

Mechanics, material science, industrial engineering and management
Mechanika, medžiagų inžinerija, pramonės inžinerija ir vadyba

SUVIRINIMO MEDŽIAGŲ ĮTAKOS KARŠTOJO CINKAVIMO PROCESO
KOKYBEI TYRIMAS

Justė ROŽĖNĖ*, Irmantas GEDZEVIČIUS, Šarūnas MIKALIŪNAS

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2019 m. balandžio 15 d.; priimta 2019 m. balandžio 23 d.

Santrauka. Karštojo cinkavimo procesas – populiariausias ilgaamžis suvirintų konstrukcijų apsaugos nuo atmosferos sukeltos korozijos būdas. Deja, cinko sluoksnio storis ant virintinės siūlės ir pagrindinio metalo pasiskirsto nevienodai. Straipsnyje analizuojama, kaip virinant MAG būdu apsauginių dujų aplinkoje sumažinti ant siūlės susidarantį cinko sluoksnį. Analizuojama apsauginių dujų įtaka siūlės geometrijai ir šlako susiformavimui. Pateikiami naudojamų dujų pranašumai ir trūkumai, lyginamas cinko sluoksnio storis.

Reikšminiai žodžiai: MAG suvirinimo procesas, dujų mišiniai, pagrindinis metalas, cinko sluoksnis, karštasis cinkavimas.

Įvadas

Pramonėje gaminant plienines konstrukcijas neretai pasitaiko gamybos proceso klaidų, kurių pasekmės būtina pašalinti kokybiškai, greitai ir nebrangiai. Viena iš tokių problemų kyla, kai netinkamoje gaminio vietoje padaromos kiaurymės ar pjūviai. Paprastai tokiu atveju pažeista vieta užpildoma suvirinimo būdu ir nušlifuojant siūlės rumbelę. Norint gaminį apsaugoti nuo korozijos dažnai pasirenkamas nebrangus ir ilgalaikis karštojo cinkavimo metodas. Pastebėta, kad karšto cinko danga tokių konstrukcijų paviršiuje pasiskirsto nevienodai, virintose ir šlifotose vietose išryškėja storesnis dangos sluoksnis, o tai gadina estetinį gaminio vaizdą.

Literatūros šaltiniuose galima rasti mokslinių tyrimų, kuriuose aprašoma, kas lemia šią problemą (Boiko ir Avisans, 2013; Bondareva ir Melnikov, 2016). Dažniausiai tyrėjų dėmesys krypta į metalo sudėties įtaką cinko sluoksniui. Tačiau gamyboje pasitaiko atveju, kai pagrindinis konstrukcijos metalas, pridėtinė suvirinimo medžiaga ir suvirinimo būdas negali būti keičiami. Būtent todėl nuspręsta ištirti suvirinimo medžiagų (dujų) įtaką karštojo cinkavimo proceso kokybei.

Šio tyrimo tikslas – ištirti, kokią įtaką cinko dangos storiui daro skirtingi dujų mišiniai, virinant MAG būdu. Šiam tikslui pasiekti keliami tokie uždaviniai:

1. Nustatyti susidariusio šlako kiekį siūlių paviršiuje.
2. Ištirti dujų mišinių įtaką siūlės geometrijai.

3. Ištirti dujų mišinių įtaką cheminei sudėčiai.

4. Palyginti siūlių paviršiuje susidariusį cinko sluoksnį.

1. Tyrimo eiga

Pagrindiniai tyrimo etapai:

1. Bandinių suvirinimas.
2. Vizualinė siūlių apžiūra.
3. Siūlių geometrijos tyrimas.
4. Cheminės sudėties tyrimas.
5. Karštasis bandinių cinkavimas.
6. Cinko sluoksnio storio nustatymas.

2. Tyrimo procesas

Paruošti bandiniai suvirinti elektros lanku lydžiuoju elektrodu apsauginių dujų aplinkoje, naudojant elektros lanko maitinimo šaltinį „KEMPPi ProEvolution 4200“, suvirinimo robotą „MOTOMAN SK6“ ir suvirinimo vielą „ESAB 12.50“. Tyrimams naudoti septyni skirtingi dujų mišiniai (1 lentelė).

