu izkausēt visā plaisas dziļumā, tad plaisā jāizcērt rieva, kuru pēc tam piepilda ar piedevu materiālu.

Iegriezuma rievas labo, uzmetinot tievu šuvi visā rievas garumā.

Neaizkausētus padziļinājumus (krāterus), sārņu paliekas izcērt līdz pamatmetālam un aizmetina.

Šuves nevienmērīgumu (pastiprinājumus, uzplūdumus, šuves platuma maiņas u. c.) likvidē, šuvi apstrādājot ar abrazīviem un pneimatiskiem instrumentiem un, ja nepieciešams, uzmetina papildu valnīšus.

Metāla pārkarsēšanu var labot ar termisko apstrādi, pārdedzinātu metālu izlabot nav iespējams.

13. Metināto savienojumu kvalitātes kontrole

13.1. Iepriekšējā kontrole 106

13.2. Kontrole metināšanas procesā.....107

13.3. Metināto savienojumu kvalitātes pārbaude 108

13.1. Iepriekšējā kontrole

Metināto savienojumu kontrole ietver sevī trīs secīgus kontroles etapus:
1. Pirms metināšanas – metināmo materiālu, metināšanas materiālu un iekārtu kontrole.
2. Metināšanas laikā – izvēlētās tehnoloģijas kontrole.
3. Kontrole pēc metināšanas – metinātā savienojuma kvalitātes kontrole.

Iepriekšējā kontrolē jāpārbauda pamatmetāls un piedevu materiāli, salikšanas kvalitāte, metināšanas iekārtas un metinātāja kvalifikācija.

Pamatmetālam jāatbilst noteiktām prasībām, kuras norādītas sertifikātā. Ja sertifikāta nav, tad jāveic metāla pārbaude, nosakot tā marku. Parasti markas noteikšanai nepieciešams zināt metāla ķīmisko sastāvu un mehāniskās īpašības. Ja šāda analīze nav iespējama, obligāti jānosaka vismaz metāla grupa, izmantojot magnēta un dzirksteles pārbaudes.

Metāla ārējā apskatē nosaka, vai nav plaisu, rūsas, ieliekumu u. c. defektu. Metālu iepriekšējā pārbaude ir nepieciešama, lai novērstu nekvalitatīva un neatpazīta metāla izmantošanu metināto konstrukciju izgatavošanā.

Metināšanas materiāliem (stieplei, gāzēm), tāpat kā pamatmetālam, arī jābūt ar sertifikātu. Sertifikāts ir garantija, ka metināšanas materiāli ir derīgi noteiktam metināšanas procesam. Svarīgi, lai metināšanas materiāli būtu atestēti tanī valstī, kurai piegādā produkciju.

Uz metināšanas stieples virsmas nedrīkst būt plāva, rūsa, netīrumi un eļļa.

Salikšanas kvalitāte. Salikšana ir viena no visatbildīgākajām operācijām. No tās kvalitātes ir atkarīga metinātā savienojuma kvalitāte. Tā, piemēram, ja saliekot izveidojas palielinātas spraugas vai metināmās malas nesakrīt biezuma virzienā, tad vajadzīgs liels uzkausētā metāla tilpums, kas palielina paliekošās deformācijas. Salikšanas tehnoloģiju nosaka galvenokārt ražošanas veids. Sērijveida ražošanā salikšanu veic konduktoros, speciālās salikšanas ierīcēs vai izmantojot kontrolurbumus. Individuālajā ražošanā salikšanu galvenokārt veic ar iepriekšēju aizzīmēšanu. Parasti pieļaujamā nobīde (novirze) salikšanā ir uzrādīta rasējumā. Tā, piemēram, cauruļvadu sadurmetināšanā cauruļu galu pieļaujamā malu nobīde ir ne vairāk kā 1/4 no sieniņu biezuma.

Metināšanas aparatūra. Metināšanas aparatūrai jābūt labā tehniskā kārtībā. Ja rokas loka metināšanā izmantojamai aparatūrai iespējamo defektu daudzums ir neliels, tad, izmantojot mehanizētos metināšanas veidus, jārēķinās ar iespējamiem aparatūras darbības traucējumiem, kas var radīt nekvalitatīvu metināto savienojumu. Tāpēc periodiski jāveic iekārtu tehniskā apkope, ko paredz izgatavotājfirmas.

Priekšroka noteikti dodama iekārtām ar parametru ciparu indikāciju, kura ļauj ļoti precīzi ieregulēt izvēlētos parametrus. Tāpat, ja nepieciešams iegūt maksimāli labāko rezultātu, jālieto iekārtas, kuras ļauj ieregulēt arī papildparametrus (induktivitāti, *PREE* un *POST FLOW*, *MINILOG* u. c.).

13.2. Kontrole metināšanas procesā

Metināšanas procesā izvēlētie parametri ir jākontrolē. Modernās metināšanas iekārtas apgādātas ar pašrakstošām iekārtām (printeriem), kas parāda ar kādiem metināšanas parametriem tiek metināta konkrēta detaļa.

Piemēram, lietojot TIG metināšanā *Oerlikon* iekārtu *Prestotig 250*, iespējams iegūt sekojošu izdruku:

TIG metināšana ar līdzstrāvu bez impulsiem.

Metināšana – DC (līdzstrāva)

Aizdedzināšana- HF (ar augstfrekvenci)

Cikls – 4T (metināšanas vadība ar 4 taktu ciklu)

Impulsu strāva minimumā – …A

Impulsu samēru attiecība – …A

Impulsu frekvence – …Hz

Krātera piepildīšanas strāva – 3A

Krātera piepildīšanas laiks – 02,0 s

Strāvas pazeminājuma laiks – 02,0 s

Metināšanas strāva – 050 A

Maksimālā strāvas robežvērtība – …A

Minimālā strāvas robežvērtība – …A

Starta strāva – 3A

Starta strāvas laiks – 01,0 s

Gāzes priekšpadeves laiks – 2 s

Gāzes pēcpadeves laiks – 4 s

13.3.1. Šuves ārējā apskate un izmēru pārbaude (LVS EN 970)

