

Vodorazrediva dvokomponentna epoksi osnovna boja za zaštitu od korozije vojne opreme i naoružanja

Korozivno delovanje na vojnoj opremi i naoružanju je jedan od ključnih faktora u pogledu sigurnosti, ekonomije i ekologije. Korozivno delovanje može se zaustaviti ili sprečiti nanošenjem antikorozivnih premaza i formiranjem prevlaka, koje u prvom redu stvaraju barijeru prema korozivnoj sredini. Većina antikorozivnih premaza, koji se danas koriste nisu ekološki prihvatljivi zbog povećane emisije organskih rastvarača u okolinu sredine. Jedan od smerova za razvoj ekološki prihvatljivih antikorozivnih premaza su vodorazredivi premazi. U ovom radu razvijena je nova formulacija Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje za zaštitu gotovo u svim korozivnim sredinama. Izbor epoksi veziva za optimalno formiranje filma, usledio je nakon praćenja procesa umrežavanja odabrane disperzije čvrste epoksi smole i umreživača alifatičnog poliaminadukta, metodom IR spektroskopije i merenjem tvrdoće formiranog filma u periodu umrežavanja. Ekološki prihvatljiv antikorozivni premaz, razvijen po novoj tehnologiji, ispitan je po standardu odbrane SORS 1549/05. Pored standardnog ispitivanja, izvršeno je i ispitivanje zaštitnih sistema: sa čisto vodorazredivim bojama i kombinovanog sistema sa vodorazredivom i bojom na bazi organskih rastvarača.

Dobijeni rezultati ukazuju da je novorazvijena ekološki prihvatljiva antikorozivna Vodorazrediva dvokomponentna epoksi osnovna boja zadovoljila sve zahteve kvaliteta za osnovnu boju po standardu odbrane SORS 1549/05. Ova boja takođe poseduje dobra zaštitna svojstva u sistemu sa vodorazredivim poliuretanskim bojama i u sistemu sa poliuretanskim bojama na bazi organskih rastvarača.

Ključne reči: vodorazredivi antikorozivni premazi, epoksi vezivo, netoksični pigmenti

1. UVOD

Korozivno delovanje na vojnoj opremi i naoružanju je jedan od ključnih faktora u pogledu sigurnosti, ekonomije i ekologije. Istraživanja su pokazala da se korozivno delovanje može zaustaviti ili sprečiti nanošenjem antikorozivnih premaza i formiranjem prevlaka, koje u prvom redu stvaraju barijeru prema korozivnoj sredini.

Uopšte se može reći da se nanošenjem antikorozivnih premaza na supstrat formira čvrst film-prevlaka. Pored drugih metoda zaštite od korozije, ovaj postupak je i najrasprostranjenija zaštita metala u pogledu efikasnosti i ekonomičnosti. Većina antikorozivnih premaza, a među njima i dvokomponentni epoksi osnovni premazi, koji se danas koriste u ovom području, nisu ekološki prihvatljivi, zbog povećane emisije organskih rastvarača u okolinu sredine. Dvokomponentni epoksi osnovni premazi zauzimaju vodeće mesto u primeni za zaštitu od korozije u veoma korozivnim sredinama. Posle sušenja formiraju suve filmove-prevlake, koje se odlikuju izvanrednom otpornošću na organske i neorganske hemikalije. Obzirom na značajnu primenu dvokomponentnih epoksi osnovnih premaza u antikorozivnoj zaštiti, sa pojavom ekološke regulative i zakona o dopuštenoj isparljivosti organskih rastvarača u okolinu sredine, izvršene su brojne i opsežne promene u sastavu istih. Razvijane su nove formulacije u kojima je smanjivano, a sa vremenom i potpuno zamenjeno učešće organskih rastvarača. Nastali novi proizvodi, osim što predstavljaju

¹ Adresa autora: ¹Niš, Nikole Pašića 65/14,

² Vojno-tehnički institut, Beograd, Ratka Resanovića 1

ekološki prihvatljive proizvode [1,2], jer se za proizvodnju i primenu koristi voda, umesto organskih rastvarača, koja ima prednosti u nezapaljivosti i neotrovnosti, pružaju i dobru antikorozivnu zaštitu u gotovo svim korozivnim sredinama.

Međutim, treba uzeti u obzir da se fizička svojstva vode i organskih rastvarača bitno razlikuju. Upravo zbog toga, formulisanje vodorazredivih dvokomponentnih epoksi osnovnih premaza je znatno složenije u odnosu na dvokomponentne epoksi osnovne premaze na bazi organskih rastvarača, a cena konačnog proizvoda je veća.

Te razlike mogu uticati na područje primene, dok se samo nanošenje vodorazredivih premaza ne razlikuje od nanošenja premaza na bazi organskih rastvarača.

