

KOROZIJA ZAVARENIH SPOJEVA

WELDED JOINTS CORROSION

Stjepan ARAČIĆ¹⁾, Roberto LUJIĆ¹⁾, Antun MATKOVIC²⁾

Ključne riječi: korozija, zavareni spojevi, površinska zaštita, temeljni premaz

Key words: corrosion, welding joins, surface protection, basic layer

Sažetak: U radu su ispitani različiti zavareni spojevi koji su čišćeni po standardima i temeljno zaštićeni. Ispitivanja su provedena u slanoj komori s ciljem ispitivanja postojanosti temeljnog premaza u odnosu na različito pripremljene podloge u funkciji zaštite zavarenog dijela konstrukcije u fazi montaže, popravaka i sanacija čeličnih konstrukcija u terenskim uvjetima.

Abstract: The article shows investigation of different welding joins that have been cleaned according to norms and properly protected. The investigation was done in salt chamber with the goal to determinate resistance of basic layer according to different substrates with the intention to protect welding part of the construction in the assembly, reparation and recovery phases of steel construction in exploitation conditions.

¹⁾ Strojarski fakultet Slavonski Brod

²⁾ Duro Đaković Montaža Slavonski Brod

1. UVOD

Sa stajališta zaštite od korozije mehanička obrada zavara je izuzetno značajna. Neobrađeni zavareni spoj je mjesto visokog rizika nastajanja korozije. Uzrok tome je nehomogenost u obliku tj. površini zavara, pogotovo onog koji se izrađuje postupkom ručnog elektrolučnog zavarivanja obloženom elektrodom.

Tehnološki postupak izrade temeljnog premaza čelične konstrukcije mostova je takav da se priprema površine (najčešće mlazom abraziva) i nanošenje temeljnog premaza provodi u radionici u kojoj vladaju kontrolirani atmosferski uvjeti (temperatura zraka, relativna vlažnost, brzina strujanja zraka).

Popravak oštećenja temeljnog premaza nastalih prilikom zavarivanja konstrukcije na montaži je od velikog značenja na ukupnu kvalitetu sustava zaštite od korozije. U praksi prilikom održavanja čeličnih konstrukcija mostova u primorskoj atmosferi primijećeno je da su lokalna mjesta nastajanja oštećenja premaza upravo zavareni spojevi koji su zaštićivani prilikom izvođenja montažnih radova.

Bez obzira kolika je kvaliteta sustava zaštite od korozije postignuta na ostalom dijelu konstrukcije (ravnim plohama, zavarima zaštićenim u radionici) ukupnu ocjenu sustavu daje njegova najlošija karika, premaz na montažnim zavarima.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

Pokusom je usporedno vrednovano osam mogućih načina pripreme zavarenih mjesta obzirom na mehaničku obradu zavara i pripremu površine.

Probni uzorci izrezani su iz ploče lima debljine 10 mm na CNC uredaju za plinsko rezanje. Izrezano je 16 komada dimenzije 100 x 50 mm. Potom je na duljoj strani uzorka pripremljen žlijeb zavara prema tehnološkoj uputi za zavarivanje (WPS, Welding Procedure Specification) i uzorci su međusobno zavareni propisanim postupkom. Tako je dobiveno 8 uzoraka dimenzije 100 x 100 mm.

Probni uzorci su bili 14 dana izloženi atmosferskim utjecajima.

Površina probnih uzoraka je potom obrađivana kako je navedeno u Tablici 1. Obrađeni uzorci su premazani jednim slojem temeljne boje te sušeni u periodu od sedam dana. Tako pripremljeni uzorci su potom podvrgnuti ispitivanju u slanoj komori u vremenu od 168 sati.

