

PRIMJENA MAG POSTUPKA U IZRADI KOMPENZATORA

Josip Pavić, Dejan Marić, Ivan Samardžić

Ključne riječi: MAG, kompenzatori, toplinski input, tvrdoća, parametri zavarivanja

Sažetak:

Tvrtka Đuro Đaković Kompenzatori osim velikoga iskustva u zavarivanju tankih korozijski postojanih čelika 304, 304L, 316, 316L, 316Ti, 321, INCONEL 600, INCONEL 625, Incoloy 800, Incoloy 825 i MONEL 400, u svom dugogodišnjem radu pokazali su veliko iskustvo i u primjeni MAG postupka pri zavarivanju materijala iz grupe 1.1, 1.2, 8.1. U radu se prezentira iskustvo pri zavarivanju istorodnih i raznorodnih materijala MAG postupkom, te se opisuju najvažniji parametri MAG postupka zavarivanja koji najviše utječu na kvalitetu zavarenog spoja

MAKING COMPENSATOR WITH MAG WELDING PROCESS

Key words: MAG, compensators, heat input, hardness, welding parameters

Abstract:

Company Đuro Đaković Kompenzatori except with great experience in welding of thin corrosion resisting steels 304, 304L, 316, 316L, 316Ti, 321, Inconel 600, Inconel 625, Incoloy 800, Incoloy 825 and Monel 400, in its long years work demonstrated extensive experience in the application MAG welding of materials from groups 1.1, 1.2, 8.1. The paper presents the experience in welding of similar and dissimilar materials MAG procedure and describes the most important parameters MAG welding procedure that most affect the quality of welded joints.

1. UVOD

Kako su kompenzatori sastavni dijelovi cjevovoda koji su izloženi različitim eksploatacijskim uvjetima (visoke lužnatosti, različite temperature okoline te protočnog medija, prisutnost klorida i sumpornog dioksida, pod utjecajem različitog tlaka..) postoje različite izvedbe kompenzatora. Osnovni dio kompenzatora je harmonika koja je obično izvedena od tankih korozijski postojanih čelika 304, 304L, 316, 316L, 316Ti, 321, INCONEL 600, INCONEL 625, Incoloy 800, Incoloy 825 i MONEL 400.

U najvećoj mjeri za zavarivanje ovih materijala koristi se TIG postupak zavarivanja. Kako bi izvedba i pouzdano funkcioniranje kompenzatora u eksploataciji bila zadovoljavajuće kvalitete, osim harmonike kao osnovnog dijela, kompenzatori se obično sastoje i od: zaštitnih cijevi, prstena, prirubnica, graničnika, cijevnih nastavaka kod kojih je kao i kod harmonike važan pravilan izbor materijala..

Najčešći materijali za izradu dijelova kompenzatora (zaštitnih cijevi, prstena, prirubnica, graničnika, cijevnih nastavaka) prikazani su tablicom 1.

Tablica 1. Grupe materijala koje se najčešće koriste za izradu dijelova kompenzatora

Rbr.	Grupa materijala	Oznaka materijala	Debljina materijala
1.	1.1	P265GH (1.0425), P355NH (1.0565)	3 do 150 mm
2.	8.1	316L (1.4404), 316Ti (1.4571)	3 do 80 mm

Dostupni postupci zavarivanja za materijale prikazane u tablici 1 su EPP, TIG, REL, MIG, te MAG postupak zavarivanja. Postupak koji se najčešće koristi je MAG postupak zavarivanja. Osim konvencionalnog MAG postupka zavarivanja, primjenjuje se i MAG-STT postupak za zavarivanje korijenog prolaza te praškom punjena žica.

2. PRIMJENA MAG POSTUPKA

Konvencionalni MAG (*eng. Metal Active Gas*) (135) postupak je zavarivanja sa dobrim operativno – tehnološkim karakteristikama koje su potvrđene u praksi, i kao takav vrlo često se primjenjuje. Bilo da je riječ o zavarivanju jednom žicom, sa dvije žice ili «tandem» varijantom postupka zavarivanja, MAG postupak zavarivanja dominantan je postupak koji se po potrebi može automatizirati.

