



Stefan Mladenović, mast. inž. maš., IWE, EWE

TEHNOLOGIJA ZAVARIVANJA KLIZNICE BOČNOG KLIZAČA KOD OBRITNOG POSTOLJA Y25

WELDING TECHNOLOGY OF SIDE WIPER SLIDERS ON WAGON ROTATING SHASSIS Y25

Stručni rad / Professional paper

UDK / UDC: 625.548:621.791

Rad primljen / Paper received:

Novembar 2018.

Adresa autora / Author's address:

MING Forging, Bulevar 12. Februar b.b., 18000 Niš, Republic of Serbia

e-mail: stefan.mladenovic@mingbgd.com.

Ključne reči: Zavarivanje, železnica, obrtno postolje, kliznica, Hatfieldov čelik

Key words: Welding, Railway, Rotating shassis, Slider, Hatfield Steel

Rezime

U radu je opisan postupak zavarivanja kliznica koje su deo bočnog klizača obrtnih postolja teretnih vagona. Poseban akcenat je dat zavarivanju visokomanganskog Hatfieldovog čelika.

Uvod

Kliznica je deo bočnog klizača i naleže na poprečni nosač rama obrtnog postolja Y25 teretnih železničkih vagona. Sedište klizača je deo bočnog klizača, a prima deo aksijalnih i radijalnih opterećenja od glavnih postolja vagona.

Bočni klizač je sklop kliznice i sedišta klizača ostvaren uz pomoć graničnika i opruga. Klizne ploče su njihova neposredna klizna veza i primaju na sebe sile trenja i udarna opterećenja. Čep kliznice služi za centriranje kliznice i sedišta klizača i kao dodatno osiguranje od ispadanja.

Kliznica i sedišta se izrađuju kovanjem u kalupu, čep kliznice se izrađuje mehaničkom obradom, dok se pločice dobijaju rezanjem lima plazmom.

1. Osnovni materijal

Prema tehničkoj dokumentaciji, kliznica i čep kliznice se izrađuju od konstrukcijskog čelika S355J2+N (1.0577) EN 10025-2, a klizne ploče od austenitnog čelika otpornog na habanje X120Mn12 (1.3401) koji je poznat po nazivu Hatfieldov čelik.

1.2 Hemijski sastav osnovnog materijala

Oznaka prema		C %	Si %	Mn %	P %	S %	N %	Cu %	Cr %
SRPS EN 10027-1	SRPS EN 10027-2								
S355J2	1.0577	0,2-0,22	max.0,55	max. 1,6	max. 0,025	max. 0,025	/	max. 0,55	/
X120Mn12	1.3401	1,1-1,3	0,3-0,5	12-13	max. 0,1	max. 0,04	/	/	max. 1,5

Tabela 1. Hemijski sastav osnovnog materijala prema standardu



Oznaka prema		C %	Mn %	Si %	P %	S %	Cr %	Ni %	Cu %	Mo %	Al %	V %	N %
SRPS EN 10027-1	SRPS EN 10027-2												
S355J2+AR	1.0577	0,16	1,01	0,21	0,016	0,01	0,11	0,1	0,27	0,019	0,034	0,03	0,01
X120Mn12	1.3401	1,15	12,2	0,36	0,031	0,005	0,17	0,1	0,16	0,03	0,03	/	/

Tabela 2. Hemijski sastav osnovnog materijala prema atestu

1.3 Mehaničke karakteristike osnovnog materijala

Oznaka prema		R _{eH} R _{p0,2} N/mm ²	R _m N/mm ²	A min. %	KV min. J
SRPS EN 10027-1	SRPS EN 10027-2				
S355J2	1.0577	355	470-630	22	27
X120Mn12	1.3401	410	800-1130	40	/

Tabela 3. Mehaničke karakteristike osnovnog materijala prema standardu

Oznaka prema		R _{eH} R _{p0,2} N/mm ²	R _m N/mm ²	A %	KV J
SRPS EN 10027-1	SRPS EN 10027-2				
S355J2+AR	1.0577	400	544	28	53,7
X120Mn12	1.3401	/	/	/	/

Tabela 3. Mehaničke karakteristike osnovnog materijala prema atestu

2. Analiza zavarljivosti i toplotnog ciklusa pri zavarivanju

Na kliznici ima dve vrste zavarenog spoja, jedna vrsta je kružni 1/2V spoj i druga ugaoni spoj. Kod kružnog 1/2V spoja je spajanje istorodnih materijala, dok je kod ugaonog spoja spajanje raznorodnih materijala. Zbog toga će biti urađena analiza zavarljivosti za oba spoja.

