OPTIMIZACIJA SASTAVA AKTIVACIJSKOG PREMAZA ZA A – TIG NAVARIVANJE

Ivica Garašić, Zoran Kožuh, Maja Jurica, Tanja Tomić, Luka Čolić, Nikola Babić Fakultet strojarstva i brodogradnje, Ivana Lučića 1, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: A – TIG navarivanje, nehrđajući čelik, geometrija navara

Sažetak:

U ovom radu provedeno je istraživanje utjecaja sastava aktivacijskog premaza na geometrijska svojstva i kemijski sastav metala navara pri robotiziranom A – TIG navarivanju. Navarivanje je izvedeno na robotskoj stanici OTC Almega AX-6, a kao osnovni materijal korišten je nehrđajući austenitni čelik kvalitete AISI 304 debljine 5 mm. Kao zaštitni plin korišten je argon. Aktivacijske komponente u obliku sitnog praška korištene u istraživanju su: SiO₂, Cr₂O₃ i TiO₂. Analizom geometrijskih karakteristika navara utvrdilo se da svaka ispitana mješavina A – TIG premaza utječe na profil navara. Rezultati SEM-EDS analize kemijskog sastava pokazale su da nijedna mješavina aktivacijskih premaza ne utječe značajno na kemijski sastav metala navara.

OPTIMIZATION OF THE A – TIG BEAD ON PLATE WELDING FLUX COMPOSITION

Key words: A – TIG bead on plate welding, stainless steel, weld bead geometry

Abstract:

This paper presents investigates the effect of activating flux composition on the weld geometry properties and chemical composition for robotized A – TIG bead on plate welding. The welding was performed on the OTC Almega AX-6 robotic station on 5 mm thick AISI 304 austenitic stainless steel. Shielding gas used was pure argon. The activation components in the form of fine powder that were used in the research are: SiO2, Cr2O3 and TiO2. The analysis of the weld bead geometry determined that each tested mixture of A - TIG flux affects it. SEM-EDS analysis showed that none of the activation mixture coating has a significant effect on the chemical composition of metal weld beads.

1. UVOD

TIG postupak zavarivanja ima određene nedostatke poput male penetracije i malog depozita, a posljedica toga je smanjena produktivnost u usporedbi s ostalim postupcima zavarivanja koji se koriste u proizvodnji. Za debljine veće od 3 mm potrebno je zavarivati u više prolaza i to uvelike smanjuje produktivnost postupka. Pokušaji da se poveća produktivnost pomoću povećanja jakosti struje zavarivanja i smanjivanja brzine zavarivanja pokazali su se neuspjelim. Zbog tih razloga istražuju se alternativni načini poboljšavanja produktivnosti TIG postupka. Razlog istraživanja i primjene talila u zavarivanju leži u tome da priprema zavara nije potrebna (rubovi se ne trebaju čistiti), a postignuta veća penetracija omogućuje manji broj prolaza. Adekvatnom primjenom aktivnog talila moguće je kod TIG postupka postići potpunu protaljenost u jednom prolazu materijala debljine 12 mm 0. Neki od razloga rijetke primjene A – TIG postupka su nedostatak informacija o sastavu aktivnog talila i njegovom utjecaju na formiranje zavara, mogućnost loše kvalitete zavara i utjecaj debljine premaza aktivnog talila na stabilnost električnog luka.