Primjenom praškom punjenih žica (136) eliminirani su neki nedostaci klasičnog MAG zavarivanja, a poseban iskorak je značilo uvođenje MAG-STT (135-STT) postupka za zavarivanje korijenog prolaza. Ovo je suvremena tehnika zavarivanja uz kontrolirani prijenos materijala u električnom luku, kratkim spojevima. MAG-STT postupak zavarivanja je poluautomatski postupak zavarivanja koji je lansirala tvrtka Lincoln i koji danas ima vrlo široku primjenu kod zavarivanja korijenih zavara debelostjenih limova i cijevi, te zavarivanja tankostijenih limova. [1]

Postupci zavarivanja MAG (135), MAG-STT (135-STT), MAG zavarivanje praškom punjenom žicom (136) primjenjuju se za zavarivanje istorodnih materijala (materijala iz iste grupe) te raznorodnih materijala (materijali iz različitih grupa).

MAG (*engl. Metal Active Gas*) postupak zavarivanja je elektrolučni postupak zavarivanja taljivom elektrodom u zaštiti aktivnog plina. Pojavljuje se 1953. godine u bivšem SSSR-u. [2]

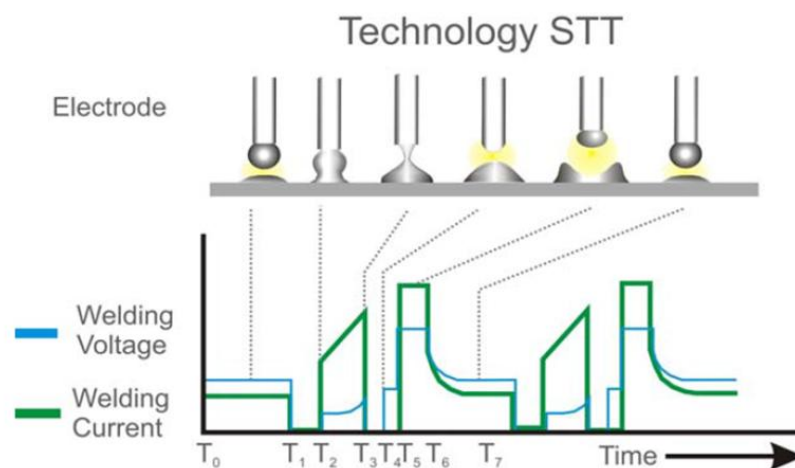
MAG postupak zavarivanja značajno je zastupljen kod zavarivanja općekonstrukcijskih čelika, a u velikoj je prednosti u odnosu na ručno elektrolučno zavarivanje obloženim elektrodama (REL) s obzirom na količinu rastaljenog materijala u jedinici vremena, bilo da se radi o poluautomatskom, automatskom ili robotiziranom MAG postupku. Postupak je vrlo pogodan za robotizaciju, tako da je značajan udio robota za MAG zavarivanje u odnosu na sveukupni broj robota u svijetu [3]

Druga verzija MAG postupka zavarivanja, a primjenjuje se i u tvrtci ĐĐ Kompenzatori, je zavarivanje praškom punjenom žicom provedeno je prije 70-ak godina, ali u obliku elektroda za REL postupak zavarivanja, koje su bile punjene praškom. Isti postupak zavarivanja primjenjivan je neko vrijeme, ali zbog skupe proizvodnje prešlo se na elektrode čija s vanjskom oblogom. Mehanizacija i automatizacija u zavarivanju ukazuje na potrebu za razvojem praškom punjenim žicama namotanom na kolut (tkz. “beskonačna žica”).

