

SIŪLĖS MATMENŲ PRIKLAUSOMYBĖS NUO TRUMPOJO JUNGIMO SROVĖS STIPRIO TYRIMAS VIRINANT GLAISTYTAISIAIS ELEKTRODAIS

Mindaugas Rimkus¹, Ivanas Višniakas², Česlovas Kazakevičius³

Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, Vilnius, Lietuva

E-mail: ¹mindaugasrimkus.pastas@gmail.com; ²ivanas.visniakas@vgtu.lt; ³ceslovas.kazakevicius@freemail.com

Santrauka. Straipsnyje tiriami mažanglio plieno S235J2 (LST EN 10025:2004) suvirintų siūlių pasikeitimai, plieną apvirinant skirtingais glaistytaisiais elektrodais ir suvirinimo režimais. Tyrimų metu buvo naudojami AV-23 ir AV-66 glaistytieji elektrodai bei keičiamas trumpojo jungimo srovės stipris.

Nustatytas ryšys tarp metalo įvirinimo gylio, rumbelės aukščio, išlydytų lašų dydžio, išlydytų lašų kiekio, trumpojo jungimo trukmės ir trumpojo jungimo srovės dydžio.

Gauti tyrimų rezultatai, nubraižyti priklausomybių grafikai ir pateiktos išvados.

Reikšminiai žodžiai: suvirinta siūlė, suvirinimo procesas, trumpojo jungimo srovė, rankinis lankinis suvirinimas, oscilograma

Įvadas

Suvirinimas – vienas iš pagrindinių technologinių procesų gaminant ar remontuojant įvairias konstrukcijas, konstrukcijų detales, mazgus. Todėl aktualu į gamybą diegti naujas technologijas ir įrangą, gaunant didesnę pelną, spartinant gamybos našumą, padidinant konstrukcijų kokybę bei ilgaamžiškumą.

Kadangi suvirinimas pranašesnis už kitus jungimo būdus, pavyzdžiui, kniedijimą, litavimą ir kt., tai jis užima svarbią vietą įvairiose pramonės ir statybos šakose. Pavyzdžiui, pakeitus kniedytas konstrukcijas suvirintomis, sutaupoma vidutiniškai 15–20 %, o pakeitus lietas detales suvirintomis, – apie 50 % metalo.

Rankinis lankinis suvirinimas glaistytaisiais elektrodais yra labiausiai paplitęs dėl savo metodo paprastumo ir įrangos pigumo, mobilumo, galimybės suvirinti visose erdvinėse padėtyse ir sunkiai pasiekiamose vietose. Virinant statybų aikštelėse, atvirose patalpose, susidaro skersvėjai, todėl suvirinimo būdo apsauginėse dujose dažnai negalima naudoti dėl galimo dujų nupūtimo nuo apsaugos zonos. Šiuo atžvilgiu suvirinimas glaistytaisiais elektrodais kur kas pranašesnis.

Darbo tikslas

Atlikus kompleksinius tyrimus ištirti trumpojo jungimo srovės stiprio moduliacijos įtaką gautam apvirinimui.

Bandymų eiga

Tyrimai atliekami šia tvarka:

