

ZAVARIVANJE TRAMVAJSKE ŠINE 54 G2 R260 ZA BLOK OD COGIDURA SA SAMOZAŠTITNOM ŽICOM –POSTUPAK-114

WELDING TRAM-RAIL 54 G2 R260 FOR BLOC OF COGIDUR WITH SELF-SHIELDED WIRE –PROCESS 114

Dragan Mitić¹, Nikola Jović², Davor Gruber³

¹ dipl.maš.inž. IWE/IWI-C -"NIVAR d.o.o." Niš

² dipl.maš.inž. IWE "Vossloh MIN Skretnice" Niš

³ M.Sc. NDT level 3 "Zavod za Ispitivanje bez razaranja doo" Beograd

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

Sažetak

U radu je predstavljena tehnologija zavarivanja tramvajske skretnice, samozaštitnom žicom sučeonog spoja tramvajske šine 54 G2 (w.n.1.0623 grupa 11.3) za blok od Cogidura (1.8715 grupa 3.2) sa podloškama od bakra. Takođe dat je pregled ispitivanja tako zavarenog spoja VT, PT, UT, makro i ispitivanje tvrdoće. Na kraju je izvršeno ispitivanje zavarenog uzorka na lom sa promenljivim opterećenjem i frekvencom, koje je urađeno u Centru za tehnologiju u Reichshoffen-u, Francuska.

Key words: Self-shielded wire, tram-rail, block, fatigue test

Abstract

The paper presents the technology of welding frog, the self-protection wire butt weld tram-rail 54 G2 (group wn1.0623 11.3) for a block of Cogidur (1.8715 groups 3.2), with washers of copper. It also provides an overview of such tests of the welded joint VT, PT, UT, macro and hardness testing. At the end, the welded specimen tested to fracture with variable load and frequency, which is done at the Center for Technology in Reichshoffen in France.

1. Uvod

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

Aluminotermitsko zavarivanje AT

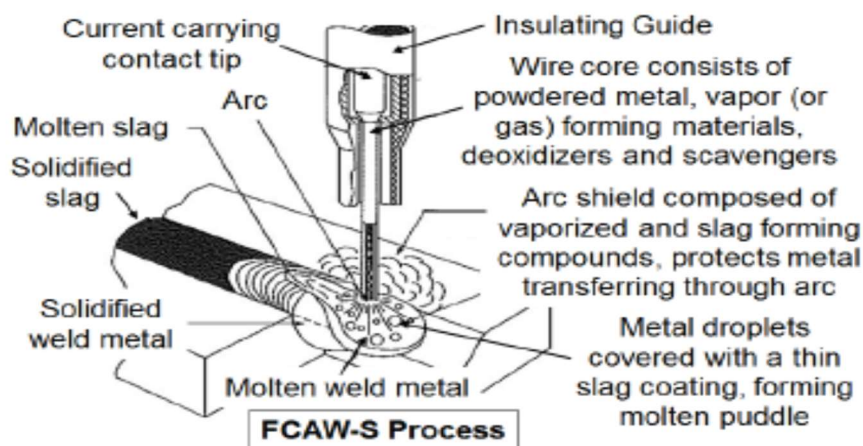
Elektrootporno zavarivanje ET

Zavarivanje samozaštitnom praškom punjenom žicom FCAW

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

Međutim od 1996 godine za spajanje šina počinje da se primenjuje zavarivanje samozaštitnom praškom punjenom žicom FCAW. Ovaj postupak razvija kompanija Lincoln Smitweld GmbH, a odobrenje za upotrebu dobija od strane Deutsche Bahn AG za zavarivanja šina i skretnica od Rm 685N/mm² do Rm 885N/mm² , za pruge sa osovinskim opterećenjem od 10t i brzinom manjom od 80km/h.

