



AUTOMATIZIRANO TIP TIG ZAVARIVANJE

AUTOMATED "TIP TIG" WELDING

Slobodan KRALJ, Zoran KOŽUH, Ivica GARAŠIĆ, Vladimir PANJKOVIĆ ¹⁾

Ključne riječi: TIP TIG, vruća žica, depozit, automatizacija

Key words: TIP TIG, hot wire, deposit, automation

Sažetak: Zavarivanje TIG postupkom s automatskim dodavanjem materijala uz njegovo dodatno zagrijavanje rezultira većim depozitom ali i zahtjeva adekvatnu pripremu i poznavanje tehnologije. U ovom radu analiziran je TIP TIG koncept zavarivanja pri čemu je detaljno razmatran i utjecaj topline dobivene predgrijavanjem žice. Opisan je osnovni mehanizam TIP TIG zavarivanja kao i specifična oprema. U eksperimentalnom radu načinjena je komparativna analiza pri zavarivanju cijevi debljine stijenke 14mm od duplex čelika i to automatiziranim TIP TIG i konvencionalnim ručnim TIG postupkom. U konačnici su dani i adekvatni zaključci na temelju kojih je moguće odabrati područje primjene TIP TIG postupka.

Abstract: Application of TIG process with automated feeding of filler material and additional heating of filler wire, results in a higher deposit rate, but on the other hand, calls for appropriate preparation and knowledge of technology. Concept of TIP TIG welding has been considered in this contribution, particular attention being focused to effect of heat imported through wire preheating. Basic mechanism of TIP TIG has been depicted, as well as the specific equipment needed. Within the scope of experimental work, a comparative analysis between automated TIP TIG welding and conventional manual TIG process for the case of pipe made of duplex steel with 14 mm wall thickness has been made. Certain conclusions that can be used as a basis for selection of appropriate field of application for TIP TIG process are offered.

¹⁾ Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, HR 10000 Zagreb, e-mail:fsb.zk@fsb.hr

1. OSNOVNI KONCEPT TIP-TIG ZAVARIVANJA

TIG postupak ima mnogobrojne prednosti u odnosu na ostale postupke zavarivanja, no primjena konvencionalnog TIG postupka zavarivanja upitna je sa stanovišta produktivnosti i mogućnosti automatizacije. Primijenjena tehnološka rješenja kod TIP TIG postupka omogućavaju povećanje produktivnosti i integraciju u automatizirane sustave.

TIP TIG zavarivanje je modernizirana varijanta TIG postupka zavarivanja uz primjenu automatskog dodavanja žice tj. dodatnog materijala koje se sastoji od dvije komponente. Žica za zavarivanje se primarno giba kontinuirano prema naprijed u smjeru zavara (kao kod MIG/MAG postupka) te se na to gibanje integrira sekundarno linearno gibanje "naprijed-nazad" koje proizvodi dodavač žice preko mehaničkog sustava. Kinetička energija tog dinamičkog gibanja umanjuje utjecaj površinske napetosti taline što omogućava bolje spajanje i miješanje osnovnog i dodatnog materijala dok nečistoćama i plinovima omogućava izlaz iz rastaljenog metala. Depozit dodatnog materijala može se povećati i do 50% kad se radi o varijanti s vrućom tj. predgrijanom žicom. Dinamički efekti gibanja žice osiguravaju stabilan i upravljiv zavarivački proces. Brzina žice i oscilatorno gibanje naprijed-nazad su kontinuirano podesivi i njima je moguće nezavisno upravljati.

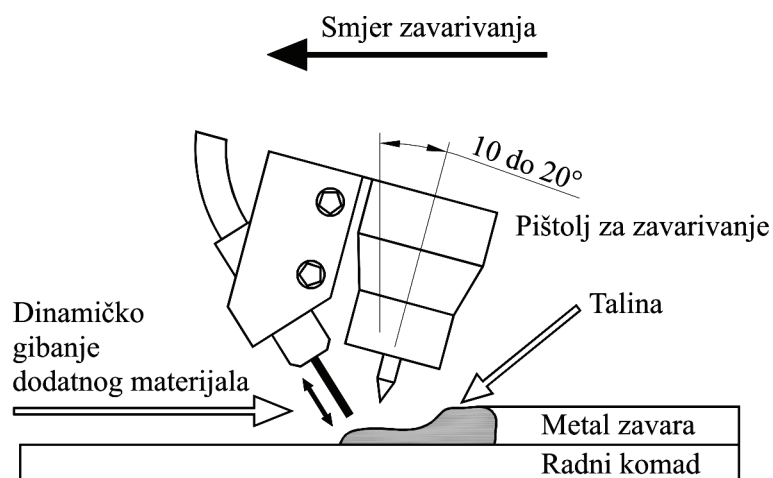
Primjenom TIP TIG postupka zavarivanja mogu se vrlo efikasno zavarivati konstrukcijski čelici, nehrđajući čelici (feritni, austenitni i austenitno-feritni), aluminij i njegove legure, titan itd.

