

RADIONIČKI TEMELJNI PREMAZI I NJIHOV UTJECAJ NA ZAVARIVANJE – OSVRT NA BRODOGRADNJU

SHOPPRIMERS AND THEIR INFLUENCE ON WELDING – SHIPBUILDING REVIEW

Ivan JURAGA ¹⁾, Ivan STOJANOVIĆ ¹⁾, Vinko ŠIMUNOVIĆ ¹⁾, Miljenko NIKOLIĆ ²⁾

Ključne riječi: privremena radionička zaštita – shopprimeri, korozija, zavarivanje

Key words: temporary corrosion protection – shopprimers, corrosion, welding

Sažetak: Tehnologija gradnje čeličnih konstrukcija se sastoji od niza operacija i traje određeno vremensko razdoblje u kojem je materijal izložen korozijskom djelovanju okoline. Nezaštićeni dijelovi konstrukcije kroz to vrijeme mogu korodirati što uzrokuje znatno povećanje troškova pripreme površine kao i izrade cijele konstrukcije. To je razlog za uporabu privremene radioničke zaštite tzv. shopprimera koji imaju svojstvo osiguravanja privremene zaštite od korozije za vrijeme gradnje konstrukcije do nanošenja projektiranog sustava premaza. Shopprimere se može svrstati u specijalne boje jer osim zaštite od korozije moraju zadovoljiti i nizu drugih zahtjeva. Posebno su zanimljivi i važni zahtjevi koji se odnose na izvođenje tehnologije zavarivanja. Zavarivanje preko radioničkog temeljnog premaza može predstavljati određene probleme i nepredviđene dodatne troškove proizvodnje. U radu su prikazana svojstva i područje primjene cinksilikatnih i epoksi-željezni oksid shopprimera koji imaju široku primjenu u brodogradnji, gradnji hala, mostova i drugih čeličnih konstrukcija.

Abstract: Production technology of steel constructions includes series of operations and lasts for certain period during which the construction material is exposed to corrosion activity of environment. Unprotected parts of construction within this time period can corrode and produce cost rising of surface preparation and building of the entire construction. That is the reason why temporary corrosion protection - shopprimers are applied because of their properties of temporary corrosion protection during production until designed coating system is applied. Shopprimers can be aligned in special paints because they have to satisfy many of other requirements beside the corrosion protection. Requests for welding technology are particularly interesting and important. Welding over shopprimer could make some problems and unpredicted additional production costs. This article shows properties and application area of zinc-silicate and epoxy-iron oxide shopprimers which have large application in shipbuilding, halls building, bridge building and for other structures.

¹⁾ Fakultet strojarstva i brodogradnje, Katedra za zaštitu materijala, Zagreb

²⁾ Brodarski institut, Brodska hidrodinamika, Zagreb



1. UVOD

U današnje vrijeme korozijsko djelovanje je jedan od ključnih faktora u ekonomskom i sigurnosnom aspektu, čime je poraslo zanimanje za ovu problematiku i moguća rješenja smanjenja korozijskog štetnog djelovanja na karakteristike i trajanje proizvoda. Problematika zaštite od korozije posebno je važna u brodogradnji, gdje korozija nije samo stvar estetike, već u velikoj mjeri stvar sigurnosti i funkcionalnosti. Prva faza u složenom procesu zaštite od korozije u brodogradnji, a tako i velikom dijelu izrade i drugih čeličnih konstrukcija, je nanošenje radioničkog premaza (shopprimera) na limove i profile koji ulaze u proces gradnje broda. Pravilan izbor shopprimera je od izuzetne važnosti posebno zbog utjecaja na brzinu i kvalitetu zavarivanja i rezanja, smanjenje troškova pripreme površine i utjecaja na okoliš čemu teže sva suvremena svjetska brodogradilišta.