Tablica 1. Plan obrade probnih uzoraka

Broj uzorka	Obrada zavara	Način čišćenja površine
1	Mehanički neobrađen zavar	Neočišćena površina
2	Mehanički neobrađen zavar	Čišćeno čeličnim četkama (St3)
3	Mehanički neobrađen zavar	Čišćeno abrazivnim rotacionim alatima (St3)
4	Mehanički neobrađen zavar	Čišćeno mlazom abraziva (Sa 2 1/2)
5	Mehanički obrađen zavar	Neočišćena površina
6	Mehanički obrađen zavar	Čišćeno čeličnim četkama (St3)
7	Mehanički obrađen zavar	Čišćeno abrazivnim rotacionim alatima (St3)
8	Mehanički obrađen zavar	Čišćeno mlazom abraziva (Sa 2 1/2)

Nakon podvrgavanja utjecaju slane atmosfere na probnim uzorcima se ispitivala prionjivost (adhezija) premaza metodom urezivanja mrežice. prema normi HRN EN ISO 2409 Nakon ispitivanja u slanoj komori probni uzorci se vade posušuju dio se čuva za daljnja istraživanja a dio se ispituje po programu plana pokusa.

Osnovni materijal od kojeg je izrađena čelična konstrukcija mosta je **S355J2G3**; ugljični čelik izrađen prema normi DIN EN 10025 03/94.

Postupak zavarivanja uzoraka:

Postupak zavarivanja: 111, ručni

Debljina uzorka $t_1 = 10$ mm

Promjer elektrode $\varnothing 3,2$ mm

Vrsta elektrode : bazična

Priprema žlijeba: plinsko rezanje + brušenje

Jakost struje: 110-140 A

Značajke dodatnog materijala:

Dodatni materijal za zavarivanje ručnim elektrolučnim postupkom je elektroda promjera $\varnothing 3,2$ mm sa bazičnom oblogom.

Granica razvlačenja $Re = 440$ N/mm²

Vlačna čvrstoća $Rm = 510$ N/mm²

Istezljivost $A5 = 24\%$

Ispitivanje žilavosti:

Temperatura $T = -40$ °C

Žilavost 47 J

Sušenje dodatnog materijala: 300 – 350 °C / 2 sata

Probni uzorci su dimenzije 100 x 100 x 10 mm.

Zavareni sučelno, oblik žlijeba X.

Pripreme površine na kvalitetu prionjivosti (adhezije) temeljnog premaza koji je najbitnija značajka ukupnog sustava zaštite od korozije neke čelične konstrukcije, u ovom slučaju čeličnog mosta u primorskoj atmosferi. Pripremom površine uklanjuju se nečistoće sa površine metala:

- prljavština
- produkti korozije
- okujina (cunder)
- ostaci starih premaza i sl.

Pripremom površine se također postiže potrebna hrapavost. Hrapavost metala se najčešće povećava kod pripreme za nanošenje prevlaka vrućom metalizacijom (75 do 100 µm) ili se snižava kod pripreme za metala za galvanizaciju (do 10 µm).

3. PRIPREMA POVRŠINE ČIŠĆENJEM ČELIČNIM ČETKAMA

Priprema površine čeličnih podloga strojnim alatima propisana je normom HRN ISO 8504-3. Čišćenje površine zavara četkama može se izvoditi ručnim ili strojno pogonjenim četkama. Četke se izrađuju od žica debljine 0,05 do 1 mm. Materijal od kojeg se izrađuju vlakna može biti različit:

- ugljični čelik,- nehrdajući čelik,- mqed,
- polimerna vlakna,- prirodna vlakna od životinjske dlake itd.

Koja će se vlakna primjenjivati ovisi o materijalu koji se obrađuje i vrsti premaza koji će se nanositi na površinu. Karakteristično za površine koje se čiste četkama je njihova izrazita hrapavost.

Posebnu pozornost treba obratiti na čistoću četaka koje ne smiju biti zaprljane masnoćama ili uljima.

Ovim postupkom obrađeno je dio uzoraka.

Mjerenje hrapavosti površina probnih uzoraka

Mjerenja hrapavosti površina probih uzoraka izvode se mehaničkim mjernim uređajem tip ELKOMETER-MODEL 123, prema uputama norme ISO 8503-4/88.

Za svaki probni uzorak mjerena je hrapavost površine na 25 mesta te je izračunata srednja vrijednost R_a .