Primjenom TIP TIG postupka zavarivanja dobiva se slijedeće:

- u odnosu na klasični TIG znatno veći depozit,
- visoka kvaliteta zavara,
- dobar estetski izgled i geometrija zavara bez potrebe za naknadnom obradom,
- smanjeni unos topline u radni komad što rezultira smanjenjem deformacija radnog komada te manji negativni utjecaj na mikrostrukturu.

TIP TIG postupak se zbog svojeg koncepta vrlo lako automatizira, a efikasnost mu raste uporabom varijante s vrućom žicom. Zbog relativno nižeg unosa topline minimalizirano je i stvaranje metalnih para i plinova.

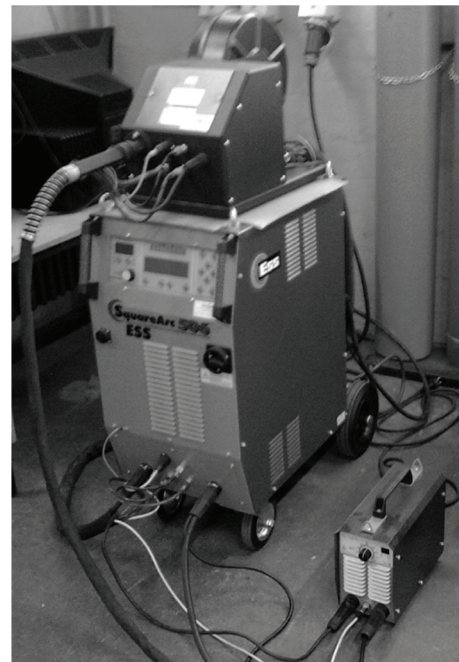
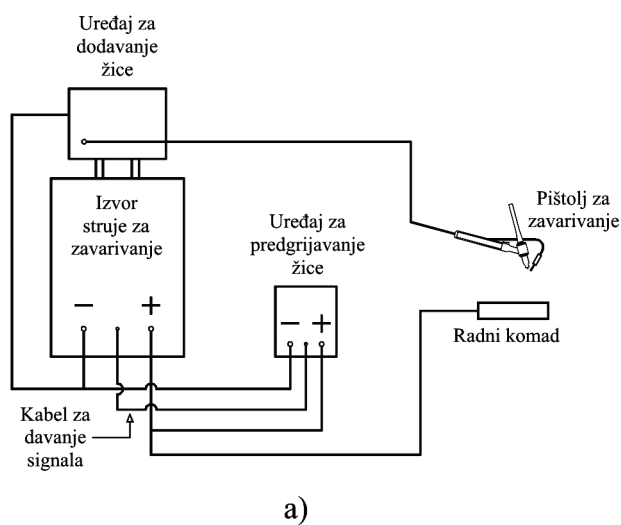
Najčešće primjenjivana tehnika rada kod TIP TIG zavarivanja prikazana je na slici 1. Pištolj za zavarivanje je nagnut unazad za 10 do 20°, a dodatni materijal se dodaje u prednji rub taline.



Slika 1. Koncept i tehnika rada kod TIP TIG zavarivanja

2. UREĐAJ ZA TIP TIG ZAVARIVANJE

TIP TIG uređaj za zavarivanje sastoji se od mikroprocesorom upravljanog uređaja za dodavanje dodatnog materijala, izvora struje za predgrijavanje dodatnog materijala (predgrijač žice), pištolja za zavarivanje s cijevnim paketom i izvora struje za zavarivanje, slika 2.



Slika 2. Shematski prikaz spajanja komponenti a) i oprema za TIP TIG zavarivanje b)

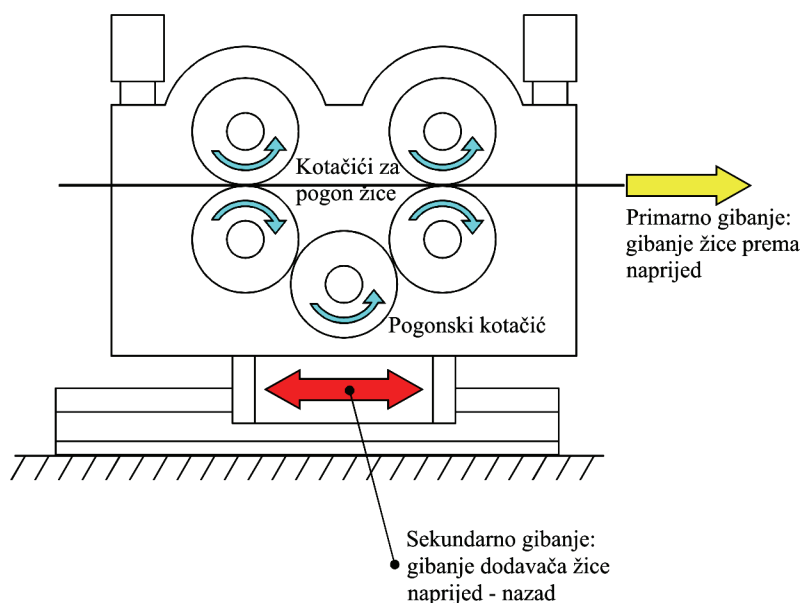
2.1 Uređaj za dodavanje dodatnog materijala

Na slici 3. prikazan je uređaj za dodavanje dodatnog materijala kojeg je 1999. godine osmislio i patentirao inženjer Plasch. Unutar samog uređaja za dodavanje dodatnog materijala nalazi se elektronička tiskana ploča s mikroprocesorom koja upravlja dodavanjem dodatnog materijala.



