

PRIMJENA MEHANIZIRANIH POSTUPAKA TIG-EPP ZA ZAVARIVANJA PRIKLJUČAKA NA KOMORE

APPLICATION OF MECHANISED GTAW/SAW WELDING PROCEDURE NIPPLES TO HEADER

**Tihomir MARSENIĆ¹, Božo DESPOTOVIĆ², Branimir BRECHELMACHER³,
Dalibor BIRAČ⁴**

Ključne riječi: mehanizacija zavarivanja priključaka s komorama

Key words: mechanization of nipples with header welding

Sažetak: U radu je opisano korištenje novije tehnologije za zavarivanje priključaka na komore. Navedena je oprema za zavarivanje, tehničke mogućnosti opreme, parametri zavarivanja, te prednosti i nedostaci opreme za mehanizirano zavarivanje priključaka s komorama. Komparativno je analizirana učinkovitost ovih postupaka u odnosu na ručne postupke.

Abstract: The use of new technology for mechanized GTAW/SAW welding off nipples with header is described in this paper. Welding equipment, technical possibilities of equipment, welding parameters, advantages and disadvantages of machines are presented. Efficiency of mechanized GTAW/SAW processes and hand processes (GTAW, SAW) are compared.

¹ AEE ĐĐ TEP, Slav. Brod, HR, tel/fax: 035 218 330, tihomir.marsenic@ddtepae.hr

² AEE ĐĐ TEP, Slav. Brod, HR, tel/fax: 035 218 330, bozo.despotovic@ddtepae.hr

³ AEE ĐĐ TEP, Slav. Brod, HR, tel/fax: 035 218 330, branimir.brechelmacher@ddtepae.hr

⁴ AEE ĐĐ TEP, Slav. Brod, HR, tel/fax: 035 218 330, dalibor.birac@ddtepae.hr

1. UVOD

Povećanjem svjetske konkurenčnosti u proizvodnji energetskih postrojenja, posebno u zemljama trećeg svijeta, Indiji, Kini, te zbog sve većih zahtjeva za kvalitetom zavarenih spojeva, danas se teži automatizaciji i mehanizaciji svih tehničkih procesa, pa tako i zavarivanja. Kotlovska postrojenja kao energetski objekti u eksploataciji rade na visokim temperaturama i tlakovima, tako da svi zavreni spojevi tlačnih dijelova trebaju biti izvedeni pouzdano, uglavnom u skladu s normom EN 25817, klasa B. Kvalitetno izvedenim zavarenim spojem podrazumijeva se:

- dobro provaren korijen spoja,
- bez grešaka vezivanja,
- bez pukotina,
- bez zajeda,
- s prihvativom geometrijom korijena i lica zavara, te s blagim prijelazima zavara na dijelove koji se spajaju zavarivanjem,
- bez ili s prihvativom količinom poroznosti.

Uz sučeljene i membranske zavarene spojeve (zvari cijev – traka), tipični zavreni spojevi na kotlovskim postrojenjima su spojevi priključaka s komorama ili sabirnicama. Jedan od načina spajanja membranskog zida i komore je i umetanje priključaka kao spojnih dijelova. To su tipični kutni spojevi dvaju okruglih tijela s posebno definiranim oblikom žlijeba. Nakon zavarivanja priključaka s komorom zavaruje se priključak na membranski zid.

Kod kotlovskih postrojenja koji u eksploataciji rade pri nižim režimima (tlak, temperatura), primjenjuje se drugi način zavarivanja tj. direktno se zavaruju membranski zidovi na komore. Kod takvih spojeva otežana je kontrola spoja s unutrašnje strane tako da je potrebno koristiti skupu opremu za indirektnu vizualnu – endoskopsku kontrolu. Ovi spojevi izvode se ručnim postupcima, korijen se zavaruje TIG, a popuna REL postupkom zavarivanja jer nije moguća primjena mehaniziranih postupaka.

U cilju unapređenja produktivnosti, povećanja kvalitete proizvoda, odnosno smanjenje troškova pri izradi kotlovskih postrojenja u tvornici AEE ĐĐTEP je mehaniziran postupak zavarivanja spojeva priključaka s komorama.

2. OPREMA ZA MEHANIZIRANO ZAVARIVANJE PRIKLJUČAKA S KOMORAMA

Mehanizirani postupci zavarivanja koji se koriste za zavarivanje priključaka s komorama su TIG i EPP postupci zavarivanja čija oprema je postavljena u liniju. Linija za zavarivanje se sastoji od TIG uređaja s odgovarajućim pištanjem za zavarivanje s unutrašnje strane (korijen zavara) bez dodatnog materijala i EPP uređaja za zavarivanje spoja s vanjske strane, Slika 1.