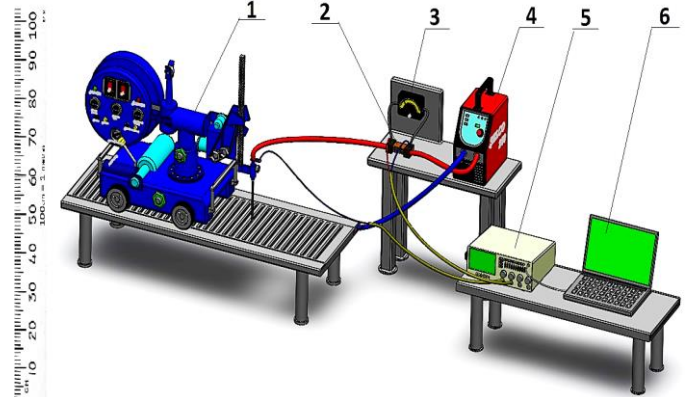
- I. Apvirinimo režimų atiderinimas, virinant elektrodais su rutilo (AV-23) ir baziniu (AV-66) glaistais, kai glaistytųjų elektrodų skersmuo: $d_{el} = 2,5$ mm ($I = 90$ A, $U = 22$ V); $d_{el} = 3,25$ mm ($I = 110$, $U = 24$ V); $d_{el} = 4,0$ mm ($I = 160$, $U = 24,5$ V).
- II. Apvirinimas ant S235J2 plieno, kai:
 - a) plokštelės storis 4 mm, naudojami $d_{el} = 2,5$ mm glaistytieji elektrodai;
 - b) plokštelės storis 6 mm, naudojami $d_{el} = 3,25$ mm glaistytieji elektrodai;
 - c) plokštelės storis 10 mm, naudojami $d_{el} = 4,0$ mm glaistytieji elektrodai
- III. Apvirinimo metu osciloskopu įrašomos srovės stiprio ir įtampos oscilogramos, chronometru fiksuojamas apvirinimo laikas.
- IV. Trumpojo jungimo srovės dydis viršija suvirinimo srovės dydį:
 - a) virinant $d_{el} = 2,5$ mm glaistytaisiais elektrodais 0 % (90 A); 100 % (180 A); 200 % (270 A); 300 % (360 A).
 - b) virinant $d_{el} = 3,25$ mm glaistytaisiais elektrodais 0 % (110 A); 100 % (220 A); 200 % (330 A); 300 % (440 A).
 - c) virinant $d_{el} = 4,0$ mm glaistytaisiais elektrodais 0 % (160 A); 50 % (240 A); 100 % (320 A); 150 % (400 A).

- V. Iš oscilogramų nustatoma trumpojo jungimo trukmė t_{ij} , išlydytų lašelių kritimo į suvirinimo vonelę dažnis F .
- VI. Padaromi mikrošlifai ir išmatuojami siūlių matmenys.
- VII. Apskaičiuojama elektrodo metalo lašo vidutinė masė m_{vid} .
- VIII. Nubraižomi priklausomybių grafikai:
 - a) rumbelės aukščio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} ;
 - b) įvirinimo gylio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} ;
 - c) elektrodo metalo lašo trumpojo jungimo trukmės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} ;
 - d) lašų dažnio F priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} ;
 - e) vidutinė elektrodo išlydyto metalo masė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} .

Bandymų stendas

Bandymų stendą (1 pav.) sudaro:

1. Modifikuotas suvirinimo automatas, kuris užtikrina pastovų judėjimo greitį, pastovų elektrodo pasvirimo kampą bei išlaiko vienodą lanko ilgį. Naudojant šį automatą, panaikinamas žmogiškasis faktorius ir sumažinamas paklaidų ir netikslumų lygis tyrimo metu. Šiuo įrenginiu galima keisti lanko įtampą, suvirinimo greitį, kryptį, elektrodo posvirio kampą, pradėti ar sustabdyti suvirinimo procesą.
2. Šuntas. Juo sukurama varža, dėl kurios galima fiksuoti suvirinimo srovės rodmenis.
3. Ampermetru fiksuojama vidutinė srovė suvirinimo metu. Voltmetru fiksuojama vidutinė lanko įtampa suvirinimo metu.
4. Suvirinimo šaltinis. Keisdami suvirinimo srovės stiprį, trumpojo jungimo srovės stiprį, analizuojame siūlės formos pokyčius, susidariusius defektus, terminio poveikio zoną, krintančių į suvirinimo vonelę lašelių dydį ir t. t.
5. Osciloskopas. Signalų formos stebėjimo ir matavimo prietaisas. Signalas stebimas kaip dviejų matavimų grafikas, kur Y ašis rodo tiriamo signalo amplitudę, o horizontali X ašis rodo laiko reikšmę. Suvirinimo metu juo fiksuojami srovės ir įtamos virpesių signalai.
6. Asmeninis kompiuteris. Jame išsaugojamos osciloskopo oscilogramos ir apdorojami gauti duomenys.



