



Dragan Mitić dipl.maš.inž.¹, Nikola Jović dipl.inž.zaš.², Davor Gruber dipl.maš.inž.³

ZAVARIVANJE TRAMVAJSKE ŠINE 54 G2 R260 ZA BLOK OD COGIDURA SAMOZAŠTITNOM ŽICOM - POSTUPAK 114 WELDING TRAM-RAIL 54 G2 R260 FOR BLOC FOR BLOC COGIDUR SELF-SHIELDED WIRE –PROCESS 114

Stručni rad / Professional paper

UDK / UDC: 621.791:625:143

Rad primljen / Paper received:

Januar 2018.

Adresa autora / Author's address:

¹IWE "Vossloh MIN Skretnice" Niš

²UT nivo 3 "Zavod za IBR " Beograd

³IWE/IWI-C -"NIVAR d.o.o." Niš

Ključne reči: samozaštitna žica, tramvajska šina, blok, ispitivanje na lom

Abstract: Self-shielded wire, tram-rail, block, fatigue test

REZIME:

U radu je data tehnologija zavarivanja tramvajske skretnice, samozaštitnom praškom punjenom žicom, sučeonog spoja tramvajske šine 54 G2 (W.no.1.0623 grupa 11.3) za blok od Cogidura (W.n1.8715 grupa 3.2) sa podloškama od bakra. Takođe je dat pregled ispitivanja tako zavarenog spoja metodama VT, PT, UT, makrostrukture i ispitivanje tvrdoće. Na kraju je zavareni uzorak ispitivan na lom sa promenljivim opterećenjem i frekvencom.

Uvod

Postupci kojima se zavaruju tramvajske šine kvaliteta 54G2 prema standardu EN 14811 (Primenam na železnici-kolosek-šine sa žlebom, odgovarajući profil šina u skretnicama i ukrštanjima), su :

- Aluminotermitsko zavarivanje AT
- Elektrootporno zavarivanje ET
- Zavarivanje samozaštitnom praškom punjenom žicom FCAW

Elektrootporno zavarivanje šina ET se najčešće se upotrebljava u radioničkim uslovima, mada danas postoje i mobilni uređaji za zavarivanje na terenu, dok se najviše upotrebljava aluminotermitsko zavarivanje šina AT kako u radionici tako i na terenu.

Međutim, od 1996 g. za spajanje šina počinje da se primenjuje zavarivanje samozaštitnom praškom punjenom žicom FCAW. Ovaj postupak razvija

ABSTRACT:

The welding technology of the tram rail, by self-shielded with powder filled wire of 54 G2 tram rail (W.no.1.0623 group 11.3) for a block of Cogidure (W.n.1.8715 group 3.2) with copper backs, is given. It is also given an overview of the testing of the welded joint by the methods of VT, PT, UT, macrostructure and hardness testing. Finally, the welded sample is tested to the fracture with variable load and frequency.

kompanija Lincoln Smitweld GmbH, a odobrenje za upotrebu dobija od strane Deutsche Bahn AG za zavarivanje šinskih skretnica čvrstoća materijala od Rm 685N/mm² do Rm 885N/mm², za pruge sa osovinskim opterećenjem od 10t i brzinom manjom od 80km/h.

FCAW je postupak zavarivanja praškom punjenom žicom i u principu koristi sličnu opremu kao MAG postupak, ali bez zaštitnog gasa, dok su karakteristike procesa zavarivanja slične REL postupku.

Punjena elektrodna žica može se posmatrati kao kontinuirana elektroda sa zaštitnim materijalom unutar čeličnog omotača, pri čemu se ostvaruje neprekidni elektro-kontakt između žice i bakarne vođice pištolja za zavarivanje. Ovako se ostvaruju mnogo veće vrednosti struje nego pri MAG ili REL postupku, a samim tim i velika produktivnost pri zavarivanju i navarivanju materijala većih debljina. Prečnici samozaštitnih žica su od 0,9 do 3,2mm.