Slika 3. Unutrašnjost dodavača žice, sustav s četiri kotačića

Sustav za dobavu dodatnog materijala sastoji se od četiri kotačića sa zaobljenim utorima (oblik utora ovisi o vrsti dodatnog materijala), a razlika u odnosu na dodavač žice kod MIG/MAG zavarivanja jest u tome što ovaj sustav proizvodi dva različita gibanja čiji zbroj daje konačno dinamičko gibanje žice. Unutrašnjost dodavača žice, tj. sustav s četiri kotačića prikazan je na slici 3., a elementarni prikaz gibanja prikazan je slikom 4.



Slika 4. Shematski prikaz gibanja koje ostvaruje dodavač žice

Primarno gibanje čini žica svojim kontinuiranim linearnim gibanjem prema naprijed. Sekundarno gibanje čini dodavač žice svojim oscilatornim gibanjem naprijed-nazad. Parametri gibanja tj. brzina dovoda žice kod primarnog i frekvencija osciliranja kod sekundarnog pomaka mogu se podešavati neovisno jedno o drugome. Ovakvo dinamičko gibanje dodatnog materijala omogućava smanjivanje površinske napetosti taline metala zavara, uslijed čega je moguće izvođenje zavarivanja uz primjenu nižih parametara nego što je to uobičajeno primjenom postupka zavarivanja koji nema dinamičko dodavanje dodatnog materijala. Također se dinamičkim dodavanjem dodatnog materijala postiže veći depozit dodatnog materijala.

Uređaj za dodavanje dodatnog materijala za TIP TIG zavarivanje ima mogućnost podešavanja parametara preko upravljačke ploče kako slijedi :

- brzina dodavanja dodatnog materijala,
- frekvencija osciliranja dodatnog materijala,
- početna brzina dodatnog materijala,
- povrat dodatnog materijala.

Svaki od navedenih parametara utječe na oblik i geometriju zavara te na stabilnost procesa.

2.2 Izvor struje za predgrijavanje dodatnog materijala

Kako je već ranije opisano postoje dvije varijante TIP TIG zavarivanja, zavarivanje s hladnom žicom i zavarivanje s vrućom žicom. Kod zavarivanja s vrućom žicom potrebno je žicu predgrijati na određenu temperaturu, koja ovisi o položaju zavarivanja, pripremi i vrsti osnovnog materijala. Predgrijavanje dodatnog materijala provodi se pomoću posebnog izvora

struje, odnosno uređaja za predgrijavanje dodatnog materijala za zavarivanje.

Dodatni materijal zagrijava se primjenom Jouleovog efekta, odnosno Jouleove topline čija se vrijednost izračuna prema sljedećoj formuli:

$$Q_{DM} = I_{DM}^2 \cdot R_{DM} \cdot t_z \quad (1)$$

gdje je:

Q_{DM} – toplina dodatnog materijala, J

I_{DM} – jakost struje predgrijavanja dodatnog materijala, A

R_{DM} – otpor dodatnog materijala, Ω

t_z – vrijeme zavarivanja, s.

Predgrijavanje dodatnog materijala provodi se prilikom zatvaranja strujnog kruga između negativnog pola izvora struje predgrijača i radnog komada, pri čemu je pozitivni pol predgrijača spojen preko stezaljke na radni komad. Uređaj za predgrijavanje dodatnog materijala koristi napon praznog hoda od 11,5 V. Polaritet izvora struje za zavarivanje i predgrijavanje je isti te je na taj način smanjena mogućnost pojave proboja električnog luka s volfram elektrode na dodatni materijal. Jakost struje predgrijavanja moguće je podešavati u rasponu do 160 A.

3. VARIJANTE TIP TIG POSTUPKA ZAVARIVANJA-USPOREDBA

Postoje dvije varijante TIP TIG postupka zavarivanja:

- TIP TIG zavarivanje s hladnom žicom i
- TIP TIG zavarivanje s vrućom žicom.

Zavarivanje s hladnom žicom je jednostavnija varijanta TIP TIG postupka. Zavarivački sustav se sastoji od mikroprocesorom upravljano dodavača žice s dinamičkim efektom, cijevnog paketa pištolja za zavarivanje i izvora struje za zavarivanje. Energija unosa tj. količina unešene topline u zavareni spoj je niža nego u usporedbi s varijantom koja koristi predgrijavanje žice, pa je stoga i efikasnost i brzina postupka manja.

Bitno je napomenuti da se primjenom ove varijante TIP TIG postupka mogu ostvariti brzine zavarivanja kao i primjenom impulsnog MIG zavarivanja. Primjenom TIP TIG postupka zavarivanja s hladnom žicom dobija se zavar izvršne kvalitete i izgleda koji posjeduje izvrsna mehanička i metalurška svojstva, a također smanjeni su troškovi jer nema prskanja kapljica nataljenog metala pa niti nema potrebe za naknadnom obradom zavarenog spoja.