Podaci o premazu:

Tip:	dvo-komponentni epoksi-poliamidoamin
Radno vrijeme mješavine:	min 8 h
Omjer miješanja A:B:	3,8:1 zapreminske
Gustoća komponente A:	6:1 težinski
Gustoća mješavine A+B:	1,5-1,6 kg/lit
Nijansa:	1,4-1,5 kg/lit
Izgled:	oksidno crvena
Suha tvar:	polu mat
	56 % zapreminske
	72 % težinski

Temperaturna postojanost:

- kratkotrajno	140 °C
- dugotrajno	120 °C
- preporučljiva debljina suhog premaza	80 µm
Broj slojeva:	1
Maksimalna debljina mokrog filma:	200 µm u jednom sloju
Maksimalna debljina suhog filma:	120 µm u jednom sloju
Teoretska izdašnost premaza:	za 7,0 m ² /l odnosno 4,8 m ² /kg



Slika 1. Probni uzorci u slanoj komori

Komora za ispitivanje probnih uzoraka ispitivanje uzoraka je u slanoj komori volumena 180 litara (slika 1). Test koji se provodi na uzorcima je prema normi DIN 50021 Test špricanja slanom maglom. Probni uzorci se postavljaju u komoru tako da lice zavara bude okrenuto prema gore tako da budu direktno izloženi slanoj magli. Nakon završenog perioda boravka u slanoj komori probni uzorci se vade posušuju i podvrgavaju ispitivanju prionjivosti metodom urezivanja mrežice prema normi HRN EN ISO 2409.

Dvostruki raspršivač na vrhu komore na injektorskom principu razdjeljuje slanu vodu. Komprimirani zrak teče kroz tlačni ovlaživač gdje se zagrijava i zasićuje s vlagom prije ulaska u test-komoru. Protok slane vode u komori je konstantan i održava se u rasponu od 500 do 600 cm³/h. Temperatura u komori je 35 °C.

Probni uzorci (slika 2. i 3.) se u komori drže u ukupnom periodu od 7 dana (168 sati). Na polovici ovog perioda (84 sata) vrši se kontrolni pregled uzoraka.



Slika 2. Izgled probnog uzorka nakon 84 sata ispitivanja



Slika 3. Izgled uzorka poslije ispitivanja u slanoj komori

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

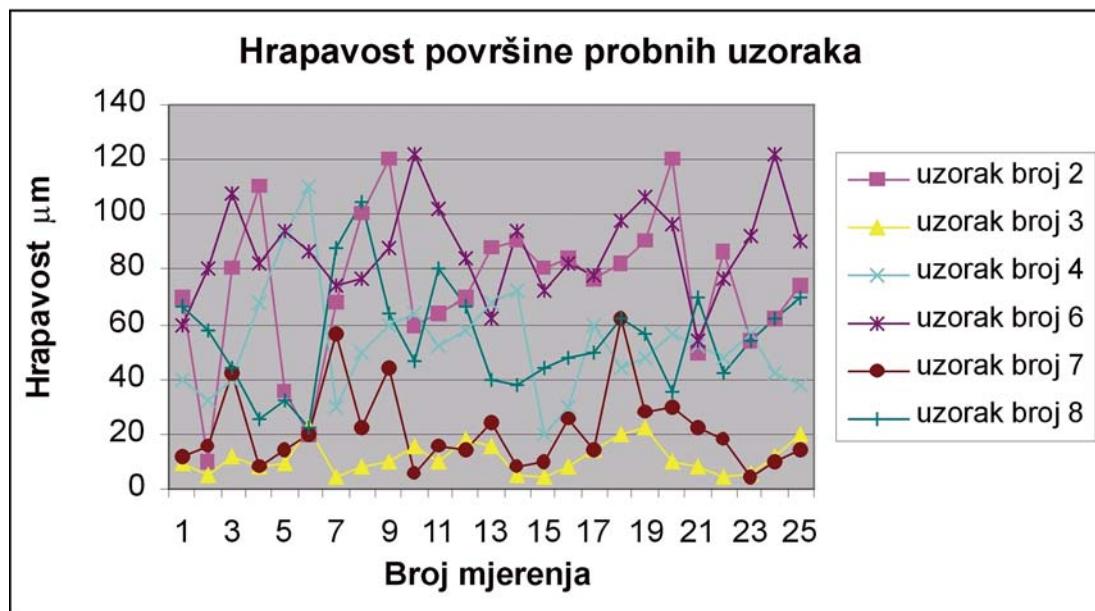
Rezultati mjerjenja hrapavosti površina dani su u tablici 2.

