

USPOREDBA SVOJSTVA EPOKSI I CINK SILIKATNIH TEMELJNIH RADIONIČKIH PREMAZA

COMPARISON OF EPOXY AND ZINC-SILICATE SHOPPRIMER PROPERTIES

Ivan Juraga, Ivan Stojanović, Maja Remenar, Hrvoje Rakić¹⁾

¹⁾Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, HR 10000 Zagreb

Ključne riječi: temeljni radionički premaz, epoksi, cink-silikatni, zavarivanje, korozija

Key words: shop primer, epoxy, zinc – silicate, welding, corrosion

Sažetak:

Tijekom izgradnje čeličnih konstrukcija, koja traje određeni vremenski period i sastoji se od niza aktivnosti, moguće je štetno djelovanje okoliša u vidu korozijskih oštećenja što kasnije rezultira većim financijskim izdacima zbog troškova naknadne obrade. Da bi se spriječile negativne posljedice korozije u tom periodu, na čelične konstrukcije nanosi se privremeni zaštitni temeljni radionički premaz – shopprimer. U radu su obrađene vrste, svojstva i specifičnosti primjene privremene radioničke zaštite (shopprimera). Usporedno su provedena ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava otapalnog epoksi, vodorazrijeđivog epoksi i cink-silikatnog shopprimera te utvrđena njihova korozijska otpornost i utjecaj na kvalitetu navara. Navarivanje je provedeno pri dvije različite brzine, automatskim postupkom praškom punjenom žicom, a koji se danas u velikoj mjeri primjenjuje za zavarivanje čeličnih konstrukcija u brodogradnji. Provedena su radiografska, metalografska i ubrzana laboratorijska korozijska ispitivanja s ciljem utvrđivanja utjecaja vrste i debljine shopprimera na kvalitetu zavarenih spojeva i trajnost zaštite od korozije.

Summary:

Applying a layer of shopprimer provides a temporary protection to the mild steel metal construction exposed to corrosion activity of the environment during the phase of assembly. In this article different types of shopprimers are described with special attention given to their properties during exploitation. Solvent and water based shopprimers as well as zinc silicate shopprimer were parallel tested for their corrosion resistance and influence on the weld quality. FCAW as the more and more common welding technology used in shipbuilding was used with the variation of welding parameters depending on the plate thickness. In order to define the influence of the thickness and the type of shopprimer on the weld quality and corrosion resistance, specimens were submitted to radiographic, metallographic and accelerated corrosion testing.

1. UVOD

Tijekom izgradnje čeličnih konstrukcija, koja traje određeni vremenski period i sastoji se od niza aktivnosti, moguće je štetno djelovanje okoliša u vidu korozijskih oštećenja što kasnije rezultira većim financijskim izdacima zbog troškova naknadne obrade. Istraživanja su pokazala da se približno četvrtina šteta od korozije može spriječiti primjenom suvremenih tehnologija zaštite [2]. Od svih načina i metoda zaštite od korozije, zbog svoje široke primjenjivosti i relativne jednostavnosti, najviše se koristi zaštita premazima. Zaštita premazima je postupak u kojem se nakon nanošenja sloja premaza na površinu on pretvara u čvrsti film koji ima složenu funkciju od jednostavnog stvaranja barijere između metala i okoline. Temeljni sloj premaza osigurava dobru prijanjivost na podlogu, a inhibirajućim pigmentima osigurava antikorozijska svojstva (osim inhibitorskih, u temeljnom sloju mogu biti i katodni te barijerni pigmenti). Međusloj pojačava

zaštitna svojstva i prionjivost između dva sloja te barijerni efekt pigmentacijom laminarne strukture (listićima aluminijske ili željeznog oksida). Završni sloj određuje konačnu boju, nijansu, sjaj, površinsku otpornost i ostala posebna svojstva. Postoje i specijalne vrste premaza kao što su radionički temeljni premazi koji imaju ulogu zaštititi konstrukciju tijekom proizvodnog procesa, a opisani su dalje u radu [11].

2. ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA TEMELJNIM RADIONIČKIM PREMAZIMA - SHOPPRIMERIMA

Glavna namjena specijalnih brzosušećih premaznih sredstava - temeljnih radioničkih premaza (eng. shop primer) ili predproizvodnih temeljnih premaza (eng. prefabrication primer) – je zaštita čeličnih limova i profila od korozije tijekom proizvodnog procesa, sve do faze nanošenja sljedećih slojeva premaznog sustava. U većini slučajeva suhi radionički premaz također djeluje i kao prvi od slojeva premaznog sustava. Neposredno nakon obrade pjeskarenjem ili sačmarenjem čeličnih limova temeljni se premaz nanosi jednoliko u kontroliranoj debljini bezračnim prskanjem i ima tendenciju pratiti profil površine u približno jednakoj debljini filma [3]. Slika 1 prikazuje proces nanošenja sloja shopprimera u brodogradilištu 3. Maj. Ponekad se temeljni premaz uklanja prije nanošenja završnog premaznog sustava što je potrebno ukoliko korozija nastupi prije završnog premazivanja ili u slučaju nekompatibilnosti shopprimera s premaznim sustavom. Materijali zaštićeni temeljnim radioničkim premazom moraju i dalje zadržati svojstvo rezanja i zavarivanja bez štetnog utjecaja na kvalitetu zavara, ne oslobađati omamljujuće ili otrovne pare tijekom zavarivanja i plinskog rezanja (ne smiju sadržavati elemente kao što su arsen, antimon, olovo, kadmij ili krom) [1, 3,14].

