

SIŪLĖS MATMENŲ PRIKLAUSOMYBĖS NUO TRUMPOJO JUNGIMO
SROVĖS STIPRIO TYRIMAS, VIRINANT GLAISTYTAISIAIS ELEKTRODAISMindaugas Rimkus¹, Ivanas Višniakas², Česlovas Kazakevičius³

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹mindaugasrimkus.pastas@gmail.com; ²ivanas.visniakas@vgtu.lt; ³ceslovas.kazakevicius@freemail.com

Santrauka. Straipsnyje tiriami mažo anglio plieno S235J2 (LST EN 10025:2004) virintinių siūlių matmenų pokyčiai, apvirinant plieną skirtingais glaistytaisiais elektrodais įvairiais suvirinimo režimais. Tyrimų metu buvo naudojami AV-23 ir AV-66 glaistytieji elektrodai ir keičiamas trumpojo jungimo srovės stipris. Nustatytas ryšys tarp metalo įvirinimo gylio, rumbelės aukščio, išlydytų lašų dydžio ir kiekio, trumpojo jungimo trukmės ir srovės dydžio. Gauti tyrimų rezultatai, nubraižyti priklausomybių grafikai ir pateiktos išvados.

Reikšminiai žodžiai: 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, gerinant konstrukcijų kokybę bei didinant 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 lietašias detales suvirintomis – apie 50 % metalo.

Rankinis lankinis suvirinimas glaistytaisiais elektrodais yra labiausiai paplitęs dėl savo metodo paprastumo ir įrangos pigumo, mobilumo, galimybės suvirinti esant visoms erdvinėms padėtimis 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 (Kularatna 2003; Pritchard 2004; Valiulis 2008; LST EN 22401 1998).

Darbo tikslas

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

Bandymų eiga

Tyrimai atliekami šia tvarka:

- I. Apvirinimo režimų derinimas, virinant elektrodais su rutilo (AV-23) ir baziniu (AV-66) glaistais, kai glaistytyjų 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 elektrodinio metalo lašo vidutinė masė m_{vid} .

VIII. Nubraižomi priklausomybių grafikai:

- rumbelės aukščio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} ;
- įvirinimo gylio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} ;
- elektrodinio lašelio trumpojo jungimo trukmės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} ;
- lašų dažnio F priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} ;
- vidutinė elektrodinio išlydyto metalo masė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} .

Bandymų stendas

Bandymų stendą (1 pav.) sudaro:

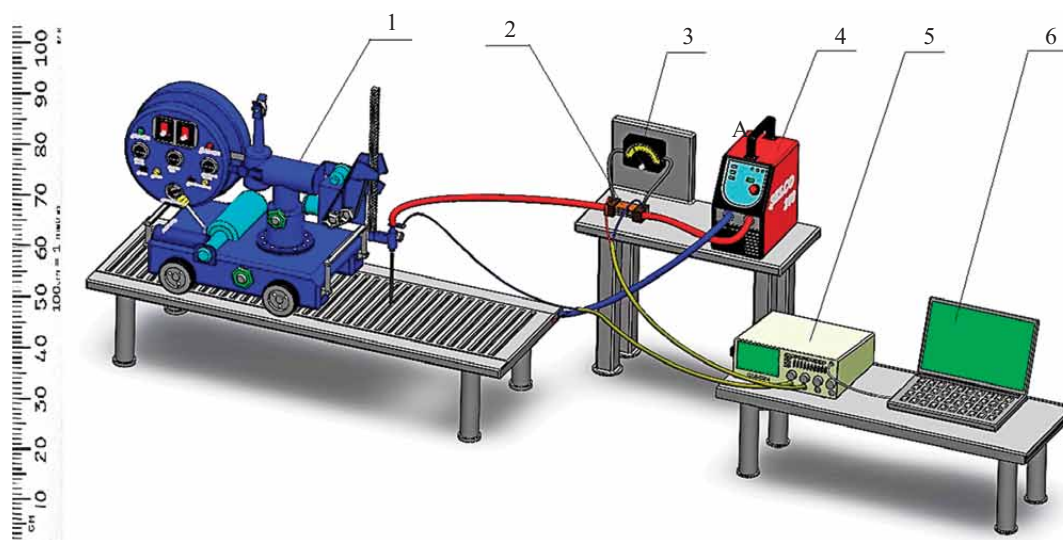
- Modifikuotasis suvirinimo automatas, užtikrinantis pastovų judėjimo greitį, pastovų elektrodo posvyrio kampą ir išlaikantis vienodą lanko ilgį. Naudojant šį automatą, panaikinamas žmogiškasis veiksnys ir sumažinamas paklaidų ir netikslumų lygis tyrimo metu. Šiuo įrenginiu galima keisti lanko įtampą, suvirinimo greitį, kryptį, elektrodo posvyrio kampą, pradėti ar sustabdyti suvirinimo procesą.