Izborom tehnike nanošenja (bezvazdušno ili vazdušno raspršivanje, četka, valjak), mora se osigurati dobro formiranje filma. Kako bi se postigla dobra i ravnomerna atomizacija, viskoznost premaza mora biti odgovarajuća, a oprema za raspršivanje mora imati odgovarajući kapacitet i izlazni pritisak. Za postupak raspršivanja od velike važnosti je da se koriste dizne odgovarajuće veličine i da udaljenost između pištolja i površine bude 30-50cm. Najvažniji parametri pri nanošenju vodorazredivih premaza su temperatura okoline iznad 5°C i relativna vlažnost vazduha 85%.

Po novoj tehnologiji, eksperimentalnim ispitivanjem, ostvarena je optimalna formulacija i tehnološki postupak za realizaciju ekološki prihvatljivog epoksi osnovnog premaza, bez učešća organskih rastvarača. Vodorazrediva dvokomponentna epoksi osnovna boja, kao samostalni osnovni premaz stvara izdržljiv premaz, otporan na abraziju i udar, alifatične ugljovodonike i slične proizvode. Organoleptički je prihvatljiva, jer je bez mirisa. Ima svojstva dobrog kvašenja podloge i niske vodopropustljivosti. Posедуje dobru adheziju na različitim podlogama i preko starih premaza. Pruža dobru zaštitu od korozije u sistemima sa poliuretanskim ili epoksi pokrivnim premazima.

U formulaciji i sastavu Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje primenjeno je više sirovina (epoksi vezivo, pigmenti, punila, sredstva za kvašenje, stabilizaciju i dr.). Uloga komponenata u sastavu je različita: epoksi vezivo i pigmenti su osnovne komponente, a ostale komponente su modifikatori međusobnih odnosa osobina. Izborom odgovarajućeg epoksi veziva omogućena je dobra adhezivnost, mehanička i hemijska otpornost prevlake, dok su pigmentima obezbeđena antikorozivna i optička svojstva. Razvoj ekološki prihvatljivih epoksi premaza, uključuje i razvoj ekološki prihvatljivih sirovina u komponentnom sastavu proizvoda. U tu svrhu razvijeno je i područje disperzija čvrstih epoksi smola za vezivne materijale u epoksi premazima, sa kojima je omogućeno formiranje filma na ambijentalnoj temperaturi bez dodataka organskih rastvarača.

1.1. Razvoj i struktura epoksi smola

Početak stvaranja i razvoja epoksi smola vezuje se za 1934godinu, kada je od strane P. Schlaka , prvi put opisano formiranje visoko molekulskih poliaminskih derivata reakcijom ukrštanja epoksida sa aminima. Četiri godine kasnije Švajcarski hemičar P. Castan, dolazi do saznanja da su epoksi jedinjenja izuzetno pogodna za dobijanje plastičnih proizvoda, pošto vulkanizuju bez otpuštanja gasova, pri čemu daju materijale sa iznenađujuće niskim stepenom skupljanja. Tako je otkriven način dobijanja ukrštenih sintetičkih smola sa izuzetnim mehaničkim karakteristikama i izvrsnom termičkom i hemijskom otpornošću [3].

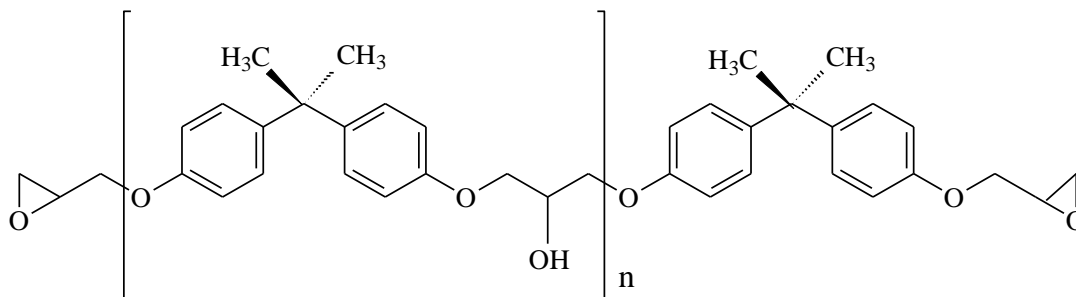
Prvi put upotrebljene u zubarskoj tehnici, epoksi smole su svojim izvanrednim osobinama otvorile vrata novim načinima proizvodnje čitave palete raznovrsnih lepkova, premaza, livačkih smesa i plastike, što je uslovalo ekspanziju proizvodnje i upotrebe epoksi smola.

U industriji boja i lakova koriste se kao veziva u proizvodnji premaza za zaštitu objekata izloženih industrijskoj atmosferi, objekata u kojima se skladišti ili transportuju životne namirnice, voda za piće, alkohol, žestoka pića, organski rastvarači i druge vrste proizvoda.

U elektroindustriji, usled dobrih elektro izolacionih osobina koriste se za livenje, zatapanje i izolaciju raznih električnih konstrukcionih elemenata, kao i za presvlačenje žica. Vrlo značajna

oblast primene epoksi smola predstavlja izrada mašinskih delova, zbog osobina malog skupljanja i odlične dimenzione stabilnosti.