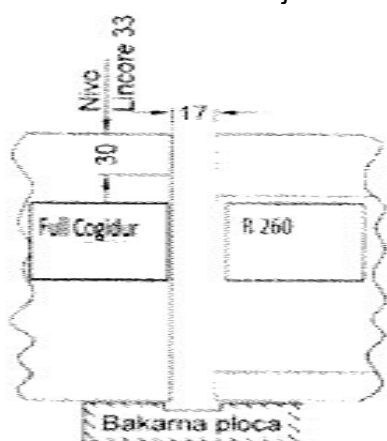
Slika 4. Priprema za zavarivanje šape III prolaz



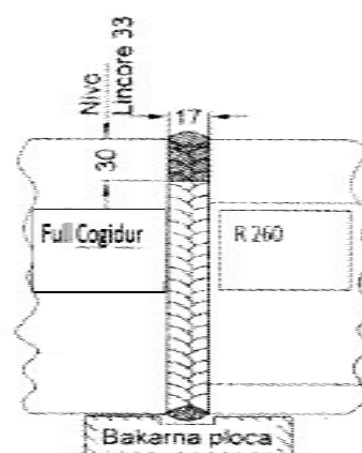
Slika 5. Postavljane bakarnih podmetača za zavarivanje vrata šine za blok

Pošto su postavljeni bakarni podmetači, ponovo se vrši predgrevanje, zato što dolazi do gubitka toplote i podhlađivanja materijala, jer postavljanje podmetača na predhodno zagrejani spoj nije lako izvesti i zahteva veštinu zavarivača. Merenjem temperature materijala šine i bloka i ako ona ne odstupa više od 10% od vrednosti, koja je data u WPS listi, nastavlja se sa zavarivanjem FCAW postupkom, vrata šine za blok i to neprekidno sve dok zavar ne dođe do kraja vrata šine. Tada se

sklanjaju bakarni podmetači, zavar se očisti od šljake pneumatskim uređajem sa vibrirajućim žicama, a nakon toga se zavare još najmanje tri prolaza, pri čemu se ostavi nezavareno zadnjih 30mm glave šine. Ovo zbog toga što se sledećih 30mm navaruje samozaštitnom žicom tvrdoće 33HRC. Sve vreme zavarivanja prate se vrednosti jačine struje koje minimalno odstupaju od vrednosti koje su date u WPS listi.



Slika 6. Priprema spoja za zavarivanje-presek



Slika 7. Zavareni spoj – presek

Dodatni materijal za zavarivanje i navarivanje spoja tramvajska šina-blok

Za zavarivanje spoja šina-blok FCAW-S postupkom upotrebljava se samozaštitna žica prema EN ISO 17632-A - T 46 Z V N3 , komercijalne oznake Innershield NS-3M, proizvođača Lincoln Electric

USA ,prečnika žice Ø 2,0mm.

Za navarivanje FCAW-S postupkom se koristi samozaštitna žica EN14700 T Fe 1, komercijalne oznake Lincore 33, proizvođača Lincoln Electric USA, prečnika žice Ø2,0mm.

Dodatni materijal	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Al %	Cr %
NS-3M	0,23	0,45	0,25	0,006	0,006	1,4	
Lincore 33	0,15	2,0	0,7			1,6	2,0

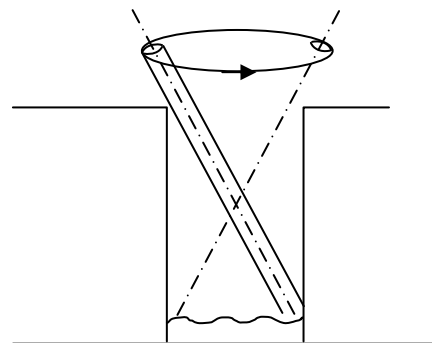
Hemijske karakteristike dodatnog materijala

Dodatni materijal	Rm N/mm ²	Rv N/mm ²	Izduženja %	Tvrdoća HRC
NS - 3M	640	470	27	28-34 HRC
Lincore 33				Tri i više prolaza

Mehaničke karakteristike dodatnog materijala



Slika 8. Izgled spoja šina-blok pre navarivanja



Slika 9. Prikaz tehnika zavarivanja

Zavarivanje

Postoje dve tehnike zavarivanja spoja šina-blok FCAW-S postupkom. Prva se sastoji u tome što se, električni luk vodi po sredini spoja, ali sa većim vrednostima jačine struje i drugi način sa manjim vrednostima jačine struje, ali tako što se električni luk usmerava u prvom prolazu prema šini a u sledećem prolazu prema bloku od Cogidura i tako naizmenično. Prikaz je dat na slici 9. Ova tehnika obezbeđuje veće uvarivanje prema bokovima materijala šine i bloka i ujedno sprečava pojavu

povišene tvrdoće u ZUT-u, a samim tim i pojavu prslina.