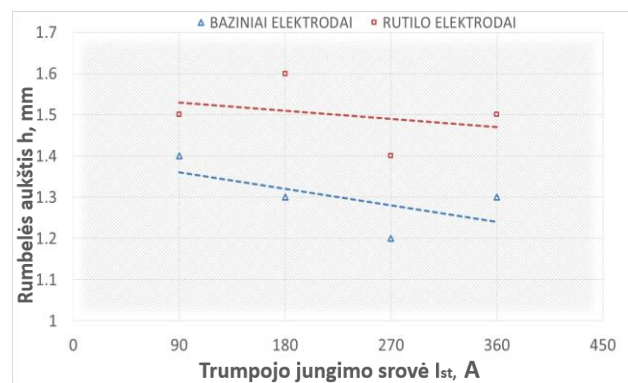
1 pav. Bandymų stendas: 1 – suvirinimo traktorius; 2 – šuntas; 3 – ampermetras; 4 – suvirinimo šaltinis; 5 – osciloskopas; 6 – asmeninis kompiuteris

Fig.1 The test stand: 1 - welding tractor 2 - shunt 3 - ammeter 4 - welding supply 5 - oscilloscope 6 - PC

Siūlės rumbelės aukščio h priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st}

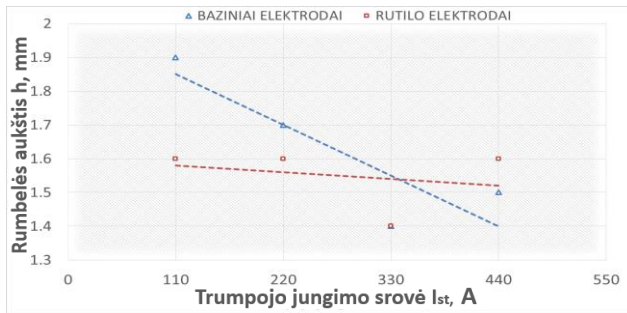
Išanalizavus gautus duomenis, paskaičiavus ir nubraižius rumbelės aukščio priklausomybės grafikus nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , pastebėta:

- I. Naudojant mažesnio skersmens glaistytuosius elektrodus susiformuoja mažesnio aukščio rumbelė nei virinant didesnio skersmens elektrodais.
- II. Didinant trumpojo jungimo srovės stiprį pastebimas rumbelės aukščio mažėjimas.

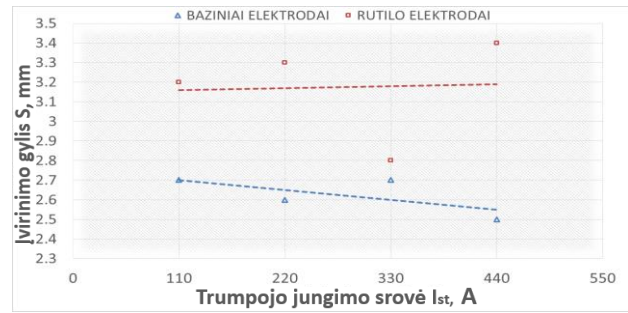


2 pav. Rumelės aukščio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , virinant elektrodais, kurių skersmuo 2,5 mm (Ženkilai: $\square$ ir Δ rodo realius duomenis, gautus eksperimentų metu, brūkšninė linija – krypties tendencija)