Najbolja antikorozivna zaštita moguća je nanošenjem što debljeg sloja shopprimera. No u tom slučaju, nastaju problemi pri sušenju, dolazi do velikog (negativnog) utjecaja na zavarljivost materijala, čvrstoću i kvalitetu zavara, a također dolazi do povećanog oslobađanja para i dimova tijekom zavarivanja i rezanja. U praksi debljina suhog filma temeljnog radioničkog premaza mora biti kompromis između različitih zahtjeva. Ovisnost poroznosti metala zavara o debljini shopprimera prikazana je na slici 2.

Najčešće se koriste dvije vrste shopprimera. To su oni bogati cinkovim prahom i oni bez cinkovog praha. Dugi su se niz godina kao temeljni premazi za sustave s dugim vijekom trajanja koristili premazi na bazi cinka, obično cink etil silikata [12]. U novije vrijeme zbog sve jače ekološke osviještenosti i jačanjem regulative zaštite okoliša korištenje aktivnog pigmenta na bazi cinka dovodi se u pitanje. Iako se i dalje koristi, traže se rješenja za njegovu zamjenu, ali bez gubitka kvalitetnih svojstava. Paralelno s navedenim istraživanjima, posljednjih godina veliki su naponi napravljeni u smjeru razvoja shopprimera na bazi vode kako bi se dobio proizvod koji će uz zadovoljavanje tehnoloških svojstava biti i ekološki prihvatljiv. Jedan takav premaz, vodorazrijedivi epoksi shopprimer pigmentiran željeznim oksidom ispitan je u eksperimentalnom radu.



Slika 1. Nanošenje shopprimera



Slika 2. Poroznost metala zavara u ovisnosti o debljini shopprimera [14]

Shopprimeri s cinkovim prahom

Premazi s cinkovim prahom obično su bazirani na vezivima kao što su epoksi smole, alkalni silikati i djelomično hidrolizirani etil silikati.

Shopprimeri bazirani na epoksi smolama i etil silikatima su zapaljivi budući da sadrže vrlo nestabilna organska otapala. Proizvodi temeljeni na alkalnim silikatima sadrže vodu, razrjeđuju se vodom i nisu zapaljivi. Suhi cink-silikatni temeljni premazi sadrže najmanje 92% masenog udjela cinka i pokazuju tipičnu sivu boju cinkovog praha. Odlična zaštitna svojstva ovih premaza proizlaze iz njihove lokalne katodne zaštite koju osigurava velika količina cinka u kontaktu s metalnom podlogom. Debljina suhog filma im je 12-20 µm.

Cink-silikatni radionički premazi imaju bolja svojstva korozijske zaštite i mehanička svojstva od cink-epoksi radioničkih premaza u slučajevima kada postoji samo radionički sloj zaštite. Bitno je naglasiti da bi se premaze s cinkom trebalo kombinirati s premaznim sustavima koji su vrlo otporni propuštanju vode jer uvelike smanjuju rizik mjehuranja i ljuštenja. Cink-silikatni premazi osjetljiviji su na kvalitetu pripreme površine i nanošenje premaza od cink-epoksi shopprimera. Ako je potrebna najbolja korozijska zaštita, tvrdoća i otpornost trošenju, preporuča se korištenje cink silikatnih shopprimera. Najtrajniji su s izvanrednim antikorozijskim svojstvima.

Glavni nedostatak premaza s cinkom je pojava cinkovih soli na površini premaza kod izlaganja atmosferilijama (što zahtijeva njihovo uklanjanje prije premazivanja) te se iz tog razloga koriste i shopprimeri sa smanjenim udjelom cinka koji sadrže 75-80 % masenog udjela cinka zbog čega su im antikorozijska svojstva djelomično smanjena. Ali, s druge strane, njihova mogućnost ponovnog premazivanja je znatno bolja i, dodatno, stvara se manje štetnih cinkovih para tijekom zavarivanja i plinskog rezanja. Cink-epoksi premazi sadrže organska veziva, zbog čega prilikom zavarivanja i rezanja nastaje velika količina otrovnih para i spaljuje se relativno veliko područje u blizini zavara. U tom pogledu bolje je koristiti cink-silikatne shopprimere koji su u potpunosti anorganski.