Suvirinus bandinius, pirmame etape atlikta vizualinė virintinių siūlių apžiūra ir cheminės sudėties analizė įrenginiu „PMI MASTER PRO OXFORD INSTRUMENTS“. Tuomet, paruošus bandinius, atliktas karštojo cinkavimo procesas, po jo bandiniai supjaustyti ir paruošti makrošlifai (ISO/TR 16060, 2003). Siūlių geometrija tirta, bandinius išėsdinus 5 % nitalio šerdikliu. Jų mikroskopinė analizė atlikta naudojant optinį mikroskopą ir programinę

*Corresponding author. E-mail: juste.rozene@vgtu.lt

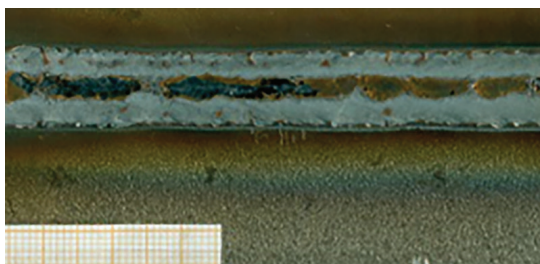
1 lentelė. Suvirinimo dujų mišinių sudėtys, %
Table 1. Welding gas mixtures

Bandinio numeris	Ar, %	CO ₂ , %	O ₂ , %
1 bandinys	82	18	0
2 bandinys	98	2	0
3 bandinys	96,6	0	3,4
4 bandinys	91,9	0	8,1
5 bandinys	90	0	10
6 bandinys	72	18	10
7 bandinys	100	0	0

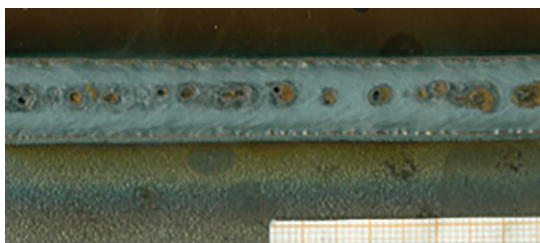
įrangą „Scion Image“. Išmatuotas cinko sluoksnio storis siūlės ir pagrindinio metalo paviršiuje.

3. Rezultatai ir analizė

Pirmajame etape, suvirinus robotu, atliekant vizualinę siūlių patikrą iširtas šlakas, susidaręs siūlių paviršiuje.



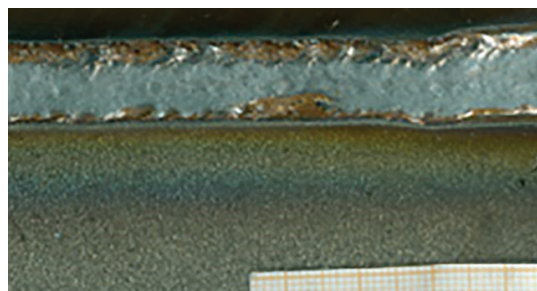
1 paveikslas. Pirmasis bandinys – virintinė siūlė
Figure 1. The first sample – the welding seam



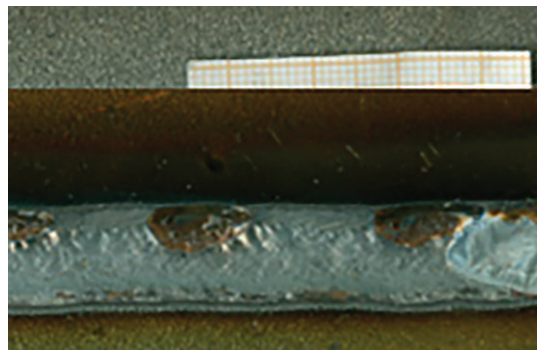
2 paveikslas. Antrasis bandinys – virintinė siūlė
Figure 2. The second sample – the welding seam



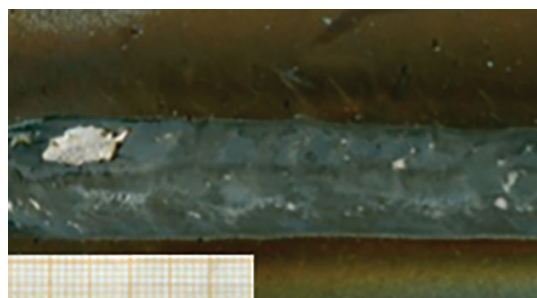
3 paveikslas. Trečiasis bandinys – virintinė siūlė
Figure 3. The third sample – the welding seam



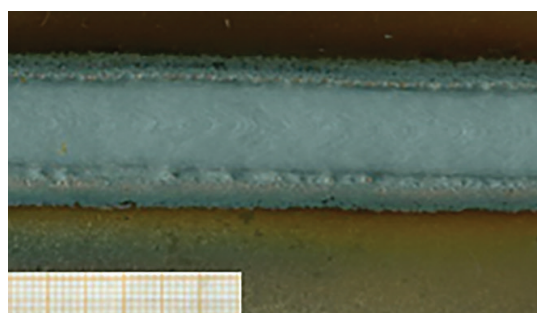
4 paveikslas. Ketvirtasis bandinys – virintinė siūlė
Figure 4. The fourth sample – the welding seam



5 paveikslas. Penktasis bandinys – virintinė siūlė
Figure 5. The fifth sample – the welding seam



6 paveikslas. Šeštasis bandinys – virintinė siūlė
Figure 6. The sixth sample – the welding seam