2. ZAŠTITA OD KOROZIJE I TROŠKOVI

2.1. Troškovi kao posljedica korozije

Prema najnovijim podacima [1] štete od korozije stoje gospodarstvo SAD-a godišnje oko 300 milijardi USD, a gotovo bi trećina šteta mogla biti izbjegnuta primjenom odgovarajućih metoda zaštite od korozije. Fascinantna je podatak još iz 1975. godine, koji kaže da je 40% proizvodnje čelika u SAD-u trošeno na zamjenu korodiranih dijelova [2], a slične procjene daju svi renomirani izvori. Primjerice procjena gubitaka uslijed korozije u britanskoj industriji je 1971. godine iznosila 1,365 milijardi GBP ili oko 3,5% BNP-a, a već tada se smatralo da bi se temeljitijom zaštitom veličina štete mogla smanjiti za najmanje 25%. Da bi se dobila kompletna slika valja pridodati još 600 milijuna GBP šteta u poljoprivrednoj industriji, procjenjenih od strane UMIST-a (*University of Manchester Institute of Science and Technology*) 1981. godine. U istom izvješću stoji kako je čak polovicu štete moguće izbjeći odgovarajućim postupcima zaštite [2]. Najnoviji podaci potvrđuju nagađanja kako troškovi korozije još uvijek nisu stavljeni pod kontrolu. Prema studiji, koju su proveli FHWA (*Federal Highway Administration*) i NACE International u SAD-u, godišnji troškovi korozije za 1998. godinu iznose čak 275,7 milijardi USD [3].

2.2. Troškovi korozije i zaštite u brodogradnji

Prema FHWA, godišnji troškovi korozije i njenog sprečavanja u brodogradnji SAD-a iznose 2,7 milijardi USD, od čega 1,12 milijardi USD otpada na troškove zaštite u novogradnji, 810 milijuna USD na remont i održavanje, a preostalih 785 milijuna USD na direktne korozijske štete. Ove podatke valja uzeti s rezervom jer većina brodova ne plovi pod američkom zastavom, a iz procjene je izostavljena čitava vojna brodogradnja [3].

Troškovi AKZ-a u novogradnji

Kod novogradnje inicijalni trošak u nabavci boje je relativno malen, dok je trošak vezan uz nanošenje premaza osjetno veći i iznosi do 7% ukupne cijene broda [4, 3]. Dodatni troškovi za potrebe katodne zaštite i primjene korozijski postojanih materijala procijenjeni su na 3% što daje konačan udio antikorozivne zaštite u iznosu od oko 10% cijene gradnje broda. Kod tankera zbog zahtjevnije, zaštite spremnika tereta udio cijene zaštite raste na 13%, kao i kod velikih putničkih brodova gdje troškovi rastu prvenstveno zbog zaštite tankova pitke vode. Što se pak tiče brodova za prijevoz kemikalija, udio cijene antikorozivne zaštite može iznositi čak 30%, prije svega zbog korištenja nehrđajućeg čelika za spremnike tereta. Na razini svjetske flote, ukupni prosječni trošak korozije u brodogradnji iznosi oko 7,5 milijardi USD/god [3].

Troškovi održavanja i popravka

Druga vrlo značajna stavka vezana uz koroziju i zaštitu od korozije u brodogradnji je održavanje i popravak odnosno remont u kojoj godišnji trošak popravka brodova vezanih uz koroziju na globalnoj razini iznosi 5,4 milijardi USD, a iznos gubitaka uzrokovanih izbjavanjem broda iz službe daljnjih 5,2 milijardi USD [3].

3. METODE ZAŠTITE OD KOROZIJE U BRODOGRADNJI

3.1. Uvod

Brodogradnja koristi sve metode zaštite od korozije i to (prikaz 1): zaštitu prevlačenjem, katodnu zaštitu, zaštitu inhibitorima korozije, primjenu korozijski postojećih materijala i konstrukcijsko-tehnološke mjere.

Prikaz 1. Metode zaštite od korozije



3.2. Zaštita prevlačenjem

Najraširenija metoda zaštite od korozije u brodogradnji je svakako nanošenje organskih prevlaka (premaza) na površinu konstrukcijskog materijala, koje osim zaštitne uloge mogu imati razne namjene ovisno o dijelu konstrukcije koji se štiti. Kod tehnologije zaštite premazima vrlo je važno korektno izvođenje svih tehnoloških operacija i pripreme površine i nanošenja premaza što direktno utječe na kvalitetu i trajnost specficiranog sustava premaza.