Shopprimeri bez cinkovog praha

Radionički premazi bez cinka obično se temelje vezivima epoksi smole i kombinacija polivinilbutiral (PVB) smole. Kao pravilo, ovi premazi isporučuju se kao dvokomponentni epoksi proizvodi crveno-smeđe boje. Iako su dostupni i kao jednokomponentni epoksi ili polivinilbutiral premazi, njihova sposobnost sprječavanja korozije slabija je od onih dvokomponentnih. Shopprimeri bazirani na epoksi smolama bez cinka, obično se pigmentiraju crvenim željeznim oksidom, ponekad u kombinaciji s aluminijevim prahom i/ili cinkovim kromatom. Pri korištenju

crveno-smeđih radioničkih premaza, manji korozijski produkti su zbog boje podloge teško uočljivi. Ukoliko se na takvu podlogu nanosi premazni sustav, trajnost će mu biti kratka. U takvom je slučaju potrebno prethodno pjeskarenjem ukloniti radionički premaz. Premazi bez cinka imaju bolja adhezijska svojstva završnog premazivanja od onih koji sadržavaju cink. Razlog je izostanak higroskopnih cinkovih soli. Unatoč tome, čak i temeljni premazi bez cinka koji su vrlo tvrdi i glatki nakon potpunog umrežavanja mogu imati problema s međuslojnom adhezijom. Premazi na bazi PVB-a sve se rjeđe koriste zbog niske trajnosti premaza, niske otpornosti na lužine i problema s katodnom zaštitom narinutom strujom. Uobičajena debljina sloja temeljnog radioničkog premaza prema normi HRN EN 10238:2010 je $20 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$ [4]. Svaki tip shopprimera ima svoje prednosti i nedostatke koje je potrebno vrednovati ovisno o planiranoj namjeni pa tek nakon toga pristupiti odabiru shopprimera koji će najbolje udovoljiti traženim zahtjevima.

3. EKSPERIMENTALNI RAD

U svrhu utvrđivanja fizikalno-kemijskih svojstava različitih premaza te njihovog utjecaja na kvalitetu navara provedena su laboratorijska ispitivanja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Ispitani premazi su bili epoksi temeljni radionički premaz na bazi vode, epoksi temeljni radionički premaz na bazi otapala i cink-silikatni temeljni radionički premaz. Oba ispitivana epoksi shopprimera pigmentirana su željeznom oksidom. Cilj je ispitivanja utvrđivanje utjecaja vrste i debljine temeljnog radioničkog premaza – shopprimera na tehnološka svojstva navarenog spoja. Navarivanje je bilo izvršeno trenutno najčešće korištenim postupkom u brodogradnji - praškom punjenom žicom (PPŽ; FCAW – eng. Flux Cored Arc Welding). Parametri navarivanja uzoraka dani su u tablici 2. Prema iskustvima iz prakse i navodima iz dostupne literature, očekivana su kvalitetnija svojstva cink-silikatnog shopprimera u odnosu na oba epoksi shopprimera (na bazi vode i otapala) kod navarivanja i zaštite od korozije [10, 12-15]. Također pretpostavke su da će deblji sloj shopprimera imati povoljnija antikorozivna svojstva te da će tanji slojevi shopprimera imati manje (negativnih) utjecaja na kvalitetu navara. Mjerenje debljine premaza vršeno je magnetskom metodom pomoću uređaja Elcometer 456 u 30 mjernih točaka na svakom uzorkusukladno normi HRN EN ISO 2808:2008 uz prethodno umjeravanje uređaja na sačmarenj površini sukladno normi HRN ISO 19840: 2004, Annex A. Debljina shopprimera se zbog tankog sloja i tendencije praćenja profila površine određuje na glatkim limovima ali takve ploče nisu dobivene od proizvođača. Zbog toga je dodatno ispitivanje debljine shopprimera provedeno mikroskopskom analizom sukladno normi ISO 2808, METODA 5A, na stereomikroskopu Leica MZ 6. Specifikacije korištenih uzoraka dane su u tablici 3.

Tablica 2. Parametri navarivanja

Debljina uzoraka [mm]	Jakost struje I [A]	Napon U [V]	Brzina navarivanja v_z [cm/min]	Brzina dobave žice v_z [m/min]	Protok plina [l/min]	Zaštitni plin	Dodatni materijal
3	145	27	20/30	7	10	100% CO ₂	Ø1,2 mm PPŽ- rutilna
10	180	28	20/30	9			

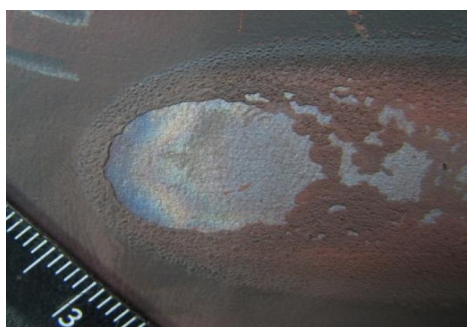
Tablica 3. *Uzorci korišteni u ispitivanjima (epoksi premazi su pigmentirani željeznim oksidom)*

