



I.1.06

Suvirinimas apsauginėse dujose. Įvadas

IWE

Turinys

1.	Suvirinime naudojamos dujos	3
2.	Dujų gamyba, transportavimas ir saugojimas.....	5
3.	Dujų charakteristikos.	7
4.	Lankinio suvirinimo ir pjovimo dujų skirstymas pagal LST EN 439	11

Literatūros sąrašas.....	12
--------------------------	----

I. 1.06 Suvirinimas apsauginėse dujose. Įvadas

Paruošė: I. Gedzevičius

Vilnius
2007

1. Suvirinime naudojamos dujos

Apsauginių dujų pagrindinė paskirtis – užtikrinti suvirinimo zonos apsaugą nuo aplinkos oro poveikio. Be to, parenkant apsauginės dujas, reikia įvertinti tokius kriterijus, kaip lanko degimo stabilumas, poveikis suvirinimo zonos įkaitinimo intensyvumui ir, be abejoj, dujų kaina. Naudojamas apsaugai dujas galima suskirstyti į tris grupes: aktyviosios, inertinės ir jų mišiniai.

Aktyviosios apsauginės dujos – tai dujos, galinčios užtikrinti patikimą apsaugą ir kartu reaguojančios su suvirinamu metalu ir tirpstančios jame. Suvirinant plieną naudojamos CO_2 dujos. Šios dujos efektyviai apsaugo suvirinimo zoną nuo atmosferos poveikio ir užkirsta kelią suvirinamo metalo įsisotinimui azotu. Šių dujų pagrindinis privalumas – jų pigumas. Tačiau anglies dvideginis reaguodamas su vonelės metalu oksiduoja jį ir įsotina anglimi. Šių procesų rezultatas – padidėjęs siūlės metalo poringumas ir sumažėjusios mechaninės savybės. Tokių trūkumų galima išvengti, naudojant tam tikros sudėties (siliciomanganinę) elektrodingą vielą. Tačiau yra dar vienas trūkumas: suvirinant CO_2 apsaugoje labai sunku pasiekti srovinį metalo pernešimą ir net naudojant atvirkščio poliškumo didelio tankio elektros srovę yra padidėjęs metalo ištaškymas. Išlekiantys iš suvirinimo zonos išlydyto metalo lašeliai prilimpa arba prisivirina prie suvirinamos detalės paviršiaus, degiklio antgalio ir t.t.. Tai pablogina vielos ir apsauginių dujų tiekimą bei sugadina gaminio išvaizdą, sumažėja prilijimo koeficientas, padidėja išlaidos, kadangi reikia papildomai valyti siūlę ir gaminį po suvirinimo, sumažėja proceso našumas.

Inertinės dujos – tai dujos, kurios chemiškai nereaguoja su suvirinamais metalais ir praktiškai juose netirpsta. Iš inertinių dujų suvirinimui naudojami argonas, helis ir jų mišiniai.

Argonas yra sunkesnis už orą, todėl užtikrina gerą suvirinimo zonos apsaugą.

Helis, kaip ir argonas, chemiškai inertiškas, bet palyginus su argonu užtikrina intensyvesnį suvirinimo zonos įkaitinimą. Tačiau helis lengvesnis už orą. Tai apsunkina suvirinimo vonelės apsaugą ir reikalauja gerokai didesnių apsauginių dujų sąnaudų. Be to, helis labai brangus, todėl jo panaudojimas konstrukcinių plienų suvirinimui neracionalus.

Inertinių dujų mišiniai nors užtikrina patikimą apsaugą, tačiau taip pat yra labai brangūs.

Dėl daugelio technologinių privalumų konstrukcinių plienų suvirinimui plačiausiai naudojami inertinių ir aktyviųjų dujų mišiniai. Palyginus su aktyviomis dujomis, mišiniai mažiau reaguoja su suvirinamų metalų, tačiau užtikrina stabilų lanko degimą ir palankų išlydyto metalo pernešimą. Palyginus su grynu argonu, dujų mišiniai turi privalumų suvirinant konstrukcinius plienus.

Nustatyta, kad virinant lydytuoju elektrodu, geriausios proceso charakteristikos pasiekiamos esant nuolatinei atvirkščio poliškumo srovei. Tačiau naudojant gryną argoną katodinės dėmės padėtis gaminio paviršiuje yra nestabili ir gaunamos blogai suformuotos siūlės. Nedideli deguonies ir kitų oksiduojančių dujų kiekiai gerokai padidina lanko degimo stabilumą ir siūlių formavimą. Deguonis lanko stulpo atmosferoje užtikrina smulkialašelinį metalo pernešimą, sumažindamas išlydyto metalo paviršiaus įtempius ir didindamas suvirinimo greitį, t.y. darbo našumą. Lyginant su suvirinimu CO_2 aplinkoje, dujų mišinio panaudojimas taip pat leidžia padidinti siūlės smūginį tįsumą, sumažinti ištaškymą ir dėl mažo šlakų kiekio gauti gražias siūles be papildomo valymo. Be to, pigus anglies dvideginis ir deguonis sumažina mišinio kainą. Todėl plienų suvirinimui racionalu pasirinkti argono mišinius su deguonimi ir CO_2 .

Suvirinimui dažniausiai naudojamas argonas. Argonas yra vienaatomė bespalvė, neturinčios kvapo inertinės dujos, nereaguojančios chemiškai su kitais elementais. Argonas gaunamas kaip pašalinis produktas, išskiriant iš oro deguonį ir azotą. Argone paprastai yra azoto, deguonies anglies dioksido ir drėgmės priemaišų, nuo kurių blogėja privirinto metalo savybės. Plienų suvirinimui naudojant gryną argoną kaip apsauginės dujas, pasireiškia nestabilumas, katodinės dėmės ant suvirinamo gaminio paviršiaus.

Aktyviosios dujos – tai tokios dujos, kurios ne tik saugo suvirinimo vonelę nuo oro, bet ir chemiškai reaguoja su suvirinamuoju metalu arba fiziškai jame ištirpsta. Dažniausiai suvirinimui naudojamas anglies dioksidas. Naudojant anglies dioksidą galimas porų atsiradimas, didesnis metalo ištaškymas. Elektrodo iškyšos iš antgalio ilgis turi didelę reikšmę suvirinimo stabilumui ir siūlės kokybei. Pailginus iškyšą, lankas yra mažiau stabilus, blogiau formuojasi siūlė ir daugiau išsitaško metalo. Esant labai mažai elektrodo iškyšai, sunku stebėti suvirinimo procesą. Anglies dioksidas sunkesnis už orą, todėl nusėda apatinių patalpų, kur dirba žmonės, oro sluoksniuose, todėl reikia įrengti gerą ventilaciją.