Priprema površine

Tehnologija pripreme površine podrazumijeva čišćenje površine i postizanje optimalnog profila hrapavosti kako bi nanosena prevlaka što čvršće prianjala. U brodogradnji se isključivo koristi mehanička priprema, dok je kemijska priprema još uvijek u fazi razvoja i razmatranja [4]. Primarna priprema površine se izvodi odmah nakon izlaska iz skladišta, prije nanošenja temeljnog radioničkog premaza tj. shopprimera. Sekundarna priprema površine ima zadatak ukloniti sva oštećenja i koroziju koja su nastala za vrijeme i nakon sklapanja čeličnih limova i profila u sekcije (oblikovanje detalja, rezanje, zavarivanje), te tijekom montaže i opremanja broda, a sastoji se od uklanjanja soli s površine, odmašćivanja, mehaničke pripreme i otpušivanja površine.



Nanošenje premaza

U brodogradnji se premazi najčešće nanose bezračnim prskanjem, tzv. *airless* postupkom kojim se ostvaruje velika iskoristivost boje, te primjena razrjeđivača nije potrebna. Prskanje sa zrakom je metoda koja daje završni sloj visoke kvalitete, ali značajni gubici boje uslijed tzv. *overspraya*, dulje sušenje, tanji i porozniji sloj, te zagađenje okoliša čine je gotovo neupotrebivom u brodogradnji. Za zaštitu manjih površina (flekanje spojeva, prijelaza i zavara) i lokacija gdje je postupak prskanja neizvediv redovito se koriste ručni postupci bojenja četkom (izvršna penetracija boje, lokalno neravnomjerne debljine naliča i neestetski vizualni dojam) i ličenja valjcima (produktivnija metoda, ravnomjerniji, ali porozan sloj).

Specijalne boje

U skupinu specijalnih boja svakako se može uvrstiti radionički premaz odnosno shopprimer, boja koja se nanosi na metal odmah po završetku primarne pripreme površine, a služi kratkotrajnoj zaštiti čeličnih limova i profila tijekom gradnje. Nadalje, tu su premazi protiv obraštanja odnosno *antifouling* premazi koje nalazimo isključivo u brodogradnji, a imaju svrhu zaštite podvodnog dijela konstrukcije od obraštanja biljnim i životinjskim organizmima. Tu su još protuklizne boje (engl. *non-slip paints*) koje koriste se na površinama za hodanje, a svojstvo hrapavosti moraju zadržati i u slučaju da je površina onečišćena, primjerice uljem [5], te protupožarne boje koje sprječavaju širenje vatre.

3.3. Katodna zaštita

Katodna zaštita je, uz zaštitu premazima, najčešća metoda zaštite od korozije. Najbolje rezultate daje u kombinaciji sa sustavima premaza, gdje zaštitni sloj prevlake odvaja materijal od okoline, a katodna zaštita mijenja vanjske činitelje oštećivanja smanjenjem pokretne sile oštećivanja [6]. Dva su osnovna oblika katodne zaštite: protektorska zaštita (žrtvovanom anodom) i narinutom strujom. **Protektorska zaštita** se provodi spajanjem konstrukcije s neplemenitijim metalom u galvanski članak, u kojem je protektor anoda [7]. Anoda se počinje otapati, a na konstrukciji se uspostavlja elektrodni potencijal pri kojem se odvija katodna reakcija. U brodogradnji se koriste tri metala anode: cink, magnezij i aluminij. **Zaština narinutom strujom** temelji se na privođenju elektrona metalu iz negativnog pola istosmjerne struje [7]. U ovom slučaju metal koji ima ulogu anode, ne mora imati niži potencijal od metala kojeg štiti, već prirodni polaritet mijenja narinuta struja u zatvorenom strujnom krugu. Anode kod ovog oblika zaštite mogu biti topljive (ugljični čelik) i netopljive (ferosilicij, grafit, ugljen, nikel, olovo, platinirani titan, itd.).