Oznaka	Premaz	Dimenzije [mm]	Nazivna debljina premaza [μm]	Srednja izmjerena debljina premaza [μm]	
				Elcometer	Leica MZ6
SEA 1	Epoksi na bazi vode	150x100x3	25 – 30	39,97	30,3
SEA 2	Epoksi na bazi vode	150x100x3	30 – 40	37,99	/
SEA 3	Epoksi na bazi vode	150x100x3	35 – 45	48,87	48,1
SEA 4	Epoksi na bazi vode	150x100x3	35 – 45	53,63	/
LEA 1	Epoksi na bazi vode	350x150x10	15 – 25	32,37	31,1
LEA 2	Epoksi na bazi vode	350x150x10	30 – 50	47,58	47,3
SEB 1	Epoksi na bazi otapala	150x100x3	15 – 20	27,02	25,7
SEB 2	Epoksi na bazi otapala	150x100x3	15 – 20	27,07	25,5
SEB 3	Epoksi na bazi otapala	150x100x3	15 – 25	31,07	/
SEB 4	Epoksi na bazi otapala	150x100x3	15 – 25	26,02	/
LEB	Epoksi na bazi otapala	150x100x10	15 – 25	19,68	18,6
SS 1	Cink – silikatni	150x100x3	15 – 20	23,22	22,3
SS 2	Cink – silikatni	150x100x3	15 – 20	25,20	27,8
SS 3	Cink – silikatni	150x100x3	15 – 25	24,20	/
SS 4	Cink – silikatni	150x100x3	15 – 25	27,05	/
LS 1	Cink – silikatni	350x150x10	15 – 25	24,68	29,6
LS 2	Cink – silikatni	350x150x10	35 – 45	39,00	39,2
0 A	Bez premaza	250x170x10	/	/	/
0 B	Bez premaza	210x65x3	/	/	/

Ispitivanje utjecaja na zavarljivost

Prije navarivanja je bilo potrebno ukloniti lokalno s donje strane uzoraka dio premaza zbog električne izolacije uzoraka koja je onemogućavala uspostavljanje električnog luka. Također, korištenjem žice promjera 1,2 mm na tanjim pločama (debljine 3 mm) došlo je do pregaranja na donjoj strani uzoraka (zbog prevelikog unosa energije). Smanjivanje parametra nije bilo moguće zbog održavanja stabilnog električnog luka. Tipični uzorci navara sa svakim od ispitanih premaza prikazani su na slikama 2, 3 i 4.

Sa slika 2, 3 i 4 je moguće vidjeti da je najbolje rezultate, odnosno najkvalitetnije navare moguće dobiti korištenjem cink-silikatnih premaza kao što je u početku i definirana pretpostavka. Epoksi shopprimer na bazi otapala također daje zadovoljavajuće rezultate i moguće ga je pri navarivanju brzinama od 20 i 30 cm/min (ukoliko iz bilo kojeg razloga nije moguće koristiti cink-silikatne) ponuditi kao alternativu cink-silikatnim shopprimerima.