- Šuntas. Juo sukuriama varža, dėl kurios galima fiksuoti suvirinimo srovės rodmenis.
- Ampermetru fiksuojama vidutinė srovė, o voltmetru – vidutinė lanko įtampa suvirinimo metu.
- Suvirinimo šaltinis. Keisdami suvirinimo srovės stiprį, trumpojo jungimo srovės stiprį, analizuojame siūlės formos pokyčius, susidariusius defektus, terminio poveikio zoną, krįtančių į suvirinimo vonelę lašelių dydį ir t. t.
- Osciloskopas – signalų formos stebėjimo ir matavimo prietaisas. Signalas stebimas kaip dviejų matavimų grafikas, kur y ašis rodo tiriamojo signalo amplitudę, o horizontalioji x ašis – laiko reikšmę. Suvirinimo metu juo fiksuojami srovės ir įtampos virpesių signalai.
- Asmeninis kompiuteris – jame išsaugojamos osciloskopo oscilogramos ir apdorojami gauti duomenys.

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

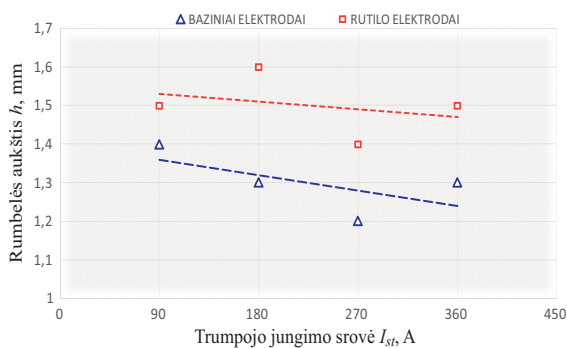
Išanalizavus gautus duomenis, apskaičiavus ir nubraižius rumbelės aukščio priklausomybės grafikus (2–4 pav.) nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} , pastebėta:

- naudojant mažesnio skersmens glaistytuosius elektrodus, susiformuoja mažesnio aukščio rumbelė nei virinant didesnio skersmens elektrodais;
- didinant trumpojo jungimo srovės stiprį, pastebimas rumbelės aukščio mažėjimas.



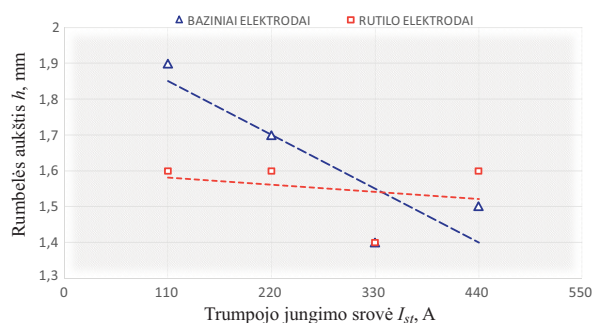
1 pav. Bandymų stendas: 1 – suvirinimo traktorius; 2 – šuntas; 3 – ampermetras; 4 – suvirinimo srovės šaltinis; 5 – osciloskopas; 6 – asmeninis kompiuteris

Fig. 1. The test stand: 1 – welding tractor; 2 – shunt; 3 – amperemeter; 4 – welding power supply; 5 – oscilloscope; 6 – personal computer



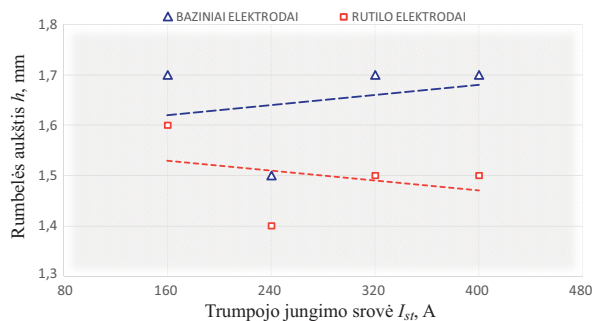
2 pav. Rumbelės aukščio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} virinant 2,5 mm skersmens elektrodais (ženklai: \square ir Δ – realūs duomenys, gauti eksperimentu metu, brūkšninė linija – krypties tendencija)