3.4. Inhibitori

Inhibitori su supstance koje koče korozijske procese kada se u malim koncentracijama dodaju okolini. Nekoliko je mehanizama djelovanja inhibitora, a u pravilu se radi o stvaranju barijere (tanki film ili sloj korozijskog produkta) između okoline i metala, ili pak o promjeni okoline (smanjenje korozivnosti) materijala koji se štiti. Ovisno o mehanizmu djelovanja razlikuju se anodni, katodni i mješoviti inhibitori. Posebnu skupinu čine isparljivi organski inhibitori (VCI – engl. Volatile Corrosion Inhibitors) koji se u brodogradnji najčešće koriste, posebno u zatvorenim prostorima (list kormila, bokoštinitnik i sl.) gdje je iz konstrukcijskih razloga kvalitetna zaštita premazima gotovo nemoguća [1, 8].

3.5. Korozijski postojani materijali

U korozijski postojane materijale spadaju svi oni materijali koje karakterizira svojstvo povišene korozijske otpornosti na djelovanje okolnog medija. Najvećim dijelom u pogledu primjene u brodogradnji to je grupa nehrđajućih čelika (tankovi tereta, cjevovodi, pumpe tereta i "topovi" za čišćenje tankova, ljestve i nosači u tankovima, te bokobrani) i aluminijskih slitina (izrada brodskih vijaka). Primjenom korozijski postojanih materijala postiže se duži vijek trajanja opreme uz manje zahtjeve održavanja.

3.6. Konstrukcijski detalji

Pravilnim projektiranjem konstrukcijskih detalja (npr. standard EN ISO 12944-3) moguće je značajno smanjiti pojave iniciranja kao i intenzitet korozije i tako unaprijediti stupanj zaštite od korozije. Osnovne smjernice kod projektiranja konstrukcijskih detalja treba biti izbor što jednostavnijih oblika, što će olakšati održavanje, čišćenje i smanjiti mogućnost nakupljanja nečistoća i vlage, a time i vjerojatnost pojave korozije. Također, sve površine trebaju biti dostupne po pitanju nanošenja premaza kako bi se mogla korektno izvesti priprema i zaštita površine te naknadno održavanje.

4. PRIVREMENA RADIONIČKA ZAŠTITA

4.1. Općeniti prikaz

Prva faza u zaštiti od korozije u brodogradnji je nanošenje radioničkog premaza – shopprimera na limove i profile koji ulaze u proces gradnje broda. Shopprimeri su specijalna brzосушеća premazna sredstva koji služe za privremenu radioničku zaštitu čeličnih limova i profila u razdoblju gradnje broda, tj. do faze nanošenja specificiranog sustava premaza [9]. Privremena radionička zaštita je automatiziran proces koji se sastoji od transporta limova i profila, kontroliranog sušenja, primarne pripreme površine (mlazom abraziva, tzv. sačmaranjem) i vrlo zahtjevnog postupka pripreme i aplikacije shopprimerera (prikaz 2). Priprema površine se uglavnom izvodi u standardu Sa 2^{1/2} (ISO 8501-1) i stupnju hrapavosti Rz < 70 μm, dok konfiguracija površine ne smije imati oštre vrhove (primjena okrugle sačme) koji bi mogli probiti mokri premaz. U pravilu se radi o hrapavosti površine N10 prema Rugotestu No. 3.

Prikaz 2. Radionica za privremenu radioničku zaštitu



Kako privremena radionička zaštita prethodi svim tehnološkim procesima karakterističnim u gradnji broda, shopprimeri moraju udovoljiti slijedećim specifičnim zahtjevima [10, 11]:

- primjenjivi za nanošenje raspršivanjem u tankom sloju (D.S.F. = 10 do 25 μm),
- moraju biti pogodni za automatizirane postupke aplikacije,
- imati što kraće vrijeme sušenja (3 do 5 minuta),



- postojanost na visokim temperaturama,
- ne smiju oslobađati otrovne plinove tijekom zavarivanja ili rezanja,
- ne smiju utjecati na brzinu i kvalitetu zavarivanja,
- ne smiju utjecati na mehanička svojstva zavarenog spoja,
- ne smiju utjecati negativno na procese rezanja,
- sposobnost da izdrže grubo rukovanje,
- moraju biti otporni na atmosferilije,
- kompatibilnost sa konačnim sustavima premaza.