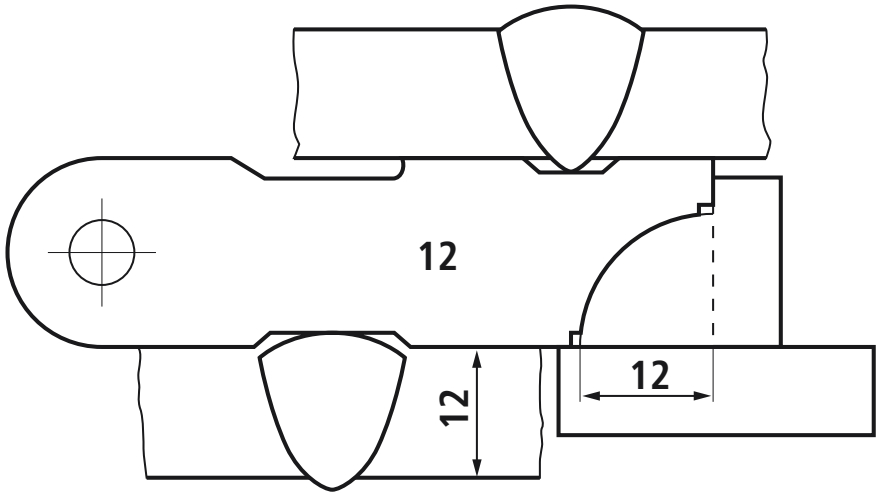
Ārējā šuves apskate ir obligāta gatavā izstrādājuma kvalitātes pārbaudes daļa, to veic visos gadījumos neatkarīgi no citiem pārbaudes veidiem.

Ārējā šuves apskate atklāj šuves ārējos defektus: platuma nevienmērību, pastiprinājumus, iedeguma rievas, šuves saknes necaurmetinājumus, sārņu ieslēgumus u. c. defektus.

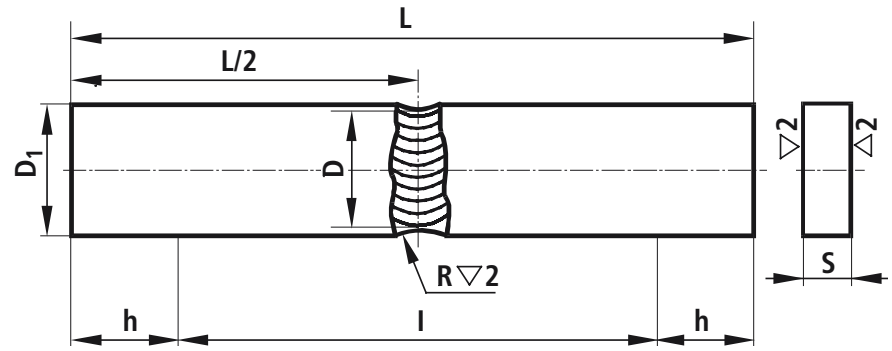
Šuvju izmēriem jāatbilst rasējumā norādītajiem un jāiekļaujas pielaidēs. Lai gan pastiprināta šuve palielina savienojuma stiprību, tomēr palielinās arī metināšanas materiālu un elektroenerģijas izlietojums, samazinās produktivitāte un palielinās deformācijas. Nav pieļaujama jebkura faktiskā izmēra samazināšanās. Kontroles šablons ar iegriezumiem šuvju dažādu izmēru noteikšanai parādīts 13.1. zīmējumā.

13.3.2. Mehāniskās pārbaudes

Paraugu mehānisko pārbaužu veids ir atkarīgs no slodzes veida, kādu metinātais savienojums uzņem ekspluatācijā. Ir statiskās (ar nemainīgu vai lēni augošu slodzi), dinamiskās (ar triecienslodzi) un vibrāciju pārbaudes. Izplatītākās no mehāniskajām pārbaudēm ir pārbaude stiepē, liecē un ar triecienslodzi stigrības noteikšanai. Paraugus visiem mehānisko pārbaužu veidiem izgatavo, ievērojot attiecīgo standartu prasības.



13.1. zīm. Šuvju mērīšanas šablons



13.2. zīm. Kontrolparaugs šuves stiprības pārbaudei stiepē. Izmēri R, D u. c. atkarīgi no plākšņu biezuma S

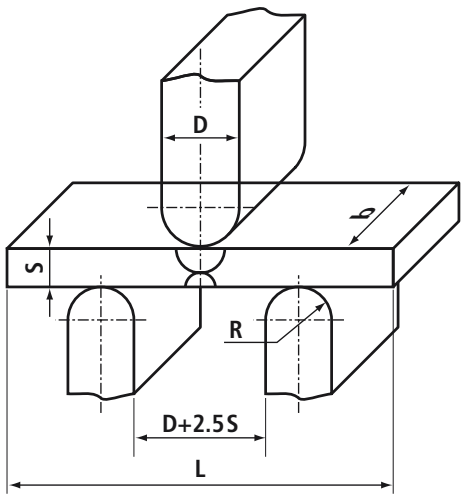
Stiepes pārbaude (LVS EN 876)

Pārbaudē nosaka metinātā savienojuma stiprības robežu *(tensile strength)* stiepē, ko apzīmē ar Rm.

$$Rm = \frac{\text{Maksimālā slodze}}{\text{Šķērsgriezuma laukums}} \ (N/mm^2)$$

Lieces pārbaude (LVS EN 910)

Lieces pārbaudē nosaka izlieces leņķi, kāds iegūts līdz pirmās plaisas parādīšanās momentam. Jo lielāks ir šis leņķis, jo augstāks ir šuves metāla plastiskums.

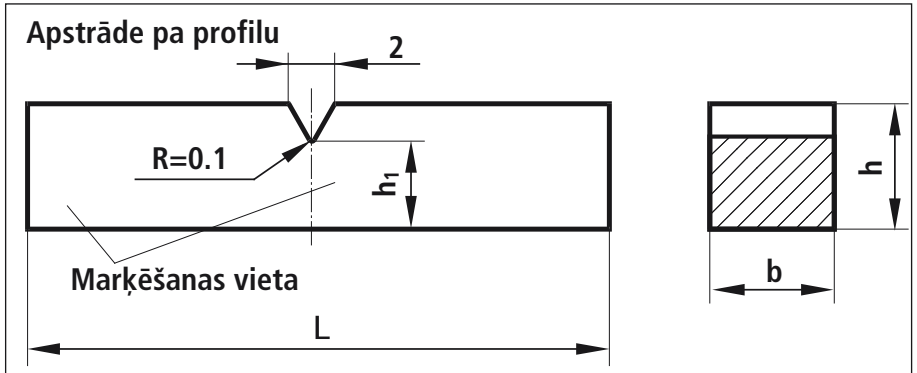


13.3. zīm. Parauga lieces pārbaudes shēma

Stigrības pārbaude (LVS EN 875)

Materiāla stigrību nosaka, sagraujot paraugu ar triecienslodzi un fiksējot patērēto darbu džoulos (J).

Stigrību apzīmē ar KCV vai Charpy V, un materiālam to uzrāda pie telpas (+20°C) un pazeminātām (līdz –160°C) temperatūrām.