Ovi čvrsti ili tečni polimeri sa niskom tačkom ključanja predstavljaju polietre, na čijim se krajevima nalaze epoksi grupe, kao reaktivne grupe i sekundarne hidroksidne grupe po dužini lanca [4]. U opštem obliku struktura epoksi smola predstavlja se strukturnom formulom prikazanom na Sl. 1.



Slika 1. Opšta struktura epoksi smola

Oko 85% svetske proizvodnje epoksi smola, što je u korelaciji sa upotrebom, bazira na proizvodima reakcije bisfenola A i epihlorhidrina. Da bi se dobio 1 mol smole sa prosečnom vrednošću "n" za deo lanca u zagradi, onda mora (n+1) mola bisfenola A da reaguje sa (n+2) mola epihlorhidrina. Vrednost "n" je mera dužine molekulskog lanca, a takođe i molekulske mase. Epoksi smole sa vrednošću $n < 1$ su tečne, a kod čvrstih smola vrednost "n" se kreće od 2-13, ponekad i više [5,6]. Naročito značajna osobina epoksi smola jeste široka mogućnost oblika u kome se mogu upotrebiti i to: u organskim rastvaračima, bez rastvarača, sa visokim sadržajem suve materije, u obliku praha i kao dispergovane/emulgovane epoksi smole.

Razvoj disperzija čvrstih epoksi smola sa povećanom fleksibilnošću, usko je povezan sa zakonskim ograničenjem korišćenja organskih rastvarača u dvokomponentnim epoksi premazanim sredstvima. Modifikacijom čvrstih epoksi smola dispergovanih u vodi sa segmentima polimera elastične strukture, omogućena je sinteza elastičnih epoksi smola sa izuzetnim rezultatima, što se tiče adhezije na različitim podlogama, kao i otpornosti pri ispitivanju u slanoj i klima komori [7,8]. Čestice čvrste epoksi smole u vodenoj disperziji su veličine oko 500nm. Osobine čvrstih epoksi smola dispergovanih u vodi su u mnogim slučajevima bolje u odnosu na osobine epoksi smola, koje se primenjuju u dvokomponentnim epoksi sistemima na bazi organskih rastvarača, a ekološki su pogodne i za proizvodnju i za primenu. Karakteristična vrednost za formiranje filma, kao i kod lateks disperzija, je „MFT“ minimalna temperatura formiranja filma. Dok je „MFT“ kod lateks disperzija konstantna vrednost, kod dvokomponentnih vodorazredljivih epoksi veziva „MFT“ se povećava sa komponentom očvršćivača. Čvrste epoksi smole dispergovane u vodi, formiraće film u dvokomponentnim sistemima, bez defekata, samo ako se ostvari sušenje na temperaturi jednakoj ili višoj njihovoj „MFT“ temperature.

1.2. Teoretske osnove umrežavanja epoksi smola

Epoksi smole, same za sebe formiraju vrlo loše filmove. Filmovi sa dobrim osobinama dobijaju se samo kada se kreiraju ekstenzivno trodimenzionalno povezane strukture od linearnih epoksi smola u reakcijama sa odgovarajućim polifunkcionalnim umreživačima [9].

U procesu umrežavanja epoksi smola, obuhvaćeni su svi hemijski procesi u kojima se transformišu niskomolekulski polimeri epoksi smole u polimer vrlo velike molekulske mase i trodimenzionalno umrežene strukture.

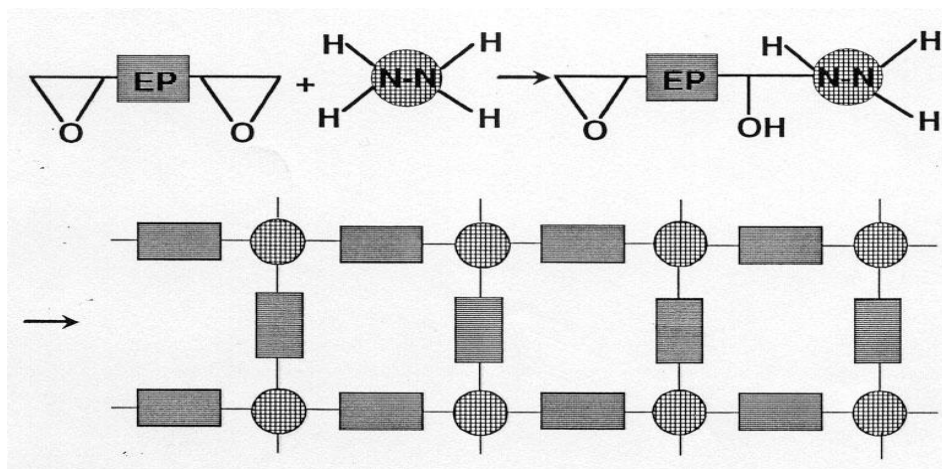
Reakcije, koje se odvijaju u procesu umrežavanja epoksi smola, prvenstveno se odnose na adiciju umreživača preko njegovih funkcionalnih grupa na epoksi prsten [4]. Moguće su reakcije sa eventualno prisutnom hidroksilnom grupom epoksi smola, pa i reakcije homopolimerizacije. Osim