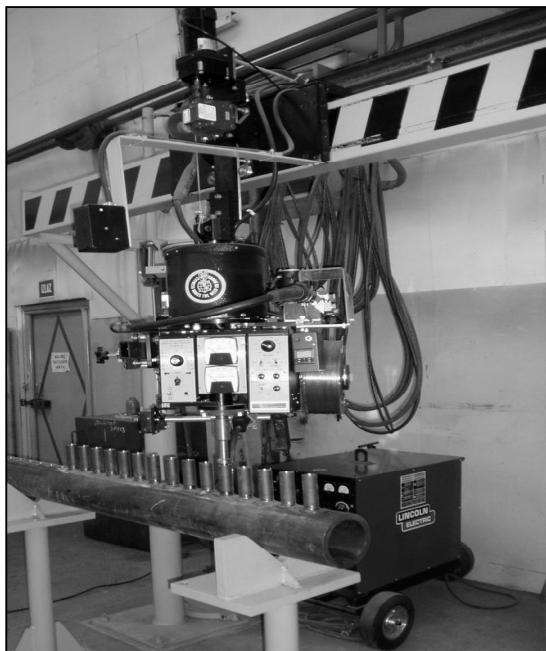
Oprema za TIG zavarivanje sastoji se od:

- TIG izvora za zavarivanje L-TEC THYROARC 220 DC,
- glave za zavarivanje korijena zavara P20,
- pokretnog nosača glave P20.

Oprema za EPP zavarivanje sastoji se od:

- EPP izvora za zavarivanje LINCOLN DC 400,
- glave za zavarivanje CWO 1560-circle welder, Cypress,
- pokretnog nosača za glavu zavarivanja CWO 1560.

Na Slici 2. su prikazane tehničke karakteristike i mogućnosti linije za mehanizirano zavarivanje priključaka s komorama.



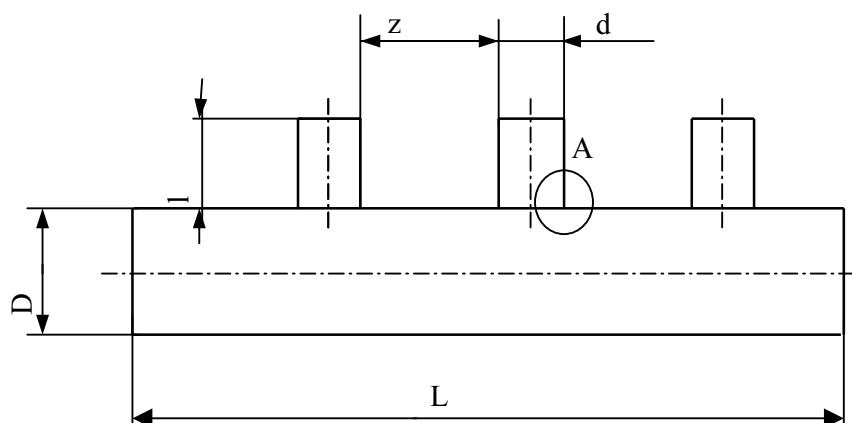
**Uredaj za EPP mehanizirano zavarivanje
priključaka sa komorama**



**Uredaj za TIG mehanizirano zavarivanje
priključaka sa komorama**

Slika 1. Linija za mehanizirano zavarivanje priključaka s komorama, TIG + EPP

OPIS PODATAKA <i>DATA DESCRIPTION</i>	STROJ – MACHINE	
	TIG-iznutra / GTAW-inside L-TEC/THYROARC 220DC/20	EPP-izvana / SAW-outside LINCOLN DC 400 CWO 1560
L - duljina komore / lenght of header	$L_{\max} = 11000 \text{ mm}$	
D – promjer komore / diameter of header	$D_{\min} = 125 \text{ mm}$ $D_{\max} = 355 \text{ mm}$ * <i>* ovisi o postolju / depend about pedestal</i>	
l - duljina priključka / lenght of nozzle	$l_{\text{optimalno}} = 60 \text{ mm}$ $l_{\max} = 120 \text{ mm}$	
d - promjer priključka / diameter of nozzle	unutrašnji promjer <i>inside diameter</i> $d_{\text{umin.}} = 25 \text{ mm}$ $d_{\text{umax.}} = 60 \text{ mm}$	vanjski promjer <i>outside diameter</i> $d_{\text{vmin.}} = 31,8 \text{ mm}$ $d_{\text{vmax.}} = 300 \text{ mm}$
z – razmak između priključka / distance between nozzles	not important	min. 18 mm
t - debljina stijenke cijevi / thickness of nozzle	$t_{\min} = 3,2 \text{ mm}$	