13.4. zīm. Paraugs stigrības pārbaudei

Mehāniskām pārbaudēm pakļauj ne vien standartformas kontrolparaugus, bet arī gatavus izstrādājumus un konstrukcijas. Šādu pārbaužu, kuras parasti veic izstrādājumu ekspluatācijas apstākļiem tuvos apstākļos, mērķis ir noteikt izstrādājuma stiprību konkrētajām slodzēm.

13.3.3. Metināto savienojumu metalografiskā analīze

Metalografiskā analīze (LVS EN 1321) parāda pamatmetāla, šuves metāla, sakusuma un termiskā iespaida zonas makroskopisko un mikroskopisko struktūru. Makrostruktūrā redzamas metinātā savienojuma zonas, uzkausētā metāla kārtas (vairākslāņu šuvēm) un defekti (poras, nesakusumi, plaisas u. c.).

Mikrostruktūra parāda metāla graudu lielumu un formu, struktūras sastāvdaļas (ferītu, perlītu, martensītu u.c.), kā arī defektus atsevišķos metinātā savienojuma posmos.

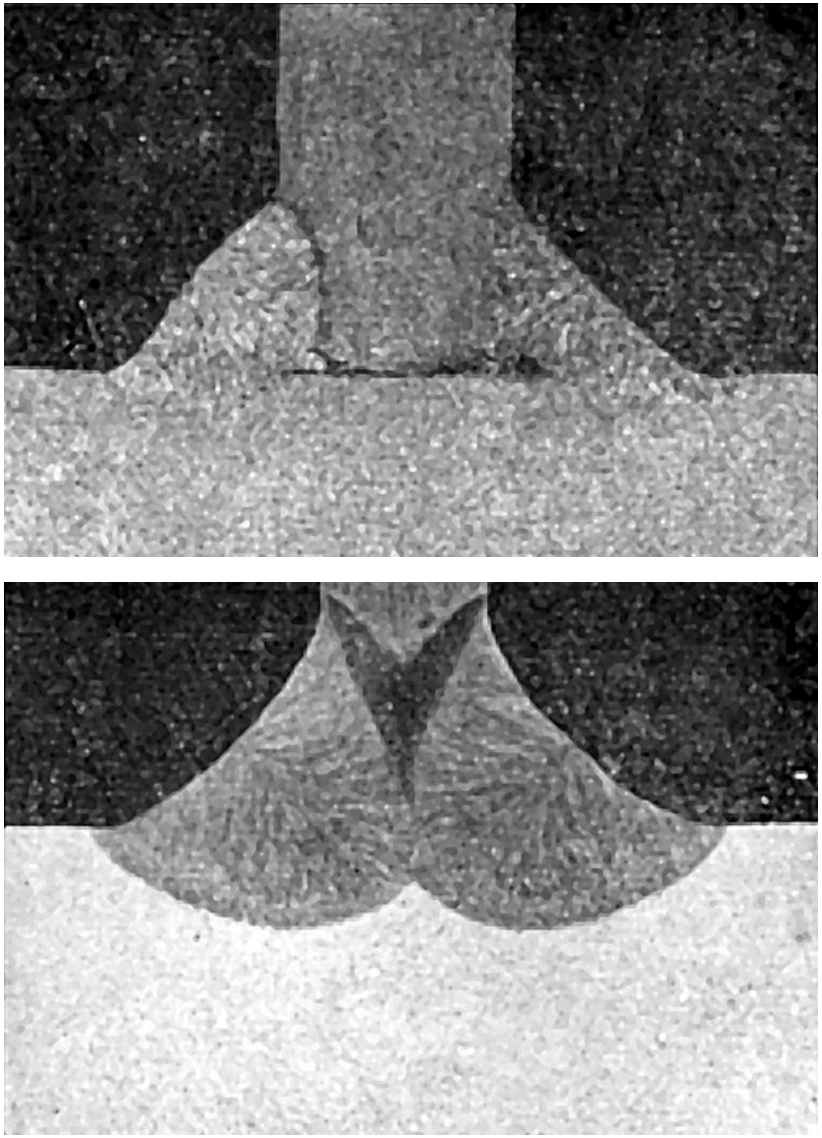
Mikrostruktūra palīdz atklāt metāla pārkaršanas un pārdedzināšanas zonas, oksīdus uz graudu robežām, metāla sastāva izmaiņas, kā arī citus defektus, ko nevar noteikt ar citām metodēm.

13.3.4. Hidrauliskās un pneimatiskās pārbaudes

Blīvuma pārbaudēm pakļauj traukus, kas paredzēti šķidrumiem (ūdens, degviela, eļļa), kā arī cauruļvadus, gāzu tvertnes, tvaika katlus u. c.

Hidrauliskā pārbaude. Veicot šo pārbaudi, traukā pēc tā piepildīšanas ar ūdeni rada spiedienu, kas 1,5 – 2 reizes pārsniedz darba spiedienu. Pārbaudāmo trauku zem spiediena iztur 5 – 10 minūtes. Pārbauda, vai netek šuves, vai nav pilienu un nosvīdumu.

Pneimatiskā pārbaude. Pārbaudāmā traukā ievada saspiestu gaisu vai gāzi. Nelielus traukus iegremdē ūdenī – gaisa pūslīši norāda defekta vietu. Liela izmēra trauku un cauruļvadu šuves pārbauda, noziežot šuvi ar ziepju šķīdumu.



13.5. zīm. Metināmā savienojuma makrostruktūra

Petrolejas pārbaude. Šuves blīvumu var pārbaudīt arī ar petroleju, kurai ir spēja iesūkties vissīkākajās porās un plaisās. Pārbaudāmās šuves vienu pusi nozież ar krīta pastu. Kad krīts ir nožuvis, tad šuvi no otras puses samitrina ar petroleju. Ja ir kādi šuves defekti, tad petroleja caursūcas pa tām un uz krīta parādās dzelteni traipi.