razlike u brzinama sa kojima se odvijaju pojedine od spomenutih reakcija, kao posledica raznolikosti sastava i strukture, u kasnijoj fazi umrežavanja, naročito značajnu ulogu ima sposobnost difuzije funkcionalnih grupa, obzirom da je njihova gipkost, porastom viskozitet sredine znatno umanjena, pa ovaj momenat često ima presudnu ulogu.

Najčešće korišćena reakcija za umrežavanje epoksi smola je reakcija poliadicije. Adicijom vodonikovog atoma na epoksi prsten nastaju polarne hidroksilne grupe i sekundarne amino grupe. Ove druge dalje reaguju uz formiranje tercijarne amino grupe i sledeće hidroksilne grupe. Zapaženo je katalitičko dejstvo tercijarnih amina, a povećanjem koncentracije hidroksilnih grupa proces umrežavanja se ubrzava. Na stepen umreženosti bitno utiče odnos funkcionalnih grupa. Najoptimalniji stepen umreženosti postiže se pri stehiometrijskom odnosu funkcionalnih grupa, koje učestvuju u procesu umrežavanja. Uticaj temperature je takođe značajan. U organskim prevlakama, epoksi molekuli su umreženi potpuno površinski i dubinski isprepleteni, a formirani film je nepropustan za korozivne agense što je prikazano na Sl.2.

Mehanička i hemijska svojstva filmova u velikoj meri zavise od primenjenog umreživača. Teoretski svi organski i neorganski molekuli, koji sadrže vodonikove atome, pogodni su kao partneri epoksi smola u reakcijama umrežavanja. Posmatrano u celini, može se zapaziti da izbor umreživača uslovljava njihovu primenu. Raznolikost umreživača za otvrdnjavanje, daleko nadmašuje izbor epoksi smola. Svojom različitom strukturom i prisutnim funkcionalnim grupama, omogućavaju komponovanje sistema po želji, koji imaju specifične namene. Tako ako su metalne površine zaštićene epoksi sistemom permanentno izložene uticaju vode, pogodni umreživači su poliamidoamini; za dobijanje visoke elastičnosti filmova primenjuju se poliamini; za veoma teške uslove eksploatacije u obzir dolazi primena većeg broja umreživača različitih po sastavu i strukturi.

Sve to omogućuje veoma široku primenu epoksi smola.



Slika 2. Umrežavanje epoksi smola sa poliaminima

UMREŽAVANJE ČVRSTIH EPOKSI SMOLA DISPERGOVANIH U VODI

Formiranje filma sa čvrstim epoksi smolama dispergovanim u vodi odvija se po istom mehanizmu, koji je dobro poznat iz lateks disperzija.

Sušenje i umrežavanje čvrste epoksi smole dispergovane u vodi sa polifunkcionalnim umreživačem počinje isparavanjem vode i drugih isparljivih komponenata. Voda se oslobađa veoma brzo, što dovodi do čvršćeg zbijanja čestica epoksi smole i umreživača. Koncentracija čestica se povećava sve dok ne dođu u međusobni kontakt i poprime zbijen raspored.

Reakcija poliadicije započinje na interfejsu epoksi smola-poliamin, a završava se blizu centra čestice. Iz poznatog mehanizma reakcije, može se smatrati da se povezivanje odvija kao reakcija poliamina sa epoksi smolom u praktično stehiometrijskom odnosu, a proces formiranja filma se obično završava sa maksimalnim stepenom umreženosti od 80%.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. Materijali

Za formiranje komponentnog sastava Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje izvršena su istraživanja i analiza proizvođača sirovina za vodorazredive premaze i nakon toga izabrani su materijali za komponentni sastav naznačenog proizvoda. U toku ispitivanja više puta je modifikovan komponentni sastav i tehnološki postupak, radi ostvarivanja optimalnih karakteristika proizvoda. Materijali, koji su korišćeni u ovom istraživanju predstavljaju reprezentativne uzorke postojećih proizvoda, poznatih proizvođača za industriju boja i lakova.

Na osnovu analize karakteristika u komponentnom sastavu Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje za vezivni materijal odabrana je disperzija čvrste epoksi smole i umreživač alifatični poliaminadukt.

Smeša epoksi smole i umreživača u stehiometrijskom odnosu naneta je na čvrstu podlogu radi praćenja promene tvrdoće suvog filma tokom umrežavanja.