Danas se u brodogradnji najčešće koriste cink-silikatni i epoksi željezni-oksidi shopprimera. Radionički premazi na bazi P.V.B. (polivinil butirala) se uglavnom ne primjenjuju zbog ograničene trajnosti, a cink-epoksi zbog stvaranja cinkovih soli na površini i malih brzina zavarivanja. Izbor odgovarajućeg shopprimera ovisi o nizu faktora, a neki od njih su:

- vrsta čelika,
- karakteristike i vrijeme gradnje broda (trajnost zaštite, utjecaj na zavarivanje i rezanje),
- tehnološke mogućnosti pripreme površine,
- zahtjevi na sekundarnu pripremu površine,
- tip specificiranog sustava premaza trajne zaštite,
- cijena,
- zdravstveni i sigurnosni standardi.

4.2. Usporedba cink-silikatnih i epoksi-željezni oksid radioničkih premaza

Cink-silikatne boje na bazi etilsilikatnog veziva karakterizira mehanizam sušenja uz prisutnost vlage iz zraka. Svojstva naliča su, između ostalog, izuzetna tvrdoća i otpornost na atmosferilije, kao i temperaturna postojanost do 400 °C. To ih čini vrlo prihvatljivim za primjenu u privremenoj radioničkoj zaštiti, gdje je jedan od osnovnih zahtjeva temperaturna postojanost zbog utjecaja rezanja i zavarivanja [9, 12]. Mane ovih premaza su neotpornost na kiseline i lužine (pH otporan između 6 i 9), negativan utjecaj na zdravlje (cinkova groznica), a prisutnost alkaličnih cinkovih soli na površini koja ovisi o udjelu cinka u boji zahtjeva visok stupanj čišćenja površine prije završnog premazivanja. Do pojave cink-silikatnih premaza kao radionički temelj najčešće su se koristile epoksidne boje pigmentirane željeznom oksidom, koje karakteriziraju nešto lošija antikorozivna svojstva (kraće vrijeme zaštite, maksimalno šest mjeseci [13]) i tvrdoća, a najveća razlika je u tome što je temperaturna postojanost osjetno manja. Prednost im je što na površini ne stvaraju soli, što olakšava pripremu površine i čini ih kompatibilnim s većinom premaznih sustava. Za vrijeme rezanja i zavarivanja razvijaju manje štetnih plinova, ali brzina rezanja i zavarivanja je znatno manja u odnosu na cink-silikate. U novije vrijeme, smanjenjem zahtjeva na trajanje antikorozivne zaštite uslijed skraćivanja procesa gradnje broda stvorena je mogućnost reduciranja udjela cinka (razvoj treće generacije cink-silikatnih shopprimera s udjelom cinka 25 - 35%), čime je omogućeno kvalitetnije zavarivanje visokim brzinama, a smanjena je nepoželjna pojava cinkovih soli na zaštićenoj površini, što je otklonilo još jednu manu cink-silikatnih premaza zbog čega se danas primjenjuju u 90% brodogradilišta.

4.3. Usporedba svojstava shopprimera u praksi

Prema podacima usporedbe epoksi-željezni oksid i cink-silikatnih shopprimera iz hrvatskih brodogradilišta utvrđeno je da tijekom izvođenja vertikalnih T spojeva nisu potrebni dodatni popravci zavara ukoliko se koristi cink-silikat. Također, tijekom izvođenja vodoravnih spojeva uočena je mogućnost značajnog povećanja brzine zavarivanja bez opasnosti od pojave