13.3.5. Metināto šuvju caurskatīšana (LVS EN 1435)

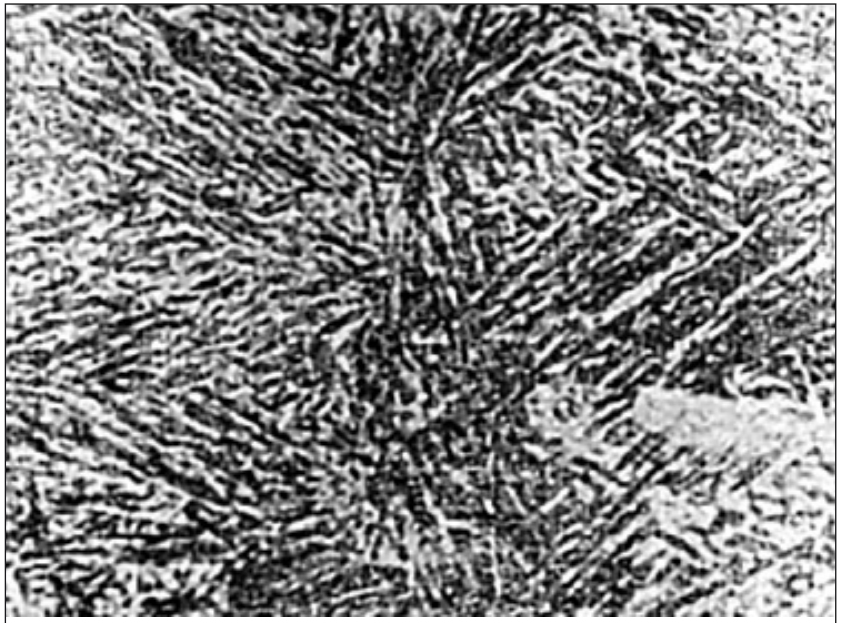
Caurskatīšana dod iespēju atklāt iekšējos defektus – plaisas, poras, sārņu ieslēgumus. Šo metodi lieto svarīgu izstrādājumu šuvju kontrolei – tiltiem, transporta mehānismu atbildīgiem mezgliem, spiediena katliem u.c.

Ultraskaņas paņēmiens dibināts uz augstfrekvences (virs 20 kHz) svārstību, kuras cilvēka auss neuztver, spēju iespiesties metālā un atstaroties no poru, plaisu un citu defektu virsmas. Atbalsotās ultraskaņas svārstības uztver ar speciālu aparatūru, kas tās pārvērš elektriskos impulsos. Kontroles veida trūkums ir sarežģīta defektu atšifrēšana atkarībā no metinātā savienojuma darba virsmas stāvokļa.

Rentgena paņēmiens. Rentgena stari ir neredzami elektromagnētiski viļņi, kas spējīgi izspiesties cauri necaurspīdīgiem ķermeņiem (metālam) un iedarboties uz fotofilmu tāpat kā gaismas stari. Starojums, ejot cauri šuvei ar defektiem, samazinās mazāk nekā viendabīgā metālā, kā rezultātā defektu vietas filmā nomelnē. Defekti atklājas kā melni plankumi un melnas līnijas uz šuves gaišā fona.

Rentgena stari ir kaitīgi organismam, tāpēc šuvju caurskatīšanu veic speciāli apmācīts personāls.

Metināto šuvju caurskatīšanai lieto arī radioaktīvos izotopus.



13.6. zīm. Metinātā savienojuma mikrostruktūra

14. TIG metinātāju sagatavošana

Saskaņā ar Labklājības ministrijas 2004. gada 22. jūnija rīkojumu Nr. 77 "Par grozījumiem Profesiju klasifikatorā" izveidota jauna metinātāja profesija *"Lokmetinātājs metināšanā ar volframa elektrodu inertās gāzes vidē"* (TIG).

APSTIPRINĀTS ar Izglītības un zinātnes ministrijas 2005. gada 6. jūlija rīkojumu Nr. 505

PROFESIJAS STANDARTS

Reģistrācijas numurs PS 0314

Profesija: Lokmetinātājs metināšanā ar volframa elektrodu inertās gāzes vidē (TIG)

Kvalifikācijas līmenis 2

Nodarbinātības apraksts	Lokmetinātājs metināšanā ar volframa elektrodu inertās gāzes vidē (TIG) strādā metālapstrādes un mašīnbūves uzņēmumos, būvfirmās, pārtikas rūpniecības un pārstrādes uzņēmumos un citos tautsaimniecības uzņēmumos, kuru darbība saistīta ar metālizstrādājumu, to konstrukciju un mehānismu izgatavošanu, lietošanu vai remontu, kā arī var veikt individuālo darbu. Lokmetinātājs metināšanā ar volframa elektrodu inertās gāzes vidē veic mazoglekļa un leģētā tērauda, krāsaino metālu un to sakausējumu detaļu, mezglu un konstrukciju metināšanu.

Pienākumi un uzdevumi

Pienākumi	Uzdevumi
1. Savienot metināšanas posteņa iekārtu, aparatūru un aprīkojumu.	1.1. Sakārtot darba vietu. 1.2. Uzlikt un nostiprināt inertās gāzes balonu uz metināšanas iekārtas ratiņiem vai uzlikt un nostiprināt to speciālajā balonam paredzētajā vietā. 1.3. Pievienot balona reduktoru, drošības vārstu un šļūteni inertās gāzes balonam. 1.4. Pievienot metināšanas turētāju un kabeli barotājavotam un detaļām. 1.5. Izvēlēties volframa elektroda marku un diametru saskaņā ar metināšanas strāvas veidu (līdzstrāva, maiņstrāva), metāla biezumu un pozīciju telpā. 1.6. Uzasināt volframa elektrodu saskaņā ar strāvas veidu. 1.7. Nostiprināt volframa elektrodu metināšanas turētājā.
2. Sagatavot detaļas un konstrukcijas metināšanai.	2.1. Noteikt tērauda metināmību saskaņā ar sertifikātā norādīto ķīmisko sastāvu. 2.2. Sagatavot instrumentus (atslēgas, skrūvgriežus, plakanknaibles, rokas elektroinstrumentus metāla griešanai un/vai slīpēšanai, nerūsējošā tērauda stieples suku metāla un šuves tīrīšanai, aizzīmēšanas adatu). 2.3. Cauruļu metināšanai sagatavot aizbāžņus un pievienot inertās gāzes šļūteni šuves saknes aizsardzībai. 2.4. Veikt metināmo detaļu malu sagatavošanu. 2.5. Salikt detaļas metināšanai (iespīlēšanas ierīcēs un/vai pieķert).
3. Veikt dažādu šuvju metināšanu.	3.1. Izvēlēties piedevstieples vai stieņa marku un diametru, metināšanas secību un metināšanas režīmus saskaņā ar metināšanas procedūras specifikāciju. 3.2. Ieregulēt izvēlētos metināšanas režīmus. 3.3. Veikt T-veida un stūrsavienojumu metināšanu apakšējās (PA, PB), vertikālās (PF) un horizontālās (PC) pozīcijās. 3.4. Veikt sadursavienojumu metināšanu apakšējās (PA) un vertikālajās (PF) pozīcijās (ar un bez malu noslīpinājuma). 3.5. Veikt T-veida savienojumu (caurule pie plāksnes) metināšanu apakšējā (PB) pozīcijā.

