

TEHNOLOGIČNO ZAVARIVANJE TANKOSTJENIH NERĐAJUĆIH MATERIJALA

COST EFFECTIVE WELDING OF THIN WALL THICKNESS STAINLESS MATERIALS

Josip Pavić
Drago Starčević
Ivan Samardžić

Đ.Đ. Kompenzatori d.o.o., Slavonski Brod, Hrvatska
Đ.Đ. Kompenzatori d.o.o., Slavonski Brod, Hrvatska
Strojarski fakultet, Trg I.B.Mažuranića 18, Slavonski Brod, Hrvatska

Ključne riječi: tehnologično zavarivanje, nerđajući materijali, tankostijeni materijali, zavarivanje

Key words: cost efficiency welding, stainless materials, thin wall thickness materials, welding

Sažetak: U radu se obrazlaže pristup tehnologičnom zavarivanju nerđajućih čelika međusobno i u kombinaciji sa drugim materijalima (zavarivanje raznorodnih materijala). Daje se opći osvrt na tehnologičnost i analize tehnologičnosti kod zavarivanja tankostijenih nerđajućih i raznorodnih materijala. Obrazlaže se varijanta ručnog, i poluautomatskog TIG, te automatskog EPP zavarivanja. Navode se prednosti i nedostaci pojedinih varijanti zavarivanja. Pored svega, daju se praktični iskustveni podaci uspješno primjenjene tehnologije zavarivanja tankostijenih nerđajućih materijala.

Abstract: The paper presents cost efficiency welding of two types of stainless materials and dissimilar materials (stainless and some other steel type). General retrospection on cost efficiency design and cost efficiency design analysis of welding of thin wall thickness materials is given in this paper. Options like manual TIG (Tungsten Inert Gas) and semiautomatic TIG welding, and also automatic SAW (Submerged Arc Welding) are explained. Advantages and disadvantages of each option are quoted. Beside all, practical expiriance datas of successful cost efficiency weldings of thin wall thickness materials are given in this paper.

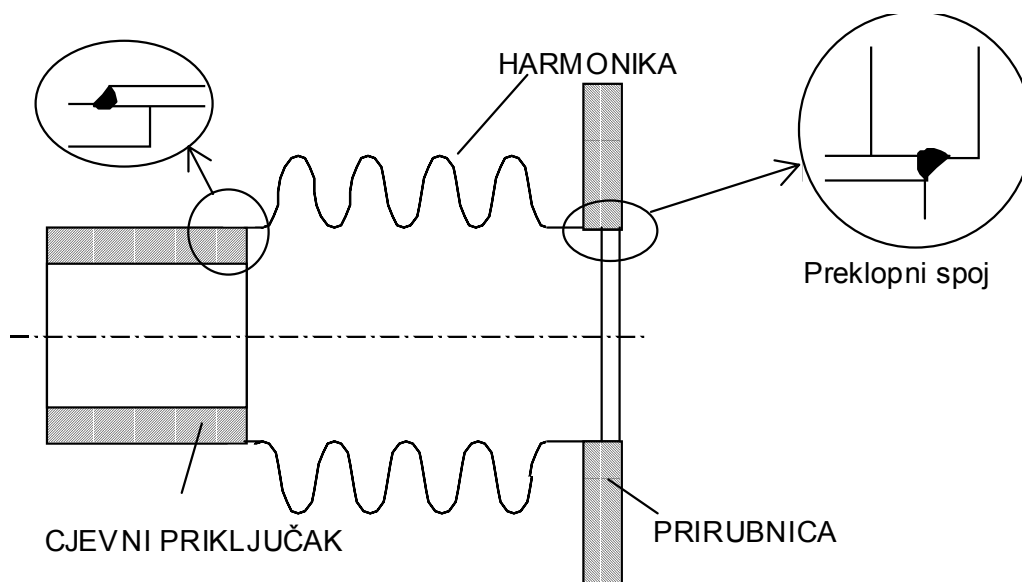
1.0 Uvod

Kompensator je dio cjevovoda koji služi za kompenzaciju dimenzionalnih promjena u cjevovodu izazvanih najčešće promjenama temperature (okoliša i/ili protočnog radnog medija) i/ili tlaka. Osnovni dio svakog kompensatora je harmonika koja se izrađuje hladnim valjanjem iz tankostijene nerđajuće cijevi. Promjeri harmonika koji se izrađuju, u tvornici Đuro Đaković - Kompensatori d.o.o., su od 20 mm do 5500 mm. Debljina austenitnog nerđajućeg materijala za izradu harmonike je od 0,12 mm do 4 x 1,22 mm. Ovako širok raspon promjera i debljina omogućuje primjenu različitih tehnologija zavarivanja harmonika na priključke (cjevne priključke, prirubnice, pladnjeve, tanjuriće...).