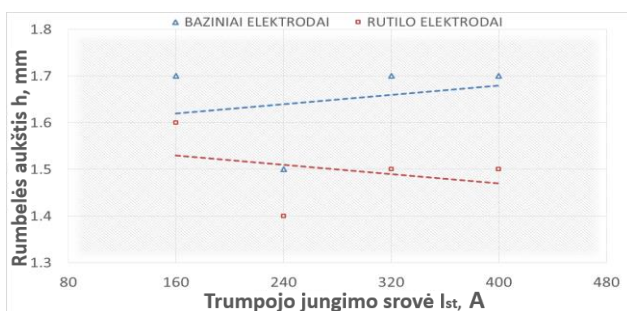
Fig.2 Ridge height dependence of short circuit current, welding electrodes - ϕ 2.5 mm (Symbols: $\square$ and Δ indicates the actual data obtained during the experiment, dashed line - the direction of the trend)



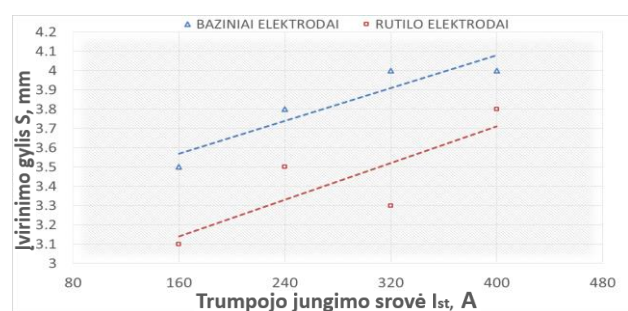
3 pav. Rumbelės aukščio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , virinant elektrodais, kurių skersmuo 3,25 mm
Fig.3 Ridge height dependence of short circuit current, welding electrodes with - Ø 3.25 mm



6 pav. Įvirinimo gylis priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , virinant elektrodais, kurių skersmuo 3,25 mm
Fig.6 weld depth dependence of short circuit current, welding electrodes - Ø 3.25 mm



4 pav. Rumbelės aukščio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , virinant elektrodais, kurių skersmuo 4,0 mm
Fig.4 Ridge height dependence of short circuit current, welding electrodes - Ø 4.0 mm

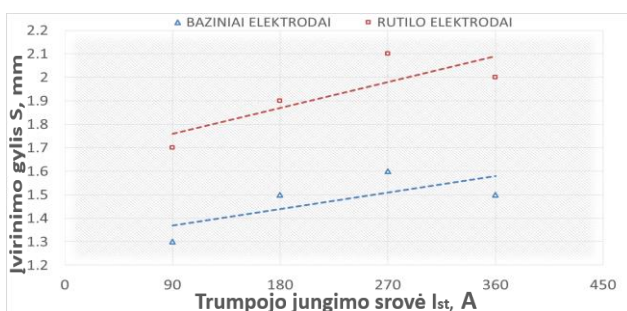


7 pav. Įvirinimo gylis priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , virinant elektrodais, kurių skersmuo 4,0 mm
Fig.7 weld depth dependence of short circuit current, welding electrodes - Ø 4.0 mm

Metalo įvirinimo gylis S priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st}

Išmatavus siūlės įvirinimo gylį ir nubraižius priklausomybės grafikus nuo trumpojo jungimo srovės, pastebėta:

- Įvirinimo gylis didėja, didėjant trumpojo jungimo srovės stipriui I_{st} .
- Mažo skersmens glaistytųjų elektrodų įvirinimas mažesnis, negu didesnio skersmens.

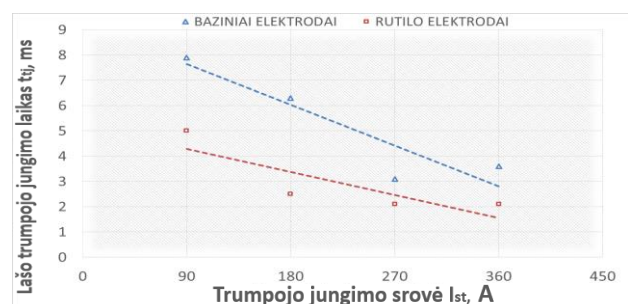


5 pav. Suvirintos siūlės įvirinimo gylis priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , virinant elektrodais, kurių skersmuo 2,5 mm
Fig.5 weld depth dependence of short circuit current, welding electrodes - Ø 2.5 mm