Godine 1956. izum pod imenom “Acros patent” definirao je način proizvodnje tankih žica za zavarivanje koje su bile punjene rutilnim praškom, a zavarivalo se u zaštiti plina. Idući korak u razvoju punjenih žica bilo je zavarivanje punjenim žicama bez dodatne zaštite plina odnosno “žicama sa samozaštitom”. Danas postupak zavarivanja punjenim žicama uzima sve veće učešće u industriji posebno u nekim granama kao što je brodogradnja, zavarivanje nosivih čeličnih konstrukcija, zavarivanje posuda.[4]

STT (*eng. Surface Tension Transfer*) postupak zavarivanja razvijen je u tvrtci Lincoln Electric. Predstavlja suvremeni i učinkoviti postupak zavarivanja koji se najčešće primjenjuje za zavarivanje korijena zavara u otvorenom žlijebu (u jednom prolazu), i to najčešće korišteni cijevnih elemenata u prehrambenoj, procesnoj i automobilskoj industriji. Pogodan je za zavarivanje čelika, visokočvrstih čelika te osobito kod zavarivanja nehrđajućih čelika, gdje se zbog samog procesa zavarivanja CPT (*eng. Critical Pitting Temperature*) mnogo uspješnije izbjegava nego kao kod klasičnog MIG zavarivanja. [5]

Promjene parametara zavarivanja u električnom luku tijekom STT postupka zavarivanja prikazane su na slici 1.



Slika 1. Promjene parametara zavarivanja u električnom luku tijekom STT postupka zavarivanja [6]

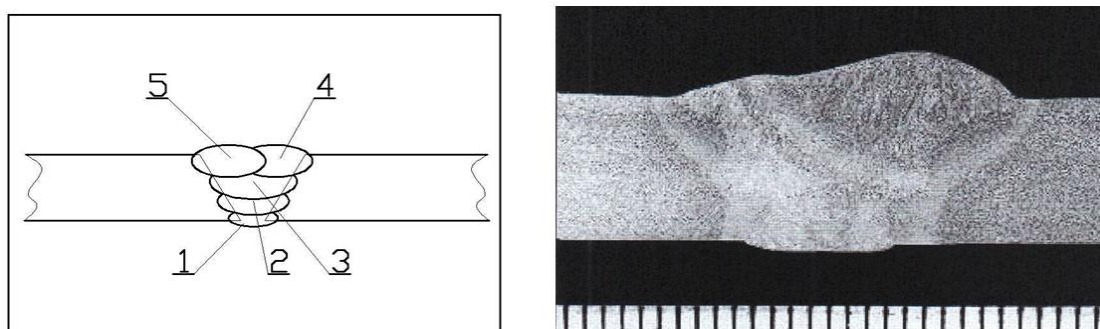
U tablici 2 prezentirane su dvije grupe materijala 1.1 i 8.1 zajedno sa podacima za unešeni toplinski input tijekom MAG procesa zavarivanja.

Tablica 2. Zavarivanje istorodnih materijala

Grupa 1.1 / Grupa 1.1	
Debljina materijala, d [mm]	Toplinski input, $\Sigma E/n$ [kJ/mm]
8	0,431
30	0,75
Grupa 8.1 / Grupa 8.1	
8	0,409
30	0,688

Na slici 2 prikazano je zavarivanje materijala P265GH (1.0425) debljine 8 mm, zavarivanje je izvedeno dodatnim materijalom E. Jesenice uz protok plina (M21) 14-16 l/min. Dozvoljena temperatura zavarivanja je 5°C a temperatura međuprolaza trebala bi biti $\leq 185^{\circ}\text{C}$. Položaj zavarivanja PG/PA.

Prvi prolaz za zavarivanje korijenog prolaza izveden je postupkom MAG-STT (135-STT) gdje su parametri peak current 270-280 A , background current 73-78 A, dok su prolazi 2,3,4,5 izvedeni MAG (135) postupkom.