Parametri zavarivanja, dati su u WPS listi i vrednosti jačine struje se kreću od 290 do 350A u zavisnosti, da li se zavaruje šapa ili vrat. Napon zavarivanja je od 29-31V, brzina zavarivanja od 30-42cm/min, a unos toplote se kreće od 1.2-2 KJ/mm. Parametri navarivanja su $I = 280A$, $U = 30V$, $v = 28-30cm/min$, $E = 1,5-1,65 KJ/mm$.



Slika 10. Izgled zavarenog spoja šina-blok



Slika 11. Spoj šina-blok nakon PT

Nakon zavarivanja spoja šina-blok FCAW-S postupkom, spoj se dogreva na temperaturi $200^{\circ}C$ u trajanju od 1h, a nakon toga se pokriva vatrostalnim platnom i ostavlja da se lagano hladi.

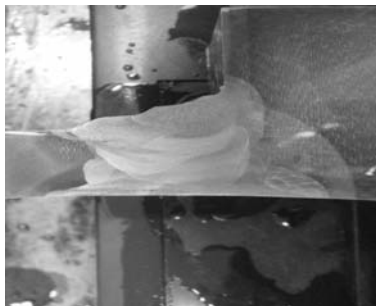
gde se prekida zavarivanje, sklanjaju bakarni podmetači i nakon čišćenja i predgrevanja nastavlja sa zavarivanjem. Tada se mogu javiti greške-nalepljivanja ili nemetalni uključci.

Ispitivanje bez razaranja

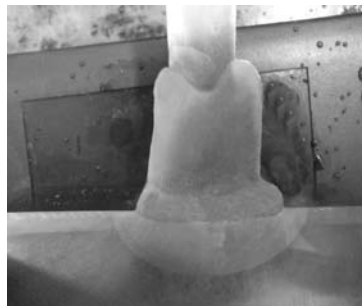
Nakon 24h izvršena je vizuelno dimenzionalna kontrola, kako samog zavarenog spoja, tako i paralelnosti šina i bloka, kao i moguća deformacija –skupljanje. Posle toga, urađena su ispitivanja penetrantskom tečnošću i ultrazvučno ispitivanje spoja. Kritično mesto spoja je kraj vrata šine, mesto

Ispitivanje sa razaranjem

Pošto su rezultati ispitivanja bez razaranja bili zadovoljavajući, pristupilo se ispitivanju sa razaranjem, to jest urađeno je makrostrukturno i ispitivanje tvrdoće. Ispitivanje je obavila laboratorija "RD Dijagnostika d.o.o." Beograd, koja ima ovlašćenje od strane TÜV Thüringen Cert.