Kadangi ir inertinės, ir aktyvios dujos turi trūkumų geriausia rinktis jų mišinį. Inertinių ir aktyviųjų dujų mišiniai plačiai naudojami plienų suvirinimui lydziaisiais elektrodais, pirmiausia atsižvelgiant į jų technologiją. Lyginant su aktyviomis dujomis, mišinio cheminis poveikis metalo suvirinimo vonelėi yra

mažesnis, didelis lankinio proceso pastovumas, tai patogesnis būdas pernešti elektrodo metalą per lanką. Nedidelis kiekis deguonies argone gerina lanko degimo pastovumą, gerina suvirinimo darbų kokybę. Deguonies buvimas lanko atmosferoje padeda smulkesniais lašeliais pernešti elektrodo metalą. Deguonis reikšmingai sumažina paviršinius įtempius, sumažina atskirų metalo lašų susidarymą ir sumažina jų dydį.

Plačiausiai naudojamos apsauginės dujos yra argonas. Jos saugo skysto metalo vonelę nuo kenksmingo atmosferos poveikio. Pagal sudėtį argonas yra pirmos rūšies. Jis pristatomas balionais. Argono dujų sudėtis pateikiama 1 lentelėje.

1 lentelė. Argono dujų sudėtis

Dujų pavadinimas	Aukščiausios rūšies sudėtis %	Pirmos rūšies sudėtis %
Argonas	Ne mažiau kaip 99,99	Ne mažiau kaip 99,98
Deguonis	Ne mažiau kaip 0,0007	Ne mažiau kaip 0,002
Azotas	Ne mažiau kaip 0,006	Ne mažiau kaip 0,01
Drėgnė $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ esant normaliam slėgiui	Ne mažiau kaip 0,007	Ne mažiau kaip 0,01

2. lentelė. Naudojamų suvirinimui apsauginių dujų savybės

Dujos	Santykinė atominė masė	Santykinė molekulinė masė	Tankis prie 0°C ir 760 mm g. st. 10^3	Virimo temp., $^\circ\text{C}$	Šilumos laidumo koef., $\text{kal}^\circ/(\text{cm} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{s})$	Šilumos mlumas prie 0°C , $\text{kal}(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$
Ar	39,948	-	1,7833	-183,5	$0,378 \cdot 10^{-4}$	0,125
He	4,003	-	0,17847	-268,9	$3,32 \cdot 10^{-4}$	1,251
H	1,008	2,016	0,08988	-239	$4,72 \cdot 10^{-4}$	3,40
N	14,008	28,016	1,231	-196	$0,580 \cdot 10^{-4}$	0,248
O	15,999	31,998	1,429	-183	$0,62 \cdot 10^{-4}$	0,219
CO_2	-	44,009	1,977	-78,9	$0,380 \cdot 10^{-4}$	0,196

1.1.06	Suvirinimas apsauginėse dujose	IWE
--------	--------------------------------	-----

2. Dujų gamyba, transportavimas ir saugojimas

Oro dujos tai - azotas, deguonis ir argonas. Yra du pagrindiniai oro dujų gamybos būdai:

1. Pats paprasčiausias oro dujų gamybos būdas - skysto oro distiliacija maždaug -175°C temperatūroje. Tai yra vadinama kriogenine technologija. Taip, Lietuvoje oro skaidymo būdu gaminamas deguonis.

Oro skaidymo būdas.

Oro skaidymo technologinė linija gali būti įvairi, tačiau veikimo principas yra panašus:

1. Oras imamas iš aplinkos ir filtru išvalomas nuo dulkių ir vandens lašelių.
2. Oras suspaudžiamas kompresoriumi, kad slėgis būtų apytiksliai 6 kartus didesnis, nei atmosferoje. Spaudžiamas oras įkaista.
3. Šaldytuve oras atvėsinaamas iki maždaug $+5^{\circ}\text{C}$.
4. Molekuliniu sietu iš oro atskiriami garai ir anglies dioksidas bei kai kurie angliavandeniniai.
5. Panaudojant šilumokaitį ir tarpinį indą, išgrynintos, suspaustos ir atvėsintos dujos šaldomos toliau iki maždaug -175°C . (5 barų slėgyje), kur jos kondensuojasi. (Tarpinis indas dujas atšaldo.)
6. Oro skaidymo kolona susideda iš dviejų dalių. Skystas oras patenka į apatinę kolonos dalį. Deguonis išleidžiamas per kolonos dalies apatinės dalies viršų.

II. Kitas būdas - oro atskyrimas ar absorbciniu metodu, naudojant molekulinis sietus.

Kitų dujų gamyba:

Azoto suboksidas išgaunamas iš amonio salietros (NH_4NO_3), kuri pakaitinta reaktoriuje suskyla į azoto suboksido ir vandens.

Anglies dioksidas dažniausiai gaunamas iš šiluminių produktų, kurie gaunami cheminių anglies junginių degimo, fermentacijos arba oksidacijos metu. Anglies dioksidas taip pat gali būti išgaunamas iš nuosėdų.

Acetilenas gaminamas dujų generatoriuje, vykstant reakcijai tarp kalcio karbido ir vandens.

Dujų balionų transportavimas ir saugojimas

Dujų balionai transportuojami iš pildymo stočių, sandėlių ir distributorių jų klientams. Norint išvengti balionų užteršimo oru, rekomenduojama, kad balionai nebūtų ištuštinami visiškai, bet grąžinami distributoriui dar turintys nedidelį likutinį slėgį.

Dėl acetileno balionų fizinių savybių, juos ištuštinus, juose visuomet liks šiek tiek acetileno. Todėl reikia traktuoti, kad dujų balionuose visuomet bus šių dujų, net juos ir ištuštinus.

Pagrindinis dalykas, gabenant dujų balionus, yra išvengti dujų praleidimų. Praleidimas gali lengvai atsirasti transportavimo metu dėl netinkamo balionų tvirtinimo.

Pavojų pavyzdžiai:

- Užsidegimas / sprogimas
- Uždusimas
- Didelis užsidegimas dėl deguonies patekimo
- Toksikologinis ar ardančios dujos gali būti labai kenksmingos

Transportavimas:

Transportuojant dujų balionus - pilnus ar tuščius - nepriklausomai nuo to, kokios jose gali būti dujos, svarbu užtikrinti, kad neatsirasų nutekėjimas. Dėl šios priežasties balionų ventiliai turi būti tvirtai uždaryti. Jei reikia (priklausomai nuo dujų rūšių), turi būti naudojamos dujomis atsparios tarpinės ar izoliuojančios veržlės, kuriomis užtikrinama papildoma apsauga tuo atveju, jei atsitiktinai atsidarytų balionų ventiliai. Ventilių apsauginiai gaubtai turi būti užsukti, išskyrus atvejų, kai naudojami "fiksuoti gaubtai".