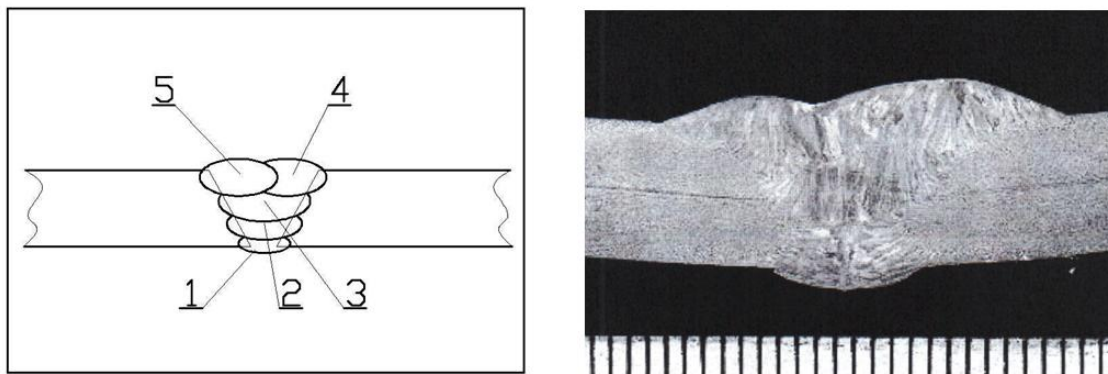


Slika 2. Zavarivanje istorodnih materijala iz grupe 1.1 P265GH (1.0425)

Na slici 3 prikazano je zavarivanje materijala 316L (1.4404) debljine 8 mm, zavarivanje je izvedeno dodatnim materijalom INERTFIL 19 12 3 Nc FLUXINOX 316L PF uz protok plina

(M21) 14-16 l/min. Dozvoljena temperatura zavarivanja je $\geq 10^{\circ}\text{C}$, a temperatura međuprolaza trebala bi biti $\leq 129^{\circ}\text{C}$. Položaj zavarivanja PG/PA.

Prvi prolaz za zavarivanje korijenog prolaza izveden je postupkom MAG-STT (135-STT) gdje su parametri peak current 270-280 A , background current 73-78 A. Dok su ostali prolazi izvedeni MAG (136) postupkom.



Slika 3. Zavarivanje istorodnih materijala iz grupe 8.1 316L (1.4404)

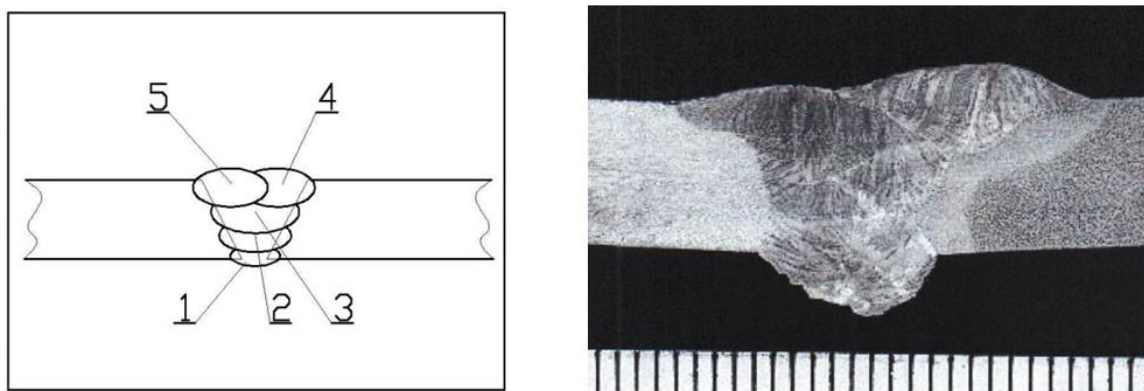
Osim zavarivanja materijala koji pripadaju istoj grupi materijala, u tvrtci ĐĐ Kompenzatori dugi niz godina uspješno vrši se zavarivanje raznorodnih materijala koji pripadaju različitim grupama materijala. Primjer zavarivanja raznorodnih materijala prikazan je u tablici 3 s toplinskim inputom za pojedine debljine materijala.