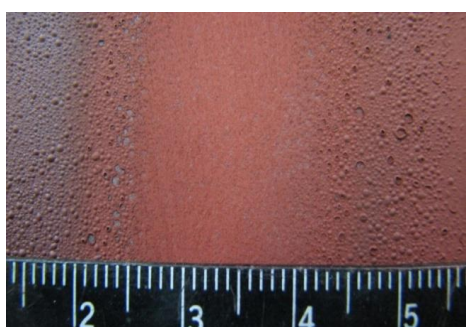


a) LEA 1 – mjehuranje i ljuštenje sa stražnje strane

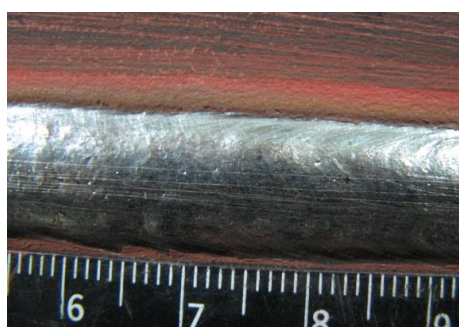


b) LEA 2 – kapljice taline, površinske pore

Slika 2. Epoksi premaz na bazi vode nakon navarivanja

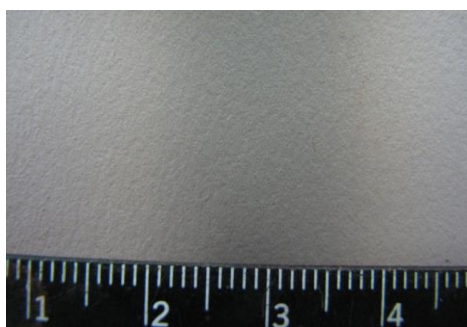


a) LEB – mjehuranje sa stražnje strane



b) LEB – navar bez površinskih grešaka

Slika 3. Epoksi premaz na bazi otapala nakon navarivanja



a) LS 1 – bez oštećenja sa zadnje strane



b) LS 2 – navar bez površinskih grešaka

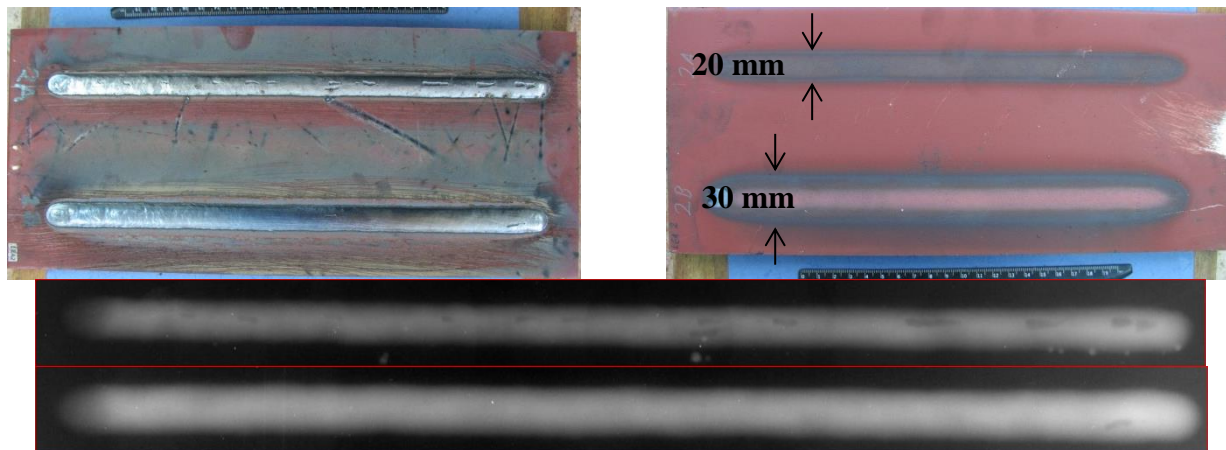
Slika 4. Cink-silikatni premaz nakon navarivanja

Daljna analiza uzoraka uključivala je rendgenske snimke navarenih ploča s ciljem otkrivanja utjecaja vrste i debljine premaza shopprimera na pojavu pora unutar navara. Uvjeti snimanja uzoraka dani su u tablici 4.

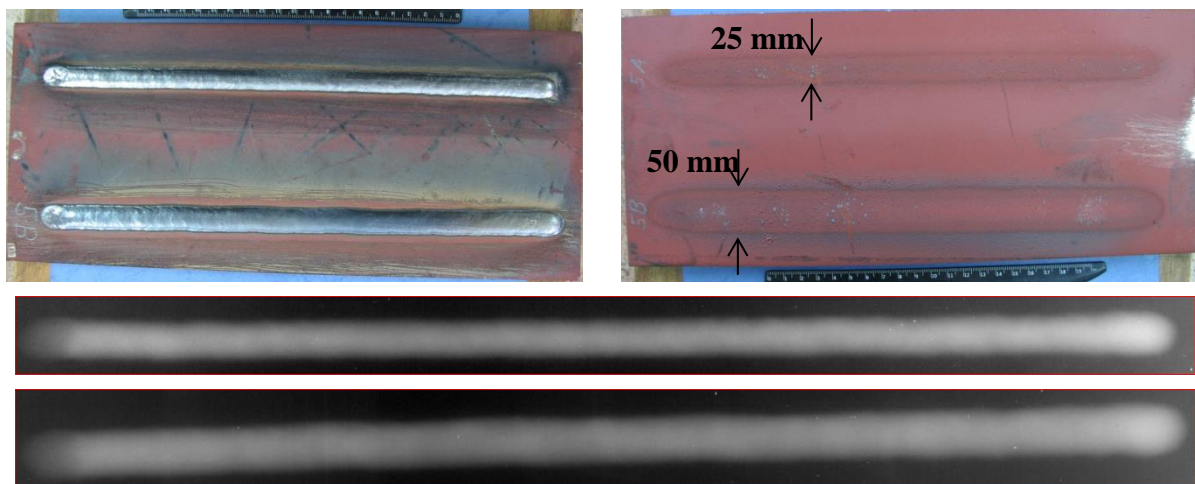
Tablica 4. Uvjeti rendgenskih snimanja

	Uzorci debljine 3 mm	Uzorci debljine 10 mm
Trajanje ekspozicije [s]	105	180
Napon [kV]	125	150
Struja [mA]	4	4
FF (udaljenost od ploče) [mm]	700	700

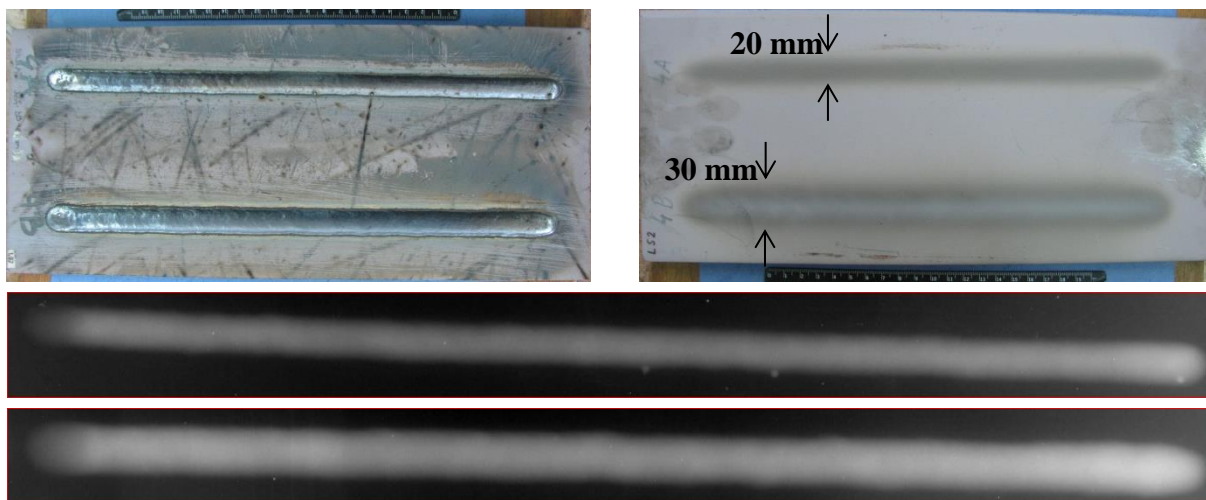
Reprezentativni uzorci za svaku vrstu shopprimera zajedno s njihovim odgovarajućim radiogramima i širinom pregaranja na pozadini ploča dani su na slikama 5, 6 i 7. Na navedenim slikama moguće je vidjeti pojavu i širinu pregaranja shopprimera sa zadnje strane navarivanih ploča. Fenomen je pogotovo izražen kod ploča manjih debljina (3 mm) što je i logično zbog količine unešene topline.