Ventilio apsauginio gaubto paskirtis yra užkirsti kelią atsitiktiniam ventilio atsidarymui nuo kitų daiktų poveikio. Jei balionai apvirsta ar į juos atsitreškia sunkūs daiktai, atsiras pavojus, kad ventilis bus nudaužtas. Tokiais atvejais be nevaldomo dujų nutekėjimo atsiras ir rizika būti partrenktam paties baliono ar ventilio. Ypač didelio slėgio balionų atveju, skrandantieji daiktai taps mirtino poveikio šoviniiais.

1.1.06	Suvirinimas apsauginėse dujose	IWE
--------	--------------------------------	-----

Kai kuriose šalyse draudžiama dujų balionus pervežti asmeniniais automobiliais ar bet kokiomis uždaramis transporto priemonėmis todėl, kad net mažas dujų nuotėkis gali sukelti katastrofiškas pasekmes. Degių dujų atveju akivaizdi yra sprogimo rizika, tačiau kitų dujų transportavimas uždaramis transporto priemonėmis taip pat gali būti labai pavojingas.

- Deguonis gali sukelti didelį sprogimą
- Inertinės dujos gali uždusinti
- Toksinės ar ardančios dujos gali būti labai kenksmingos

Svarbūs patarimai vartotojams, transportuojant dujų balionus:

- Uždarykite balionų ventilius
- Atjunkite reguliatorius su žarnomis nuo balionų
- Pasitikrinkite, ar nėra dujų nutekėjimo ir nepamirškite aklės
- Jei yra atskiras ventilio apsauginis gaubtas, jį uždekite
- Dujų balionai turi būti transportuojami atviruose automobiliuose ar priekabose
- Sukraukite balionus taip, kad jie nesusikonsoliduotų kurioje nors vienoje automobilio pusėje.
- Transportavimo metu balionus reikia tvirtai prišti diržais.
- Pervežant toksines dujas taikomos papildomos saugos priemonės!

Jei, nekreipdamas dėmesio į rekomendacijas, vartotojas galvoja, kad turi transportuoti dujų balionus uždaroje transporto priemonėje, pvz. savo automobilio bagažinėje, turi būti laikomasi šių papildomų saugos priemonių:

- Gaukite ir uždekite gerai priveržiamą aklę ir ją uždarykite ventilio prijungimo atvamzdį;
- Gerai pasitikrinkite, tikrindami nutekėjimus aptinkančiu purškikliu, kad nebūtų jokio nutekėjimo;
- Palikite savo bagažinės dangtį šiek tiek pravirą ir užtikrinkite, kad jis vežant neuždarytų.

Nelaikykite balionų automobilyje ilgai;

- Niekada nerūkykite transportavimo metu;

- Atvykę iškart iškraukite balionus ir perneškite juos į saugią ir gerai vėdinamą vietą.

Balionų laikymas vartotojo patalpose:

Nenaudojant, dujų balionus reikia atjungti. Juos reikia saugoti specialiai paskirtoje vietoje, pageidautina netoli durų, vedančių į lauką. Gera praktika yra vesti įrašus apie saugomų balionų skaičių ir dujų tipą, kadangi tai padėtų avarinės situacijos atveju. Tokio pastato, dirbtuvės ar saugojimo pastogės išorėje turėtų būti ženklas, aiškiai nurodantis dujų balionų buvimą, jei juos reikėtų išnešti gaisro atveju. Ypač laikant dujų balionus atskiroje pastogėje ar kitokiame priestate, pvz. konteineryje, būtina užtikrinti gerą natūralią ventiliaciją. Tai reiškia, kad tiek lubose, tiek ir prie grindų turi būti ventiliacinės angos. Nepamirškite, kad kai kurios dujos sunkesnės už orą.

Venkite laikyti balionus netoli didelės kaitros šaltinių, lengvai užsidegančių medžiagų ar kitų pavojų veiksmų. Nelaikykite dujų balionų taip, kad jie užkirstų kelią į avarinius išėjimus ar priėjimus, prie gaisrų gesinimo įrangos.

Darbo vietose galima laikyti tik darbui atlikti reikiamų balionų skaičių. Saugokite balionus nuo griuvimo, kad dujų balionų nenuverstų transporto priemonės.

1.1.06	Suvirinimas apsauginėse dujos	IWE
--------	-------------------------------	-----

3. Dujų charakteristikos.

MISON2,8,18 (AGA žymėjimas)

Cheminė formulė: Ar, CO₂ mišinys su NO pėdsakais

Komponentai/Priemaišos:

Argonas (Ar): 81,97 - 99,97 Vol.-%

Anglies dioksidas (CO₂): 2-18 Vol.-%

Azoto oksidas (NO): ≤ 300 ppm

Pavojai

Suspaustos dujos.

Esant didelei koncentracijai, gali sukelti dusulį.

FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS

Molekulinė masė: 40 (Ar), 44 (CO₂), 30 (NO)

Tirpimo temperatūra: -189°C (Ar), -164°C (NO)

Virimo temperatūra: -186°C (Ar), -78°C (CO₂), -152°C (NO)

Kritinė temperatūra: -122°C (Ar), 31°C (CO₂), -93°C (NO)

Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 1,38 (Ar), 1,52 (CO₂), 1 (NO)

Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): netaikytinas.

Garų slėgis 20°C: netaikytinas.

Tirpumas vandenyje (mg/l): 61 (Ar), 67 (NO)

Spalva: bespalvės dujos

Kvapų: bekvapės

Kiti duomenys

Dujos/garai sunkesni už orą. Gali kauptis uždarose erdvėse, ypač palei žemę arba žemiau jos lygio.

Stabilumas ir reaktyvumas

Normaliomis sąlygomis stabilus.

ANGLIES DIOKSIDAS

Produkto pavadinimas: Anglies dioksidas, BIOGON C (AGA žymėjimas)

Cheminė formulė: CO₂

Pavojai

Suskystintos dujos.

Esant didelei koncentracijai, gali sukelti dusulį.

Sąlytyje skysta fazė gali sukelti nušalimus.

FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS

Molekulinė masė: 44

Tirpimo temperatūra: -56,6°C

Virimo temperatūra: -78,5(s)°C

Kritinė temperatūra: 30°C

Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 1,52

Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): 0,82

Garų slėgis 20°C: 57,3 bar

Tirpumas vandenyje (mg/l): 2000

Spalva: bespalvės dujos

Kvapų: bekvapės

Kiti duomenys

Dujos/garai sunkesni už orą. Gali kauptis uždarose erdvėse, ypač palei žemę arba žemiau jos lygio.