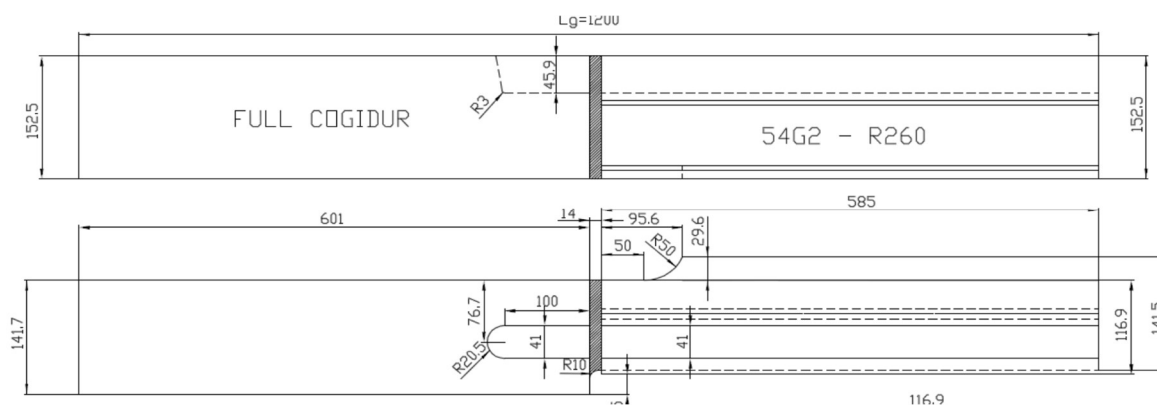
FCAW je postupak zavarivanja praškom punjenom žicom i u principu koristi sličnu opremu kao MAG postupak, ali bez zaštitnog gasa, dok su karakteristike procesa zavarivanja slični E postupku. Punjena elektrodna žica može se posmatrati kao kontinuirana elektroda sa zaštitnim materijalom unutar čeličnog omotača, pri čemu se ostvaruje neprekidni elektro-kontakt između žice i bakarne vodice pištolja za zavarivanje. Ovim se ostvaruju mnogo veće vrednosti struje nego pri MAG ili E postupku, a samim tim i velika produktivnost pri zavarivanju i navarivanju materijala većih debljina. Prečnici samozaštitnih žica se rade od 0,9 do 3,2mm.



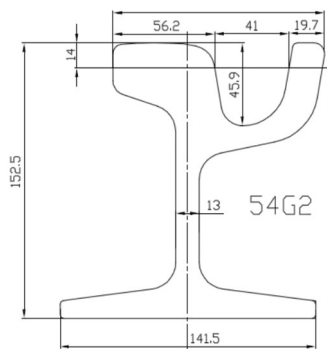
Slika 1 Postupak zavarivanja samozaštitnom žicom FCAW-S

2. Osnovni materijal

Prilikom izrade tramvajskih skretnica, potrebno je zavariti šinu 54 G2-materijal šine je R260 EN14811 w.n.1.0623 za blok od Cogidura EN10083-2 w.n.1.8715. Zavarivanje je urađeno u pogonu fabrike "Vossloh MIN Skretnice" iz Niša.



Slika 2 Crtež pripreme spoja šine i bloka



Slika 3 Crtež preseka šine

Tablica 1 Kemijske karakteristike osnovnog materijala

Osnovni materijal	C%	Mn%	Si%	Ni %	Cr%	Mo%	Ti %	V %	Cu %
R260	0.62-0.8	0,7-1.2	0.15-0,58						
Cogidur	0.152-0,25	1.305	0.383	0.418	1.653	0.174	0.005	0.002	0.239

Tablica 2 Mehaničke karakteristike osnovnog materijala

Osnovni materijal	Rm N/mm ²	Rpo,2 N/mm ²	L %	f _v J	Tvrdoća HB
R260	933-947	493-510	12.5-14.4		275 - 284
Cogidur	1355	1005	13	-40°C 53	388-401

Zavarivanje šine za blok se postiže tako, što se oni postave u takav položaj, sa razmakom između njih od 14-17mm u zavisnosti, da li se rastojanje meri u predelu šape šine ili na vrhu glave šine.

Ivice šina i bloka su obrušene do metalnog sjaja, a nakon provere centričnosti bloka u odnosu na šinu, postavlja se stega koja ih drži na tačnom rastojanju. Nakon toga postavljaju se bakarni podmetači sa strane šine u delu šape, a predhodno je već postavljen bakarni podmetač sa žlebom ispod šine i bloka. Pre zavarivanja predgrejaju se propan-butanom šina i blok u dužini od 500mm levo i desno od spoja, kako bi se materijal progrijao po dubini bloka. Temperatura predgrevanja šina ide i do 350°C a bloka do 250°C što nije lako izvesti u praksi. Nakon predgrevanja, zavaruje se šapa šine za blok u dva prolaza, a po završetku prolaza skidaju se bakarni podmetači i zavaruje se još jedan prolaz.



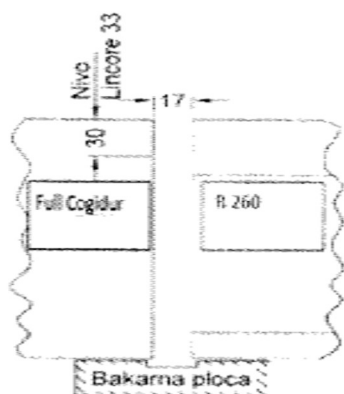
Slika 4 Priprema za zavarivanje šape III prolaz



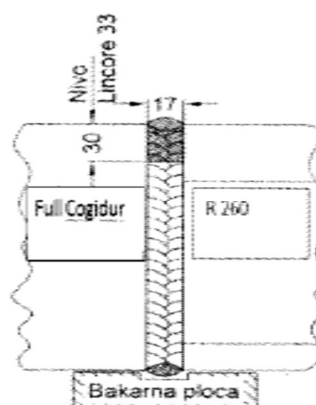
Slika 5 Postavljane bakarnih podmetača za zavarivanje vrata šine za blok

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 se radi 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

3. Dodatni material za zavarivanje i navarivanje spoja tramvajaska šina-blok

Za zavarivanje spoja šina-blok FCAW-S postupkom upotrebljava se samozaštitna žica EN ISO 17632-A T 46 Z V N3, komercijalne oznake Innershield NS-3M, proizvođača Lincoln Electric USA prečnika žice $\varnothing 2,0\text{mm}$.