Slika 4 prikazuje srednja vrijednost hrapavosti površine, dok tablica 3 daje prikaz izmjerene vrijednosti debljine suhog filma.

Slika 5 prikazuje dijagram raspodjele debljine premaza uzoraka.

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti hrapavosti površina probnih uzorka (μm)

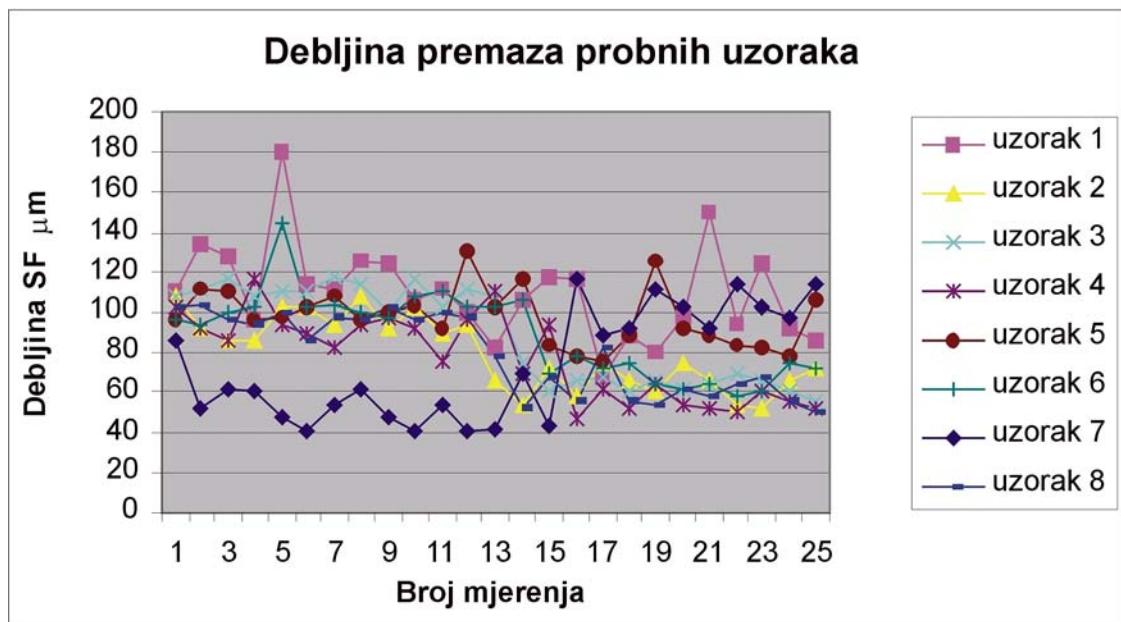
Redni broj mjerena	Uzorak broj 2	Uzorak broj 3	Uzorak broj 4	Uzorak broj 6	Uzorak broj 7	Uzorak broj 8
1	70	9	40	60	12	66
2	10	5	32	80	16	58
3	80	12	40	108	42	44
4	110	8	68	82	8	26
5	36	9	92	94	14	32
6	20	22	100	86	20	22
7	68	4	30	74	56	88
8	100	8	50	76	22	104
9	120	10	60	88	44	64
10	60	16	64	122	6	46
11	64	10	52	102	16	80
12	70	18	58	84	14	66
13	88	16	68	62	24	40
14	90	5	72	94	8	38
15	80	4	32	72	10	44
16	84	8	30	82	26	48
17	76	14	60	78	14	50
18	82	20	44	98	62	62
19	90	22	48	106	28	56
20	120	10	56	96	30	36
21	50	8	52	54	22	70
22	86	4	48	76	18	42
23	54	6	56	92	4	54
24	62	12	42	122	10	62
25	74	20	38	90	14	70
Ra (μm)	73,76	11,20	53,20	87,12	21,60	54,72