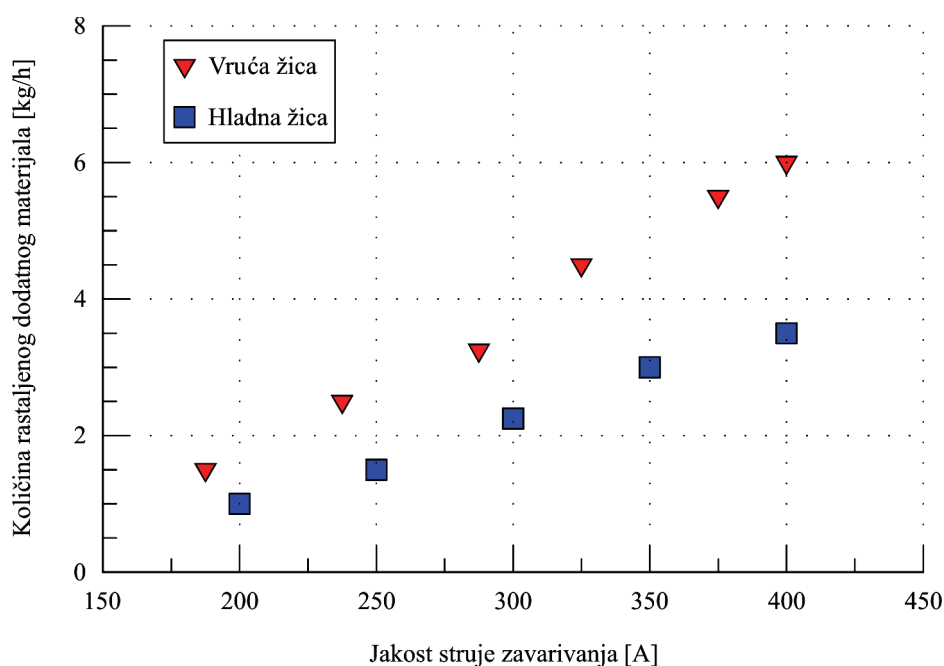
Osnovna razlika između TIP TIG postupka zavarivanja s vrućom žicom i TIP TIG postupka zavarivanja s hladnom žicom jest u predgrijavanju žice tj. dodatnog materijala. Žica se predgrijava efektom nastanka Joulesove topline, odnosno prolaskom električne struje, koju proizvodi dopunski izvor struje, kroz dodatni materijal (žicu). Predgrijavanjem se dodatnom materijalu povisuje temperatura pa je za njegovo taljenje potrebna manja energija električnog luka. Temeljna prednost ovog postupka u odnosu na druge postupke zavarivanja s taljivom elektrodom jest mogućnost odvojenog upravljanja unosom energije i unosom dodatnog materijala u talinu zavara. Ova prednost se u praksi najviše očituje u potpunoj kontroli početne i završne faze zavarivanja. TIP TIG postupak zavarivanja s vrućom žicom primjenjuje se za zavarivanje svih faza spoja (korijenski prolaz, popuna, završni prolaz).

Značajke TIP TIG postupka zavarivanja s vrućom žicom su sljedeće:

- velika količina nataljenog materijala do 4,5 kg/h,
- relativno niži unos topline uslijed čega dobivamo usku zonu ZUT-a,
- minimalne deformacije radnog komada i minimalno odgaranje legiranih elemenata uslijed

- niskog unosa topline,
- mogućnost primjene tehnologije uskog žlijeba i za veće debljine stijenki.

Kod TIG zavarivanja veći dio topline električnog luka koristi se za taljenje osnovnog materijala. Ukoliko se u talinu zavarenog spoja dovodi prethodno zagrijan dodatni materijal tada je za njegovo taljenje potrebna manja količina energije električnog luka nego kada se u talinu spoja dovodi dodatni materijal koji nije prethodno zagrijan. To znači da je za zavarivanje s dodavanjem prethodno zagrijanog dodatnog materijala moguće koristiti niže parametre zavarivanja, ili je uz primjenu istih parametara zavarivanja moguće postizanje veće količine nataljenog dodatnog materijala. Usporedba količine nataljenog dodatnog materijala korištenjem TIG zavarivanja s hladnim i vrućim dodatnim materijalom prikazana je slikom 5.



Slika 5. Usporedba količine nataljenog dodatnog materijala pri TIG zavarivanju s hladnom i vrućom žicom –promjer žice 1,6 mm, PA položaj [10]

Upotrebom TIG zavarivanja s vrućom žicom postiže se količina nataljenog materijala od 6 kg/h pri jakosti struje zavarivanja od 400 A, dok se upotrebom hladne žice postiže depozit od 3,5 kg/h. Količina nataljenog materijala kod zavarivanja s hladnom žicom, pri određenoj jakosti struje zavarivanja i određenoj brzini dobave žice, je konstantna, dok se kod zavarivanja s vrućom žicom količina nataljenog materijala može mijenjati promjenom jakosti struje predgrijavanja žice.