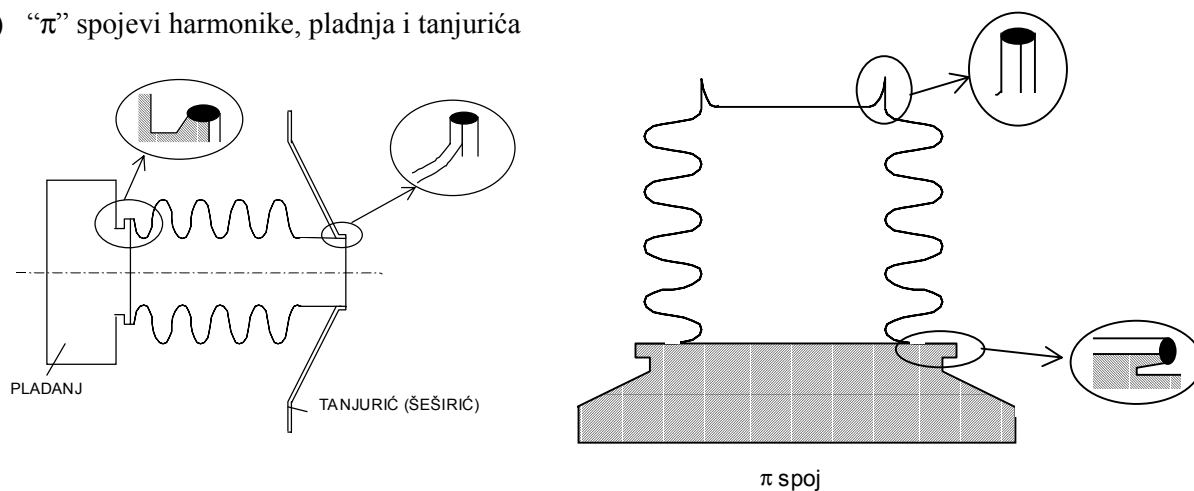
2. UOBIČAJENI NAČINI ELEKTROLUČNOG ZAVARIVANJA HARMONIKE NA PRIKLJUČKE

Postoje različite mogućnosti u pogledu tehnologije zavarivanja harmonike na priključke. Na slici 1 su prikazani uobičajeni oblici spojeva.

a) preklopni spoj cjevnog priključka, harmonike i prirubnice



b) “ π ” spojevi harmonike, pladnja i tanjurića



Slika 1. Uobičajeni načini spajanja harmonike na priključke

3. VARIJANTE POSTUPAKA ZAVARIVANJA

Uobičajene varijante elektrolučnog zavarivanja tankostjenih nerđajućih materijala (istorodnih, raznorodnih) kod spajanja harmonike kompenzatora na različite priključke su:

a) TIG postupak zavarivanja

- ručni (uz upotrebu dodatnog materijala)
- poluautomatski (bez upotrebe dodatnog materijala)

b) EPP postupak zavarivanja

Priprema za zavarivanje za sve navedene postupke zavarivanja je izuzetno važna. Sve nečistoće od ulja, boje, masti i prašine koja se taloži iz zraka moraju biti odstanjene acetonom neposredno prije zavarivanja. Svi dijelovi ugljičnih čelika moraju biti obrušeni do metalnog sjaja ukoliko nisu strojno obrađeni. Kod montaže harmonika na priključne elemente potrebno je osigurati što tješnji spoj.

3.1 Ručni TIG postupak

Ručni TIG postupak zavarivanja primjenjuje se za zavarivanje preklopnih spojeva harmonika i cjevnih nastavka. Koristi se na svim promjerima i to do nazivnog otvora (NO) 1200 mm uz upotrebu pozicionera (okretaljke) na kojem kompenzator rotira. Preko promjera NO 1200 mm zavarivanje je horizontalno na vertikalnoj stijeni.