Stabilumas ir reaktyvumas

Normaliomis sąlygomis stabilus.

HELIS

Produkto pavadinimas: HELIS

Cheminė formulė: He

Pavojai

1.1.06	Suvirinimas apsauginėse dujos	IWE
--------	-------------------------------	-----

Suspaustos dujos.

Esant didelei koncentracijai, gali sukelti dusulį.

FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS

Molekulinė masė: 4

Tirpimo temperatūra: netaikytina

Virimo temperatūra: -269°C

Kritinė temperatūra: -268°C

Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 0,14

Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): netaikytinas

Garų slėgis 20°C: netaikytinas

Tirpumas vandenyje (mg/l): 1,5

Spalva: bespalvės dujos

Kvapų: bekvapės

Stabilumas ir reaktyvumas

Normaliomis sąlygomis stabilus.

DEGUONIS

Produkto pavadinimas: DEGUONIS

Cheminė formulė: O₂

Pavojai

Suspaustos dujos.

Oksidatorius. Sustiprina degimą. Audringai reaguoja sąveikoje su degiomis medžiagomis.

FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS

Molekulinė masė: 32

Tirpimo temperatūra: -219°C

Virimo temperatūra: -183°C

Kritinė temperatūra: -118°C

Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 1,1

Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): 1,1

Garų slėgis 20°C: netaikytinas

Tirpumas vandenyje (mg/l): 39

Spalva: bespalvės dujos

Kvapų: bekvapės

Savaiminio užsidegimo temperatūra: nedegus

Degimo ribos: oksidatorius

Kiti duomenys

Dujos/garai sunkesni už orą. Gali kauptis uždarose erdvėse, ypač palei žemę arba žemiau jos lygio.

Stabilumas ir reaktyvumas

Audringai reaguoja sąveikoje su degiomis, redukuojančiomis ir organinėmis medžiagomis.

AZOTAS

Produkto pavadinimas: AZOTAS

Cheminė formulė: N₂

Pavojai

Suspaustos dujos.

Esant didelei koncentracijai, gali sukelti dusulį.

FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS

Molekulinė masė: 28

Tirpimo temperatūra: -210°C

Virimo temperatūra: -196°C

Kritinė temperatūra: -147°C

Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 0,97

Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): netaikytinas

Garų slėgis 20°C: netaikytinas

Tirpumas vandenyje (mg/l): 20

1.1.06	Suvirinimas apsauginėse dujose	IWE
--------	--------------------------------	-----

Spalva: bespalvės dujos
Kvapas: bekvapės
Stabilumas ir reaktyvumas
 Normaliomis sąlygomis stabilus.

ARGONAS

Produkto pavadinimas: ARGONAS
Cheminė formulė: Ar
Pavojai
 Suspaustos dujos.
 Esant didelei koncentracijai, gali sukelti dusulį.
FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS
Molekulinė masė: 40
Tirpimo temperatūra: -189°C
Virimo temperatūra: -186°C
Kritinė temperatūra: -122°C
Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 1,38
Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): netaikytinas
Garų slėgis 20°C: netaikytinas
Tirpumas vandenyje (mg/l): 61
Spalva: bespalvės dujos
Kvapas: bekvapės
Kiti duomenys
 Dujos/garai sunkesni už orą. Gali kauptis uždarose erdvėse, ypač palei žemę arba žemiau jos lygio.
Stabilumas ir reaktyvumas
 Normaliomis sąlygomis stabilus.

AZOTO SUBOKSIDAS

Produkto pavadinimas: Azoto suboksidas
Cheminė formulė: N₂O
Pavojai
 Suskystintos dujos.
 Oksidatorius. Labai skatina degimą. Audringai reaguoja sąveikoje su degiomis medžiagomis.
FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS
Molekulinė masė: 44
Tirpimo temperatūra: -90,81°C
Virimo temperatūra: -88,5°C
Kritinė temperatūra: 36,4°C
Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 1,5
Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): 1,2
Garų slėgis 20°C: 50,8 baro
Tirpumas vandenyje (mg/l): 2,2
Spalva: bespalvės dujos
Kvapas: salsvas. Jei koncentracija maža, kvapas beveik nejaučiamas
Savaiminio užsidegimo temperatūra: savaimė neužsidega
Degimo kategorija: oksidatorius
Kiti duomenys
 Dujos/garai sunkesni už orą. Gali kauptis uždarose erdvėse, ypač palei žemę arba žemiau jos lygio.
Stabilumas ir reaktyvumas
 Gali aktyviai reaguoti su degiomis medžiagomis.
 Produkto terminio irimo metu susidaro toksiškos medžiagos, kurios drėgnoje aplinkoje gali tapti korozinėmis.
 Gali aktyviai reaguoti su reduktoriais.
 Aktyviai oksiduoja organines medžiagas.

1.1.06	Suvirinimas apsauginėse dujose	IWE
--------	--------------------------------	-----

PROPANAS

Produkto pavadinimas: Propanas
Cheminė formulė: C₃H₈
Pavojai
 Suskystintos dujos. Labai degios.
FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS
Molekulinė masė: 44
Tirpimo temperatūra: -188°C
Virimo temperatūra: -42,1°C
Kritinė temperatūra: 97°C
Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 1,5
Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): 0,58
Garų slėgis 20°C: 8,3 baro
Tirpumas vandenyje (mg/l): 75
Spalva: bespalvės dujos
Kvapas: saldokas. Jei koncentracija maža, kvapas beveik nejaučiamas. Dažnai pridedama dvokiančių priemaišų
Savaiminio užsidegimo temperatūra: 470°C
Degimo ribos: 2,2-9,5 tūrio % ore
Kiti duomenys
 Dujos/garai sunkesni už orą. Gali kauptis uždarose erdvėse, ypač palei žemę arba žemiau jos lygio.
Stabilumas ir reaktyvumas
 Reaguodamas su oru gali sudaryti sprogus mišinius. Labai smarkiai reaguoja su oksidatoriais.

ACETILENAS (ištirpintas)

Produkto pavadinimas: Acetilenas (ištirpintas)
Cheminė formulė: C₂H₂
Pavojai
 Ištirpintos dujos.
 Labai degus.
FIZINĖS IR CHEMINĖS SAVYBĖS
Molekulinė masė: 26
Tirpimo temperatūra: -80,8°C
Virimo temperatūra: -84(s)°C
Kritinė temperatūra: 35°C
Santykinis tankis, dujos (oras = 1): 0,9
Santykinis tankis, skystis (vanduo = 1): netaikytinas
Garų slėgis 20°C: 44 barai
Tirpumas vandenyje (mg/l): 1185
Spalva: bespalvės dujos
Kvapas: panašus į česnako. Jei koncentracija maža, kvapas beveik nejaučiamas
Savaiminio užsidegimo temperatūra: 325°C
Degimo ribos: 2,4 tūrio 88% ore
Stabilumas ir reaktyvumas
 Reaguodamas su oru gali sudaryti sprogus mišinius.
 Aukštoje temperatūroje ir/arba slėgyje arba esant katalizatoriui, vyksta labai greita skaidymosi reakcija.
 Reaguojant su variu, sidabru ir gyvsidabriu susidaro acetilidai.
 Nenaudokite lydinų, kuriuose yra daugiau kaip 70% vario.
 Ištirpintas tirpiklyje, esančiame poringoje masėje, gali aktyviai reaguoti su oksidatoriais.