4. Veikt vizuālo metināto savienojumu šuvju kvalitātes pārbaudi.	4.1. Pārbaudīt vizuāli ar šuvmēru un/vai šabloniem šuves ģeometriskos izmērus. 4.2. Pārbaudīt vizuāli iegriezumus, uztecējumus, redzamās poras, necaurmetinājumus, caurdegumus ar un bez piekares, apdegumus, šļakatas un sārņus (plēves).
5. Lietot tehnisko dokumentāciju.	5.1. Lasīt metināto savienojumu un konstrukciju rasējumus. 5.2. Sastādīt vienkāršu detaļu un konstrukciju skices. 5.3. Ievērot EN standartus metināto savienojumu apzīmēšanai. 5.4. Strādāt ar metināšanas procedūras specifikāciju.
6. Ievērot darba aizsardzības un ugunsdrošības noteikumus.	6.1. Ievērot darba drošības un ugunsdrošības noteikumus (darbs augstumā, slēgtā telpā, ar traukiem, kuros glabājušies viegli uzliesmojoši šķidrumi, paaugstinātas ugunsbīstamības telpās). 6.2. Ievērot elektrodrošības noteikumus. 6.3. Sniegt pirmo palīdzību nelaimes gadījumos.

Īpašie faktori, kas raksturo darba vidi

- **Organizatoriskie** – nav.
- **Fizikālie** – paaugstināts trokšņu līmenis, fiziska slodze (darbs nemainīgā stāvoklī telpā).
- **Bioloģiskie** – nav.
- **Ķīmiskie** – metināšanas aerosoli; kaitīgi gāzu izdalījumi.

Īpašās prasības uzdevumu veikšanai

- vecums ne jaunāks par 18 gadiem (uzsākot patstāvīgu darbu);
- A (II kvalifikācijas grupa elektrodrošībā).

Prasmes

Kopīgās prasmes nozarē	Specifiskās prasmes profesijā	Vispārējās prasmes/spējas
• Noteikt metāla grupu, novērtēt metināmību. • Strādāt ar kontroles un mērinstrumentiem (šuvmēru, šabloniem, bīdmēru). • Lasīt rasējumus. • Sastādīt vienkāršu detaļu un konstrukciju skices. • Izmantot un kopt elektriskos un rokas instrumentus. • Ievērot darba drošības, elektrodrošības, ugunsdrošības un vides aizsardzības noteikumus.	• Saslēgt metināšanas posteņa iekārtu, aparatūru un aprīkojumu. • Izvēlēties nepieciešamo volframa elektroda marku un diametru. • Izvēlēties nepieciešamo piedevstieples vai stieņa marku un diametru. • Regulēt metināšanas darba režīmus. • Metināt lokšņu un cauruļu konstrukcijas apakšējā un vertikālajā pozīcijā. • Noteikt vizuāli metināto šuvju defektus, novērtēt un novērst tos.	• Komunicēšanās spējas. • Spēja strādāt komandā. • Pārbaudīt sava darba rezultātu. • Organizēt savu darba vietu. • Spēja sniegt pirmo palīdzību nelaimes gadījumos. • Spēja pašizglītoties. • Radoša pieeja darbam.

Izmantotā literatūra

1. *O. Pētersons.* Metālu metināšana, Rīga, Buts, 1999
2. *V. Ribakovs.* Loka un gāzes metināšana, Rīga, Zvaigzne, 1986.
3. *J. Gill, M.College.* Welding Basics, Outario, 1998.
4. *R.Killing.* Welding Processes and Thermal Cutting, Düsseldorf, 2001.
5. The procedure handbook of are welding. ISA, The Lincoln electric company, 1994.
6. Handbook on for maritime welders. Norway, Unitor. 8. edition.
7. *Juha Lukkari.* Hitsaus Ė tehniikka, Helsinki, opetushallitus, 1997.
8. Svetsstandard, personal och procedurer, Göteborg, 1996.
9. Svetsstandard, kvalitet, konstruktion ochsvetsbeteckningar, Göteborg, 1996.
10. Metallbag svetsning. Stockolm, 1983.
11. Fakta om TIG swestning. Hilding Johanson, Sweden, 1996.
12. TIG Handbook for GTAW – Gas Tungsten Arc Welding.
13. *В.Л. Лихачев.* Электросварка, Москва, 2004.
14. MIG/MAG metināšana. O. Pētersons, J. Priednieks, Rīga, 2005, AGA SIA.
15. TWI (World Centre for Materials Joining Technology) izziņas materiāls.
16. EN un ISO standarti metināšanā.
17. AGA welde datu bāze.
18. Firmu katalogi un prospekti (alfabētiskā kārtībā):
    - AGA (Zviedrija)
    - Binzel (Vācija)
    - Elga (Zviedrija)
    - ESAB (Zviedrija)
    - Froniuss (Austrija)
    - Kemppi (Somija)
    - Lincoln (ASV)
    - Messer (Vācija)
    - Migatronic (Dānija)
    - Oerlikon (Šveice)

Pielikums

Lappusīte iesācējam

Šuves veidošanas tehnikas, kad ar jaunu TIG iekārtu vienatnē "sēžu" garāžā. TIG grāmata izlasīta, iekārtas instrukcija zināma un piktogrammas uz displeja atpazīstamas.

---

1. vingrinājums

☺ - Mēs esam uzasinājuši elektrodu, sameklējuši tērauda plāksnīti, tuvinot elektrodu metālam, aizdedzinām elektrisko loku (jābūt ieslēgtai HF funkcijai). Ja elektrods apkūst, tātad esmu aizmirsis "atgriezt" aizsarggāzi! Tas pats notiks, ja ar elektrodu pieskarsies metināšanas vanniņai.

☹ - Asinām elektrodu!

☹ - Tuvinām elektrodu metālam, loks aizdegas, un metināšanas pistoli noturam attālumā, kas nodrošina stabilu loku un zem tā izveidojās metināšanas vanniņa – šķidrs metāls.

😐 - Virzot pistoli no labās puses uz kreiso **vērojam**, kā kopā ar elektrisko loku *pārvietojas šķidra metāla vanniņa,* ***nekādā gadījumā "nepazaudējam" to!!!***

☺ - Pistoli sākumā satveram ar abām rokām, pēc tam ar vienu roku. Vingrinājums ir apgūts, ja stabili "noturam" loku un kontrolējam šķidrā metāla vanniņas pārvietošanos.

2. vingrinājums

😐 - *Metināšana ir divu metālu sakausēšana.* Saliekam divas tērauda plāksnītes kopā un apkausējam to galus, pēc tam to pašu izdarām sadursavienojumā un pārlaidsavienojumā.

☺ - jo vienmērīgāk pistoli "vilksi", jo "glītāka" šuve.