A – TIG proces zavarivanja

Postoji jako malo informacija o svojstvima i sastavu aktivnog talila u dostupnoj stručnoj literaturi. Aktivno talilo koje se koristi pri A – TIG zavarivanju sastoji se od različitih komponenata u prahu koje se naknadno miješaju s acetonom ili etanolom. Takvo talilo tj. aktivacijski premaz ima

1

8. INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PROFESSIONAL CONFERENCE SBZ 2015

odlična svojstva kvašenja površine što utječe na oblik taline, a sastav talila se mijenja ovisno o površini gdje se namjerava primijeniti. Još nije u potpunosti razjašnjeno kakav utjecaj ima kvašenje površine na učinkovitost talila da zaštiti površinu taline. Vjeruje se da samo kvašenje površine zavara i promjena površinske napetosti talila nemaju nikakvu poveznicu s Marangonijevim efektom strujanja taline materijala unutar taline. Ali je zato Marangonijev efekt strujanja fluida iskorišten za objašnjavanje različitih profila penetracije zavara. Glavni razlog promjene strujanja taline materijala jest u različitim Toplinskim Koeficijentima Površinskih Napetosti – TKPN taline 0 –0. Slika 1 prikazuje Marangonijev efekt u talini zavara.



Slika 1. Marangonijev efekt strujanja fluida a) Centrifugalni b) Centripetalni 0

Kada se koristi TIG proces bez aktivnog talila TKPN poprima negativnu vrijednost. To znači da hladnija periferna strana taline ima veću površinsku napetost od same sredine. Zbog takve raspodjele površinskih napetosti generira se centrifugalni Marangonijev efekt u talini zavara (Slika 1. a)). U takvim uvjetima, tok taline se lakše odvija od centra taline zavara prema rubovima tvoreći široki i plitki profil zavara 0. Kada se koristi aktivno talilo tj. A – TIG postupak zavarivanja, vrijednost TKPN-a se mijenja iz negativne u pozitivnu. Stoga su površinske napetosti veće u centru taline zavara nego na rubovima. Posljedica takvih raspodjela površinskih napetosti je smjer strujanja taline iz rubnih krajeva taline prema sredini tj. centripetalni Marangonijev efekt (Slika 1. b)). Zbog toga profil zavara ima znatno veću penetraciju i suženi oblik 0, 0.

2. EKSPERIMENTALNI RAD

U eksperimentalnom dijelu rada utvrđeni su utjecaji različitih sastava aktivacijskog premaza kod TIG navarivanja na geometriju navara i kemijski sastav metala navara. Za navarivanje uzoraka korištena je robotska stanica OTC Almega AX-6 te izvor struje OTC DA300P (Slika 2.). Kao osnovni materijal odabran je austenitni čelik sniženog masenog udjela ugljika kvalitete AISI 304. Debljina ploča iznosila je 5 mm, a ploče su izrezane iz iste šarže kako bi se isključio utjecaj promijenjenog kemijskog sastava kod usporedbe rezultata. Ispitane su tri komponente aktivacijskog premaza koje se koriste i za izradu obloga elektroda: SiO₂ – Silicijev (IV) oksid-Kvarc A04, Cr₂O₃ – Kromov (III) oksid - A16 i TiO₂ – Titanijev(IV) oksid-Rutil A01. Kao zaštitni plin se koristio 100% argon (Ar) uz protok od 9 l/min. Aktivacijska pasta je pripremljena u obliku visoko koncentrirane suspenzije praškastih komponenata u etilnom alkoholu. Omjer čvrste faze (praškastih komponenti) i tekuće (etilni alkohol) u svim premazima je 1:2. Svi uzorci su navarivani s jakosti struje od 100 A i brzinom navarivanja od 10 cm/min. Promjer elektrode je iznosio d = 1,6 mm. Izvučeni dio vrha elektrode iznosio je 4 mm, a udaljenost između vrha elektrode i radnog komada iznosila je 7 mm.



Slika 2. Robotska stanica OTC Almega AX-6 i plan gibanja pištolja

Promjenjiva varijabla u ovom istraživanju je bila sastav aktivacijskog premaza za izvođenje A – TIG postupka zavarivanja. Odabrano je 7 mješavina za tri komponente aktivacijskog premaza plus dodatno stanje pokusa bez premaza (Tablica 1.).