poroznosti uz istovremeno povećanje produktivnosti. Također, prelazak sa zavarivanja visokoučinskom elektrodom REL postupkom na poluautomatsko zavarivanje punjenom žicom donio je smanjenje troškova popravaka, kao posljedice smanjenja deformacija uslijed manjeg termičkog opterećenja. Sa stajališta zaštite od korozije i ekonomičnosti primjene, cinksilikatni shopprimer ima prednost nad epoksi-željezni oksid shopprimerom. Epoksi-željezni oksid se nanosi u većoj debljini što donosi veću potrošnju, a i gubici inicirani oversprejom su osjetno veći. To u konačnici daje više otpada čije zbrinjavanje ima značajan udio u troškovima primjene. S druge strane cink-silikatni shopprimer se nanosi u manjim debljinama (do 15 μm), vrijeme sušenja je kraće, a zbog boljeg prijanjanja (lijepljenja) na podlogu oversprej je manje izražen.

Iz provedene studije i praćenja procesa gradnje broda na "terenu" može se zaključiti da su svojstva cinksilikatnog shopprimera u odnosu na epoksi-željezni oksid daleko bolja i prihvatljivija za današnju tehnologiju gradnje broda te da je prelazak na cink-silikate u potpunosti opravdan.

4.4. Eksperimentalni rad









U svrhu potvrde prednosti cink-silikatnih shopprimera nad epoksi-željeznim oksidom provedena su laboratorijska ispitivanja na Katedri za zaštitu materijala na FSB-u. Ispitivanje je izvedeno u dvije faze kojima se pokušalo obuhvatiti dva najvažnija svojstva shopprimera, korozijsku postojanost i zavarljivost. Uzorci za provedbu ispitivanja izrađeni su u postrojenju za privremenu radioničku zaštitu Brodogradilišta Uljanik. Nakon pripremljene površine, koja odgovara kvaliteti Sa 2.5 (ISO 8501-1), na uzorke su nanosena oba tipa shopprimera te su naknadno putem etalona provjerene debljine sloja, koje u prosjeku za cink-silikatni shopprimer iznose 10,3 μm , a za epoksi-željezni oksid 20,4 μm .

Ispitivanje utjecaja na zavarljivost je provedeno navarivanjem i zavarivanjem T spojeva. Korištene su metode ručnog (REL) zavarivanja bazičnom elektrodom i MIG zavarivanja punom žicom pod zaštitom CO_2 . Svaka od metoda provedena je na dva uzorka, jednom s kojeg nije skinut shopprimer, i jednog s kojeg je brušenjem uklonjen shopprimer i postignut metalni sjaj površine.

Kutni spojevi provedeni su obostranim istovremenim zavarivanjem, s jedne strane REL postupkom, a s druge MIG zavarivanjem, uz zadržavanje istih parametara zavarivanja kao kod navarivanja. Tijekom zavarivanja spojeva nisu uočeni veći problemi. Vizualnim pregledom uočeno je da je kod uzoraka na koje je nanesen cink-silikat stupanj oštećenja premaza kudikamo manji nego u slučaju epoksi-željeznog oksida. To je posebno vidljivo na donjoj površini uzorka gdje se mogu uočiti toplinski uzrokovana oštećenja premaza. Time je još jednom potvrđena bolja temperaturna postojanost cink-silikatnih shopprimera. Na uzorcima kutnih spojeva koji su premazani epoksi-željezni oksid shopprimerom radiografskim snimanjem (prikaz 3) uočene su pogreške u zavarima u obliku pora raspoređenih duljinom zavara, dok kod onih premazanih cink-silikatnim shopprimerom nije uočena niti jedna nepravilnost.

Ispitivanje na korozijsku postojanost je provedeno prema normi DIN 50021 u slanoj komori Ascott, model S 450 u trajanju od 72 sata. Temperatura ispitnog prostora tijekom ispitivanja iznosila je 35 ± 2 °C, tlak raspršivanja 0.7 bara, a korištena je 5% otopina NaCl. Uzorci su potom vizualno prekontrolirani, a rezultati su potvrdili bolja antikorozivna svojstva cink-silikata. Uznapredovali korozijski procesi bili su primjetni na svim uzorcima premazanim epoksi-željeznim oksidom, dok su uzorci premazani cink-silikatnim shopprimerom ostali odlično zaštićeni (prikaz 3).