Tablica 3 Zavarivanje raznorodnih materijala

Grupa 8.1 / Grupa 1.1	
Debljina materijala, d [mm]	Toplinski input, $\Sigma E/n$ [kJ/mm]
8	0,453
30	0,997

Na slici 4 prikazano je zavarivanje materijala 316L (1.4404) materijala P265GH (1.0425) debljine 8 mm. Zavarivanje je izvedeno dodatnim materijalom INERTFIL 24 12 NCFLUXINOX 309L PF, uz protok plina (M21) 14-16 l/min. Dozvoljena temperatura zavarivanja je $\geq 10^{\circ}\text{C}$ a temperatura međuprolaza trebala bi biti $\leq 132^{\circ}\text{C}$. Položaj zavarivanja PG/PA.

Prvi prolaz za zavarivanje korijenog prolaza izveden je postupkom MAG-STT (135-STT) gdje su parametri peak current 270-280 A , background current 73-78 A. Dok su ostali prolazi izvedeni MAG (136) postupkom.



Slika 4. Zavarivanje raznorodnih materijala iz grupe 8.1 316L (1.4404) i materijala iz grupe 1.1 P265GH (1.0425)

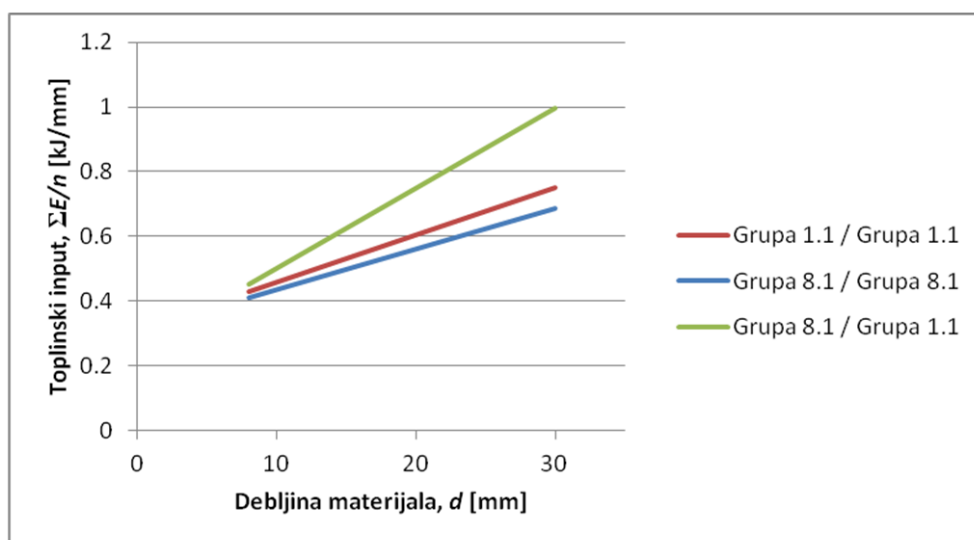
3. GLAVNI PARAMETRI MAG ZAVARIVANJA

Visoka razina kvalitete zavarivanja MAG postupkom se održava praćenjem glavnih parametara zavarivanja, te kontroliranjem uvjeta zavarivanja. Glavni parametri zavarivanja su : napon (U), jakost struje (I), brzina zavarivanja (v), brzina dotoka žice ($v_{žic.}$), protok plina (f), stupanj korisnog djelovanja (η), temperatura predgrijavanja (ϑ_p), temperatura međuprolaza (ϑ_m), trajanje hlađenja ($t_{8/5}$) i neke druge veličine koje utječu na kvalitetu zavarenog spoja.

Odnos glavnih parametara zavarivanja na kvalitetu zavarenog spoja može se prikazati u odnosu količine unesene energije (Toplinski input) u zavareni spoj i tvrdoće.