Oznaka uzorka	Udijeli komponenata, %		
	x ₁ (SiO ₂)	x ₂ (Cr ₂ O ₃)	x ₃ (TiO ₂)
0 A	-	-	-
1 A	100	0	0
2 A	50	50	0
3 A	0	100	0
4 A	50	0	50
5 A	0	0	100
6 A	0	50	50
7 A	33,33	33,33	33,33

Tablica 1. Udjeli komponenata aktivacijskih premaza za svaku točku pokusa

Prije samog navarivanja na površinu ispitnog uzorka kistom je nanesen A – TIG premaz u smjeru navarivanja širine oko 20 mm. Moglo se uočiti da je faktor granulacije praška bio ključan u kvaliteti dispergiranja čestica u suspenziji. Tako su finije čestice ("u obliku praha") SiO₂ i Cr₂O₃ bile bolje dispergirane u alkoholnoj suspenziji te su se jednoličnije mogle nanositi na površinu nego oni premazi koji su sadržavali grublje čestice ("u obliku sitnozrnatog pijeska") TiO₂.

2.1 Vizualna kontrola i analiza geometrijskih značajki

Rezultati dobiveni robotiziranim A – TIG postupkom navarivanja austenitnih ploča AISI 304 u zaštitnoj atmosferi sa 100 % Ar d prikazani su u tablici 2. Iz tablice se može vidjeti da su lica navara kod svih vrsta mješavina vrlo pravilna i bez nadvišenja osim kod uzorka 4A gdje lice navara ima mjestimična nadvišenja i ulegnuća. Površinske pukotine i otvorene pore nisu utvrđene. Pobojenost je uočena kod svih navara gdje nije korišten aktivacijski premaz s aktivacijskom komponentom Cr_2O_3 zbog izrazite zelene boje te aktivacijske komponente.

Analizirajući stražnje strane navara moguće je utvrditi da kod niti jednog navara nije došlo do protaljivanja ploče. Prema jednakoj širini pobojanosti sa stražnje strane navara može se pretpostaviti da je unos topline, a samim time i penetracija po cijeloj dužini svakog navara jednolika.

U zorak	Presjek navara	Lice navara	Stražnja strana navara
0 A	0A		
1 A	1A - 6,1		
2 A	2A		
3 A	3A		

Tablica 2. Izgled navara svih ispitnih uzoraka



Uzorak 0A je izveden bez aktivacijskog premaza te se može vidjeti da je penetracija 1,5 mm što je vrlo malo jer bi bilo potrebno svaki lim deblji od 1,5 mm zavarivati u više prolaza (pri istim parametrima) što znatno poskupljuje tehnologiju. Širina navara je kod ovog uzorka najmanja i iznosi 5,76 mm. Prema obliku penetracije navara se vidi da je zona jezgre električnog luka šira u odnosu na širinu zone jezgre luka i oblik penetracije kod uzoraka s aktivacijskim premazima. Uzorak 1A je izveden s aktivacijskim premazom koji je sadržavao aktivacijsku komponentu 100 % SiO₂. Primjenom ovog aktivacijskog premaza dubina penetracije iznosi 2,31 mm dok se širina navara neznatno povećala na 6,1 mm. Uzorak 2A je izveden s aktivacijskim premazom koji je sadržavao mješavinu aktivacijskih komponenti 50 % SiO₂ i 50 % Cr₂O₃. Primjenom ovog aktivacijskog premaza dobivena je najveća penetracija (3,17 mm) u odnosu na sve ostale premaze što je povećanje za nešto više od 100 % dubine penetracije navara kod uzorka izvedenog bez aktivacijskog premaza. Iz tablice 2 je također moguće primijetiti kako se širina navara s dubinom navara naglo smanjuje tj. širina zone jezgre električnog luka je bila pri izvođenju navara jako uska. Uzorak 3A izveden s aktivacijskim premazom sa 100 % Cr₂O₃ te također ima znatno veću širinu i penetraciju navara od uzorka bez premaza. Iz tablice 2 se može uočiti nadvišenje navara koje je kod ovog uzorka najizraženije. Uzorak 4A izveden s mješavinom aktivacijskih komponenti od 50 % SiO₂ i 50 % Cr₂O₃. Ovaj uzorak ima dubinu penetracije od 2,91 mm te je oblik penetracije vrlo pravilan i simetričan. Uzorak 5A je izveden s aktivacijskim premazom od 100 % TiO₂, a dubina penetracije ovog uzorka iznosi 2,56 mm dok je širina navara 6,41 mm. Uzorak 6A izveden je s aktivacijskim premazom koji je sadržavao 50 % Cr₂O₃ i 50 % TiO₂. Dubina penetracije ovog uzorka je najmanja i iznosi 1,2 mm što znači da je manja i od dubine penetracije kod uzorka 0A

8. INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PROFESSIONAL CONFERENCE SBZ 2015

gdje nije korišten aktivacijski premaz. Prema obliku penetracije se može zaključiti da je kod ovog premaza širina električnog luka najveća što može biti rezultat stvaranja para i plinova u električnom luku. Uzorak 7A gdje je korišten aktivacijski premaz mješavine svih ispitivanih komponenti tj. 33 % SiO₂ i 33 % Cr₂O₃ te 33 % TiO₂ je također pokazao dobre rezultate jer se dubina penetracije s primjenom ovog premaza udvostručila u odnosu na uzorak bez premaza. Ovaj tip premaza je rezultirao navarom penetracije srednje vrijednosti što je izrazito dobro jer zbog tog svojstva može imati univerzalnu primjenu.

Gledajući sve vrijednosti profila dobivenih navara jasno se može vidjeti da je kod uzorka 2A dubina navara tj. penetracija najveća dok je kod uzorka 6A najmanja. Također je moguće uočiti da je najširi navar na uzorku 6A gdje je ujedno i najmanja penetracija dok je na uzorku 4A širina navara najmanja u odnosu na druge ispitivane uzorke.

2.2 Određivanje kemijskog sastava metala navara

EDS analizom detektirani su prisutni kemijski elementi u metalu navara. Slika 3. prikazuje masene udjele kemijskih elemenata u metalu navara za svaki pojedini uzorak. Sa slike se može uočiti da je udio željeza (Fe) najmanji u uzorku 7A gdje iznosi 65,08 % što je nešto manje od minimalnog sastava za čelik AISI 304. Udio kroma (Cr) je isto tako najmanji u uzorku 7A gdje iznosi 17,96 % dok je u uzorku 6A najveći i iznosi 19,53 %. Za čelik AISI 304 dozvoljeni raspon udjela nikla (Ni) je od 8 % do 10,5 %. Rezultati dobiveni EDS analizom pokazuju da u niti jednom uzorku udio nikla nije u tom rasponu, nego je uvijek nešto manji. To ne znači nužno da ovaj čelik nije kvalitete AISI 304 jer svaki proizvođač odredi svoje raspone udjela kemijskih elemenata, no poželjniji je što veći udio nikla jer on povisuje žilavost i smanjuje toplinsku rastezljivost čelika. Udio mangana (Mn) je u svim uzorcima manji od 2 %. U uzorcima gdje se koristio aktivacijski premaz s komponentom SiO₂ EDS analizom je detektiran udio silicija (Si). Silicij je dobar dezoksidator te povisuje čvrstoću, granicu elastičnosti i otpornost na trošenje. Udio silicija u niti jednom uzorku ne prelazi maksimalnu vrijednost od 1 %. Iako se kod određenih navarivanja koristio aktivacijski premaz s TiO₂ u nijednom metalu navara nije detektiran udio titana (Ti).