Tvrdoća suvog filma određena je indirektnim putem, merenjem vremena (sec. Kö), u kojem se smanjuje amplituda oscilovanja određenog klatna, koje leži na film (metoda ISO 1522). Analizom dobijenih rezultata uočena je konstantna vrednost tvrdoće posle 7(sedam) dana, što ukazuje da je umrežavanje epoksi smole završeno.

Proces umrežavanja dispergovane čvrste epoksi smole praćen je i IR spektroskopijom [10].

FTIR spektri disperzione čvrste epoksi smole i umreživača alifatičnog poliaminadukta snimani su metodom nanošenja tankog filma na nosač KRS-5 pločice, a FTIR spektri umrežene dispergovane čvrste epoksi smole snimani su KBr tehnikom (formiranjem pastila od mešavine 1mg.uzorka i 150mg. KBr).

Snimanja su vršena na spektroskopu Bomem Hartman & Braun MB-100 series u oblasti talasnih brojeva $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ na Tehnološkom fakultetu u Leskovcu, Univerzitet Niš.

Karakteristična epoksi grupa dispergovane čvrste epoksi smole identifikovana je [11] na osnovu prisustva trake u FTIR spektru $3060 - 3000 \text{ cm}^{-1}$ od valentnih CH -vibracija epoksi prstena, 1250 cm^{-1} od valentnih CO vibracija epoksi prstena i na $960 - 810 \text{ cm}^{-1}$ od deformacionih CH vibracija epoksi prstena.

Radi detaljnije analize treba imati u vidu da se u valentnoj IR oblasti nalazi traka sa centroidom na 3036 cm^{-1} koja potiče od CH vibracija aromatičnog prstena.

Smanjenje intenziteta i skoro nestajanje IR trake na 3056 cm^{-1} kod umreženog veziva karakteriše otvaranje epoksi prstena, njegovu reaktivnost i promenu sadržaja. U prilog ovakvom mehanizmu umrežavanja (adicija vodonika iz amino grupe umreživača na epoksi prste) govori i promena intenziteta i položaja trake novoformirane OH grupe u valentnoj IR oblasti na oko $3417 - 3433 \text{ cm}^{-1}$ u zavisnosti od dana umrežavanja.

Korišćenjem Win-Bomem&Easy softvera [12] određivan je preostali sadržaj epoksi grupe na Tehnološkom fakultetu u Leskovcu, u procesu umrežavanja sa vremenom, koji istovremeno predstavlja stepen umreženosti.

Određen je maksimalni stepen umreženosti od 75,3% . Ostvoreni stepen umreženosti u reakciji poliamina sa epoksi smolom, ukazuje na korektno postavljen stehiometrijski odnos u primenjenom epoksi vezivu za formiranje filma prevlake sa Vodorazredivom dvokomponentnom epoksi osnovnom bojom.

Efikasna zaštita metalnih površina od dejstva korozije sa Vodorazredivom dvokomponentnom epoksi osnovnom bojom ostvarena je primenom netoksičnog antikorozivnog pigmenta [13], koji na katodnim i anodnim površinskim centrima obrazuje pasivizirajuće zaštitne slojeve. Dobri rezultati u inhibiranju korozivnih procesa postignuti su sa cinkfosfatom.

Inhibirajuće elektrohemijsko dejstvo cinkfosfata zasniva se na sledećem:

- Hidroliza pigmenta na stvaranju fosforne kiseline [14].
- Disocijacija kristalne vode pigmenta i stvaranje baznih kompleksnih kiselina.

Proces inhibiranja sastoji se u reakciji ovih kiselina sa fero i feri jonima na stvaranju inhibitorskih kompleksa i u reakciji ovih kiselina sa fosfatnim anjonima, odnosno sa fosfatnom kiselinom i stvaranju inhibitorskih kompleksa.

Za efikasno inhibiranje cinkfosfatom, osnovni zahtev predstavlja dovoljno visoka koncentracija fosfatnih pasivizirajućih anjona što je i ostvareno u Vodorazredivoj dvokomponentnoj epoksi osnovnoj boji.

Pored efikasne zaštite od korozije, pokrivnost osnovne boje ostvarena je primenom titandioksida [15] u sastavu, pigmenta, kojim se obezbeđuje efikasno rasipanje svetlosti i hemijska rezistentnost prema kiselinama, bazama i dr.

U komponentnom sastavu Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje značajno je učešće pomoćnih sredstava [16]. Površinski aktivnim sredstvima za dispergovanje i kvašenje otklonjene su energetske barijere u glavnom sirovinskom sastavu, a time je postignuta optimalna raspodela čestica i stabilizacija osnovne boje. Upotrebom pomoćnih sredstava protiv taloženja ostvarena je stabilizacija u lagerovanju. Pomoćnim sredstvima omogućena je brža deaeracija premaza. Tiksotropija osnovne boje, kojom se obezbeđuje visoka nadgradnja filma, ostvarena je primenom reoloških aditiva.