Za navarivanje FCAW-S postupkom se koristi samozaštitna žica EN14700 T Fe 1, komercijalne oznake Lincore 33 proizvođača Lincoln Electric USA, prečnika žice $\varnothing 2,0\text{mm}$.

Tablica 3 Kemijske karakteristike dodatnog materijala

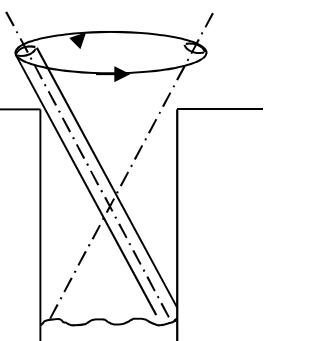
Dodatni materijal	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Al %	Cr %
NS-3M	0,23	0,45	0,25	0,006	0,006	1,4	
Lincore 33	0,15	2,0	0,7			1,6	2,0

Tablica 4 Mehaničke karakteristike dodatnog materijala

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



Slika 8 Izgled spoja šina-blok pre navarivanja



Slika 9 Prikaz tehnika zavarivanja

4. 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 veću penetraciju prema bokovima materijala šine i bloka i ujedno sprečava da se pojave povišene tvrdoće u ZUT-u, a samim tim i pojave 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 temperature 200°C u trajanju od 1h, a nakon toga se pokriva vatrostalnim platnom i ostavlja da se lagano hladi.

5. Ispitivanje bez razaranja

Nakon 24h izvršena je vizuelno dimenzionalna kontrola, kako samog zavarenog spoja, tako i paralelnosti šina i bloka, kao i moguća deformacija –skupljanja. Posle toga urađeno je penetrantsko ispitivanje i ultrazvučno ispitivanje zavarenog spoja. Kritično mesto zavarenog spoja je kraj vrata šine, mesto gde se prekida zavarivanje, sklanjaju bakarni podmetači i nakon čišćenja i predgrevanja nastavlja sa zavarivanjem. Tada se mogu javiti greške-nalepljivanja ili nemetalni uključci.

6. Ispitivanje sa razaranjem

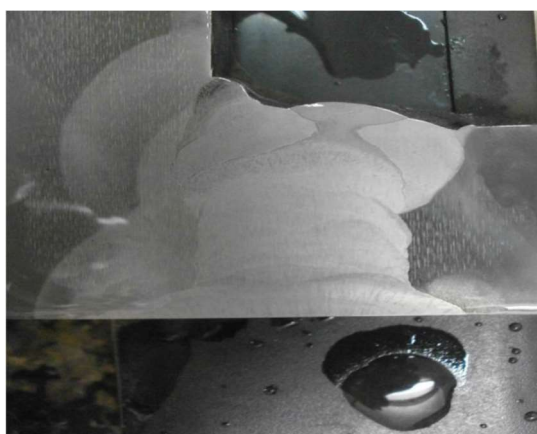
Pošto su rezultati ispitivanja bez rezaranja bili zadovoljavajući, pristupilo se ispitivanju sa razaranjem, to jest urađena je makrografija i ispitivanje tvrdoće. Ispitivanje je uradila laboratorija "RD Dijagnostika d.o.o." Beograd, koja ima ovlašćenje od strane TÜV Thüringen Cert.



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

7. Ispitivanje tvrdoće

Šapa R260(54G2)EN 14811						Cogidur/EN 10083-2					
1	PM	280	5	HAZ	290	7	HAZ	280	3	PM	408
2	PM	285	6	HAZ	287	8	HAZ	288	4	PM	404
11		WM			345	13		WM			309