2.1 Analiza zavarljivosti kliznice i čepa kliznice

Čelik S355J2+N pripada grupi niskougljeničnih i nelegiranih čelika. Zavarljivost ovih čelika se procenjuje na osnovu sadržaja ekvivalentnog ugljenika (CE).

2.1.1 Ekvivalent ugljenika (CE)

Ekvivalent ugljenika određuje se po formuli:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15}$$

$$CE = 0,16 + \frac{1,01}{6} + \frac{0,11 + 0,019 + 0,03}{5} + \frac{0,1 + 0,27}{15}$$

$$CE = 0,16 + 0,168 + 0,031 + 0,024$$

$$CE = 0,385$$

2.1.2 Ocena sklonosti ka pojavi hladnih prslina

Jedan od kriterijuma koji takođe može da pokaže povećanje krтости zbog strukturnih preobražaja, a time i sklonost ka pojavi hladnih prslina, je veličina

tvrdoće u ZUT. Iako ovaj pokazatelj nije jednoznačan kao ekvivalent ugljenika, smatra se da kod većine konstrukcijskih čelika veličina tvrdoće do 350 HV ukazuje da se u strukturi, pri razlaganju austenita, ne javljaju tvrde i krte faze. Kod ugljeničnih i niskolegiranih čelika najveća vrednost tvrdoće u zoni uticaja toplote može da se odredi formulom:

$$HV = 90 + 1050 \cdot \%C + 47 \cdot \%Si + 75 \cdot \%Mn + 30 \cdot \%Ni + 31 \cdot \%Cr$$

$$HV = 90 + 1050 \cdot 0,16 + 47 \cdot 0,21 + 75 \cdot 1,01 + 30 \cdot 0,1 + 31 \cdot 0,11$$

$$HV = 90 + 168 + 9,87 + 75,75 + 3 + 3,41$$

$$HV = 350,03$$

2.2 Analiza zavarljivosti kliznice i klizne pločice

Čelik X120Mn12 je visokolegirani manganski čelik austenitne strukture. Kao i većina austenitnih čelika i ovaj čelik je nemagnetičan. Pri zavarivanju ovog čelika neophodno je nastojati da se toplota razvijena zavarivanjem dovoljno brzo odvede u cilju dobijanja što manje količine karbida, odnosno postizanja postojane žilave austenitne strukture. Pri zavarivanju manganskih austenitnih čelika koji ojačavaju udarnim dejstvom sile, potrebno je voditi računa da ne dođe do naglog rasta austenitnog zrna usled prekomernog unosa toplote. Zbog toga se zavarivanje izvodi sa malim unosom toplote. U suprotnom, dobijaju se gruba austenitna zrna, što pogoršava zavarljivost i mehanička svojstva.



3. Određivanje temperature predgrevanja, međuslojne temperature i parametara termičke obrade nakon zavarivanja

3.1 Proračun temperature predgrevanja po formuli seferijana

Određivanje temperature predgrevanja prema formuli Seferijana uzima u obzir CE i debljinu osnovnog materijala s u mm .

$$T_p = 350 \cdot \sqrt{C_{Eu} - 0,25}$$

$$C_{Eu} = CE \cdot (1 + 0,005 \cdot s)$$

$$C_{Eu} = 0,385 \cdot (1 + 0,005 \cdot 30)$$

$$C_{Eu} = 0,443$$

$$T_p = 350 \cdot \sqrt{0,443 - 0,25}$$

$$T_p = 153,66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2 Proračun temperature predgrevanja prema srps en 1011-2