3. vingrinājums

😐 - Paņemam metāla plāksnīti, labajā rokā turam pistoli otrā rokā piedevu materiāla stienīti. Atceramies – 1) vingrinājumu, tad ar stienīti viegli pieskaramies elektriskajam lokam, veidojas šķidra metāla pile, kura pievienojas metināšanas vanniņas šķidrajam metālam.

😐 - Rokas vadītais metāla stienītis elektriskajam lokam pieskaras ritmiski ar pārtraukumiem. Vērojam metāla piles veidošanos no stienīša un kā tā savienojas ar metināšanas vanniņu. Sāk veidoties šuve – valnītis pie valnīša. Varam nojaust, kas notiks, ja stienītis pieskarsies elektrodam….

☹ - Asinām elektrodu!

☺ - Pavingrinoties kādu brīdi, droši varam sakausēt divas metāla plāksnītes ar "piebarošanu".

Praktisko iemaņu pamatā ir treniņi, vērojumi un faktu analīze.

TIG metināšanā izmantojamo balonu krāsojums

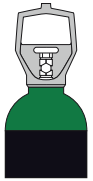
Plecu daļu krāso atbilstoši Eiropas standartam LVS EN 1089–3

Balona korpuss ir AGA standarta krāsā

MISON® Ar
Ar + 0.03% NO

MISON® H2
Ar + 2 % H_2 + 0.03% NO

MISON® N2
Ar + 1.8% N_2 + 30% He + 0.03% NO



Argons
Ar 4.0 (99.990% Ar)

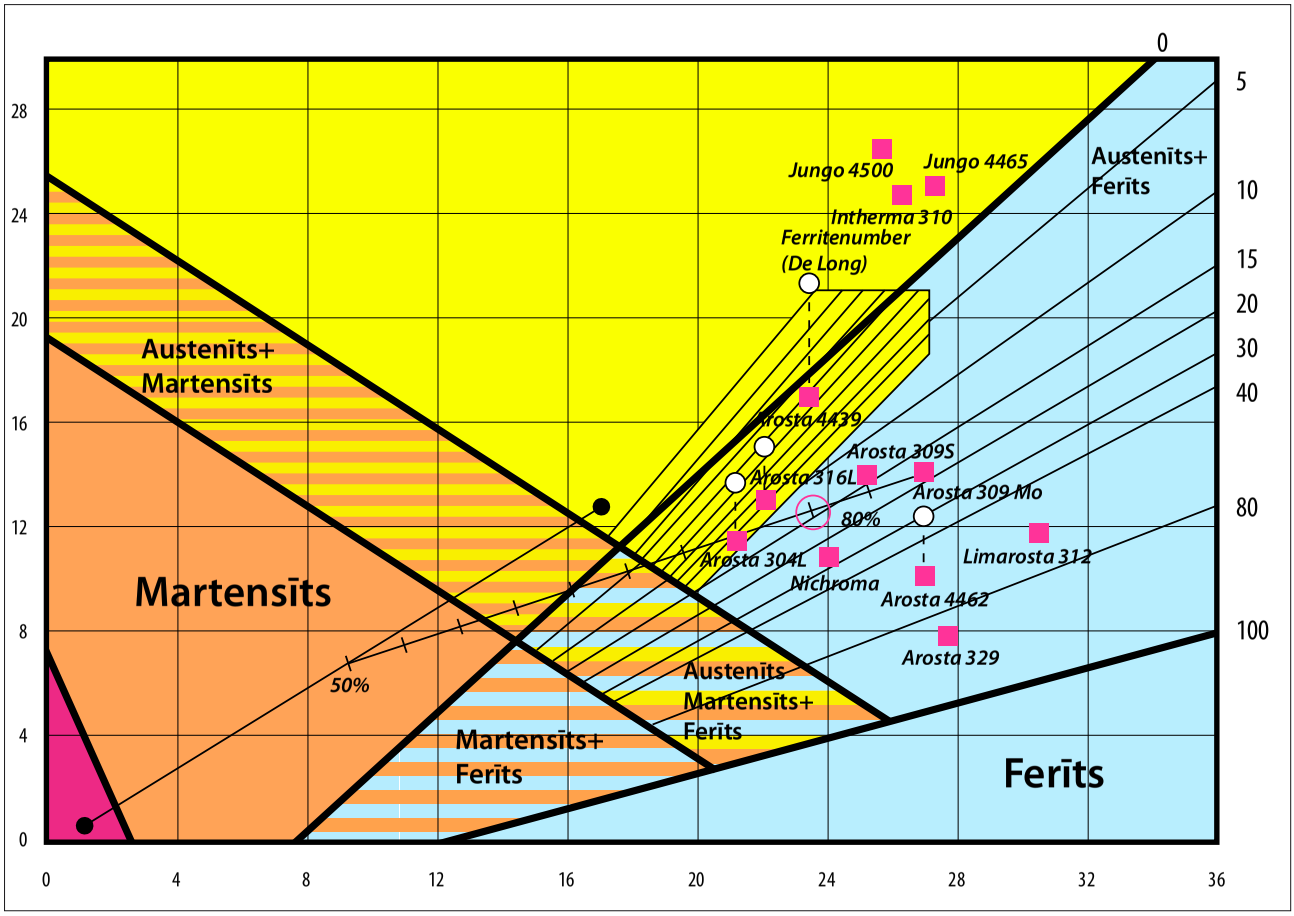
VARIGON® He50
Ar + 50% He

VARIGON® He70
Ar + 70% He

VARIGON® H5
Ar + 5% H_2

Hēlijs
He 4.6 (99.996% He)

FORMIER 10
N_2 + 10% H_2



10.1. zīm. Šuves metāla struktūru diagramma. (Šeflera diagramma)

Elektrodi

Apzīmējums	Sastāvs						Krāsa
	Oksīdu piedeva			Volframs %	Elektroda metāls un komentāri	Poloritāte	
	% (masa/masa)	Tips	Piemaisījums % (m/m)				
WP			≤ 0,20	99,8	Volframs *	Alumīnijam (AC)	zaļa
WT 4	0,35-0,55	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos	DC	zila
WT 10	0,80-1,20	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos	DC	dzeltena
WT 20	1,70-2,20	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos *	DC	sarkana
WT 30	2,80-3,20	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos	DC	violeta
WT 40	3,80-4,20	ThO_2	≤ 0,20	atlikums	Torija piedeva uzlabo elektriskā loka aizdegšanos	DC	oranža
WZ 3	0,15-0,50	ZrO_2	≤ 0,20	atlikums	Cirkonija piedeva - samazina elektroda eroziju, izdrupšanu, jo metinot alumīniju elektrods atrodās augstākā temperatūras vidē *	Alumīnijam (AC)	brūna
WZ 8	0,70-0,90	ZrO_2	≤ 0,20	atlikums	Cirkonija piedeva - samazina elektroda eroziju, izdrupšanu, jo metinot alumīniju elektrods atrodās augstākā temperatūras vidē	Alumīnijam (AC)	balta
WL 10	0,90-1,20	La_2O_3	≤ 0,20	atlikums	Lantāna piedeva - alternatīvs elektrodam ar torija piedevu. Viegli aizdegās elektriskais loks, mazs elektroda nodilums *	DC	melna
WC 20	1,80-2,20	CeO_2	≤ 0,20	atlikums	Cerija piedeva - alternatīvs elektrodam ar torija piedevu. Viegli aizdegās elektriskais loks, mazs elektroda nodilums *	DC	pelēka

** - ar šādu sastāvu elektrodi ir visbiežāk lietoti.*

Linde Gas | AGA

AGA ir uzņēmums, kas ne tikai pārzina gāzu tehnoloģijas, bet arī sniedz radošus risinājumus dažādu, pat ļoti atšķirīgu biznesu idejām.