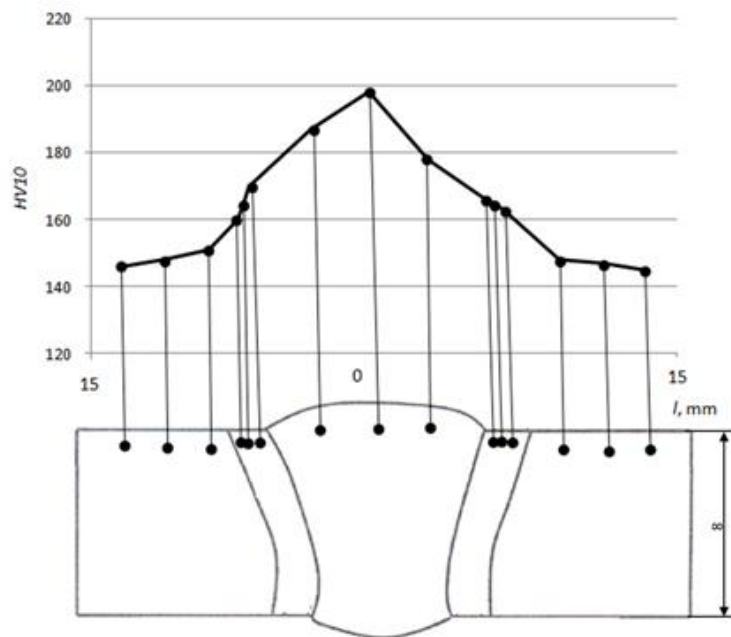
Tvrdoća kao pokazatelj kvalitete zavarenog spoja može se rabiti za procjenu različitih svojstava zavarenog spoja, npr. čvrstoće, sklonosti hladnim pukotinama i dr., dok je trošak ispitivanja niži u odnosu na ostale metode. [7]

Utjecaj pri zavarivanju materijala iz različitih grupa materijala, te debljina materijala na toplinski input u zavarenom spoju prikazano je na dijagramu sa slike 5.

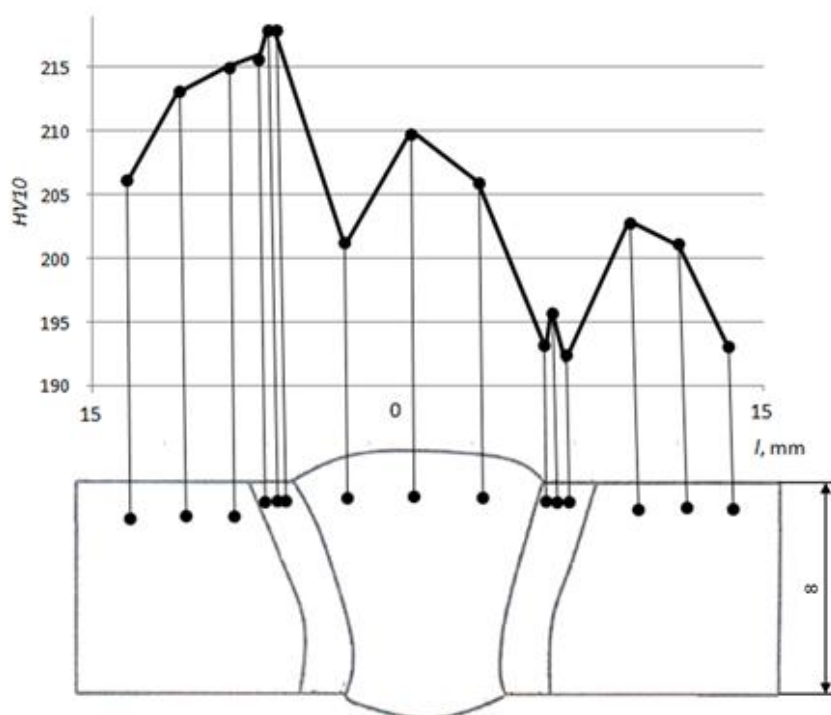


Slika 5. Prikaz toplinskog inputa pri MAG zavarivanju u ovisnosti o debljini materijala

Prema autorima [7] veća količina unesene energije kao posljedica različitih parametara zavarivanja rezultira nižom tvrdoćom u zavarenom spoju i obrnuto, manja količina unesene energije uzrokuje više vrijednosti tvrdoća u zavarenom spoju. Navedenu tezu pokazuju dijagrami na slici 6 gdje se vidi da je kod materijala gdje je toplinski input nešto viših vrijednosti (vidljivo na dijagramu sa slike 5) utjecao da je izmjerena tvrdoća u zavarenom spoju imala niže vrijednosti i obrnuto, na dijagramu sa slike 3.3 gdje je tvrdoća ima nešto više vrijednosti sam toplinski input je bio niži.