Uticaj hemijskog sastava, okarakterisan ekvivalentom ugljenika CE , debljina lima d , sadržaj vodonika u metalu šava HD i količina unete toplote Q mogu se povezati sledećom jednačinom koja se koristi za izračunavanje temperature predgrevanja T_p :

$$T_p = 697 \cdot CE + 160 \cdot \tanh\left(\frac{d}{35}\right) + 62 \cdot HD^{0,35} + (53 \cdot CE - 32) \cdot Q - 328 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$CE = 0,385$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$HD = 5 \text{ mL}/100\text{g}$$

$$Q = 0,620 \text{ kJ}/\text{mm}$$

$$T_p = 153,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Usvaja se temperatura predgrevanja

$$T_p = \min. 155 \text{ } ^\circ\text{C}$$

za zavarivanje kliznice i čepa kliznice. Zavarivanje kliznice i klizne pločice se izvodi bez predgrevanja.

4. Izbor postupka zavarivanja

Za ovaj slučaj mogući postupci zavarivanja su E 111 i MAG 135. Imajući u vidu hemijski sastav materijala, mehaničke osobine materijala, uslove zavarivanja, raspoloživu opremu i ekonomičnost odabira se postupak MAG 135.

5. Izbor dodatnog i potrošnog materijala za zavarivanje

Na osnovu kvaliteta i dimenzija osnovnog materijala, složenosti konstrukcije i položaja zavarivanja određen je sledeći dodatni materijal za MAG postupak (135):

Za zavarivanje Kliznice i Čepa kliznice puna žica $\varnothing 1,2 \text{ mm}$ pod zaštitom gasa EN ISO 14175 **M21** (Ar + 18% CO₂) EN ISO 14341-A **G42 5M/C G3Si1**. Za zavarivanje Kliznice i Klizne pločice puna žica $\varnothing 1,0 \text{ mm}$ pod zaštitom gasa EN ISO 14175 **M12** (Ar + 2,5% CO₂) EN ISO 14343-A **G 18 8 Mn**.

U tabeli 5. date su komercijalne oznake ovih dodatnih materijala

Oznaka prema EN ISO 14341-A / EN ISO 14343-A	SIJ Elektrode Jesenice	Elektroda Zagreb	BÖHLER
G42 5M/C G3Si1	VAC 60	EZ – SG2	BÖHLER EMK 6
G 18 8 Mn	MIG 18/8/6 Si	EZ – MIG 307 Si	BÖHLER A 7-IG

Tabela 5. Komercijalne oznake dodatnog materijala

5.1 Hemijski sastav dodatnog materijala

C %	Si %	Mn %	P %	S %
0,08	0,90	1,50	< 0,025	< 0,025

Tabela 6. Hemijski sastav dodatnog materijala G42 5M/C G3Si1

C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %
0,08	0,80	7,0	18,50	9,0

Tabela 7. Hemijski sastav dodatnog materijala G 18 8 Mn

5.2 Mehaničke karakteristike dodatnog materijala

Oznaka prema EN ISO 14341-A / EN ISO 14343-A	R_{eH} $R_{p0,2}$ N/mm ²	R_m N/mm ²	A min. %	KV min. J
G42 5M/C G3Si1	> 410	510 - 590	> 22	> 47 na - 40 °C
G 18 8 Mn	> 380	560 - 660	35	> 40 na + 20 °C

Tabela 8. Mehaničke karakteristike dodatnog materijala



6. Plan i redosled zavarivanja

Zavareni spojevi mogu se izvoditi samo u radnom prostoru koji je zaštićen od padavina, niskih temperatura, vetra i si. Zavarivanje kliznice i čepa kliznice izvoditi u PA položaju, a zavarivanje Kliznice i Kliznih pločica u najpovoljnijem položaju (PA, PB, PF).