Slika 5. Uzorak i radiogram navara s epoksi shopprimerom na bazi vode – LEA 2



Slika 6. Uzorak i radiogram navara s epoksi shopprimerom na bazi otapala – LEB



Slika 7. Uzorak i radiogram navara s cink-silikatnim shopprimerom – LS 2

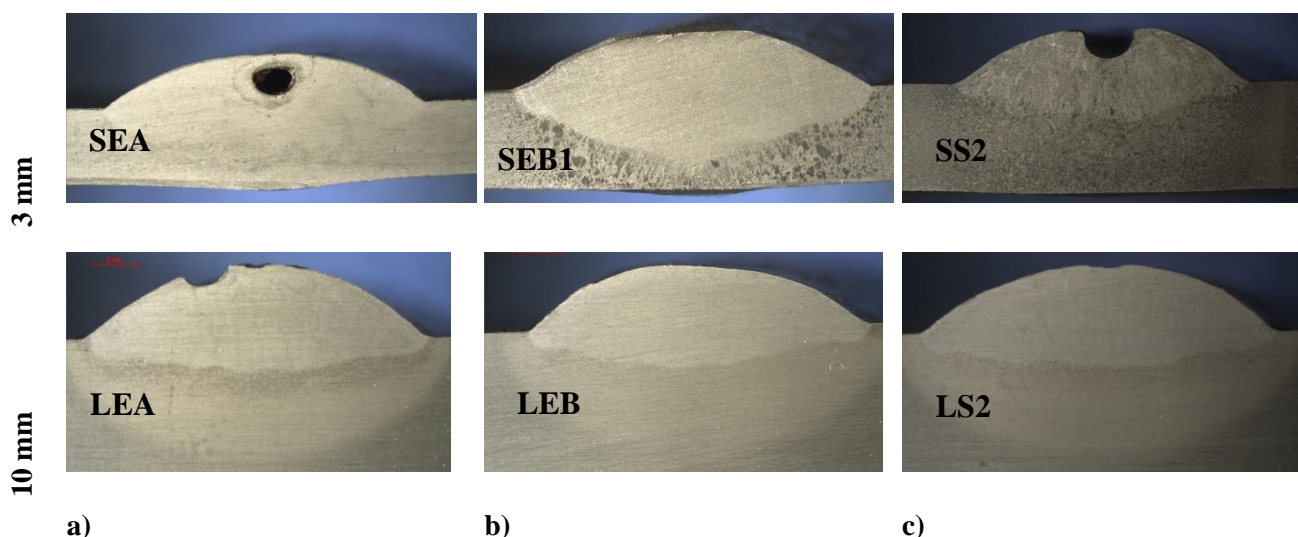
Kao što je i moguće vidjeti iz navedenih radiograma, sa stajališta kvalitete navara najbolji shopprimer se pokazao epoksi premaz na bazi otapala (Slika 6. – debljina ploče 10 mm, debljina premaza 20 μ m, brzine navarivanja 20/30 cm/min). Navari na uzorku debljine 10 mm izvedeni su vrlo uredno i ujednačeno, bez unutrašnjih i vanjskih grešaka i prskanja. Na uzorcima debljine 3 mm unutrašnje greške vidljive su na mjestu paljenja električnog lûka (uključujući i curenje taline). Ta problematika nestaje nakon što se električni lûk ustabili što rezultira da je ostatak navara dobre kvalitete samo s površinskim porama.

Cink-silikatni shopprimer (Slika 7.) pokazao je vrlo slične rezultate u odnosu na epoksi shopprimere na bazi otapala. Nanošenjem cink-silikatnih premaza moguće je postići izvrsna svojstva kod navarivanja. Kod uzoraka debljine 10 mm je pojava mjehuranja i pregaranja u manjoj mjeri nego što je to kod epoksi premaza na bazi otapala ali je uočeno jače prskanje metala pri navarivanju. Na uzorcima debljine 3 mm pojava grešaka može se usporediti s onima kod korištenja epoksi shopprimera na bazi otapala (greške su vidljive na mjestu paljenja električnog lûka). Većina je pora vidljivih na radiogramima ipak površinska što je u određenoj mjeri dozvoljeno te ih je moguće jednostavno ukloniti.