Fig. 2. Ridge height dependence on short-circuit current strength I_{st} welding electrodes – \varnothing 2.5 mm (Symbols: \square and Δ indicate 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 3,25 mm skersmens elektrodais

Fig. 3. Ridge height dependence on short-circuit current strength I_{st} welding electrodes with \varnothing 3.25 mm



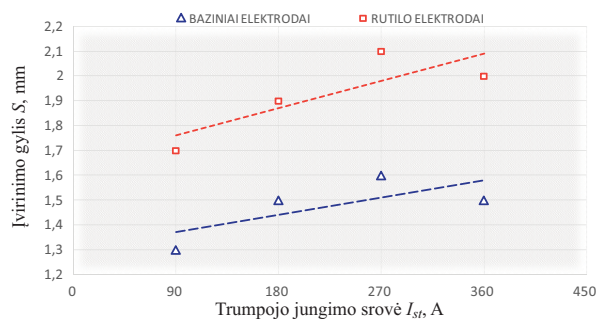
4 pav. Rumbelės aukščio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} virinant 4,0 mm skersmens elektrodais

Fig. 4. Ridge height dependence on short circuit current strength I_{st} welding electrodes \varnothing 4.0 mm

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

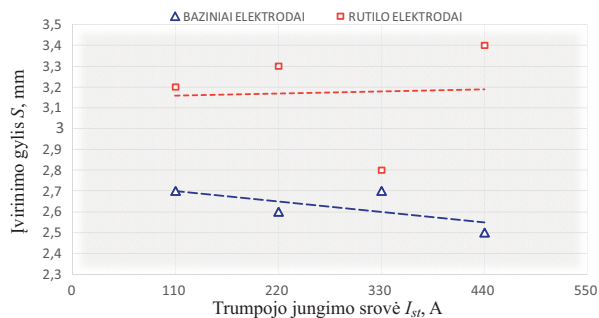
Išmatavus siūlės įvirinimo gylį ir nubraižius priklausomybės grafikus (5–7 pav.) nuo trumpojo jungimo srovės, pastebėta:

- 1) įvirinimo gylis didėja, didėjant trumpojo jungimo srovės stipriui I_{st} ;
- 2) mažo skersmens glaistytųjų elektrodų įvirinimas mažesnis negu didesnio skersmens.



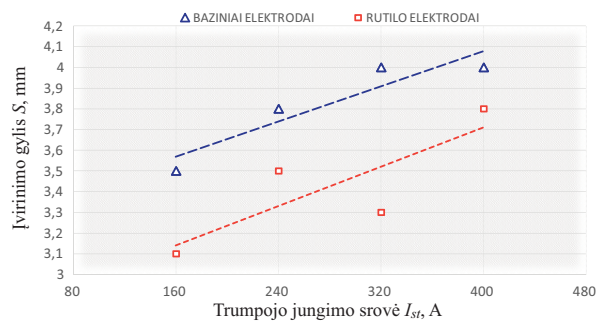
5 pav. Virintinės siūlės įvirinimo gylio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} virinant 2,5 mm skersmens elektrodais

Fig. 5. Weld depth of welding seam dependence on short-circuit current strength I_{st} welding electrodes \varnothing 2.5 mm



6 pav. Įvirinimo gylio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} virinant 3,25 mm skersmens elektrodais

Fig. 6. Weld depth dependence on short-circuit current strength I_{st} welding electrodes \varnothing 3.25 mm



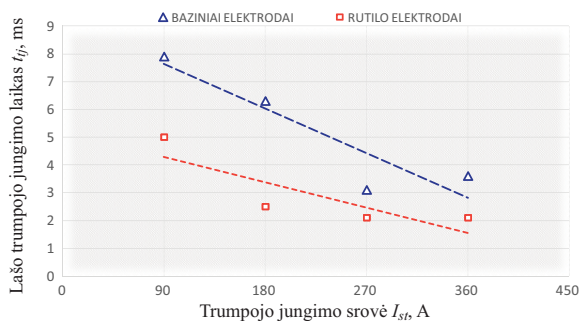
7 pav. Įvirinimo gylio priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės stiprio I_{st} virinant 4,0 mm skersmens elektrodais

Fig. 7. Weld depth dependence on short-circuit current, welding electrodes \varnothing 4.0 mm