Formiranje podsklopa nastaje sledećim redosledom prema crtežu :

- Zavarivanje ugaonih spojeva **a3 – 2x15/49**
- Zavarivanje ugaonih spojeva **a3 – 48**
- Zavarivanje kružnog 1/2V spoja **6 1/2V – 157**

7. Izbor parametara zavarivanja

Tokom zavarivanja kliznice i kliznih pločica postupkom MAG 135 koristiti sledeće parametre:

Položaj zavarivanja:	PA, PB, PF
Prečnik dodatnog materijala:	∅ 1,0 mm
Jačina struje:	130 A
Napon:	19 V
Vrsta struje / polaritet:	DC +
Protok gasa:	10-12 l/min
Brzina zavarivanja:	20 cm/min
Unos toplote:	0,623 kJ/mm

Za zavarivanje kliznice i čepa kliznice postupkom MAG 135 koristiti sledeće parametre:

Položaj zavarivanja:	PA
Prečnik dodatnog materijala:	∅ 1,2 mm
Jačina struje:	180 A
Napon:	27 V
Vrsta struje / polaritet:	DC +
Protok gasa:	10-12 l/min
Brzina zavarivanja:	40 cm/min
Unos toplote:	0,620 kJ/min

Pre i u toku zavarivanja obavezno se moraju proveravati parametri zavarivanja, koji su prilikom

provere propisane tehnologije potvrđeni kao ispravni.

8. Utvrđivanje vrste i obima kontrole i kriterijuma prihvatljivosti u svim fazama rada

Kvalitet zavarenog spoja propisan je standardom **SRPS EN 15085-2:2011** Primene na železnici – Zavarivanje konstrukcija železničkih vozila i njihovih komponenata – Deo 2: Zahtevi kvaliteta i sertifikacija odeljenja za zavarivačke radove.

Kontrola se vrši u tri faze:

- pre zavarivanja;
- tokom zavarivanja;
- posle zavarivanja.

8.1 Kontrola posle zavarivanja

Kontrolu posle zavarivanja izvesti u skladu sa standardom **SRPS EN 15085-3**.

- Klasa kontrole zavara CT3;
- Vizuelna kontrola svih zavarenih spojeva (VT 100%);
- Dimenziona kontrola u skladu sa crtežem.

9. Zbirka dokaza o kvalitetu konstrukcije

Kao dokaz da su zavarivački radovi izvedeni kvalitetno i u skladu sa važećim propisima i standardima potrebno je priložiti sledeću dokumentaciju:

- Tehničku dokumentaciju;
- Uverenje o stručnoj osposobljenosti zavarivača u skladu sa SRPS EN 9606-1;
- Uverenje o kvalitetu osnovnog materijala;
- Uverenje o kvalitetu dodatnog materijala;
- Uverenje o ispravnosti uređaja za zavarivanje;
- Kvalifikaciju tehnologije zavarivanja;
- Izveštaj o vizuelnoj i dimenzionoj kontroli.

10. Literatura

- [1] Grupa autora – Moduo 4 – Proizvodnja i inženjerska primena – Mašinski fakultet Niš
- [2] Grupa autora – Moduo 2 – Materijali i njihovo ponašanje pri zavarivanju – Mašinski fakultet Niš
- [3] Standard SRPS EN 10025-2 – Toplovaljani proizvodi od konstrukcionih čelika - Deo 2: Tehnički zahtevi za isporuku nelegiranih konstrukcionih čelika
- [4] Standard SRPS EN 1011-1 - Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 1: Opšte uputstvo za elektrolučno zavarivanje

- [5] Standard SRPS EN 1011-2 – Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 2: Elektrolučno zavarivanje feritnih čelika
- [6] Milica Antić, Zoran Odanović – Značaj izbora materijala pri zavarivanju i primer nenamenske upotrebe Hartfieldovog čelika – Zavarivanje i zavarene konstrukcije (3/2004)
- [7] Katalog dodatnog materijala – Elektrode Jesenice, Slovenija
- [8] Katalog dodatnog materijala – Elektroda Zagreb, Hrvatska
- [9] Katalog dodatnog materijala – BÖHLER, Austrija