Analizom svih dobivenih rezultata EDS analizom moguće je primijetiti da aktivacijski premazi ne utječu puno na kemijski sastav metala navara tj. razlike u udjelima kemijskih elemenata nisu velike između ispitivanih uzoraka. Mali utjecaj premaza na kemijski sastav čelika znači da se neće mijenjati mikrostruktura, a samim time se neće smanjivati mehanička svojstva čelika zavarenog pomoću A – TIG postupka.



Slika 3. Dijagram promjene masenih udjela kemijskih elemenata u metalu navara ispitivanih uzoraka

3. ZAKLJUČAK

U provedenom istraživanju odabrano je 7 mješavina aktivacijskog premaza koje su u promjenjivim omjerima sadržavale tri komponente (SiO₂, Cr₂O₃ i TiO₂). Analizom dobivenih podataka, parametara navarivanja i dobivenih rezultata utvrdio se utjecaj različitih mješavina aktivacijskog premaza na svojstva navara. Na temelju provedenog ispitivanja moguće je zaključiti sljedeće:

Vizualnom kontrolom navara izvedenih u zaštitnoj atmosferi 100 % Ar utvrdilo se da su lica navara kod svih vrsta mješavina vrlo pravilna i bez nadvišenja osim kod uzorka 4A gdje je korištena mješavina aktivacijskih komponenti od 50 % SiO₂ i 50 % TiO₂. Sa stražnje strane navara se moglo utvrditi da niti jedan navar nije provario ploču debljine 5 mm pri zadanim parametrima navarivanja.

Analizom geometrijskih karakteristika navara utvrdilo se da svaka ispitana mješavina A – TIG premaza kvalitetno utječe na sam navar povećavajući penetraciju postupka. Aktivacijski premaz s 50 % Cr_2O_3 i 50 % TiO_2 kod uzorka 6A je postigao najmanju dubinu penetracije. Klasičnim TIG postupkom postignuta je penetracija navara od 1,5 mm. Primjenom mješavine aktivacijskih komponenti 50 % SiO_2 i 50 % Cr_2O_3 dobivena je najveća penetracija u odnosu na sve ostale premaze od 3,17 mm što je povećanje za više od 100 % penetracije navara kod uzorka izvedenog bez aktivacijskog premaza.

Iz rezultata dobivenih SEM – EDS analizom kemijskog sastava se može zaključiti da nijedna mješavina aktivacijskih premaza ne utječe značajno na kemijski sastav metala navara tj. razlike u udjelima kemijskih elemenata nisu velike između ispitivanih uzoraka. Mali utjecaj premaza na kemijski sastav čelika znači da ne dolazi do promjene mikrostrukture, a samim time ne dolazi do smanjivanja mehaničkih svojstava čelika zavarenog pomoću A – TIG postupka.

4. POPIS LITERATURE

[1]K. Yushchenko et al: A-TIG welding of carbon-manganese and stainless steels, Intl. Conf. on Welding Technology, Paton Institute, paper 2 Cambridge, 13-14, October, 1993.
[2]Tseng, Kuang-Hung; Hsu, Chih-Yu: Performance of activated TIG process in austenitic stainless steel welds, Journal of Materials Processing Technology, 211 (2011), 503–512, 2011.
[3]Berthier, A.; Paillard, P.;Carin, M.; F. Valensi, F.; Pellerin S.: TIG and A-TIG welding experimental investigations and comparison to simulation Part 2: arc constriction and arc temperature; Science and Technology of Welding and joining, Vol. 17, No. 8, 2012.
[4]Loureiro, A. R.; Costa, B. F. O.; Batista, A. C.; Rodrigues, A.: Effect of activating flux and shielding gas on microstructure of TIG welds in austenitic stainless steel, Science and Technology of Welding and Joining, Vol. 14, No. 4, 2009.

[5]Berthier, A.; Paillard, P.; Carin, M.; F. Valensi, F.; Pellerin S.: *TIG and A-TIG welding experimental investigations and comparison to simulation Part 1: Identification of Marangoni effect*, Science and Technology of Welding and joining, Vol. 17, No. 8, 2012.