Na osnovu rezultata eksperimentalnog istraživanja, kroz modifikaciju sastava i tehnoloških faza rada, razvijen je novi proizvod :

Vodorazrediva dvokomponentna epoksi osnovna boja za antikorozivnu zaštitu vojne opreme i naoružanja, ekološki prihvatljiv, jer se u proizvodnji i primeni koristi voda umesto organskih rastvarača sa sledećim karakteristikama:

| | |
|---|--------------------------|
| - VOC | 37 (g/L) |
| - Sadržaj suve materije težinski (A+B) | 67 (%) |
| - Gustina (A+B) na 20°C | 1,5 (g/cm ³) |
| - Odnos spajanja komponenata težinski | A : B = 100 : 12 |
| - Stehiometrički odnos amina : epoksi | 0,75 : 1 |
| - Vreme upotrebe spojenih komponenata na 23°C | 1,5 – 2 (h) |
| - Teoretska potrošnja | 5 (m ² /kg) |

Preporučuje se kao osnovni premaz prvenstveno u poliuretanskim ili epoksi sistemima. Komponente se spajaju pred upotrebu. Ne deluje štetno na okolinu.

Prednosti Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje za primenu:

- Nizak sadržaj organskih rastvarača
- Brzo sušenje i otvrdnjavanje
- Dobra adhezija na različitim podlogama i starim premazima
- Visoka nadgradnja sa samo jednim slojem
- Komparativne performanse u odnosu na dvokomponentne epoksi osnovne boje na bazi organskih rastvarača.

2.2. Ispitivanje kvaliteta po standardima odbrane

Uzorak boje, razvijen po novoj tehnologiji od strane istraživača, urađen u laboratoriji "Pomoravlja" Niš oznake "VODORAZREDIVA DVOKOMPONENTNA EPOKSI OSNOVNA BOJA" ispitan je u Vojnotehničkom institutu Beograd, Sektor za materijale i zaštitu, prema zahtevima SORS 1549/05 kojima je definisan kvalitet epoksi dvokomponentne osnovne boje, na bazi organskih rastvarača, za primenu u sistemima AKZ NVO. Pored ispitivanja prema SORS 1549/05, izvršena su i dodatna ispitivanja koja se koriste u fazi osvajanja, razvoja i standardizacije novih kvaliteta premaznih materijala za AKZ NVO.

Priprema uzoraka za laboratorijsko ispitivanje

Izrada uzoraka premaza vršena je u skladu sa zahtevima SORS 1634/03. Kao podloga za izradu uzorka za ispitivanje korišćene su ploče, dimenzije 150mm x 70mm x 0,7-1mm, na bazi čelika Č.0147 kvaliteta prema SRPS C.B3.521 i legure aluminijuma kvaliteta prema SRPS EN 485-1.

Priprema površina izvedena je brušenjem brusnim papirom P 240 do stepena St3 i odmašćivanjem medicinskim benzinom. Boja je pripremljena tako što su komponente spojene u odnosu A : B = 100: 12, homogenizovana mešanjem, razređena vodom do 5% i nanešena 15 min. nakon spajanja komponentata. Pripremljena boja naneta je na podlogu raspršivanjem pomoću komprimovanog vazduha u uslovima okoline $t = 26^{\circ}\text{C}$ i $\text{RVv} = 50\%$. Ispitivanje uzoraka vršeno je 48 sati nakon nanošenja. Debljine prevlaka u proseku su iznosile 50 - 70 μm .

Uzorak Vodorazredive dvokomponentne osnovne epoksi boje ispitan je i u sistemu sa vodorazredivom dvokomponentnom pokrivnim poliuretanskom bojom, kao i u sistemu sa konvencionalnom dvokomponentnom pokrivnim poliuretanskom bojom kvaliteta po SORS 1564/03, u cilju ocene kompatibilnosti vodorazredivih i konvencionalnih boja i mogućnosti primene kombinovanih zaštitnih sistema u AKZ NVO (npr. za parcijalno ili celokupno obnavljanje postojećih zaštitnih sistema na sredstvima NVO, baziranih isključivo na osnovnim i pokrivnim bojama na bazi organskih rastvarača).

Uzorci zaštitnih sistema izrađeni su nanošenjem pokrivne boje na osnovni premaz u vremenskom razmaku od 24 sata. Ispitivanja uzoraka zaštitnih sistema vršena su 7 dana nakon završenog očvršćavanja premaza. Ocena kvaliteta zaštitnih sistema vršena je prema unapred definisanim zahtevima.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati uzoraka prevlaka Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje ispitani i ocenjeni prema zahtevima SORS 1549/05 prikazani su u tabeli 1.

Rezultati ispitivanja zaštitnog sistema na bazi samo vodorazredivih boja (sistem 1) i zaštitnog sistema na bazi kombinacije ispitivanog uzorka Vodorazredive epoksi osnovne boje i konvencionalne poliuretanske boje po SORS 1564 (sistem 2) prikazani su u tabeli 2.