4. Lankinio suvirinimo ir pjovimo dujų skirstymas pagal LST EN 439

3 lentelėje pateiktas dujų skirstymas pagal LST EN 439

3 lentelė. Dujų skirstymas

Simbolis		Sudedamosios dalys, % nuo tūrio					
Grupė	Identifikacinis Nr.	Oksiduojančios		Inertinės		Redukuojančios (dezoksiduojančios) H ₂	Nereaguojančios N ₂
		CO ₂	O ₂	Ar	He		
R	1			Balansas*		0 iki 15	
	2			Balansas*		15 iki 35	
I	1			100			
	2				100		
	3			Balansas	0 iki 95		
M1	1	0 iki 5		Balansas*		0 iki 5	
	2	0 iki 5		Balansas*			
	3		0 iki 3	Balansas*			
	4	0 iki 5	0 iki 3	Balansas*			
M2	1	5 iki 25		Balansas*			
	2		3 iki 10	Balansas*			
	3	0 iki 5	3 iki 10	Balansas*			
	4	5 iki 25	0 iki 8	Balansas*			
M3	1	25 iki 50		Balansas*			
	2		10 iki 15	Balansas*			
	3	5 iki 50	8 iki 15	Balansas*			
C	1	100					
	2	balansas	0 iki 30				
F	1						100
	2					0 iki 50	Balansas

* - Argonas gali būti pakeistas iki 95 % heliu.

Literatūros sąrašas

1. www.AGA.lt
2. www.elinemeser.lt
3. LST EN 439

Turinys

1.	<i>Įvadas į TIG suvirinimą</i>	3
2.	<i>Invertorinių šaltinių naudojimas aliuminio suvirinime</i>	4
3.	<i>Aliuminio lydinių TIG suvirinimas</i>	5
4.	<i>Apsauginių dujų savybės</i>	6
5.	<i>TIG suvirinimo įranga</i>	7
6.	<i>TIG suvirinimui naudojami elektrodai</i>	9

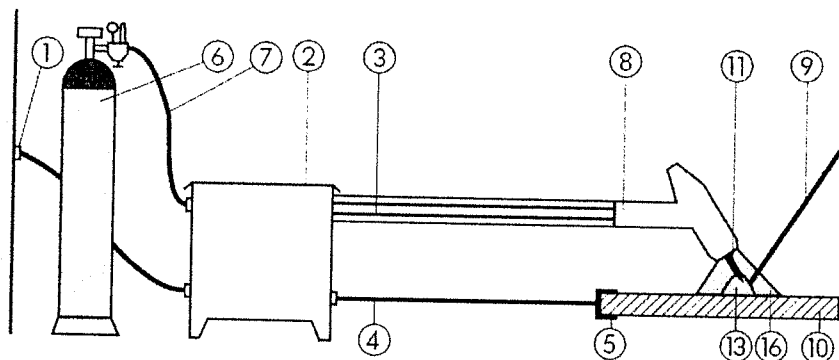
I. 1.07 TIG suvirinimas

<i>Literatūros sąrašas</i>	12
----------------------------------	----

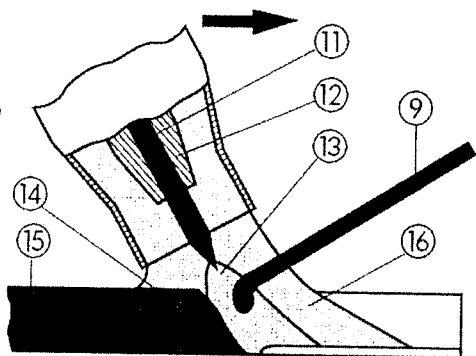
Paruošė: I. Gedzevičius

1. Įvadas į TIG suvirinimą.

Naudojant TIG (Tungsten Inert Gas) būdą suvirinimas atliekamas inertinių (argono arba helio) dujų aplinkoje nelydžiuoju (dažniausiai volframo) elektrodu, visose erdvinėse padėtyse užtikrinama labai aukšta suvirintos jungties kokybė. Šio būdo pagrindiniai trūkumai – tai labai mažas darbo našumas bei gana didelė įrenginių ir apsauginių dujų kaina. Be to, be pridėtinio metalo TIG būdu suvirinamos tik plonos detalės. Suvirinant storesnes detales būtinas pridėtinio metalo panaudojimas. Todėl TIG dažniausiai naudojamas plonasienių konstrukcijų iš legiruoto plieno, titano ir aliuminio lydinii suvirinimui.



1 pav. TIG suvirinimo postas. 1 – tinklas; 2 – lanko maitinimo šaltinis; 3 – kabelis; 4 – masės kabelis; 5 – gnybtas; 6 – dujų balionas; 7 – dujų tiekimo šlangas; 8 – degiklis; 9 – pridėtinės vielos strypelis; 10 – suvirinama detalė; 11 – nelydus volframinis elektrodas; 13 – elektros lankas; 16 – apsauginės dujos;



2 pav. TIG suvirinimas. 9 – Pridėtinė viela (strypelis); 11 – nelydus volframinis elektrodas; 12 – elektrodų laikiklis; 13 – elektros lankas; 14 – skystas metalas; 15 – detalė; 16 – apsauginės dujos

Virinant TIG būdu lankas dega tarp nelydaus volframinio elektrodo ir gaminio. Virinant TIG būdu 70% šilumos išsiskiria ant anodo ir 30% ant katodo. Todėl virindami nuolatine srove naudojame tik tiesioginį poliškumą (minusas ant elektrodo, pliusas ant gaminio). Virinant kintama srove, šiluma tarp elektrodo ir detalės pasiskirsto vienodai po 50%. TIG suvirinime naudojame šaltinius su krentančia voltamperine charakteristika. Lankas uždegamas nekontaktiniu ir kontaktiniu būdais.

2. Invertorinių šaltinių naudojimas aliuminio suvirinime

Pastaruoju metu gamybos pramonėje pasirodė nauji suvirinimo šaltiniai, kurių pagrindą sudaro aukštadažniai invertoriai. Šiais invertoriais galima gauti suvirinimo srovę praktiškai bet kokios moduliacijos.