Prikaz 3. Rezultati ispitivanja shopprimera

Grupa	Zapažanja	
	Radiografski snimak dijela zavarenog T spoja	Izgled uzoraka nakon 72h korozijskog ispitivanja u slanoj komori
ZS		
		
	zavar bez pora	mjestimična pojava cinkovih soli
ER		
		
	pojava pora	pojava korozijskih procesa

ZS = cink-silikatni shopprimer, ER = epoksi-željezni oksid shopprimer

5. ZAKLJUČAK

Tehnologija zaštite od korozije je jedna od osnovnih tehnologija u gradnji broda i samim time čini značajan udio u cijeni broda. Usprkos velikim štetama koje se javljaju kao posljedica djelovanja korozije još uvijek se korozijskoj zaštiti ne pridaje dovoljna pozornost čemu svjedoče brojne havarije uzrokovane korozijskim razaranjem različitih morskih konstrukcija, ali i cjelokupne kopnene infrastrukture. Razvoj novih premaza, tehnologija zaštite, educiranje ljudi i zadovoljavanje danas sve strožih ekoloških zahtjeva (problem emisije otapala u atmosferu i zbrinjavanje otpada) su samo neke od temeljnih smjernica za osiguravanje kvalitete, povećanje produktivnosti i smanjenje troškova zaštite od korozije u brodogradnji. Napretkom tehnologije brodogradnje skraćeno je vrijeme gradnje broda, a time su smanjeni i zahtjevi na trajnost radioničke zaštite što je rezultiralo razvojem nove generacije cinksilikatnih shopprimera sa smanjenim udjelom cinka koje danas koristi većina svjetske brodogradnje. Provedena ispitivanja su potvrdila prednosti cink-silikatnog shopprimera nad epoksi-željeznim oksidom, posebno u pogledu zavarljivosti (nema pojave pora), antikorozivnih svojstava (bolja zaštita) i temperaturne postojanosti (manja toplinska oštećenja). Visok stupanj automatizacije je ključan za opstanak na tržištu, a privremena radionička zaštita mora biti takva da udovolji zahtjevima brze proizvodnje bez naknadnih radova koji su uzrok dodatnih troškova i produženja vremena izrade.



6. LITERATURA

- [1] Kunigahalli L. Vasanth: "Vapor Phase Corrosion Inhibitors", ASM Handbook, 1995, Vol.13A, od 871 do 877
- [2] Tretheway R. Kenneth.: "Corrosion for Science and Engineering", Logman, UK, 1988
- [3] <http://www.corrosioncost.com/home.html>
- [4] Kattan R, Blakey J, Panosky M: "Time and Cost Effects of the Coating Process", SNAME, Journal of Ship Production, 2003, Vol.19, No.4, od 195 do 204
- [5] Berendsen A.M: "Ship painting manual ", Verfinstitut TNO, Delft, 1975
- [6] Roberge R. P.: "Handbook of Corrosion Engineering", McGraw Hill, USA, 2000
- [7] Esih I: "Osnove površinske zaštite", FSB, Zagreb, 2003
- [8] Esih I: "Teorija zaštite od korozije i njena primjena s posebnim osvrtom na inhibitore", HDZaMa, Seminar "Primjena inhibitora korozije u zaštiti inženjerskih konstrukcija", Zagreb, 2001
- [9] HEMPEL: "Hempel's shopprimers", 1996
- [10] HEMPEL: "Principi korozije"
- [11] Malfanti R: "Coating Inspection Procedures During Shop-Priming Operations", NACE International, Inspect This! The Newsletter for Nace inspectors and students, Vol. 10, No. 7, 2005
- [12] Risteovski A: "Primjena premaza u antikorozivnoj zaštiti strojarskih konstrukcija – Hempel u industriji", HDZaMa, Seminar "Zaštita čeličnih konstrukcija od korozije premazima – inhibitori korozije", Zagreb, 2003
- [13] Kleven K, Scheie J: "Corrosion protection: Inspector's book of reference", Hempel, Danska, 2003