Epoksi premaz na bazi vode (Slika 5.) pokazao je najlošija tehnološka svojstva kod navarivanja. Tijekom procesa navarivanja dolazilo je do prskanja i utvrđena je pojava brojnih grešaka (vanjske i unutrašnje pore te pukotine u navarima).

Osim uočenih utjecaja vrste premaza na kvalitetu navara, utvrđen je dominantan utjecaj brzine navarivanja (za sve tri ispitane vrste shopprimera i različite njihove debljine). Kao adekvatan i tehnološki povoljniji izbor brzine navarivanja ispostavila se manja brzina od 20 cm/min.

Kao završno ispitivanje utjecaja na zavarljivost, uzorci su podvrgnuti makrostrukturnom ispitivanju iz kojih je također vidljiva dominantna prednost cink-silikatnih premaza i epoksi na bazi otapala nad epoksi premazom na bazi vode (Slika 8.). Svi uzorci sa slike 8 dobiveni su brzinom navarivanja od 20 cm/min.



Slika 8. Makroizbrusci svih uzoraka

a) Epoksi premaz na bazi vode; b) Epoksi premaz na bazi otapala; c) Cink-silikatni premaz

Ispitivanje utjecaja na korozivsku postojanost

Sukladno normi HRN EN ISO 9227 izvršena su ispitivanja u slanoj komori Ascott, model S450 u uvjetima danim u tablici 5. Ispitivanje je provedeno na ukupno šest uzoraka debljine 3 mm, po dva za svaku od tri vrste shopprimera, ali uz odabrane različite debljine premaza.

Tablica 5. Uvjeti ispitivanja u slanoj komori


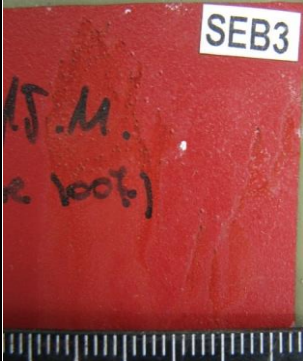
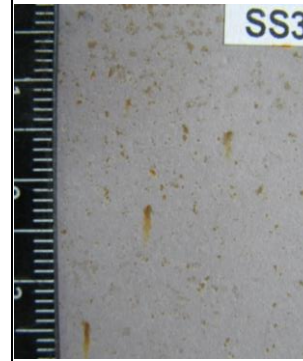
Temperatura ispitnog prostora [°C]	35 ± 2
Otopina	5% NaCl
Tlak raspršivanja [bar]	0,7
Vrijeme ispitivanja [h]	72

Nakon završenog ispitivanja u slanoj komori, uzorci su pregledani i ocijenjeni sukladno normama ISO 4628-2 (Blistering - mjehuranje), 4628-3 (Rusting - hrđanje) te ISO 2409 (Adhesion Cross Test - Ispitivanje prionjivosti zarezivanjem mrežice).

Analizirajući uzorke na način da ih se vizualno uspoređuje sa slikama navednim u normama, moguće je bilo zaključiti da je vidljivo hrđanje svih uzoraka, koje je ipak izraženije kod epoksi premaza na bazi vode te iz tog razloga, ti su uzorci dobili najlošije ocjene. Pojava mjehuranja podjednako je bila izražena kod oba ispitana uzorka epoksi premaza, dok na cink-silikatnom shopprimeru uopće nema pojave mjehuranja.

Zadnje ispitivanje u svrhu ispitivanja korozijske postojanosti bilo je ispitivanje prionjivosti zarezivanjem mrežice – cross test prema normi HRN EN ISO 2409. Nakon izvršenog vizualnog pregleda utvrđena je izvrsna prionjivost cink-silikatnog premaza i epoksi premaza na bazi otapala. Epoksi premaz na bazi vode je, za razliku od ostalih premaza, rezultirao s nešto lošijim ocjenama (za jednu ocjenu lošiji rezultat), no svejedno je moguće reći da posjeduje zadovoljavajuća svojstva prionjivosti. Ocjene dobivene nakon izvršenih svih testova, zajedno sa slikama ispitnih uzoraka dane su u tablici 6.

Tablica 6. Ocjene uzoraka nakon završenog ispitivanja u slanoj komori

Uzorak i vrsta premaza			
	Epoksi na bazi vode	Epoksi na bazi otapala	Cink-silikatni
Srednja izmjerena debljina premaza [μm]	53	31	24
Ocjena hrđanja	Ri 2	Ri 2	Ri 2
Ocjena mjehuranja	D3S3	D4S2	-
Ocjena prionjivosti	G _t =1	G _t =0	G _t =0

4. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih ispitivanja na uzorcima potvrđena je pretpostavljena prednost cink-silikatnog shopprimera nad epoksi shopprimerom na bazi vode kod svih ispitivanja. Prednost je potvrđena sa stajališta zaštite od korozije, ali ne i zavarljivosti gdje je epoksi premaz na bazi otapala pokazao vrlo dobra svojstva uz odgovarajuće parametre navarivanja. Epoksi premaz na bazi vode pokazao je najlošija svojstva od tri ispitane vrste premaza kod svih provedenih ispitivanja.