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

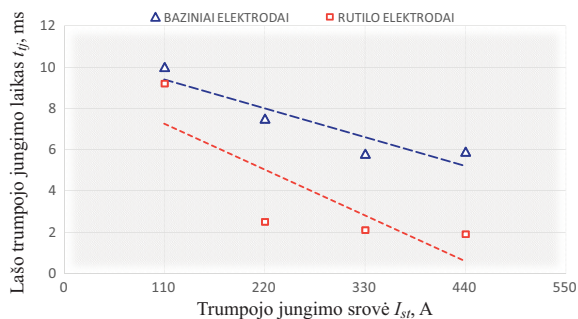
Išanalizavus srovės ir įtampos oscilogramas (8–10 pav.), virinant skirtingais trumpojo jungimo srovės stipriais, nustatyta:

- 1) naudojant bazinius elektrodus, trumpojo jungimo laikas ilgesnis, negu virinant tokio pat skersmens rutilo glaistytaisiais elektrodais;
- 2) metalo lašo trumpojo jungimo laikas mažėja, didinant trumpojo jungimo srovės stipriui I_{st} reikšmes.



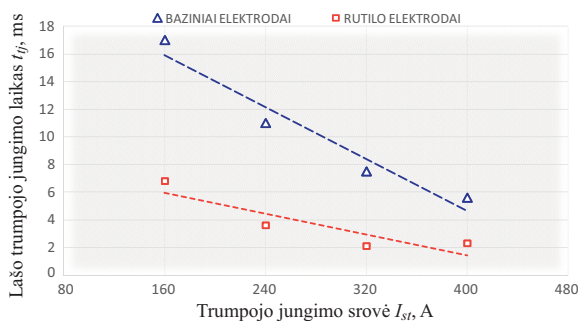
8 pav. Trumpojo jungimo trukmės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės, virinant 2,5 mm skersmens elektrodais

Fig. 8. Short circuit duration dependence on short-circuit current, welding electrodes Ø 2.5 mm



9 pav. Trumpojo jungimo trukmės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės, virinant 3,25 mm skersmens elektrodais

Fig. 9. Short circuit duration dependence on short-circuit current, welding electrodes Ø 3.25 mm



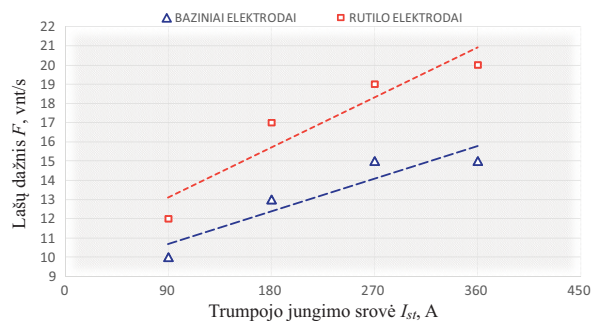
10 pav. Trumpojo jungimo trukmės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės, virinant 4,0 mm skersmens elektrodais

Fig. 10. Short circuit duration dependence on short-circuit current, welding electrodes Ø 4.0 mm

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

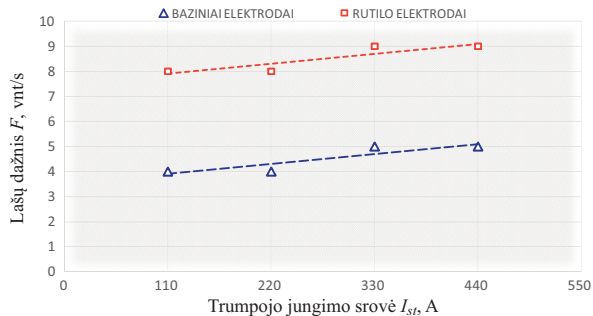
Išanalizavus srovės ir įtampos oscilogramas (11–13 pav.), nustatyta:

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



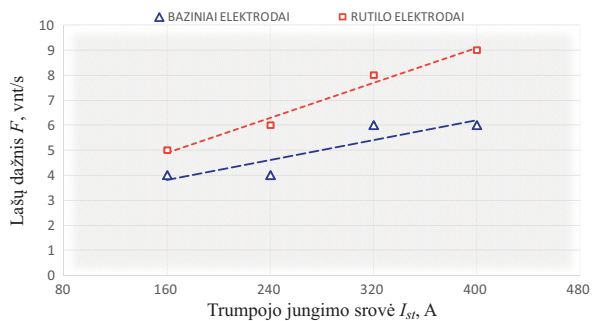
11 pav. Išlydytų lašelių nukritimas į suvirinimo vonelę per 1 s, virinant 2,5 mm skersmens elektrodais