Prednosti:

- a) zavarivanje se radi na svim promjerima (20 mm do 5500 mm)
- b) debljina tankostijene harmonike nije ograničena (0,46 mm do 4x1,22 mm)
- c) kompenzira utjecaj "loše" pripreme (centričnost, ravnost dijelova koji se zavaruju)

Nedostaci:

- a) preklopni spoj harmonike i cjevnog nastavka mora biti što tješnji i gusto pripojen svakih 4 do 8 mm
- b) višeslojne harmonike moraju biti elektrootporno zavarene kako bi se spriječilo listanje između slojeva
- c) čovjek je varijabla koja direktno utječe na kvalitetu zavora

U tablici 1 daju se parametri zavarivanja ručnim TIG postupkom preklopnih spojeva harmonike i cjevnog nastavka. Tablica 2 daje prikaz izbora dodatnog materijala koji se koristi kod primjene ručnog TIG postupka zavarivanja preklopnih spojeva harmonike i cjevnog nastavka.

Tablica 1. Parametri zavarivanja ručnim TIG postupkom preklopnih spojeva [1]

Harmonika		Cjevni nastavak		Struja zavarivanja (A)	Protok argona (l/min)
Kvaliteta	Debljina (mm)	Kvaliteta	Debljina (mm)		
321	4 x 1,22	H II	16	170 – 210	9 – 11
321	2 x 0,46	H II	16	100 – 110	9 – 11
321	1 x 0,46	H II	16	100 – 110	9 – 11
321	2 x 0,71	H II	14,5	100 – 120	8 – 10
321	3 x 0,71	321	10	90 – 110	8 – 10

Tablica 2. Izbor dodatnog materijala za zavarivanje preklopnih spojeva ručnim TIG postupkom [1]

Materijal priključka (cijevi, prirubnice)	MATERIJAL HARMONIKE				
	ASME SA A240TP304 BS 1449 304S15	ASME SA A240TP321 BS 1449 321S12	ASME SA A240TP347 BS 1449 347S17	ASME SA A240TP316L BS 1449 316S12	ASME SA A240TP316 BS 1449 316S16
ASME SA A240TP304 BS 1449 304S15	1	1	1	2	2
ASME SA A240TP321 BS 1449 321S12	1	1	1	2	2
ASME SA A240TP347 BS 1449 347S17	1	1	1	2	2
ASME SA A240TP316L BS 1449 316S12	2	2	2	2	2
ASME SA A240TP316 BS 1449 316S16	2	2	2	2	2
DIN 17100 RSt 37-2 HRN CB0.500 Č0361	2	2	2	2	2
DIN 17155 H II HRN CB4.014 Č1204	2	2	2	2	2
DIN 17155 15Mo3 HRN CB4.014 Č7100	2	2	2	2	2
DIN 17155 10CrMo910 HRN CB4.014 Č7400	3	3	3	3	3
DIN 17200 C22 HRN CB9.021 Č1330	3	3	3	3	3
1. TIG 19/9 Nb – Jesenice DIN 8556 – SGx5CrNiNb 19/9 (6R42) 2. TIG 19/12/3 – Jesenice DIN 8559 – SGx5CrNiMoNb 19/12/3 (2R61) 3. SANICRO 72 – DIN 1736 – S NiCr20Nb (INCONEL 82)					

3.2. Poluautomatski TIG postupak

Poluautomatski TIG postupak zavarivanja primjenjuje se za zavarivanje prekopnih spojeva u “paknama” (na promjerima harmonika do 50 mm) i za zavarivanja “ π ” spojeva (odnos debljine harmonike i tanjurića dan je u tablici 4.)

Prednosti:

- a) produktivnost
- b) zavari su ujednačeni i visokokvalitetni (škart u proizvodnji manji je od 0,1%)
- c) estetika
- d) obuka operatera za zavarivanje je jednostavna i brza
- e) nije potrebno gusto pripajanje dijelova prije zavarivanja
- f) omogućuje zavarivanje debljina materijala od 0,12 mm
- g) zavaruje se bez upotrebe dodatnog materijala što smanjuje cijenu

Nedostaci:

- a) dijelovi koji će se zavarivati moraju biti strojno obrađeni, kako bi se osigurala točnost mjera
- b) za svaki promjer koji se zavaruje mora se izraditi alat za zavarivanje (“pakne” za zavarivanje od berilij bronce)
- c) cijena alata i veličina serije koja se treba zavarivati uvjetuju primjenu ovog postupka

U tablicama 3 i 4 daju se parametri zavarivanja poluautomatskim TIG postupkom prekopnih i “ π ” spojeva “paknama”.