Slika 4. Srednja vrijednost hrapavosti površine

Tablica 3 Izmjerene vrijednosti debljine suhog filma (μm)

Redni broj mjerjenja	Uzorak broj 1	Uzorak broj 2	Uzorak broj 3	Uzorak broj 4	Uzorak broj 5	Uzorak broj 6	Uzorak broj 7	Uzorak broj 8
1	110	108	108	102	96	96	86	102
2	134	92	112	92	112	94	52	104
3	128	86	116	86	110	100	62	96
4	96	86	108	116	96	102	60	94
5	180	102	110	94	98	144	48	100
6	114	102	110	90	102	102	41	86
7	112	94	118	82	108	104	54	98
8	126	108	114	94	96	100	62	96
9	124	92	100	98	100	98	48	102
10	106	102	116	92	104	108	41	96
11	112	90	102	76	92	110	54	100
12	100	94	112	96	130	102	41	98
13	82	66	108	110	102	102	42	78
14	106	54	74	70	116	106	70	52
15	118	72	60	94	84	70	43	68
16	116	58	66	47	78	78	116	56
17	68	74	68	62	76	72	88	82
18	88	66	60	52	88	74	92	56
19	80	60	66	64	126	64	112	54
20	98	74	62	54	92	62	102	62
21	150	66	64	52	88	64	92	58
22	94	54	70	50	84	58	114	64
23	124	52	66	60	82	60	102	68
24	92	66	60	56	78	74	98	56
25	86	72	56	52	106	72	114	50
DSF (μm)	109,76	79,6	88,24	77,64	97,76	88,64	73,36	79,04



Slika 5. Dijagram raspodjele debljine premaza uzoraka

5. ZAKLJUČAK

Eksperimentom je prikazan utjecaj pripreme površine na prionjivost temeljnog premaza u sustavu zaštite od korozije cestovnog mosta. Pokus je pokazao da najbolju prionjivost imaju uzorci sa povišenom prosječnom vrijednošću hrapavosti površine, od 50 do 100 µm. Mrežica urezana na takvim uzorcima (4 i 8) pokazuje vrijednost Gt 0 što prema standardu HRN EN ISO 2409 znači izuzetno dobru prionjivost.

Probni uzorci koji su imali malu hrapavost 10 do 20 µm, (uzorci 3 i 7) bez obzira na izuzetnu čistoću površine nisu zadovoljili na testu urezivanja mrežice. Urezana mrežica je potpuno otpala sa površine uzorka što prema standardu HRN EN ISO 2409 znači potpuno odsustvo prionjivosti (adhezije) boje na podlogu.

Veća kvaliteta vidljiva je u boljoj adheziji (prionjivosti) temeljnog premaza na podlogu čime je postignuta kvalitetna podloga za ostale slojeve kompletног sustava zaštite čelične konstrukcije cestovnog mosta u primorskoj atmosferi.

Ovakav kvalitetan temeljni premaz na mjestima zavarivanja, izведен za vrijeme montaže mosta uvelike utječe na smanjenje pojave korozije tijekom eksploatacije objekta. Ovako izvedeno kritično mjesto sustava zaštite od korozije jamči kasnije manje troškove u održavanju objekta.

6. LITERATURA

- [1] S. Olsen: Seawater corrosion; Eurocorr 2007, Book of abstract p.223, Freiburg 2007.
- [2] H. Alves; D. Alberte; F. Stenar: Nickel alloyis abdhig alloyed stainless steels for chlorinated seawater application; urocorr 2007, Book of abstract p.269, Freiburg 2007.
- [3] R. Francis; G. Warburton: Some Application of Z100 Superduplex Stainless Steel in Marine Exchangers; Eurocorr 2007, Book of abstract p. 270, Freiburg 2007.
- [4] Esih, Ivan: Osnove površinske zaštite, Zagreb, 2003.
- [5] Esih, Ivan; Dugi, Zvonimir: Tehnologija zaštite od korozije I, Zagreb, 1990.