Fig. 11. Drop of molten droplets into the weld pool in one second, welding electrodes Ø 2.5 mm



12 pav. Išlydytų lašelių nukritimas į suvirinimo vonelę per 1 s, virinant 3,25 mm skersmens elektrodais

Fig. 12. Drop of molten droplets into the weld pool in one second, welding electrodes Ø 3.25 mm



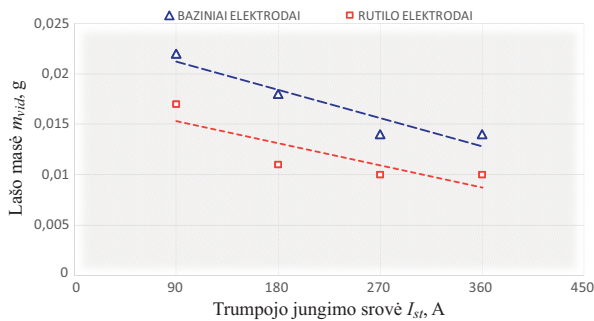
13 pav. Išlydytų lašelių nukritimas į suvirinimo vonelę per 1 s, virinant glaistytaisiais 4,0 mm skersmens elektrodais

Fig. 13. Drop of molten droplets into the weld pool in one second, welding electrodes Ø 4.0 mm

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

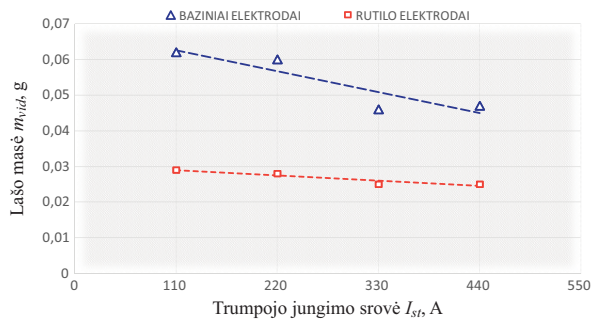
Išanalizavus gautus duomenis (14–16 pav.), pastebėta:

- 1) krintančio į suvirinimo vonelę metalo masė mažėja, jeigu didinama trumpojo jungimo srovė I_{st} ;
- 2) apvirinant mažesnio skersmens elektrodais, į suvirinimo vonelę krinta smulkesni metalo lašeliai;
- 3) virinant baziniais elektrodais, krintančių lašelių masė didesnė negu virinant rutilo elektrodais.



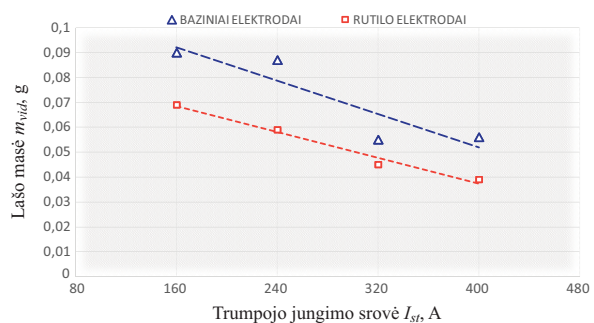
14 pav. Vidutinė lašelio masės priklausomybė nuo trumpojo jungimo srovės I_{st} virinant 2,5 mm skersmens elektrodais

Fig. 14. The average droplet mass dependence on short-circuit current strength I_{st} welding electrodes \varnothing 2.5 mm



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

Fig. 15. The average droplet mass dependence on short-circuit current strength I_{st} welding electrodes \varnothing 3.25 mm



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

Fig. 16. The average droplet mass dependence on short-circuit current strength I_{st} 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

- Kularatna, N. 2003. *Fundamentals of oscilloscopes, digital and analogue instrumentation: Testing and measurement*. London. Institution of Engineering and Technology.
- LST EN 22401. 1998. Glaistytieji elektrodai. Efektyvumo, metalų išlydymo ir pri lydymo koeficientų nustatymas (ISO 2401:1972). Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
- Pritchard, D. 2004. *Soldering, brazing & welding. A manual of techniques*. Ramsbury: The Crowood press.
- Valiulis, A. V. 2008. *Welding and thermal cutting. An introduction*. Vilnius: 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 the changes of seams properties of steel S235J2 (LST EN 10025:2004) were analyzed, 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 determined. The results of the research are given in graphs, final conclusions are also written.

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