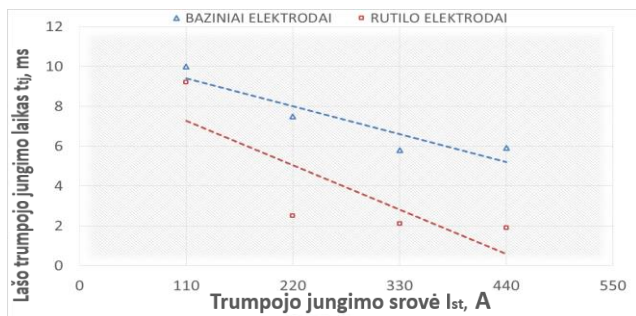
Lašelio trumpojo jungimo laiko t_{tj} priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st}

Išanalizavus srovės ir įtampos oscilogramas, virinant skirtingais trumpojo jungimo srovės stipriais nustatyta:

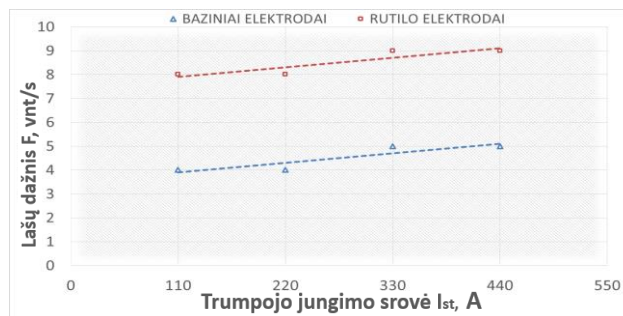
- Naudojant bazinius elektrodus, trumpojo jungimo laikas ilgesnis, negu apvirinant tokio pat skersmens rutilo glaistytaisiais elektrodais.
- Metalo lašo trumpojo jungimo laikas mažėja, didinant trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} reikšmes.



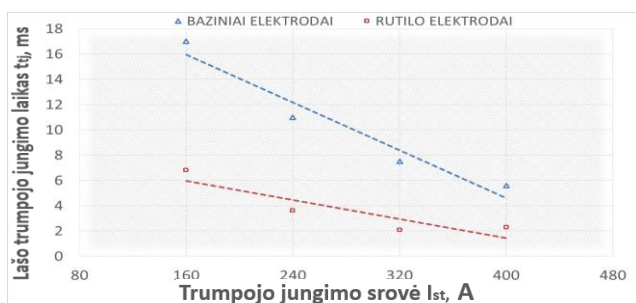
8 pav. Trumpojo jungimo trukmės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės, virinant elektrodais, kurių skersmuo 2,5 mm
Fig.8 Short circuit duration dependence of short circuit current, welding electrodes - Ø 2.5 mm



9 pav. Trumpojo jungimo trukmės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės, virinant elektrodais, kurių skersmuo 3,25 mm
Fig.9 Short circuit duration dependence of short circuit current, welding electrodes - Ø 3.25 mm



12 pav. Išlydytų lašelių nukritimas į suvirinimo vonelę per vieną sekundę, virinant elektrodais, kurių skersmuo 3,25 mm
Fig.12 Molten droplets drop into the weld pool in one second welding electrodes - Ø 3.25 mm



10 pav. Trumpojo jungimo trukmės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės, virinant elektrodais, kurių skersmuo 4,0 mm
Fig.10 Short circuit duration dependence of short circuit current, welding electrodes - Ø 4.0 mm