Impulsinė srovė plačiai taikoma virinant suvirinimo pusautomatais ir automatais. Šiuo metu impulsinė srovė dažnai naudojama suvirinime nelydžiuoju elektrodu (TIG) kadangi, lyginant su pastovia, nuolatine srove, turi daug privalumų. Tai galimybė gauti stabilu suvirinimo procesą vertikaloje ir lubinėje padėtyje, reguliuoti suvirinamų detalių terminį ciklą išvengti įtrukių, sumažinti liekamųjų įtempių ir deformacijų lygį.

Nustatyta, kad moduluotos srovės panaudojimas pagerina higienines suvirinimo proceso charakteristikas. Šiuo atveju sumažėja perteklinė lanko energija ir besilydančio elektrodo medžiagų garavimo intensyvumas.

Maitinant lanką kintamąja srove elektrodo poliškumas periodiškai keičiasi. Periodinės srovės dydžio ir krypties kitimas grandinėje, maitinant lanką, iššaukia periodinį lanko gesimą ir pakartotiną sužadinimą atitinkanti esamam suvirinimo srovės dažniui

50 Hz, lankas susižadina ir gesta 100 kartų per sekundę. Periodo ilgis lankui degant priklauso nuo srovės dažnio. Pertraukos metu, einant srovei per nulį, lanko tarpelyje temperatūra krinta, vyksta tarpelio dejonizacija ir atitinkamai sumažėja jo stabilumas. Elektrinio lanko įtampa suvirinimo lankas poliškumo pasikeitimo metu keičia savo dydį ir kryptį. Dėl to turiniai krūviai, susidarę prieš tai buvusiam periodo elektrodo srityje, eina vieni prieš kitus, tai dar labiau dejonizuoja lanko tarpelį ir elektrodo sritis. Atšalusios, lanko pertraukos metu, aktyvios metalo dėsės taip pat padidina lanko tarpelio dejonizaciją. Pakartotinas lanko sužadinimas dalinai dejonizuotame lanko tarpelyje įmanomas tik su padidinta pakartotinio lanko uždegimo įtampa.

Aliuminis labai greitai oksiduojasi. Kietame ir skystame buvyje aliuminio paviršiu padengia tanki, sunkiai lydi mechaniškai tvirta oksido plėvelė Al_2O_3 su dideliu santykinu svoriu ($3,6 \text{ g/cm}^3$), kurios lydymosi temperatūra 2050°C . Virinant sunkumai atsiranda dėl lengvo aliuminio oksidavimosi tiek kietame, tiek išsilydžiusiame būviuose. Susidariusi sunkiai lydi Al_2O_3 plėvelė trukdo siūlės formavimui ir yra nemetalinis tarpas siūlės metale. Norint gauti kokybišką sujungimą, virinant lydimu, būtina siūlės apsauga nuo atmosferos dujų – priemonių prisotinimo bei specialių priemonių naudojimas šalinant arba suardant oksido plėvelę

3. Aliuminio lydinų TIG suvirinimas.

Aliuminis ir jo lydiniai lyginant su plienais turi jam būdingų specifinių bruožų: lydymosi temperatūra, oksidinė plėvelė ant paviršiaus, didelį šilumos ir elektros laidumą. Šiuo metu aliuminio lydinų suvirinimui dažniausiai taikomi tokie metodai: suvirinimas apsauginėse dujose nelydžiuoju elektrodu ir kontaktinis suvirinimas. Rečiau taikomi automatinio suvirinimo apsauginėse dujose lydžiuoju elektrodu, elektrošlakiniu arba dujinio suvirinimo metodai.

Suvinant aliuminio lydinus TIG būdingi šie privalumai:

1. Išsilydęs metalas patikimai apsaugomas nuo aplinkos oro deguonies ir vandenilio poveikio;
2. Nereikalingi glaistai ir flusai, kuriems būtina sudėtingesnė aparatūra ir yra sudėtingesnis suvirinimo procesas, o taip pat susidaro šlakai, galintieji užteršti siūle.
3. Suvinimo procesas yra labai našus ir pastovus.
4. Galima pilnai automatizuoti ir mechanizuoti procesą.
5. Galima suvirinti įvairiarūšių metalus
6. Prilydytas metalas pasižymi gerois mechaninėmis savybėmis ir norima sudėtimi
7. Suvirinta siūlė turi gera išorinę išvaizdą
8. Maža šiluminės įtakos zona, sumažinanti suvirinimo procese atsirandančias deformacijas.
9. Galima suvirinti ploną metalą.
10. Nereikalingos sunkios šlako ir fluso likučių nuvalymo operacijos.

Tyrimais nustatyta, kad naudojant moduluotą suvirinimo srovę, pagerėja higieninės suvirinimo proceso sąlygos. Šiuo atveju sumažėja perteklinė lanko energija, sumažėja besilydančio elektrodo medžiagų garavimo intensyvumas.

Pvz., moduluotos srovės naudojimas palyginti su nuolatine srove sumažina suvirinimo aerozolių išsiskyrimo intensyvumą. Žymiai sumažėja kieto suvirinimo aerozolių sudedamoji ir esantis joje kenksmingas mangano junginių kiekis.

Naudojama impulsinė moduluota srovė gaunama modernizuojant senus lanko maitinimo šaltinius, pvz.: suvirinimo keitiklius, arba naudojant naujus inverterinius šaltinius su tarpiniais aukštadažniais energijos keitikliais. Šiuolaikiniai maitinimo šaltiniai leidžia gauti praktiškai bet kokią dažnio impulsinę srovę su reikiama moduliacijos lygiu.

3 0

Suvinimo TIG būdas plačiai naudojamas gaminant atsakingas konstrukcijas iš aliuminio lydinų.

Apsauginė aplinka aplink lanką sudaryti naudojamos inertinės dujos – argonas, helis arba jų mišiniai.

Katodinis valymas

Katodinis valymas paremtas lanko elektros iškrovos panaudojimu. Naudojamas suvinant apsauginių dujų aplinkoje nelydžiu elektrodu. Egzistuoja eilė teorijų aiškinančių šį reiškinį. Žinoma, kad lankinė iškrova dujose vyksta smulkiu teigiamų jonų susidarymu (dujų jonizacija) ir elektronų susidarymu. Elektronai išsilaisvinę jonizacijos metu, dideliu greičiu juda anodo link, kelyje susidurdami su naujais neutraliais atomais, jonizuodami juos. Procesas vyksta nepertraukiamai, artėjantis prie pilnos lanko jonizacijos. Tuo pat metu sunkūs teigiami jonai „bombarduoja“ darbinį katodo paviršių ir tai sukelia nuoseklų jo suardymą. Be to katodo suardymas vyksta elektrono „išėjimo“ iš jo orbitos procese dėl didelio įkaitinimo. Suvinant nuolatine atvirkščio poliškumo srove, oksido plėvelė lanko poveikio zonoje yra katodas, kuris suvinimo metu veikiamas teigiamų jonų išsilydo.