Vizualnom metodom ispitivanja moguće je zaključiti da su najkvalitetniji navari bili izvedeni na pločama na kojima je bio korišten cink-silikatni premaz (kao što je u početku i definirana pretpostavka). Pregledom radiograma uzoraka vidljivo je da su na pločama s epoksi premazom na bazi otapala najbolji navari i to pogotovo na pločama debljine 10 mm gdje su navari bili uredni i ujednačeni. Na uzorcima debljine 3 mm moguće je bilo uočiti unutrašnje greške na mjestima paljenja električnog luka. Slični rezultati vidljivi su bili i na pločama s cink-silikatnim premazom. Većina je pora uočenih na radiogramima bila površinske prirode što ih je učinilo jednostavnim za ukloniti. Epoksi premaz na bazi vode pokazao je daleko najlošija tehnološka svojstva (pojava pukotina te vanjskih i unutrašnjih pora).

Analiza uzoraka nakon ispitivanja na korozijsku postojanost pokazala je vidljivo hrđanje svih uzoraka, koje je ipak izraženije kod epoksi premaza na bazi vode te iz tog razloga. Pojava mjehuranja podjednako je bila izražena kod oba ispitana uzorka s epoksi premazima, dok na cink-silikatnom shopprimeru uopće nema pojave mjehuranja.

Izmjerena odstupanja u debljini premaza kod ispitnih uzoraka su bila nedostatna za proučavanje utjecaja debljine shopprimera na ispitivana svojstva. Mjerenjem debljine premaza utvrđeno je da debljine sloja temeljnog radioničkog premaza odstupaju od proizvođačevih specifikacija i to u prosjeku redovito prema većim debljinama, što može biti zbog razlike u metodi mjerenja.

Za kraj je potrebno još naglasiti da je rezultate ispitivanja za uzorke debljine 3 mm potrebno uzeti u razmatranje s oprezom iz razloga što su unosi topline bili preveliki za tu debljinu materijala (prijedlog je korištenje dodatnog materijala promjera 1 mm) te zato što su svi uzorci na pozadinskoj strani imali još jedan sloj zaštite (u svrhu pripreme uzoraka za korozijska ispitivanja) što je vjerojatno bilo uzrokom pretjeranog mjehuranja sa stražnje strane.

5. LITERATURA

- [1] Berendsen, A. M.: Ship painting manual, Verfinstituut TNO, Delft, 1975.
- [2] Esih, I., Dugi, Z.: Tehnologija zaštite od korozije I, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [3] Hempel: High technology shopprimers, 2003.
- [4] HRN EN 10238: 2010 - Automatsko čišćenje mlazom i automatska predobrada zaštitnom prevlakom proizvoda od konstrukcijskog čelika
- [5] HRN EN ISO 2409: 2008 Boje i lakovi - Ispitivanje zarezivanjem mrežice
- [6] HRN EN ISO 2808:2008 Boje i lakovi – Određivanje debljine filma
- [7] HRN EN ISO 4628-2: 2004 Boje i lakovi - Procjena propadanja prevlaka – Označivanje količine i veličine grešaka i intenzivnosti jednoličnih promjena izgleda - 2. dio: Ocjena stupnja mjehuranja
- [8] HRN EN ISO 4628-3: HRN EN ISO 4628-2: 2004 Boje i lakovi - Procjena propadanja prevlaka - Označivanje količine i veličine grešaka i intenzivnosti jednoličnih promjena izgleda - 2. dio: Ocjena stupnja hrđanja
- [9] HRN ISO 19840: 2013 Boje i lakovi – Zaštita čeličnih konstrukcija od korozije sustavima zaštitne boje – Mjerenje i kriterij prihvaćanja debljine suhih filmova na hrapavim površinama
- [10] Knudsen, O. Ø., et al.: Zinc-rich primers – Test performance and electrochemical properties, Progress in organic coatings 54 (2005), Elsevier, Trondheim, 224-229.
- [11] Martinković, Ž., Stojanović, I., Mihalic, I.: Zaštita čeličnih konstrukcija ekološkim premazima i primjeri iz prakse; Kormat, 2010.; Stojanović, I. (ur.); Zagreb: Hrvatsko društvo za zaštitu materijala, 2010., 103-122
- [12] Mitchell, M. J.: Zinc silicate or zinc epoxy as the preferred high performance primer, International protective coatings, Akzo Nobel, Amsterdam, 1999.
- [13] Mitchell, M., Summers, M.: How to select zinc silicate primers, International protective coatings, Akzo Nobel, Amsterdam, 1999.

- [14] Shop Primers used by SSAB [online]. Stockholm, SSAB. Dostupno na:
http://www.ssab.com/Global/Plate/Brochures/en/025_TS_SSAB_plate_shop_primers_uk.pdf [27. kolovoza 2013.]
- [15] Vliet, C. H.: Reduction of zinc and volatile organic solvents in two-pack anti-corrosive primers, a pilot study, Progress in organic coatings 34 (1998), Elsevier, 220-226.