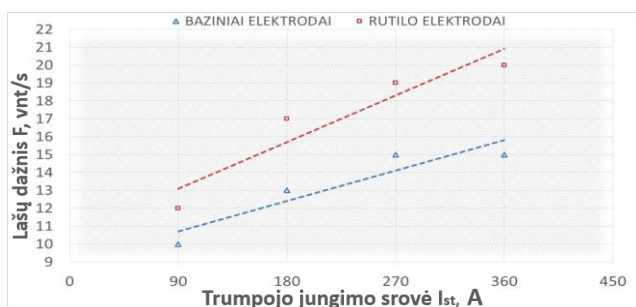


13 pav. Išlydytų lašelių nukritimas į suvirinimo vonelę per vieną sekundę, virinant glaistytaisiais elektrodais, kurių skersmuo 4,0 mm
Fig.13 Molten droplets drop into the weld pool in one second welding electrodes - Ø 4.0 mm

Išlydytų metalo lašų kiekio F priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st}

Išanalizavus srovės ir įtampos oscilogramas, nustatyta:

- Naudojant mažesnio skersmens elektrodus, į suvirinimo vonelę krinta daugiau išlydytų lašelių.
- Naudojant AV-23 elektrodus, į vonelę nukrinta daugiau lašelių nei virinant AV-66 elektrodais.
- Lašelių, krintančių į suvirinimo vonelę, dažnis didėja, didėjant trumpojo jungimo srovės stipriui I_{st} .

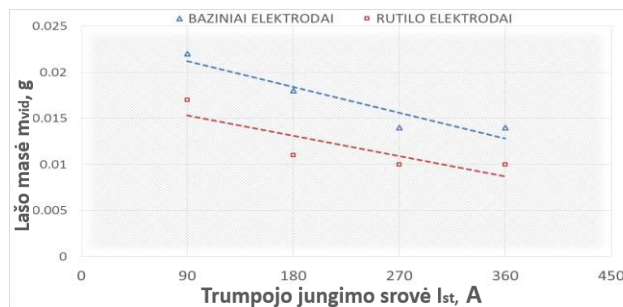


11 pav. Išlydytų lašelių nukritimas į suvirinimo vonelę per vieną sekundę, virinant elektrodais, kurių skersmuo 2,5 mm
Fig.11 Molten droplets drop into the weld pool in one second welding electrodes - Ø 2.5 mm

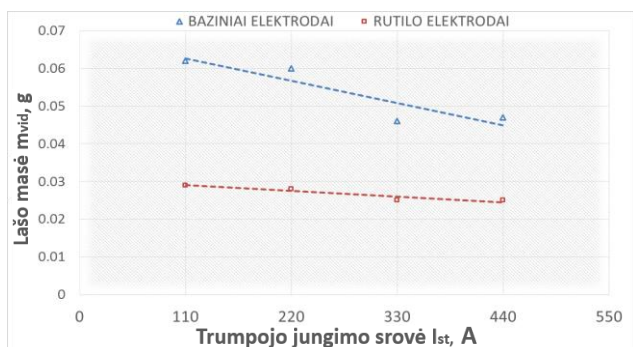
Išlydyto metalo lašo masės m_{vid} priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st}

Išanalizavus gautus duomenis, pastebėta:

- Krintančio į suvirinimo vonelę metalo masė mažėja, jeigu didinama trumpojo jungimo srovė I_{st} .
- Apvirinant mažesnio skersmens elektrodais, į suvirinimo vonelę krinta smulkesni metalo lašeliai.
- Virinant baziniais elektrodais, krintančių lašelių masė didesnė negu virinant rutilo elektrodais.

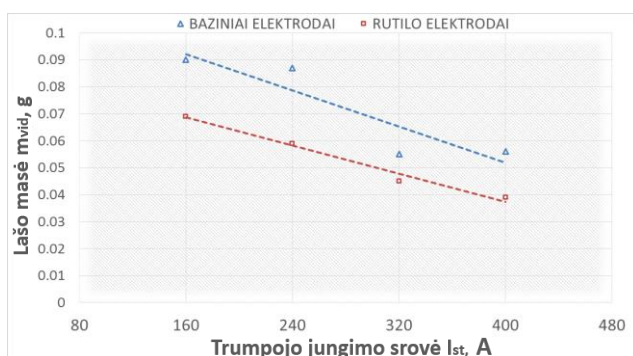


14 pav. Vidutinė lašelio masės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės I_{st} , virinant elektrodais, kurių skersmuo 2,5 mm
Fig.14 The average droplet mass dependence of short circuit current, welding electrodes - Ø 2.5 mm