Tabela 1 Rezultati ispitivanja Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje

| Ispitivana karakteristika | Metoda ispit. SORS 1634 | Zahtev po SORS 1549 | Rezultati ispitivanja |
|---|--|---|------------------------------|
| Stanje u posudi | M1 | homogena suspenzija | zadovoljava |
| Osobine pri razređivanju i nanošenju | M2 M8 | premaz ujednačene debljine, bez nedostataka | zadovoljava |
| Vreme sušenja, h - suv na prašinu - potpuno suv | M 9 | 6 do 8 najviše 24 | 1-1,5 zadovoljava |
| Vreme upotrebljivosti, h | - | NE zahteva se | oko 2 |
| Izgled prevlaka | M 13 | bez površinskih nedostataka | zadovoljava |
| Debljina prevlaka, µm | M 11 | 30-40 | 50-60 |
| Prianjanje | M 14 | GT 0 | zadovoljava |
| Elastičnost, mm | M 23 | 6 | > 6,3 |
| Savitljivost, Ø mm | M 24 | 6 | zadovoljava |
| Postojanost prema vodi | M 25 | bez promene izgleda, prianjanja posle 24 h | zadovoljava (168 h) |
| Tvrdoća, s | M 19 | NE zahteva se | 34-36 |
| Postojanost u vlažnoj atmosf. | M 27 | NE zahteva se | zadovoljava (168 h) |
| Postojanost u slanoj magli | M 28 | NE zahteva se | zadovoljava (168 h) |

Tabela 2 Rezultati ispitivanja zaštitnih sistema prevlaka na bazi Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje i pokrivnih poliuretanskih boja

| Ispitivana karakteristika | Met. ispit. SORS 1634 | Zahtev | Rezultati ispitivanja | |
|---|-----------------------|---|------------------------|------------------------|
| | | | sistem 1 | sistem 2 |
| Kompatibilnost osnovnog i pokrivnog premaza | - | bez raslojavanja i površinskih nedostataka | zadovoljava | zadovoljava |
| Izgled prevlaka | M 13 | bez površinskih nedostataka | zadovoljava | zadovoljava |
| Debljina prevlaka, μm | M 11 | do 140 | 110-130 | 110-120 |
| Prianjanje ("rešetka" 2 mm) | M 14 | GT 0 | zadovoljava | zadovoljava |
| Elastičnost, mm | M 23 | 5 | 4,5 | >5 |
| Savitljivost, \varnothing mm | M 24 | 6 | zadovoljava | zadovoljava |
| Otpornost na udar, br. kugl. | M 20 | 4500 | zadovoljava | zadovoljava |
| Postojanost prema vodi | M 25 | bez promene izgleda, prianjanja posle 168 h | zadovoljava | zadovoljava |
| Postojanost prema mešavini izooktan/benzen | M 25 | bez promene izgleda, prianjanja posle 24 h | zadovoljava | zadovoljava |
| Postojanost prema dizel gorivu | M 25 | bez promene izgleda, prianjanja posle 24 h | zadovoljava | zadovoljava |
| Postojanost prema motornom ulju | M 25 | bez promene izgleda, prianjanja posle 96 h, $t=100^{\circ}\text{C}$ | zadovoljava | zadovoljava |
| Postojanost u vlažnoj atmosferi | M 27 | bez promene izgleda, prianjanja | zadovoljava (168 h) | zadovoljava (168 h) |
| Postojanost u slanoj magli | M 28 | bez promene izgleda, prianjanja | zadovoljava (168 h) | zadovoljava (168 h) |

Pri nanošenju Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje, postupkom raspršivanja, nisu uočene razlike u odnosu na boje sa organskim rastvaračima.

Rezultati izmerenih debljina prevlaka pokazuju da je ostvarena visoka nadgradnja filma nanošenjem samo u jednom sloju. Vizuelnim pregledom konstatovana je kompaktnost filma i strukturna homogenost, bez površinskih defekata.

Vrednosti, koje su dobijene merenjem mehaničkih osobina prevlaka Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje ne zaostaju za vrednostima mehaničkih osobina Dvokomponentnih epoksi osnovnih boja na bazi organskih rastvarača pod istim uslovima sušenja i otvrdnjavanja na sobnoj temperature.

Rezultati pokazuju da su prevlake Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje postojane u slanoj magli i vlažnoj atmosferi.

Na probnim uzorcima sa zaštitnim sistemima : Sistem 1 na bazi vodorazredivih boja i kombinovani Sistem 2 na bazi vodorazredive i boje sa organskim rastvaračima, ostvarena je dobra kompatibilnost između osnovne i pokrivne prevlake.

Ova ispitivanja potvrdila su podjednaku mogućnost primene vodorazredivih boja i boja sa organskim rastvaračima preko prevlaka Vodorazredive dvokomponentne epoksi osnovne boje.

Kod merenja debljina prevlaka Sistema 1 i Sistema 2 konstatovane su ujednačene vrednosti, što ukazuje da se pri primeni, u reološkom pogledu, vodorazredive boje i boje sa organskim rastvaračima podjednako ponašaju.