Slika 6. Rezultati mjerenja tvrdoće nakon zavarivanja istorodnih materijala iz grupe 1.1 debljina 8 mm



Slika 7. Rezultati mjerenja tvrdoće nakon zavarivanja istorodnih materijala iz grupe 8.1 debljina 8 mm

U izradi kompenzatora također, velika pažnja je dana i na količinu prskotine u zavarenom spoju do kojih može doći prilikom MAG procesa zavarivanja, jer određene količine prskotine mogu prouzročiti velike probleme prilikom strujanja različitih medija. Kako bi se smanjila potreba za naknadnim tehnološkim operacijama čišćenja prskotine, potrebno je izabrati adekvatne parametre zavarivanja MAG postupka zavarivanja.

4. ZAKLJUČAK

MAG postupak zavarivanja pokazao se u praksi ali i kroz primjere prezentirane u ovome radu adekvatnim za zavarivanje istorodnih materijala iz iste grupe (Grupa 1.1, Grupa 8.1), te također i za zavarivanje raznorodnih materijala, materijala iz različitih grupa.

Kvaliteta zavarenog spoja te održavanje velike razine pouzdanosti i sigurnosti u eksploataciji zavarenog proizvoda veliki je zadatak koji se jedino uz kontrolu kvalitete, praćenje tendencija razvoja novih tehnologija te znanje osposobljenih inženjera za zavarivanje (EWE) te svakako zavarivača može kontinuirano održavati na visokoj razini.

5. LITERATURA

- [1] Samardžić, Ivan; Stoić, Antun; Klarić, Štefanija; Boduljak, Hrvoje. Primjena STT postupaka za zavarivanje plinovodnih cijevi. Zbornik radova 6. SKUP O PRIRODNOM PLINU / Samardžić, Ivan ; Kozak, Dražan ; Stoić, Antun ; Klarić, Štefanija ; Stojšić, Josip (ur.).
- [2] Lukačević, Zvonimir: Zavarivanje, knjiga, Slav. Brod 1998, Strojarski fakultet
- [3] Samardžić, Ivan; Kolumbić, Zvonimir; Baotić, Marko. Doprinos primjeni praškom punjenih žica za zavarivanje MAG postupkom. Tehnički vijesnik (1330-3651) 8 (2002), 3, 4; 23-37
- [4] Siewert, Thomas; Samardžić, Ivan; Kolumbić, Zvonimir: Procjena stabilnosti MAG postupka zavarivanja na osnovu monitoringa glavnih parametara zavarivanja. Zbornik radova znanstveno-stručnog savjetovanja „Ekonomski i kvalitativni aspekti visokoučinskih postupaka zavarivanja“, Slavonski Brod, “Đuro Đaković“, Holding, 2001.
- [5] Horvat, Marko; Kondić, Veljko: Primjeri modificiranih postupaka MIG/MAG zavarivanja. Tehnički glasnik, Vol.6 No.2 Prosinac 2012. Str. 137 – 140.
- [6] F. Neessen, F. Naber. The GMAW – STT process – An advance welding process. Lincoln Smitweld B.V, Lincoln Electric Europe B.V. The Nederland, October 2003.
- [7] Samardžić, Ivan; Despotović, Božo. Utjecaj parametara zavarivanja na tvrdoću zavarenog spoja. Zbornik radova 2. međunarodnog savjetovanja proizvodnog strojarstva CIM'93 / Cebalo, Roko (ur.). - Zagreb : Hrvatska udruga proizvodnog strojarstva , 1993. C-1 - C-8.