15 pav. Vidutinė išlydyto lašelio masės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , virinant glaistytaisiais elektrodais, kurių skersmuo 3,25 mm

Fig.15 The average droplet mass dependence of short circuit current, welding electrodes - $\varnothing$ 3.25 mm



16 pav. Vidutinė išlydyto lašelio masės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , virinant glaistytaisiais elektrodais, kurių skersmuo 4,0 mm

Fig.16 The average droplet mass dependence of short circuit current, welding electrodes - $\varnothing$ 4.0 mm

IŠVADOS

1. MMA suvirinimo metu didinant trumpojo jungimo srovės stiprį I_{st} pastebimas rumbelės aukščio h mažėjimas.
2. Metalo bandinių įvirinimo gylis S proporcingai didėja, didėjant trumpojo jungimo srovės stipriui I_{st} .
3. Išlydyto metalo lašo trumpojo jungimo laikas t_{ij} mažėja, didinant trumpojo jungimo srovės stiprį I_{st} ; naudojant bazinius glaistytuosius elektrodus AV-66, trumpojo jungimo laikas t_{ij} ilgesnis, negu apvirinant tokio paties skersmens rutilo glaistytaisiais elektrodais AV-23.
4. Lašelių, krintančių į suvirinimo vonelę, dažnis F didėja, didėjant trumpojo jungimo srovės stipriui I_{st} ; naudojant mažesnio skersmens glaistytuosius elektrodus, į suvirinimo vonelę krinta daugiau išlydytų metalo lašelių; naudojant rutilo glaistytuosius elektrodus AV-23, į suvirinimo vonelę nukrinta daugiau

išlydytų metalo lašelių, negu virinant baziniais AV-66 tokio paties skersmens glaistytaisiais elektrodais.

5. Krintančio į suvirinimo vonelę išlydyto metalo masė m_{vid} mažėja, jeigu didinamas trumpojo jungimo srovės stipris I_{st} ; naudojant mažesnio skersmens glaistytuosius elektrodus, į suvirinimo vonelę krinta smulkesni išlydyto metalo lašeliai; virinant baziniais glaistytaisiais elektrodais, krintančių į suvirinimo vonelę lašelių masė didesnė negu virinant rutilo elektrodais.

Literatūra

1. Kularatna, N. 2003. *Fundamentals of Oscilloscopes, Digital and Analogue Instrumentation: Testing and Measurement*. Institution of Engineering and Technology.
2. LST EN 22401. 1998. „Glaistytieji elektrodai. Efektivumo, metalų išlydymo ir prilydymo koeficientų nustatymas (ISO 2401:1972)“. Vilnius. Lietuvos standartizacijos departamentas.
3. Pritchard, D. 2004. *Soldering, Brazing & welding. A Manual of Techniques*. Ramsbury: The Crowood press.
4. Valiulis, A. V. 2008. *Welding and Thermal Cutting. An Introduction*. Vinius: Technika.

RESEARCH OF SEAM DIMENSIONAL DEPENDENCE ON THE SHORT-CIRCUIT CURRENT IN MMA WELDING PROCESS

M. Rimkus, I. Višniakas, Č. Kazakevičius

Abstract

In this article was analyzed the changes of seams properties of steel S235J2 (LST EN 10025:2004), produced by welding with different technology are discussed. Samples were welded by hand arc welding, using AV-23 and AV-66 welding electrodes. The welded seams were made by changing short-circuit current.

The duration of weld depth, ridge height, metal drop size, metal drop frequency, short-circuit time and short-circuit current value are determinated.

The results of the research are given in graphs, final conclusions are also written.

Keywords: welding seam, welding process, short-circuit current, MMA welding, oscillogram