7 paveikslas. Septintasis bandinys – virintinė siūlė
Figure 7. The seventh sample – the welding seam

Lyginant 1–7 paveiksluose pateiktus siūlių paviršiaus vaizdus su 1 lentelės duomenimis, matyti, kad šlako kiekis siūlės paviršiuje priklauso nuo deguonies kiekio apsauginėse dujose. Suvirinimo vieloje esantis silicis ir manganas skystame suvirinimo vonelės metalo reaguoja su deguo-

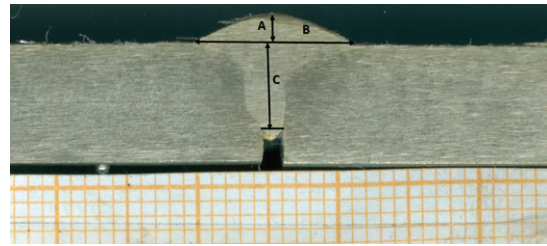
nimi ir auštant siūlei formuoja šlaką. Šlako susidarymą lemia ne tik deguonies dujos – viena iš apsauginių dujų sudėtinių dalių, bet ir elektros lanke skylančios CO₂ dujos, sudarytos iš anglies ir deguonies.

Atlikta cheminės sudėties analizė.

Siūlių geometrijos matavimo rezultatai parodė (2 lentelė), kad, į apsaugines dujas įmaišius deguonies, sumažėja siūlės aukštis (rumbelė), o CO₂ dujos didina siūlės gylį (įvirinimo gylį).

2 lentelė. Siūlių geometrijos duomenys
Table 2. Dimensions of welding seams

Bandinys	A – aukštis, mm	B – plotis, mm	C – gylis, mm
1 b. Ar+CO ₂ 18 %	2,1	11,4	6,0
2 b. Ar+CO ₂ 2 %	2,4	11,9	5,2
3 b. Ar+O ₂ 3,4 %	2,0	12,0	5,4
4 b. Ar+O ₂ 8,1 %	2,2	11,0	5,5
5 b. Ar+O ₂ 10 %	2,2	10,8	5,3
6 b. Ar+CO ₂ 18 %+ O ₂ 10 %	1,4	12,6	6,0
7 b. Ar 100 %	2,1	12,0	4,6



8 paveikslas. Siūlių geometrijos matavimo žymenys

Figure 8. Rib marks of welding seams

Kitas tyrimo etapas – siūlių geometrijos tyrimas.

Analizuojant 3 lentelėje pateiktus rezultatus pastebėta, kad prilydytame siūlės metalo silicio labiausiai sumažėjo penktame ir šeštame bandiniuose, kuriuos virinant buvo pučiamas didžiausias deguonies kiekis (S355 European Standard Steel, 2004). Analogiška tendencija matyti ir tiriant mangano kiekį siūlės metalo.

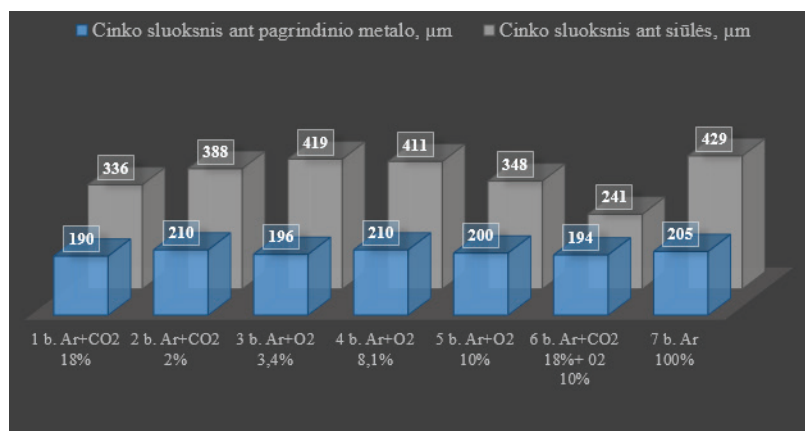
Paskutiniame tyrimų etape išmatuotas cinko sluoksnio storis pagrindinio metalo ir siūlės paviršiuose (8 paveikslas).