Tablica 3. Parametri zavarivanja poluautomatskim TIG postupkom prekopnih spojeva harmonike i cjevnog nastavka zavarivanjem u “paknama” [1]

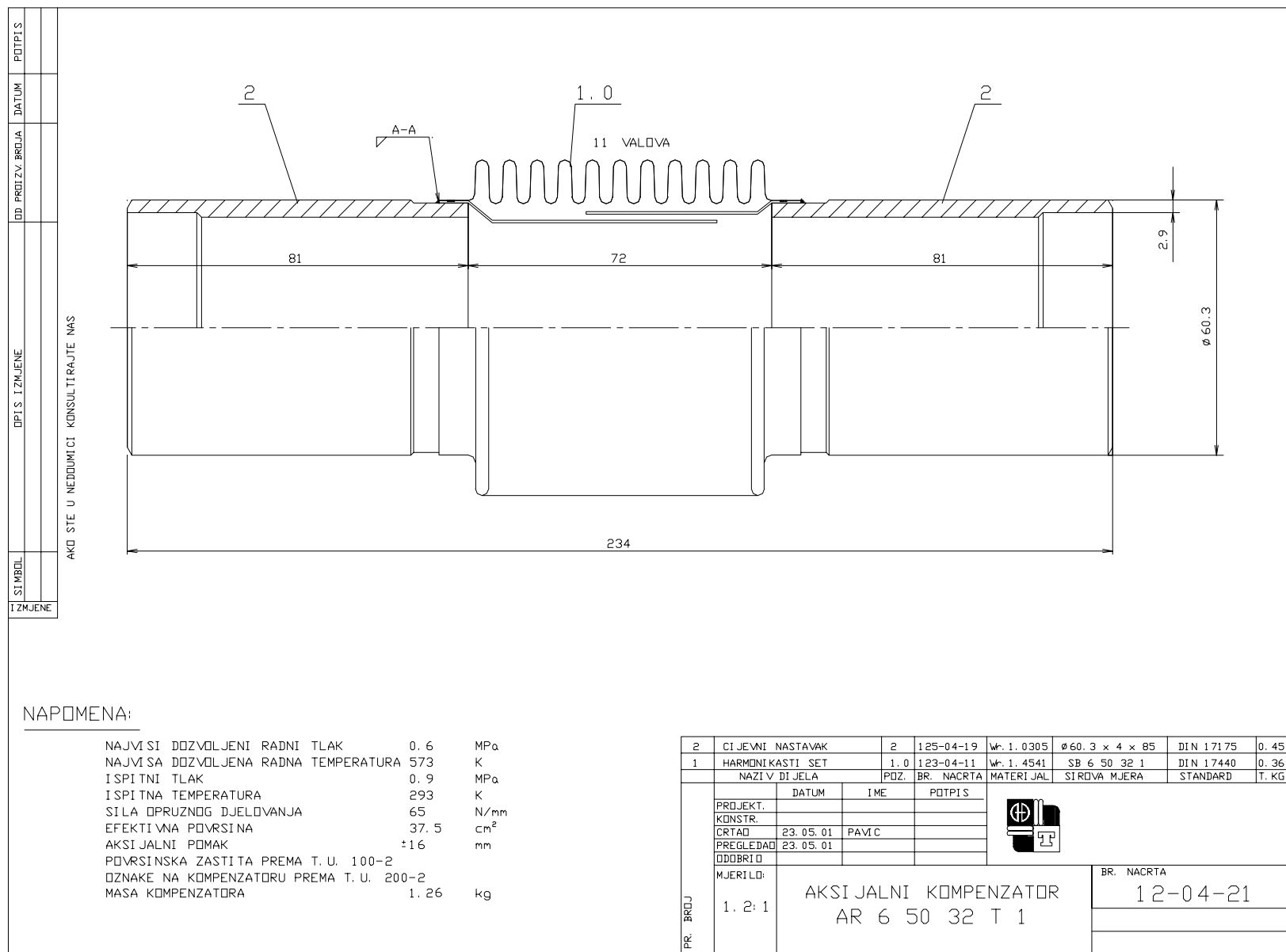
Promjer harmonike (mm)	Brzina zavarivanja (cm/min)	Struja zavarivanja (A)	Protok argona (l/min)	Promjer volframove elektrode (mm)	NAPOMENA
15	30 – 35	90 – 110	6 – 10	2,4	Nastavci i harmonike moraju biti očišćeni acetonom. “Pakne” moraju čvrsto stisnuti harmoniku, ali da je pri tome ne oštete.
20	30 – 35	110 – 120	6 – 10	2,4	
25	25 – 30	110 – 120	6 – 10	2,4	
32	25 – 30	110 – 120	6 – 10	2,4	
40	20 – 25	110 – 120	6 – 10	2,4	
50	20 – 25	110 – 120	6 – 10	2,4	