4. ANALIZA UNOSA TOPLINE

Unos topline Q kod TIG zavarivanja vrućom žicom može se analizirati kao zajednički unos topline električnog luka i topline dobivene predgrijavanjem na vrućoj žici:

$$Q = Q_{EL} + Q_{DM} \quad (2)$$

gdje je:

Q – ukupna toplina, kJ/mm

Q_{EL} – toplina električnog luka, kJ/mm

Q_{DM} – toplina dodatnog materijala, tj. toplina predgrijane žice, kJ/mm.

Za izračunavanje energije električnog luka Q_{EL} koristi se sljedeća formula:

$$Q_{EL} = \frac{I_z \cdot U}{v_z \cdot 1000} \cdot 60 \cdot \eta \quad (3)$$

gdje je:

Q_{EL} – toplina električnog luka, kJ/mm

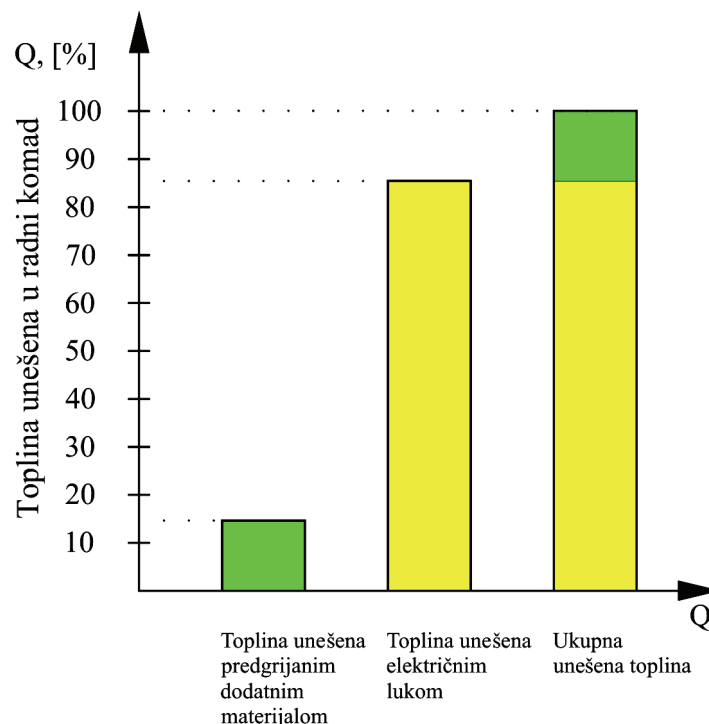
I_z – jakost struje zavarivanja, A

U – napon električnog luka, V

v_z – brzina zavarivanja, mm/min

η – stupanj iskoristivosti električnog luka prema HRN EN – 1011-1.1998.

Za izračunavanje energije unesene u radni komad preko dodatnog materijala, odnosno za izračunavanje topline koju stvara predgrijavanje dodatnog materijala koristi se izraz (1).



Slika 6. Omjer unesene topline pri TIP TIG zavarivanju

Prema (4) računa se vrijednost otpora R_{DM} koja ovisi o vrsti, duljini slobodnog kraja i promjeru dodatnog materijala, a računa se prema izrazu:

$$R_{DM} = \frac{\rho_{DM} \cdot l_{DM}}{S_{DM}} \quad (4)$$

gdje je:

R_{DM} – otpor dodatnog materijala, Ω

ρ_{DM} – specifični električni otpor dodatnog materijala, $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

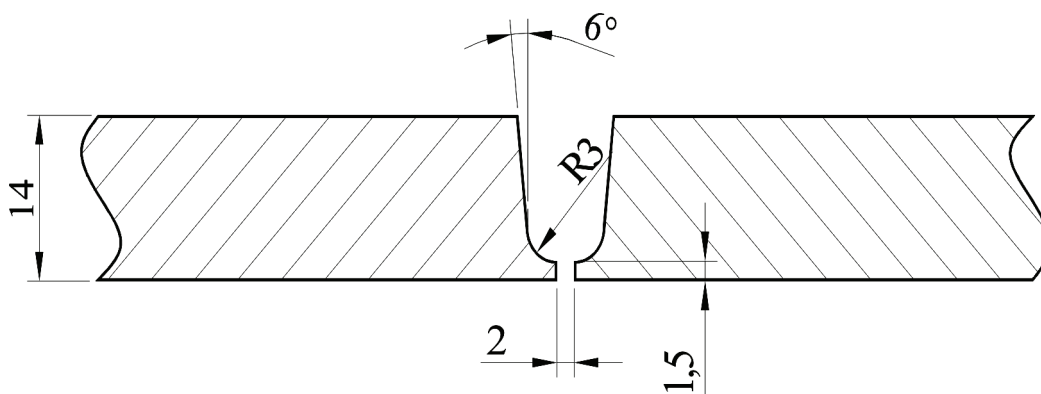
l_{DM} – duljina slobodnog kraja žice, m

S_{DM} – površina poprečnog presjeka žice, mm^2 .

Na slici 6. prikazan je omjer toplina koje su unešene u radni komad preko dodatnog materijala i preko električnog luka za parametre zavarivanja u eksperimentalnom dijelu. Iz slike je uočljivo da udio topline nastala predgrijavanjem dodatnog materijala iznosi i do 15 % od ukupne topline koja je unešena u radni komad što dovodi do zaključka da predgrijavanje dodatnog materijala ima značajan utjecaj na ukupan unos topline. Svakako treba naglasiti da udio ovisi o jačini struje i parametrima dodavanja žice.