Analizuojant cinko sluoksnio pasiskirstymo ant bandinių rezultatus, nustatyta (9 paveikslas), kad kai iš siūlės į šlaką neišskyla silicio ir mangano, t. y. nenaudojamos oksiduojančiosios dujos, ant siūlės susidaro storiasias cinko sluoksnis, jis gali būti daugiau nei du kartus didesnis nei

3 lentelė. Cheminės analizės duomenys, %

Table 3. Chemical composition data, %

Elementas	Plienas S355	Viela ESAB 12.50	1 bandinys Ar+CO ₂ 18 %	2 bandinys Ar+CO ₂ 2 %	3 bandinys Ar+O ₂ 3,4 %	4 bandinys Ar+O ₂ 8,1 %	5 bandinys Ar+O ₂ 10 %	6 bandinys Ar+CO ₂ 18 %+ O ₂ 10 %	7 bandinys Ar 100 %
Fe	98,162	98,1	97,624	97,606	97,647	97,759	98,008	98,454	96,958
C	0,19	0,1	0,13	0,12	0,11	0,13	0,09	0,13	0,16
Si	0,22	0,7	0,47	0,62	0,61	0,56	0,49	0,28	0,78
Mn	1,29	1,1	1,2	1,39	1,36	1,26	1,1	0,89	1,48



9 paveikslas. Cinko sluoksnio pasiskirstymas. Mėlyna – pagrindinis metalas, pilka – ant siūlės
Figure 9. Zinc thickness distribution. Blue – steel, grey – welding seam

ant pagrindinio metalo (žr. 9 paveikslą, 7 bandinys). Mažas į apsaugines dujas įmaišyto deguonies kiekis (iki 8 %, 3, 4 bandiniai) neleidžia sumažinti cinko sluoksnio ant siūlės paviršiaus. Apsauginių dujų, turinčių didelį deguonies kiekį (6 bandinys), naudojimas suvirinimo proceso metu lemia ploniausio cinko sluoksnio susidarymą ir užtikrina geriausią estetinį cinkuoto gaminio vaizdą.

Išvados

1. Vizualinė siūlių apžiūra, suvirinus skirtingais dujų mišiniais, parodė, kad mažiausias šlako kiekis susidarė septintojo bandinio paviršiuje, kuriam suvirinti naudotos argono dujos, o didžiausias šlako kiekis užfiksuotas šeštojo bandinio paviršiuje, kuriam suvirinti naudotas trijų komponentų dujų mišinys (Ar + CO₂ 18 % + O₂ 10 %). Šlako kiekį lemia apsauginėse dujose esantis deguonis.
2. Siūlių geometrijos tyrimas atskleidė, kad minimalus siūlės rumbelės aukštis (1,4 mm) bei maksimalus plotis (12,6 mm) ir gylis (6 mm) gaunami virinant trijų komponentų dujų mišiniu (Ar + CO₂ 18 % + O₂ 10 %), o mažiausias įvirinimo gylis pasiekiamas virinant argono dujomis.
3. Atlikus cheminės sudėties analizę, nustatyta, kad minimalus silicio kiekis (0,28 %) randamas bandinyje, kuriam suvirinti naudotas trijų komponentų dujų mišinys (Ar + CO₂ 18 % + O₂ 10 %), o maksimalus silicio kiekis (0,78 %) – bandinyje, kuriam suvirinti naudotos argono dujos.
4. Cinko dangos storio matavimo rezultatai parodė, kad minimalus cinko sluoksnis (47 μm) susidarė šeštojo bandinio paviršiuje, kuriam suvirinti naudotas trijų komponentų dujų mišinys (Ar + CO₂ 18 % + O₂ 10 %), o maksimalus sluoksnis (224 μm) – bandinyje, kuriam suvirinti naudotos argono dujos.

Literatūra

- Boiko, I., & Avisans, D. (2013). Study of shielding gases for mag welding. *Materials Physics and Mechanics*, 16(3), 126-134. Retrieved from http://www.ipme.ru/e-journals/MPM/no_21613/MPM216_04_boiko.pdf
- Bondareva, O. S., & Melnikov, A. A. (2016). Effect of the silicon content in steel on the hot-dip zinc coating microstructure formation. *Materials and Technologies of New Generations in Modern Materials Science*, 5(3), 5-21. Retrieved from <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/156/1/012015/pdf>
- S355 European Standard Steel. (2004). *S355 EN 10025: 2004 Standard Structural Steel Plate* Retrieved from http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgs/staal_23_standaarden_s355_european_standard_steel.pdf
- ISO/TR 16060. (2003). *Destructive tests on welds in metallic materials – Etchants for macroscopic and microscopic examination*. I dalis (tapatus ISO 16060:2003(E)). Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas (10 p.).

THE ANALYSIS OF THE WELDING MATERIALS IMPACT FOR THE HOT-DIP GALVANIZATION PROCESS QUALITY

J. Rožėnė, I. Gedzevičius, Š. Mikaliūnas

Abstract

The hot dip galvanizing process is the most popular long-term corrosion protection method for welded constructions. The article analyzes influence of shielding gas by reducing the zinc layer on the seams in MAG welding. The influence of shielding gases on the geometry of the seam and the slagging of the slag is analyzed. Advantages and disadvantages of the applied gas are presented and the thickness of the zinc layers is compared.

Keywords: MAG welding process, gas mixtures, the main metal, zinc layer, hot-dip galvanizing.