Tablica 4. Parametri zavarivanja poluautomatskim TIG postupkom “ π ” spojeva u “paknama” [1]

Debljina harmonike (mm)	Debljina tanjurića (mm)	Brzina zavarivanja (cm/min)	Struja zavarivanja (A)	Protok argona (l/min)	Promjer volframove elektrode (mm)	Napomena
0,13	0,6 - 1,5	10 – 20	10 – 15	6 – 10	1,6	Dijelovi moraju biti očišćeni acetonom
0,17	0,6 - 1,5	10 – 20	15 – 20	6 – 10	1,6	
0,20	0,6 - 1,5	10 – 20	20 – 25	6 – 10	1,6	
0,26	0,6 - 1,5	10 – 20	20 – 25	6 – 10	1,6	

Na slikama 2 i 3 prikazuje primjer aksijalnog kompenzatora koji se zavaruje poluautomatskim TIG postupkom u “paknama” – prekopni spoj.

Na slici 3 se prikazuje uzorak spoja harmonike na cjevni priključak prije (a) i nakon (b) automatskog zavarivanja u “paknama”.



Slika 2. Primjer aksijalnog kompenzatora koji se zavaruje poluautomatskim TIG postupkom u “paktnama” – preklopni spoj.

a)



b)



Slika 3. Spoj harmonike na cjevni priključak prije (a) i nakon (b) automatskog zavarivanja u “paktnama”.

3.3. EPP postupak zavarivanja

EPP postupak zavarivanja dolazi u obzir samo kod zavarivanja višeslojnih harmonika kod kojih je debljina jednog sloja minimalno 0,70 mm i ukupna debljina minimalno 2 x 0,70 mm.

Prednosti:

- a) produktivnost
- b) visoka kvaliteta zavora
- c) estetika

Nedostaci:

- a) promjeri zavarivanja su od 300 do 800 mm (ograničenje su okretaljke za zavarivanje)
- b) minimalna debljina koja se može zavariti je 2 x 0,70 mm (preklopni spoj)
- c) preklopni spoj harmonike i cijevnog nastavka mora biti što tješnji i gusto pripojen svakih 4 do 8 mm
- d) višeslojne harmonike moraju biti elektrootporno zavarene kako bi se spriječilo listanje između slojeva

U tablici 5 daju se parametri zavarivanja kod automatskog EPP postupka zavarivanja preklopnih spojeva harmonike i cijevnog priključka.

Tablica 5. Parametri zavarivanja EPP postupkom preklopnih spojeva. [1]

Harmonika		Cjevni nastavak		Struja zavarivanja (A)	Napon zavarivanja (V)	Brzina zavarivanja (cm/min)
Kvaliteta	Debljina (mm)	Kvaliteta	Debljina (mm)			
321	4 x 0,90	H II	14	330 – 370	28 – 32	55 – 60
321	2 x 0,90	H II	15	300 – 340	28 – 32	55 – 60

4.0 Zaključak

U radu se obrazlaže tehnološko zavarivanje tankostjenih nerđajućih i raznorodnih materijala. Sa stajališta iskustva autora rada, tehnološki postupci zavarivanja kod zavarivanja harmonika kompenzatora na različite priključke pokazali su se ručni i poluautomatski TIG, te automatski EPP postupak zavarivanja. Svaki od navedenih postupaka zavarivanja ima određene prednosti i nedostatke s obzirom na zavarivanje tankostjenih nerđajućih i raznorodnih materijala. Izbor postupka zavarivanja kod zavarivanja tankostjenih materijala temelji se na više kriterija. Značajniji kriteriji su: zahtjevi za kvalitetu, dimenzije kompenzatora, veličina serije i dr. Korištenjem parametri zavarivanja koji su navedeni u ovom radu, postignuti su zadovoljavajući zavareni spojevi u praksi, kako sa stajališta mehaničkih svojstava, tako i sa stajališta estetskog izgleda zavora.

5.0 Literatura:

1. Osiguranje kakvoće, Radna instrukcija 701, Priključno zavarivanje, Interni dokument ĐĐ Kompenzatori, 1994.
2. A Practical Guide to Expansion Joints, Expansion Joint Manufacturing Association (EJMA), INC. 1992.
3. Metals and their weldability, Welding Handbook, part 65, Austenitic Chromium – Nickel Stainless Steel, AWS, 1972.
4. Katalog tvornice ĐĐ Kompenzatori, d.o.o., Komopenzatori
5. Lukačević zvonimir, Zavarivanje, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 1998.