Suvinimas nelydžiais elektrodais vykdomas kintamąją srove.

4. Apsauginių dujų savybės

Apsauginės dujos būna aktyviosios ir inertinės, priklausomai nuo to ar jos reaguoja su metalu ar nereaguoja. Apsauginės dujos pasirenkamos priklausomai nuo suvirinamo metalo, o taip pat priklausomai nuo reikalavimų suvirinimo siūlei.

Inertinės dujos naudojamos aktyvių metalų suvirinimui, o taip pat tada, kai reikia gauti suvirinimo siūlės ir pagrindinio metalo vientisumą.

Aktyviosios dujos naudojamos, kai metalo savybės galima atstatyti metalurginiu apdirbimu (oksidavimu, azotavimu ir t.t.).

Fizikinės apsauginių dujų savybės pateiktos lentelėje.

lentelė. Inertinių dujų savybės

Dujos	Santykinė atominė masė	Tankis prie 0°C ir 760 mm g. st. 10 ³	Virimo temp., °C	Šilumos laidumo koef., kal/(cm · C · °C)	Šilumos imumas prie 0°C, kal/(g · °C)
Ar	39.948	1.7833	-185,5	0.378·10 ⁻⁴	0.125
He	4.003	0.17847	-268.9	3.32·10 ⁻⁴	1.251

Kartais tikslinga naudoti inertinių ir aktyviųjų dujų mišinį tam, kad padidinti lanko stabilumą, padidinti pralaidumą, pagerinti suvirinimo siūlės formavimą, sumažinti metalo išaškimą, padidinti suvirinimo siūlės metalo tankį, įtakoti metalo pemešimą lanke, padidinti darbo našumą. Pasirenkant apsauginių dujų sudėtį esminę reikšmę turi ekonominiai rodikliai.

Suvinimas argono aplinkoje

Suvinant argono aplinkoje, lankas dega argono dujų srovėje, kuri išstumia orą iš suvirinimo zonos ir apsaugo išlydytą metalą nuo kenksmingo oro poveikio.

Suvinimo argono aplinkoje būdas plačiai taikomas pramonėje ir statyboje. Argono aplinkoje suvinamas aliuminis, magnis, titanas ir jo lydiniai, gausiai legiruotas chromu ir chromu – nikelio plienas, legiruotas plienas, varis, cirkonis, tantalas, niobis ir kt.

Argonas yra vienatomės bespalvės, neturinčios kvapo inertinės dujos, nereaguojančios chemiškai su kitais elementais. Argonas gaunamas iš oro, kur jo yra apie 1 %, skaičiuojant nuo tūrio. Jis sunkesnis už orą 1,4 karto. Argonas gaunamas kaip pašalinis produktas, išskiriamas iš oro deguonį ir azotą. Argone paprastai yra azoto, deguonies, anglies dioksido ir drėgmės priemaišų, nuo kurių blogėja privirinto metalo savybės. Atsižvelgiant į priemaišų kiekį, argonas skirstomas į techninį ir švarų.

Argonas gaminamas trijų rūšių: aukščiausios, I ir II.

Aukščiausios rūšies 99,99 % grynumo argonas naudojamas aktyviesiems ir retiesiems metalams (titanui, cirkoniui, niobiui) ir jų lydiniams, labai svarbioms konstrukcijoms, pagamintoms iš kitų metalų, suvirinti.

I rūšies 99,98 % grynumo argonas naudojamas aliuminio ir magnio lydinams suvirinti.

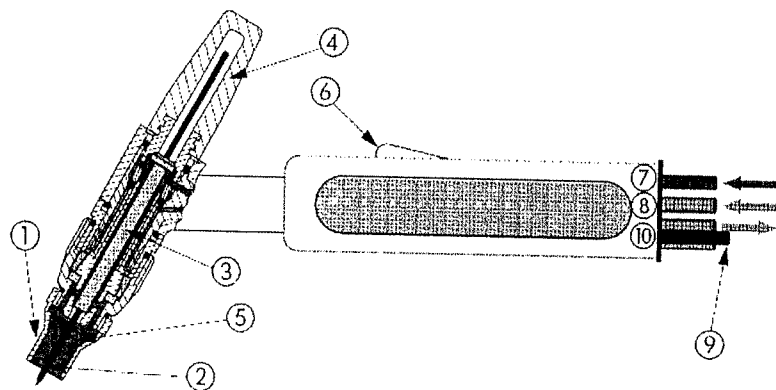
II rūšies 99,95 % grynumo argonas naudojamas nerūdijančiam ir daug legiruotam plienui, taip pat grynai aliuminiui suvirinti.

Argono dujos laikomos ir pervežamos 15 MPa (150 kg/cm²) slėgio plieniniuose balionuose. Standartiniame 40 dm³ talpos balione telpa 6000 dm³ dujų. Gryno argono balionai nudažomi pilkai.

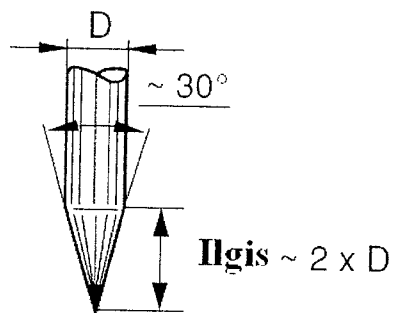
Viršutinėje baliono dalyje nudažoma žalia juosta ir juodais dažais užrašoma „Grynasis argonas“.

Kai suvinama nelydžiu elektrodu, lankas dega tarp nejudamai itvirtinto nelydaus elektrodo ir suvirinamojo gaminio, paduodant į suvirinimo zoną pridėtinį metalą.