Metālapstrādes, pārtikas, farmācijas, ķīmijas, būvniecības, medicīnas un daudzu citu industriju kompānijas jau veiksmīgi strādā ar AGA risinājumiem.

Laikā, kad ar vienkāršu ražošanu un uzcītīgu darbu ir par maz, biznesam nepieciešams jauns impulss. AGA ir uzņēmums, kas tehniskus risinājumus spēj pacelt radošā līmenī. Drošs, svaigs, elpojošs, tāds, kas nepārkarst, bet zeļ, – tāds var kļūt jūsu bizness, kam ar inovatīvu pieeju tiek piešķirta papildu vērtība.

AGA – idejas pārtop risinājumos

Ekonomisks bizness

Vai vajadzīgi lieli ledusskapji, lai atdzesētu saražoto produkciju?
Nebūt nē. Kvalitātes saglabāšanai un laika ekonomijai pirms iepakošanas tos iespējams ātri atdzesēt, izmantojot AGA piedāvātās iekārtas un tehnoloģijas ar šķidro slāpekli.

Drošs bizness

Vai varējāt iedomāties, ka viegli uzliesmojošus šķidrumus un pārtikas produktus var viegli pasargāt ar slāpekli?
Ar AGA inertēšanas tehnoloģiju ķīmijas industrijas produktus iespējams pasargāt no eksplozijas draudiem, bet pārtiku – no pāragras bojāšanās.

Veselīgs bizness

Vai metinātājiem dzert aspirīnu, lai izvairītos no galvas sāpēm, ko rada kaitīgā ozona izdalīšanās metināšanas laikā?
Protams, nē. Ja vien metināšanā tiek izmantotas īpašās aizsarggāzes MISON®, kas mazina kaitīgo vielu izdalīšanos apkārtējā vidē un tādējādi aizsargā metinājuma šuvi un metinātāju.

Bizness zeļ

Vai varat iedomāties, ka siltumnīcas augu ražību var vairot, paaugstinot oglekļa dioksīda līmeni?
CO_2 līmeņa paaugstināšana siltumnīcās ir metode, kā panākt, lai dārzeņi būtu izskatīgāki, aromātiskāki, garšīgāki un to raža lielāka.

Bizness ar garantiju

Kāds ir labs alus?
Dabīgs, garšīgs un ar garantiju.Pārtikas ogļskābā gāze BIOGON® zaļajos balonos ir garantija, ka ielietais alus ir tāds, kādu ražotājs to ir iecerējis sniegt galdā. Nekā lieka!

Bizness, kas nepārkarst

Ko darīt ar svaigām ogām karstā vasaras laikā, lai tās nezaudētu savu formu un garšu līdz pat ziemai? Protams, sasaldēt!
Ātrā sasaldēšana ar slāpekli netraumē produkta šūnas un rezultātā neveidojas nevēlamais atsaldētu produktu efekts.
Šādā veidā saldē ne tikai ogas, bet arī dārzeņus, zivis un citus produktus, veiksmīgi saglabājot to kvalitāti.

Bizness elpo

Skābekļa bads apdraud ūdens iemītnieku izdzīvošanu?
Viena no iespējām kā izvairīties no slāpšanas ir atjaunot ūdens vidi, bagātinot to ar skābekli.Tādēļ ir izveidota īpaša tehnoloģija, ar ko iespējams zivis pasargāt no skābekļa bada, kā arī uzlabot ūdens sastāvu, kas cietis no bioloģiskā piesārņojuma.

Biznesa perspektīva

Vai tiešām savu laiku nokalpojušās riepas vienmēr tiek sadedzinātas, kaitējot apkārtējai videi?
AGA zina tehnoloģiju, kā pārstrādāt riepas videi draudzīgā veidā - izmantojot šķidro slāpekli, vecās riepas tiek sadrupinātas un vēlāk iegūta augstvērtīga izejviela citu produktu ražošanai.

Pasargāts bizness

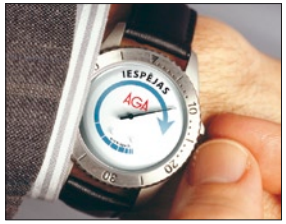
Vai varējāt iedomāties, ka viegli uzliesmojošus šķidrumus un pārtikas produktus var viegli pasargāt ar slāpekli?
Ar AGA inertēšanas tehnoloģiju ķīmijas industrijas produktus iespējams pasargāt no eksplozijas draudiem, bet pārtiku – no pāragras bojāšanās.

Svaigs bizness

Ilgāk svaigs?
Augsta pārtikas produktu kvalitāte un ilgāks to uzglabāšanas laiks tiek panākts ar speciālu tehnoloģiju MAPAX®, kas pārtiku iesaiņo aizsargatmosfērā, saglabājot ilgāk svaigu. Siers, gaļa, dārzeņi, zaļumi, sviestmaizes nebojājas tik strauji kā vaļējā veidā un saglabā savu svaigumu un dabīgumu.

Bizness ar "odziņu"

Vai dzēriens var būt ne tikai atspirdzinošs, bet arī noslēpumaini izskatīties?
Var, jo sausais ledus īpašajās "SpaceCup" glāzītēs atvēsinās dzērienus un piedos lielisku gaisotni jubilejās un dažādos svētkos.



Bizness jaunām iespējām

Vai dažkārt nešķiet, ka Jūsu pulkstenis tikšķ pārāk lēni?
Mēs visi vēlamies, lai tas ietu vienā ritmā ar laiku. Strādāsim kopā, lai jūsu bizness būtu drošs, svaigs, elpojošs, tāds, kas nepārkarst, bet zeļ. Ar vienu vārdu – perspektīvs!

veselīgs bizness

Vai metinātājiem jādzer aspirīns, lai izvairītos no galvas sāpēm, ko rada kaitīgā ozona izdalīšanās metināšanas laikā?