5. EKSPERIMENTALNI RAD

U eksperimentalnom radu provedeno je zavarivanje TIP TIG i TIG postupkom cijevi od duplex čelika X2 CrNiMoN 22-5-3 debljine stijenke 14mm i vanjskog promjera 115 mm. Upotrijebljen je dodatni materijal promjera 0,8mm. Zbog činjenice da je TIP TIG postupak zavarivanja poluautomatizirani postupak zavarivanja moguća je priprema spoja uskim žljebom kako je prikazano slikom 7. dok je za ručni TIG primjenjena klasična V priprema spoja. Glavna prednost pripreme spoja uskim žljebom je smanjenje broja potrebnih prolaza, čime se skraćuje vrijeme izradbe proizvoda, smanjuju troškovi izradbe uslijed manje potrošnje dodatnog materijala. No, priprema spoja uskim žljebom ima i nedostataka a to je nemogućnost njihanja pištolja za zavarivanje u žljebu, pa je stoga potrebno pažljivo odabrati parametre za zavarivanje da ne bi došlo do naljepljivanja.



Slika 7. Priprema spoja cijevi za TIP TIG zavarivanje

Prije samog početka zavarivanja cijevi su očišćene i odmašćene te pripojene na 4 mjesta. Zavarivanje cijevi provedeno je na okretalji u PA položaju. Zbog načina pripreme rubova cijevi udaljenost između vrha volfram elektrode i sapnice iznosila je 7 mm, dok je udaljenost između volfram elektrode i radnog komada iznosila 4 mm, slika 8. Za zaštitu zone električnog luka i korijenske strane zavara korišten je plin argon.

Parametri zavarivanja korijenskog prolaza dani su u tablici 1. dok su parametri popune dani u tablici 2.



Slika 8. TIP TIG zavarivanje-radno mjesto za zavarivanje cijevi i detalj pripreme žlijeba.

Tablica 1. Parametri zavarivanja korijenskog prolaza na cijevi.

Jakost struje zavarivanja, A	Napon električnog luka, V	Jakost struje predgrijavanja, A	Frekvencija osciliranja, Hz	Brzina dobave žice, m/min	Količina unesene topline, kJ/mm
110	12	80	16	1,48	0,5487

* Protok zaštitnog plina $q = 11$ l/min,

** Protok korijenskog zaštitnog plina $q_k = 3$ l/min,

*** Brzina zavarivanja $v_z = 70$ mm/min.

Tablica 2. Parametri zavarivanja 2. prolaza zavara na cijevi.

Jakost struje zavarivanja, A	Napon električnog luka, V	Jakost struje predgrijavanja, A	Frekvencija osciliranja, Hz	Brzina dobave žice, m/min	Količina unesene topline, kJ/mm
180	14	80	16	1,82	1,2075

* Protok zaštitnog plina $q = 11$ l/min,

** Protok korijenskog zaštitnog plina $q_k = 3$ l/min,

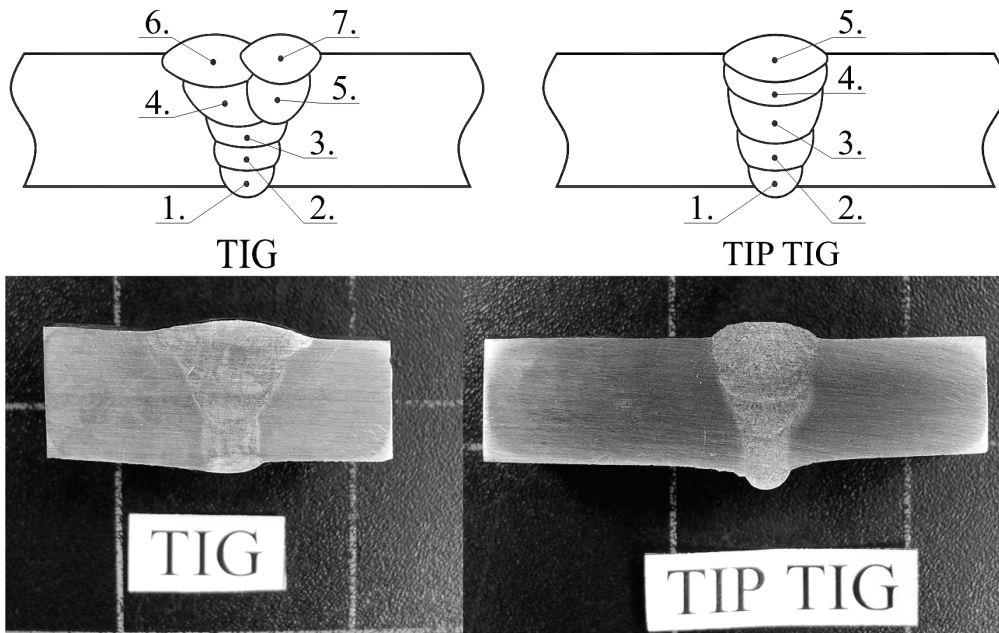
*** Brzina zavarivanja $v_z = 80$ mm/min.