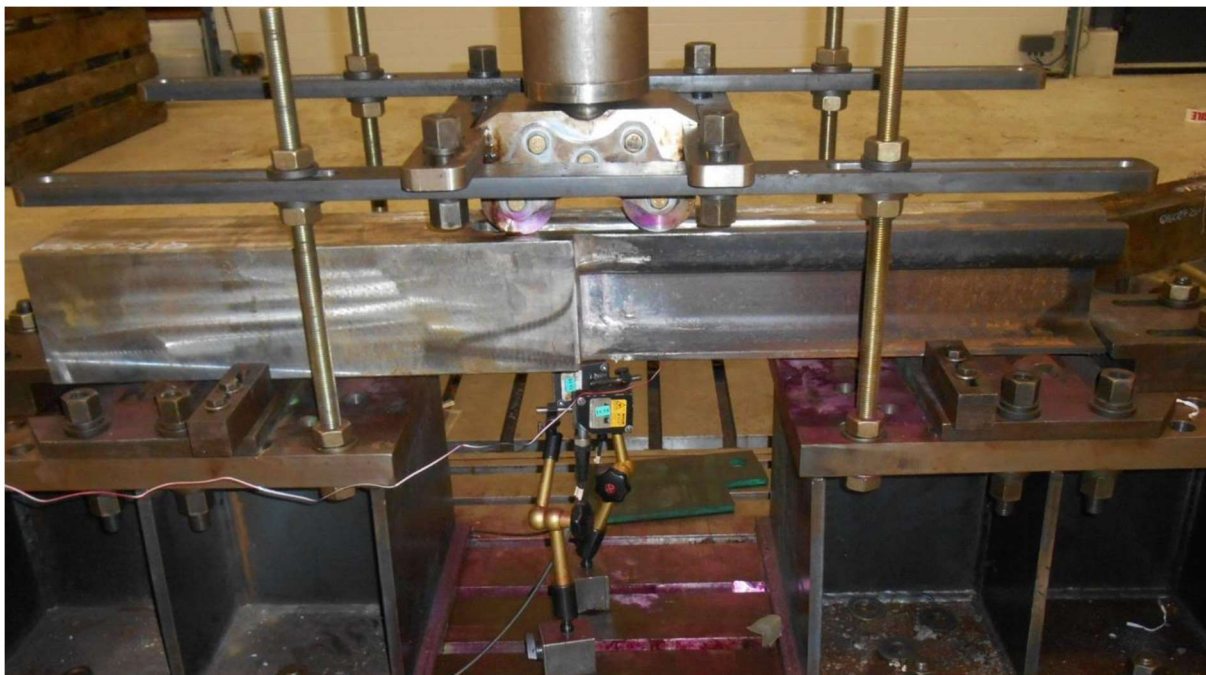
Vrat R260(54G2)EN 14811						Cogidur/EN 10083-2					
1	PM	281	5	HAZ	289	7	HAZ	286	3	PM	405
2	PM	281	6	HAZ	287	8	HAZ	287	4	PM	402
11		WM			342	13		WM			309

Glava R260(54G2)EN 14811						Cogidur/EN 10083-2					
1	PM	282	5	HAZ	291	7	HAZ	289	3	PM	401
2	PM	280	6	HAZ	286	8	HAZ	288	4	PM	403
11		WM			341	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			

8. 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.

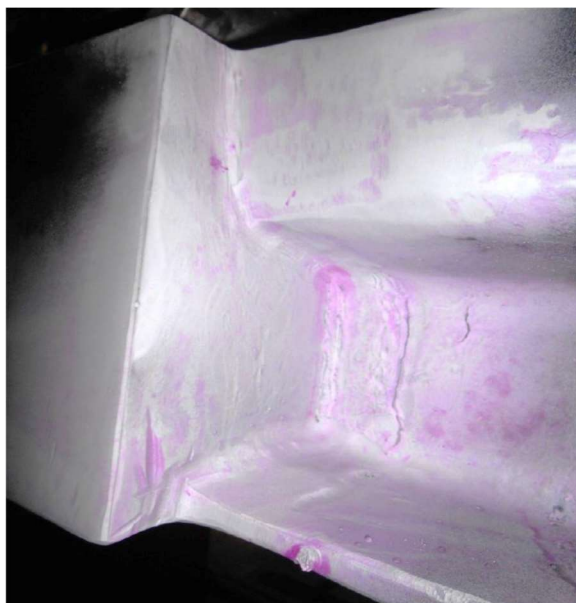


Slika 16 Uredjaj za ispitivanje na lom

Test savijanja u četiri tačke je odrađen 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. Maksimalno *opterećenje* je 130MPa sa amplitudom od 13 do 130MPa, broj ciklusa 3.000.000 a frekvenci-ja 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 zavora.



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



Slika 18 Izgled uzorka nakon Penetrantskog ispitivanja

9. Rezultati

Test opterećenja je rađen od 02.02.2017. do 22.03.2017. Kvalifikacija 13-130MPa (3000000 ciklusa)

Tablica 5 Mjerenje amplitude laserskim sensorom

Nb de cycles	Fréquence	L1 amplitude (mm)	L3 amplitude (mm)	Jauge (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

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 Penetrantskog ispitivanja. Uzorak je urađen u skladu sa procedurom T15002P1.

10. Zaključak

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