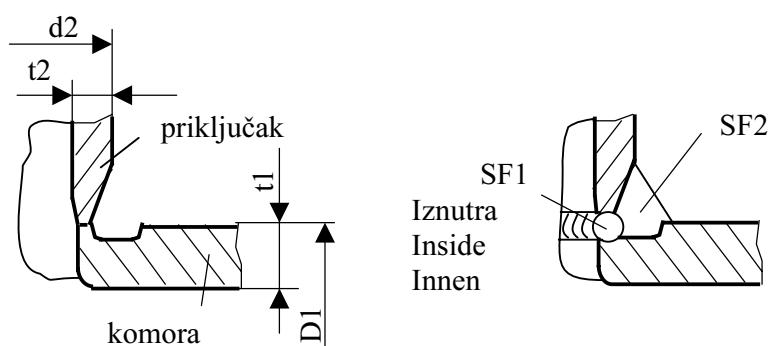
Slika 2. Tehničke karakteristike linije za mehanizirano zavarivanje priključaka s komorama

3. OPIS IZVOĐENJA TIG i EPP MEHANIZIRANIM POSTUPCIMA ZAVARIVANJA

Redoslijed operacija prilikom mehaniziranog zavarivanja je sljedeći:

1. ručno postavljanje priključaka na komoru,
2. TIG pripajanje i zavarivanja korjenog zavara, iznutra,
3. EPP zavarivanje izvana

Oblik spoja za mehanizirano zavarivanje priključaka na komore je bez zazora za razliku od spoja za ručni postupak zavarivanja, Slika 3. Priključci se obrađuju na CNC tokarilicama, dok se komore obrađuju na specijaliziranim uređajima za obradu provrta i rupa. Tako pripremljeni dijelovi su nakon čišćenja i odmaščivanja spremni za zavarivanje.



Slika 3. Oblik spoja za mehanizirano zavarivanje priključak – komora.

Operater za zavarivanje postavlja komoru, provjerava vodoravnost komore i paralelnost provrta na komori s glavom za zavarivanje i učvršćuje komoru kako bi se smanjile deformacije tijekom zavarivanja. Na tako učvršćenu komoru postavljaju se priključci koji točno sjedaju u pripremljeni žlijeb. Glava za zavarivanje se postavlja na priključak i centriira se pomoću trna, kako bi se održala konstantna udaljenost između volframove elektrode i mesta zavarivanja. Zavarivanje se izvodi s unutrašnje strane priključka u zidnom položaju (PC), tako da plamenik rotira određenom brzinom oko svoje osi i na taj način ostvaruje zavarivanje spoja. Zavarivanje se izvodi impulsnim strujama. Nakon zavarivanja korjenog sloja, isti se kontrolira vizualno. Ako je ostvarena potpuna penetracija u spoju zavarivanjem iznutra, s vanjske strane se jasno vide rastaljene zone metala komore i priključka na mjestu spoja. U slučaju da isto nije u potpunosti ostvareno izvodi se ponovno zavarivanje samo nepretpljenog mesta, ili se ta mjesta ručno popravljaju TIG postupkom. Unutrašnja strana korijena kontrolira se vizualno pomoću zrcala i metodom uzimanja otiska oblika. Kontrolu zavarenih spojeva izvodi sam operater za vrijeme i nakon zavarivanja.

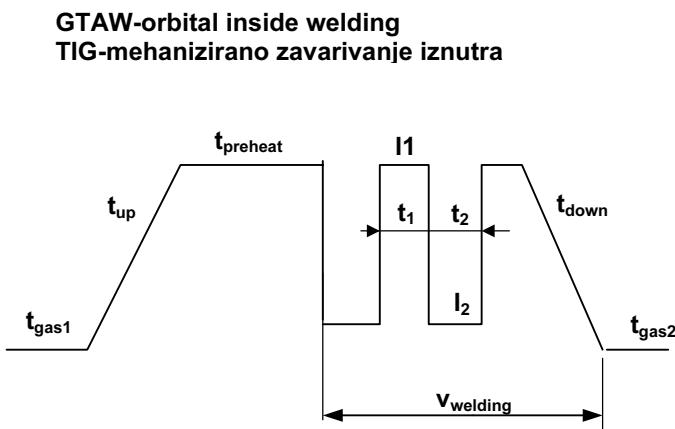
Nakon što je korjeni sloj zavaren i pregledan zavaruje se vanjska strana spoja. Zavarivanje se izvodi EPP postupkom u PB položaju a spoj je oblika kutnog spoja u žlijebu. Kontaktarna provodnica vođena pomoću trna koji ulazi u priključak izvodi rotaciju po kružnoj putanji prateći oblik priključka. Zavarivanje se izvodi slijedom od sredine komore prema krajevima, prolaz po prolaz, tako da se određeni prolaz zavari na svim spojevima priključak-komora. Isti je slijed i za ostale slojeve sve do završnog. Na taj način se ostvaruje najmanja deformacija komore. Na kraju zavarivanja zavreni spojevi se pregledaju od strane operatera, po potrebi popravljaju, te predaju kontroli.