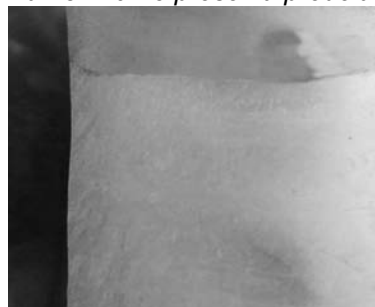
Slika 12. Makro presek u predelu šape



Slika 13. Makro presek u predelu vrata



Slika 14. Makro presek u predelu glave šine



Slika 15. Makro presek navarivanja

Šapa R260(54G2)EN 14811

1	PM	280	5	HAZ	290
2	PM	285	6	HAZ	287
11	WM				345

Vrat R260(54G2)EN 14811

1	PM	281	5	HAZ	289
2	PM	281	6	HAZ	287
11	WM				342

Glava R260(54G2)EN 14811

1	PM	282	5	HAZ	291
2	PM	280	6	HAZ	286
11	WM				341

Cogidur/EN 10083-2

7	HAZ	280	3	PM	408
8	HAZ	288	4	PM	404
13	WM				309

Cogidur/EN 10083-2

7	HAZ	286	3	PM	405
8	HAZ	287	4	PM	402
13	WM				309

Cogidur/EN 10083-2

7	HAZ	289	3	PM	401
8	HAZ	288	4	PM	403
13	WM				303

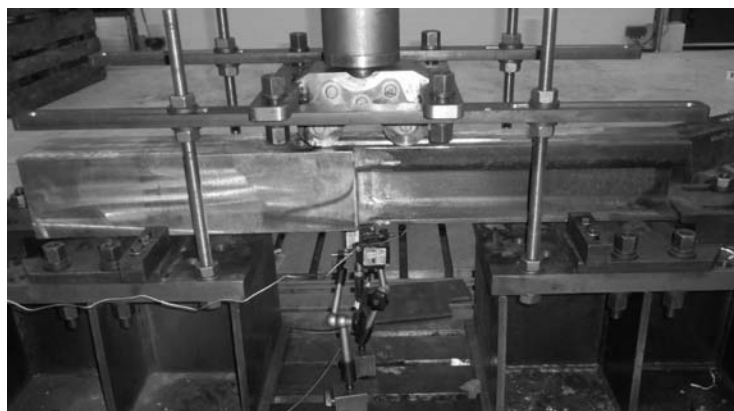
Glava R260/ DIN EN 14811, LINCORE 33

1	PM	281	5	HAZ	285	11	WM	345
2	PM	284	6	HAZ	288	13	WM	341

*Ispitivanje tvrdoće***Ispitivanje na lom**

Test opterećenja je urađen na uzorku AW-RBW (blok Cogidur-šina 54G2 R260), prema proceduri

T15002P01, ukupne dužine 1200mm, koji je zavaren FCAW-S postupkom u preduzeću VOOSLOH MIN SKRETNICE iz Niša.



Slika 16. Uređaj za ispitivanje na lom



Test savijanja u četiri tačke je obavljen u Tehnološkom Centru Vossloh Cogifer u Reichshoffen-Francuska. Rastojanje između oslonaca je 1000mm, a dva laserska senzora se koriste za merenje amplitude. Pre ispitivanja izvršena je sertifikacija hidrauličkog cilindra i etaloniranje laserskih senzora.



Slika 17. Osa opterećenja se poklapa sa odgovarajućim neutralnim vlaknom nakon 3000000 ciklusa

Maksimalno *opterećenje* je 130MPa sa amplitudom od 13 do 130MPa, broj ciklusa 3.000.000 a frekvencija od 5 do 9 Hz.

Etaloniranje je urađeno direktno na komadu koji se ispituje. Jedan jednosmerni kalibar od 350Ω je zalepljen u centru šape sa strane šine na 5mm od šava.



Slika 18. Izgled uzorka nakon ispitivanja penetrantskom tečnošću

Test opterećenja je urađen u periodu od 02.02.2017. do 22.03.2017.godine Kvalifikacija je

dostignuta za opterećenje 13-130MPa (3000000 ciklusa)

Broj ciklusa	Frekvencija	L1 amplituda (mm)	L3 amplituda (mm)	Opterećenje (MPa)
1000 (étalonnage)	7 Hz	0.91	1.01	12.5 – 129.8
700 000	5 Hz	0.94	0.96	13.5 – 130.1
3 Mo	9 Hz	0.92	0.95	13.2 – 129.6

Merenje amplitude laserskim senzorom

Na osnovu ispitivanja na lom, nakon 3000000 ciklusa promenljivim opterećenjem od 13 do 130MPa, nije došlo do pojave prslina u zavarenom spoju, što se jasno vidi na uzorku nakon ispitivanja penetrantskom tečnošću. Uzorak je urađen u skladu sa proizvođačkom procedurom T15002P1.

ZAKLJUČAK

Iz prethodnih ispitivanja se vidi, da je zavarivanje šina FCAW-S postupkom, veoma pouzdano i da je preterana bojaznost evropskih zemalja prema ovom postupku i njegovim mogućnostima neopravdana.

LITERATURA:

- <http://content.lincolnelectric.com/pdfs/product/literature/c4200.pdf>
- Atlas of Fatigue Curves, ASM International" Materials Park, Ohio 44073-0002, www.asminternational.org
- Kralj, S.; Dunđer, M.: Ispitivanje sklonosti zavarenih spojeva čelika 25 CrMo4 i Ck 45 prema nastajanju hladnih pukotina, Zavarivanje (0044-1902) 43 (2000), 1/2; 5-16 43.
- Pitrun, M.: The effect of welding parameters on levels of diffusible hydrogen in weld metal deposited using gas shielded rutile flux cored wires, PhD Thessis, University of Wollongong, 2004
- Kou, S.: Welding Metallurgy Handbook, 2nd ed. New York, USA: John Wiley and Sons, 2002.
- Gadallah, R.; Fahmy, R.; Khalifa, T.; Sadek, A.: Influence of Shielding Gas Composition on the Properties of Flux-Cored Arc Welds of Plain Carbon Steel, International Journal of Engineering and Technology Innovation, vol. 2, no. 1, 2012, pp. 01-12