Za zavarivanje 2. prolaza zavara na cijevi povećana je jakost struje zavarivanja i brzina dodavanja dodatnog materijala. Svrha povećanja parametara zavarivanja u odnosu na parametre zavarivanja koji su korišteni za zavarivanje korijena jest u tome da se dobije što je moguće veća količina nataljenog dodatnog materijala u jednom prolazu, a samim time i da se smanji ukupno potrebni broj prolaza zavara.

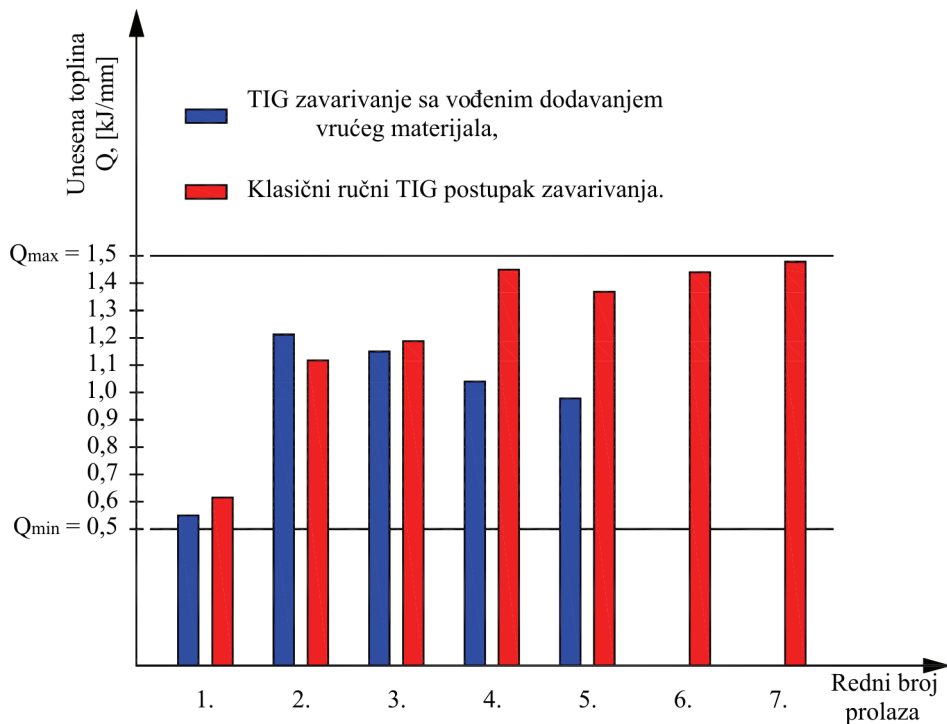
6. ANALIZA REZULTATA-USPOREDBA TIP TIG I KONVENCIONALNOG TIG-a

Na slici 9. prikazani su redosljed zavara i makroizbrusci za TIG i TIP TIG postupak dobiveni iz zavarenih cijevi promjera 115mm i debljine stijenke 14mm. Oba zavara su homogena, uz prihvatljivo nadvišenje lica i korijena.

Za TIG postupak upotrijebljeno je 7 dok je za TIP TIG bilo dostatno 5 prolaza. Na dijagramu na slici 10. dana je usporedba unosa topline po pojedinom prolazu. Vidljivo je da se za TIP TIG ukupno toplinsko opterećenje radnog komada značajno smanjuje. Uz to, samo u 2. prolazu (popuna) unos topline je viši kod TIP TIG-a za približno 6%.



Slika 9. Usporedba poprečnih presjeka zavora.

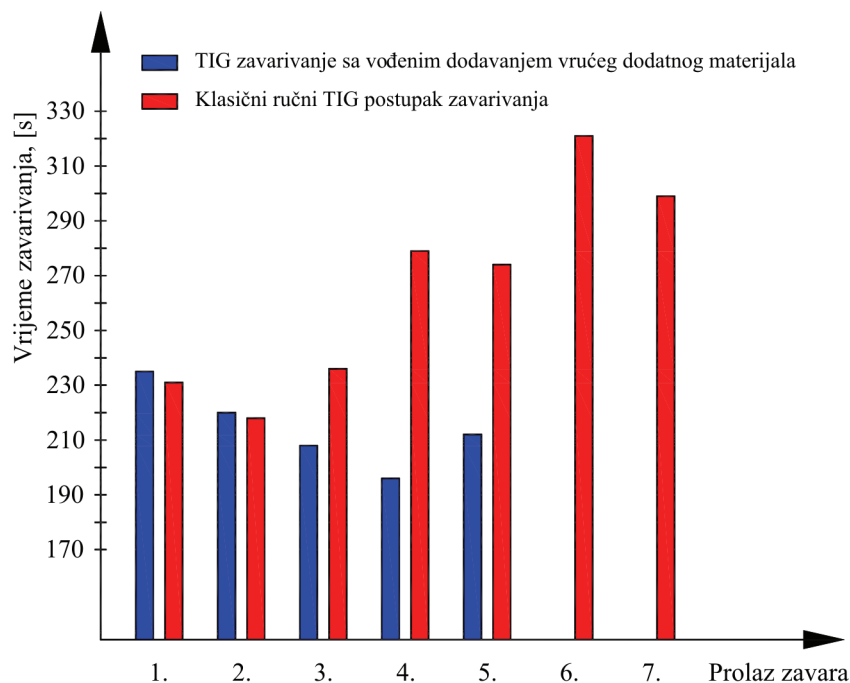


Slika 10. Usporedba količine unesene topline tijekom zavarivanja.