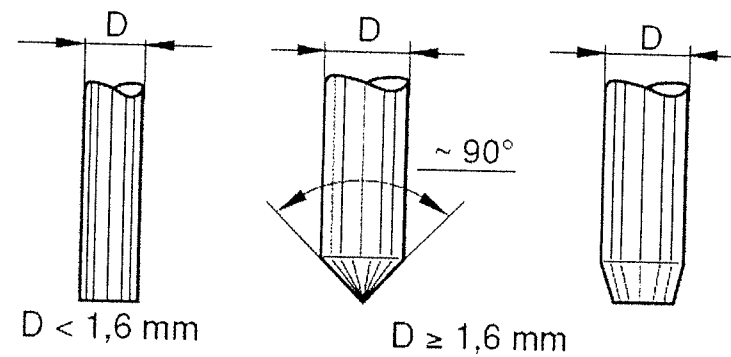
5. TIG suvirinimo įranga



TIG degiklis. 1 – tūta; 2 – volframinis elektrodas; 3 – elektrodo laikiklis; 4 – elektrodo apsauga; 5 – apsauginės dujos; 6 – jungiklis; 7 – dujų tiekimas; 8 – aušinimo skysčio tiekimas į degiklį; 9 – srovės tiekimo kabelis; 10 – aušinimo skysčio tekėjimas nuo degyklio



pav. Volframinio elektrodo smailinimas virinant nuolatinė srove



pav. Volframinio elektrodo smailinimas virinant kintama srove

1.1.07	TIG suvirinimas	IWE
--------	-----------------	-----

6. TIG suvirinimui naudojami elektrodai

Lankinio suvirinimo ir pjovimo nelydžiųjų volframinų elektrodų klasifikavimą aprašo standartas LST EN ISO 6848:2004.

1 lentelė. Volframo elektrodų žymėjimas ir cheminė sudėtis

Klasifikavimo simbolis	Cheminė sudėtis				Spalvinis žymėjimas
	Oksido tipas	Oksidų kiekis nuo masės, %	Priemaišų kiekis nuo masės, %	Volframo kiekis, %	
WP	Nėra	Nėra	0,5 max	99,5 min	Žalia
WCe 20	CeO ₂	1,8 – 2,2	0,5 max	Likusi dalis	Pilka
WLa 10	La ₂ O ₃	0,8 – 1,2	0,5 max	Likusi dalis	Juoda
WLa 15	La ₂ O ₃	1,3 – 1,7	0,5 max	Likusi dalis	Auksinė
WLa 20	La ₂ O ₃	1,8 – 2,2	0,5 max	Likusi dalis	Mėlyna
WTh 10	ThO ₂	0,8 – 1,2	0,5 max	Likusi dalis	Geltona
WTh 20	ThO ₂	1,7 – 2,2	0,5 max	Likusi dalis	Raudona
WTh 30	ThO ₂	2,8 – 3,2	0,5 max	Likusi dalis	Violetinė
WZr 3	ZrO ₂	0,15 – 0,5	0,5 max	Likusi dalis	Ruda
WZr 8	ZrO ₂	0,7 – 0,9	0,5 max	Likusi dalis	Balta

2 lentelė. Standartiniai volframo elektrodų skersmenys ir tolerancijos

Skersmuo, mm	Tolerancija, mm
0,25	±0,02
0,3	±0,02
0,5	±0,05
1,0	±0,05
1,5	±0,05
1,6	±0,05
2,0	±0,05
2,4	±0,1

1.1.07	TIG suvirinimas	IWE
--------	-----------------	-----

2,5	±0,1
3,0	±0,1
3,2	±0,1
4,0	±0,1
4,8	±0,1
5,0	±0,1
6,3	±0,1
6,4	±0,1
8,0	±0,1
10,0	±0,1

3 lentelė. Standartiniai volframinų elektrodų ilgiai ir tolerancijos

Ilgis, mm	Tolerancija, mm
50	±1,5
75	+2,5 -1,0
150	+4 -1
175	+6 -1
300	+8 -1
450	+8 -1
600	+13 -1

Lentelė. Rekomenduojami srovės tipas ir poliškumas virinant TIG būdu skirtingus lydinis

Suvirinami metalai ar lydiniai	Nuolatinė srovė		Kintama srovė
	Tiesioginis poliškumas, elektrodas (-)	Atvirkščias poliškumas, elektrodas (+)	
Aluminis ir jo lydiniai (storis ≤ 2,5 mm)	Priimtina	Priimtina	Geriausia
Aluminis ir jo lydiniai (storis > 2,5 mm)	Priimtina	Nerekomenduojama	Geriausia
Magnis ir jo lydiniai	Nerekomenduojama	Priimtina	Geriausia
Mažaangliai ir anglingi plienai	Geriausia	Nerekomenduojama	Nerekomenduojama
Nerūdijantys plienai	Geriausia	Nerekomenduojama	Nerekomenduojama
Varis	Geriausia	Nerekomenduojama	Nerekomenduojama
Bronza	Geriausia	Nerekomenduojama	Priimtina
Aluminiinė bronza	Priimtina	Nerekomenduojama	Geriausia
Silicinė bronza	Geriausia	Nerekomenduojama	Nerekomenduojama
Nikelis ir jo lydiniai	Geriausia	Nerekomenduojama	Priimtina
Titanas ir jo lydiniai	Geriausia	Nerekomenduojama	Priimtina

lentelė. Srovės dydžio reikšmės priklausomai nuo elektrodo skersmens, srovės tipo ir poliškumo

Elektrodo skersmuo, mm	Nuolatinė srovė, A				Kintama srovė, A	
	Tiesioginis poliškumas, elektrodas (-)		Atvirkščias poliškumas, elektrodas (+)			
	Grynas volframas iki 15	Volframas su oksidais iki 15	Grynas volframas nenaudojama	Volframas su oksidais nenaudojama	Grynas volframas Iki 15	Volframas su oksidais Iki 15
0,25	Iki 15	iki 15	nenaudojama	nenaudojama	Iki 15	Iki 15
0,3	Iki 15	iki 15	nenaudojama	nenaudojama	Iki 15	Iki 15
0,5	2-20	2-20	nenaudojama	nenaudojama	2-15	2-15
1,0	10-75	10-75	nenaudojama	nenaudojama	15-55	15-70
1,5	60-150	60-150	10-20	10-20	45-90	60-125
1,6	60-150	60-150	10-20	10-20	45-90	60-125
2,0	75-180	100-200	15-25	15-25	65-125	85-160
2,4	120-220	150-250	15-30	15-30	80-140	120-210
2,5	130-230	170-250	17-30	17-30	80-140	120-210
3,0	150-300	210-310	20-35	20-35	140-180	140-230
3,2	160-310	225-330	20-35	20-35	150-190	150-250
4,0	275-450	350-480	35-50	35-50	180-260	240-350
4,8	380-600	480-650	50-70	50-70	240-350	330-450
5,0	400-625	500-675	50-70	50-70	240-350	330-460
6,3	550-875	650-950	65-100	65-100	300-450	430-575
6,4	575-900	750-1000	70-125	70-125	325-450	450-600
8,0	-	-	-	-	-	650-830
10,0	-	-	-	-	-	-

- nėra rekomendacijų

Literatūros sąrašas

1. LST EN ISO 6848:2004..
2. TIG PRIMER . www.ewm.de