Nē. Ja metināšanā tiek izmantota MISON® aizsarggāze, tad metinātāja gandarījums par darbu būs pilnīgs – tīras šuves un nesāpēs galva.

Parasti, lai palielinātu metinātāja darba ražīgumu, metināšanas gāzu maisījumā tiek samazināts CO_2 daudzums, tomēr tas veicina ozona koncentrācijas veidošanos. Ozons, kas atrodas aptuveni 30 km augstumā virs zemes, aizsargā visu dzīvo radību no ultravioletajiem stariem, bet uz zemes tā ir viena no kaitīgākajām gāzēm – 350 reižu toksiskāka par tvana gāzi. Pastāvīgs nogurums, galvas sāpes, koordinācijas zudums un sāpes sirds rajonā ir simptomi, kas norāda uz saindēšanos ar ozonu. Lai no tā izvairītos, lielā daļā gadījumu tiek lietota ventilēšanas metode. AGA ir radījis jaunu līdzekli – aizsarggāzi MISON®, kas šo problēmu atrisina vēl tās cēlonī. MISON® ļauj palielināt metināšanas ātrumu un kvalitāti, ozonu neitralizē tās sastāvā esošais slāpekļa monoksīds – $O_3+NO=O_2+NO_2$.

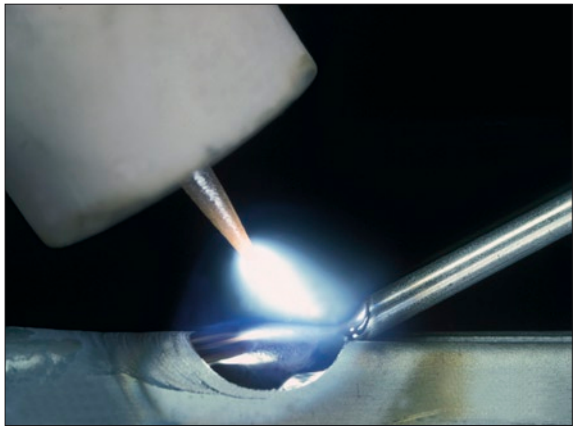
Šis ir tikai viens piemērs, kā AGA klienta idejām piemeklē inovatīvus risinājumus, kas palīdz efektīvi realizēt biznesa ieceres. Varbūt arī Jums ir kāda iecere?

TIG – METINĀŠANA AR NEKŪSTOŠO VOLFRAMA ELEKTRODU

Mērķauditorija
Apmācības kurss ir paredzēts dažādu metālapstrādes uzņēmumu metinātājiem, kuru darba pienākumos ietilpst metināšanas procesi, kā arī vidējā līmeņa vadītājiem, kas atbild par ražošanu.

Apmācības mērķis
Papildināt klienta darbinieku kompetenci un pieredzi metināšanā ar nekūstošu volframa elektrodu. Izskaidrot pareizas aizsarggāzes un režīmu izvēli.

Saturs
- TIG metināšanas pielietojums;
- TIG shēma;
- metināšanas metodika;
- pareiza elektroda diametra izvēle;
- aizsarggāzes sprauslas;
- elektrodu izvēle;
- elektroda leņķi;
- saknes aizsardzība;
- volframa elektrodi;
- strāvas stiprums, kas nepieciešams, lai sametinātu 1mm biezu materiālu;
- elektroda asinājuma garums,
- metināšanas aizsarggāzes;
- darba drošība metināšanas.



Metodika
Kursa pamatā ir uzņēmuma AGA izstrādāta apmācību programma, kas ietver videomateriālu un slaidus.

Kursa vērtība
Apmācība tiek piedāvāta grupām, kuru maksimālais dalībnieku skaits ir 15 personas. Kursa ilgums ir 6 stundas. Apmācības ir maksas pakalpojums.

WELDONOVA®

Ja vēlaties pasūtīt šo apmācību, lūdzam kontaktēties ar AGA SIA klientu servisa centru vai tirdzniecības pārstāvjiem. Tālr. 80005005.

PUSAUTOMĀTISKĀ (MIG/MAG) METINĀŠANA

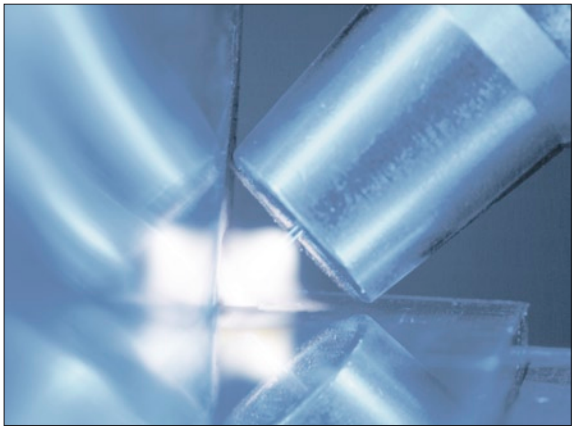
Mērķauditorija

Apmācības kurss ir paredzēts dažādu metālapstrādes uzņēmumu metinātājiem, kuru darba pienākumos ietilpst pusautomātiskā metināšana, kā arī vidējā līmeņa vadītājiem, kas atbild par ražošanu.

Apmācības mērķis

Papildināt klienta darbinieku kompetenci un pieredzi pusautomātiskajā metināšanā. Izskaidrot pareizas aizsarggāzes un režīmu izvēli.

Saturs



- pusautomātiskās metināšanas pamatprincipi;
- izpratne par metināšanas procesu un loku veidiem;
- metināšanas parametru izvēle un to savstarpēja mijiedarbība;
- aizsarggāzu veidi un to pareizā izvēle;
- defekti pusautomātiskajā metināšanā un to cēloņi;
- defektu novēršana;
- darba apstākļu uzlabošana, strādājot ar MISON® grupas aizsarggāzēm;
- praktiski padomi un ieteikumi;
- norādījumi par defektu kvalitātes līmeņiem saskaņā ar EN 25817

Metodika

Kursa pamatā ir AGA AB izstrādāta apmācību programma, kas ietver videomateriālu un slaidus. Veiksmīgi nokārtojot zināšanu pārbaudi, kursa dalībnieki saņem sertifikātus.

Kursa vērtība

Apmācība tiek piedāvāta grupām, kuru maksimālais dalībnieku skaits ir 15 personas. Kursa ilgums ir 5 stundas. Apmācības ir maksas pakalpojums.

WELDONOVA®

Ja vēlaties pasūtīt šo apmācību, lūdzam kontaktēties ar AGA SIA klientu servisa centru vai tirdzniecības pārstāvjiem. Tālr. 80005005.