Iz rezultata dobivenih eksperimentom vidljivo je da je korištenjem TIP TIG postupka zavarivanja moguće ostvariti niže količine unosa topline u radni komad, što je od značajne važnosti za zavarivanje materijala koji su osjetljivi na veliki unos topline. Bitno je napomenuti da se ovdje ne radi o značajnom snižavanju parametara zavarivanja već se radi o povećanju brzine zavarivanja uslijed čega je smanjen unos topline u radni komad. Povećanje brzine zavarivanja omogućeno je automatskim dodavanjem vrućeg dodatnog materijala što nije mogu-

će kod klasičnog ručnog TIG zavarivanja.

Na slici 11. dana je usporedba vremena zavarivanja potrebnih za pojedini prolaz.



Slika 11. Usporedba vremena potrebnih za zavarivanje pojedinih prolaza zavara.

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da je primjenom TIP TIG zavarivanja potrebno 5 prolaza za zavarivanje materijala debljine stjenke 14 mm, dok je kod klasičnog TIG zavarivanja s ručnim dodavanjem dodatnog materijala potrebno 7 prolaza. Također, za zavarivanje pojedinog prolaza upotrebom TIP TIG potrebno je manje vremena nego što je to potrebno za zavarivanje s klasičnim ručnim TIG postupkom zavarivanja. Smanjenjem broja prolaza smanjuje se i potrebno vrijeme izrade proizvoda, što u konačnici dovodi do smanjenja troškova.

7. ZAKLJUČAK

TIP TIG zavarivanjem s vrućom žicom postiže se velika količina nataljenog dodatnog materijala čime se smanjuje potreban broj prolaza. Veliku količinu nataljenog dodatnog materijala moguće je ostvariti zahvaljujući zagrijavanju dodatnog materijala zasebnim uređajem.

TIP TIG zavarivanje je postupak koji ima velik broj parametara za podešavanje (jakost struje zavarivanja, brzina dodavanja dodatnog materijala, frekvencija osciliranja dodatnog materijala, jakost struje predgrijavanja dodatnog materijala) za koje je nužno poznavati pojedinačni utjecaj na geometriju spoja i dinamiku zavarivanja. Posebno je važno naglasiti relativno smanjenje unosa topline uz zadržavanje produktivnosti što dolazi do izražaja kod zavarivanja teže zavarljivih materijala.

Provedena analiza TIP TIG postupka pokazala je da je provedba automatskog zavarivanja ekonomski i tehnološki opravdana ali uz potpunu kontrolu procesa i poznavanje utjecajnih parametara.



8. LITERATURA

- [1] Panjković, V., Zavarivanje visokolegiranih nehrđajućih čelika TIG postupkom s vrućom žicom, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2009.
- [2] Kralj S.; Andrić Š.: Osnove zavarivačkih i srodnih postupaka, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 1992.
- [3] Garašić I.: Predavanja iz kolegija "Postupci zavarivanja", Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2006.
- [4] Grubić K.; Juraga I.; Šimunović V.: Zavarivanje i korozijska postojanost visokolegiranih nehrđajućih čelika, Zbornik radova, Spajanje korozijski postojanih materijala, Opatija, 2003., str. 25- 33.
- [5] Wegst C.; Wegst M.: Stahlschlüssel, Herausgabe und Vertrieb, Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH, 2004.
- [6] Ammann T.: Zavarivanje dupleks čelika u zaštiti plinova, Zbornik radova (proceedings), 4th European conference on welding, joining and cutting, Dubrovnik, 2001., str. 443 do 452.
- [7] Novosel M.; Juraga I.: Austenitno-feritni čelici otporni na djelovanje korozije (čelici DUPLEX), dio prvi i dio drugi, Časopis "Zavarivanje", 1992. g., str. 31 do 35 i 85 do 96.
- [8] . . . Zaštitni plinovi za zavarivanje, Odabrane tablice, Messer.
- [9] Hori K.; Watanabe H.; Myoga T.; Kusno K.: Development of hot wire TIG welding methods using pulsed current to heat filler wire – research on pulse heated hot wire TIG welding processes, Welding International, No. 18 (6), 2004. g., str. 456 do 468.
- [10]www3.fronius.com/worldwide/us/products/paper_tig_hotwire_surfacing_bochum_germany_gb.pdf.
- [11]www.dvs-ev.de/bvrostock/downloads/schemadarstellung.pdf.
- [12]www.plasch.at/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=17&Itemid=45&lang=en
- [13]www.servus.hr, Karakteristike uređaja za zavarivanje.
- [14] . . . Böhler katalog dodatnih materijala za zavarivanje.