4. VRSTE STRUJE I PARAMETRI ZAVARIVANJA

Korjeni sloj izvodi se mehaniziranim TIG postupkom u jednom prolazu impulsnim strujama bez dodatnog materijala. Korištenjem impulsnih struja postiže se:

- stabilniji električni luk,
- šire područje izbora parametara,
- preciznija kontrola penetracije,
- smanjenje veličine taline,
- manji unos topline, manje deformacije,
- omogućuje se bolje čišćenje volframove elektrode,
- sprečavanje akumulacija oksida na površini zavarenog spoja.

Za zavarivanje se koristi izvor L-TEC THYROARC 220DC/20 s glavom P20, a definiraju se sljedeći parametri zavarivanja, Slika 4.



Slika 4. Parametri za TIG mehanizirano zavarivanje priključaka s komorama

- t_{gas1} – vrijeme protoka zaštitnog plina prije zavarivanja,
 t_{up} – vrijeme potrebno za postizanje definirane struje zavarivanje,
 $t_{preheat}$ – vrijeme potrebno da se ostvari protaljivanje osnovnog materijala, glava P20 ne rotira,
 I_1 – impulsna struja,
 t_1 – vrijeme trajanja impulsne struje I_1 ,
 I_2 – osnovna struja,
 t_2 – vrijeme trajanja osnovne struje I_2 ,
 t_{down} – vrijeme padanja struje zavarivanja na vrijednost struje pri kojoj se gasi električni luk,
 t_{gas2} – vrijeme protoka zaštitnog plina nakon zavarivanja,
 $v_{welding}$ – brzina zavarivanja,
 Q - količina protoka zaštitnog plina.

Kod EPP zavarivanja koristi se istosmjerna struja žica na plus polu. Osnovni parametri zavarivanja su:

- I - vrijednost struje zavarivanja,
- U - vrijednost napona zavarivanja,
- V - brzina zavarivanja.

5. KVALIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA

Kvalifikacija postupaka zavarivanja izvedena je na standardnom kotlovsom osnovnom materijalu (stare oznake 15Mo3, DIN 17175), grupa 1. 2 (CR ISO 15608), koji se najčešće koriste za izradu komora i priključaka. Dimenzije uzoraka:

- komore: $D_1 \times t_1 = 168,3 \times 16$ mm,
- priključka: $d_2 \times t_2 = 38 \times 4$ mm.

Dodatni materijal korišten kod EPP zavarivanja:

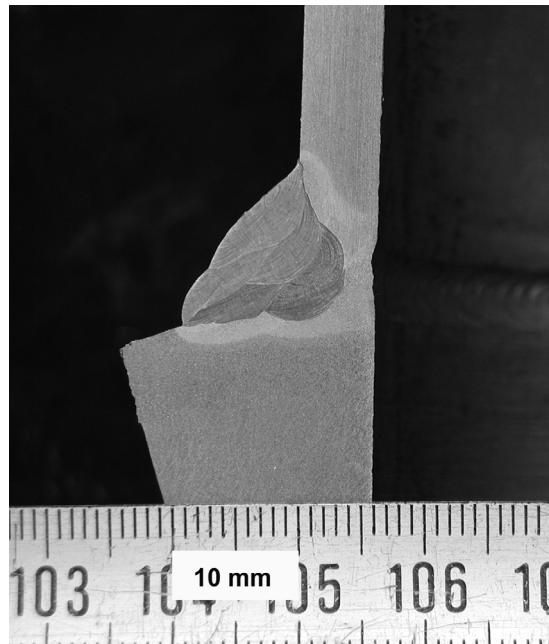
- žica DMO-IG (BÖHLER); EN 12070 – G MoSi
- prašak za zavarivanje OP119 (OERLIKON); DIN-EN 760 – SA CS1 77AC

Vrlo važnu ulogu kod EPP zavarivanja ima odabir prašaka za zavarivanje jer se troska mora lako odstraniti iz žlijeba, bez «podlijevanja» troske. Parametri zavarivanja navedeni su u Tablici 1.

Parametri zavarivanja TIG mehanizirano zavarivanje priključaka $d_2 \times t_2 = 38 \times 4$ mm		Parametri zavarivanja EPP mehanizirano zavarivanje priključaka $d_2 \times t_2 = 38 \times 4$ mm
$t_{gas1} = 2,6$ s	$I_2 = 80$ A	$I = 160-190$ A
$t_{up} = 16$ %	$t_2 = 520$ ms	$U = 26-28$ V
$t_{preheat} = 2$ s	$t_{down} = 60\%$	$v = 25-30$ (15-25 cm/min.)
$I_1 = 140$ A	$t_{gas2} = 4$ s	
$t_1 = 520$ ms	$V_{welding} = 1/60$ 6 cm/min.	
$Q = 5$ 1 Ar / min. – zaštitni plin argon		

Tablica 1.

Na Slici 5. može se vidjeti makro presjek zavarenog spoja, koji je ostvaren parametrima iz tablice 1. Zavar ima dobru geometriju (nešto naglašene konveksnosti radi mogućnosti slaganja slojeva), nema grešaka vezivanja, grešaka tipa poroznosti ili uključaka. Korijeni zavar je malo udubljen, konkavan zbog zavarivanja bez dodatnog materijala. Konkavnost je u granicama prihvatljivosti, manja je od 0,5 mm (zahtjev norme). Gledano s aspekta nosivosti, presjek zavarenog spoja je daleko veći na mjestu zavara od nominalne debljine stjenke priključka.



Slika 5. Makro presjek zavarenog spoja proizведен mehaniziranim postupcima zavarivanja
TIG + EPP

Ostala ispitivanja u sklopu kvalifikacije postupka zavarivanja ne navode se u ovom radu.

6. ZAKLJUČAK

Mehanizacija i automatizacija se provode zbog povećanja produktivnosti i kvalitete proizvoda. Većom kvalitetom proizvoda postiže se zadovoljstvo kupca i bolja pozicija na tržištu. Većom produktivnošću smanjuju se troškovi izrade proizvoda, smanjuje se vrijeme izrade proizvoda, troškovi energije, škart, vrijeme potrebno za reparature itd. Primjenom mehaniziranih postupaka TIG i EPP za zavarivanje priključaka na komore postižu se sljedeće prednosti:

- smanjuje se vrijeme zavarivanja:
 - mehaniziranim TIG postupkom četiri puta je kraće vrijeme zavarivanja i pripajanja u odnosu na ručno TIG zavarivanje,
 - mehaniziranim EPP postupkom 1,5 puta kraće je vrijeme zavarivanja, nego REL postupkom,
- veća kvaliteta zavarenog spoja, korijeni zavar bez ispupčenja i grešaka vezivanja, a lice zavara ima pravilnu geometriju i blagi prelaz sa zavara na osnovni materijal,
- manji broj popravaka, nema dodatnih radova brušenja korijena zavara i lica zavara kao kod spojeva izvedenih ručnim TIG i REL postupkom,

- manje deformacije, kraće vrijeme izrade komora s priključcima,
- manji utrošak dodatnog materijala,
- manji utrošak energije,
- kraće vrijeme zavarivanja popune REL postupkom, ako se korijen izvodi TIG mehaniziranim postupkom,
- na strojevima rade operateri koji ne trebaju dugu obuku kao TIG i REL ručni zavarivači.

Nedostaci mehaniziranih TIG i EPP postupaka su:

- skuplja priprema spoja za zavarivanje, uže tolerancije pripreme spoja za zavarivanje u odnosu na ručno zavarivanje,
- ograničenje primjene dimenzijama priključaka, komora, i razmakom između priključaka,
- mogućnost zavarivanja samo u PB i PC položaju.

Može se zaključiti da se primjenom mehaniziranih TIG i EPP postupaka zavarivanja povećala produktivnost i kvaliteta zavarenih spojeva, što opravdava primjenu ove linije za zavarivanje.

7. LITERATURA

1. Milan Živčić, TIG/EPP – zavarivanje, osnovne karakteristike, HDTZ,
2. Peter Hombach, Operating Instruction, TIG – A – MATIC,
3. Operating Instruction, Circle Welder CWO-1560.
4. Tehnološke podloge, AEE ĐĐTEP, Tehnika zavarivanja,
5. ADS- interni standard za proizvode, AEE ĐĐTEP.