Rezultati uporednih ispitivanja ukazuju da su sa Sistemom 1 i Sistemom 2 ostvarene dugotrajne performanse (adhezija, mehanička zaštita i hemijska postojanost) neophodne za primenu u antikorozivnoj zaštiti vojne opreme i naoružanja.

4. ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati su pokazali da je ispitivana Vodorazrediva dvokomponentna epoksi osnovna boja zadovoljila sve zahteve kvaliteta za osnovnu boju po SORS 1549/05 i da u kombinaciji sa pokrivnim poliuretanskim bojama (ispitivanim uzorkom vodorazredive boje i bojom na bazi rastvarača, kvaliteta po SORS 1564), formira sistem prevlaka, koje poseduju strukturnu homogenost, stabilnost i zadovoljavajući nivo kvaliteta fizičko-mehaničkih svojstava, hemijske otpornosti i zaštitne sposobnosti.

LITERATURA

- [1] Alar V., Stojanović I., Mihalić I., Zaštita ugljovodoničnog čelika vodorazredivim premazima, *Zaštita materijala*, 52(2011),3, 201-207.
- [2] Stojanović I., Alar V., Juraga I., Analiza zaštititnih svojstava premaza na vodenoj bazi na metalnim podlogama, *Zaštita materijala*, 53(2012),3, 195-201.
- [3] Rašković Lj., Zlatković S., Epoksidniji sistemi v oblasti poverhnosti zaštiti organskim i pokritijami, *Zbornik naučnih trudov, Meždunarodnaja naučna metodičeskaja konferencija*, Belgorod, Rosija, 2003.
- [4] Rašković Lj., *Osnovi polimernog inženjerstva*, Tehnološki fakultet Leskovac, Univerzitet Niš, 1995, 26-34.

- [5] Ciba Geigy, Publ.28316/e, Bazel, Switzerland, 1991.
- [6] Ciba Geigy, Publ. 28337/e, Bazel, Switzerland, 1998.
- [7] Klein H., Jorg K.,Progres in organic Coatings, 32(1997), 119-125.
- [8] Müller F., Vianova Resins AG, Waterborne 2-komponent epoxy systems, Internacional Symposium in Brussels,1998-
- [9] Tadić N., Diplomski rad, Korelacija otvrdnjavanja epoksi smola u premaznim sredstvima, Teh nološki fakultet Leskovac, Univerzitet Niš, 2000.
- [10] Zlatković S., NikolićG., Stamenković J., Hemijska industrija,57(11),(2003), 563-567.
- [11] Milosavljević S., Strukturne instrumentalne metode, Hemijski fakultet,Beograd, 44-132, 1994.
- [12] Bomen Hartman&Braun, The Michelson series FTIR spectrometer, Users guide, Quebec, Canada, 85-104,1994.
- [13] Rašković Lj., Đorđević D., Cakić S., Untoxi anticorrosion pigments for grund coat in organic coatings, Facta Universtatis, University of Niš, Vol 1,No2, (1997), 1-9.
- [14] Mayer G.,Defazet, Vol 21, (1967), 7.
- [15] Rašković Lj., Tadić N., Titandioksid u organskim prevlakama, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Univerzitet Niš, 19-51, 2001.
- [16] Cognis, Technical Data Sheets, Additives Germany.

Waterborne two-pack epoxy base paint for anticorrosion protection of weapon and military equipment

Effects of corrosion on military equipment and weapons is one of the key factors in the terms of safety, economy and ecology. Corrosion activity can be stopped or prevented by applying anti-corrosion coatings and coating formation, which primarily creates a barrier to the corrosive environment. Most of the anticorrosion coatings, that are used today, are environmentally unfriendly due to increased emissions of organic solvents to the environment. One of the directions for the development of environmentally friendly anticorrosion coatings are waterborne coatings. In this paper the new formulation of waterborne two-pack epoxy coatings for basic protection in almost all corrosive environments is developed. Epoxy binder for optimum film formation, has been selected by monitoring the cross-linking of specific solid dispersion of epoxy resin and aliphatic polyamine adduct cross-linker, performed by IR spectroscopy and by measuring the hardness of the film formed during the cross-linking. Environmentally friendly anticorrosive coating, developed by new technology, has been tested according to the military standard SORS 1549/05. Besides that, a few more testing (by using the clean waterborne paints and by using the combined system with waterborne paints and paints based on organic solvents) of protective systems are performed.

The final results indicate that the newly developed, environmentally acceptable, anticorrosive paint, Waterborne two-pack epoxy base paint, meet all the quality requirements according to the military standard SORS 1549/05, to be used as the basic paint color. This paint also has a good protective properties in the system with waterborne polyurethane coatings and in the system with polyurethane paints based on organic solvents.

Keywords: *waterborne anticorrosion coatings, epoxy binder, non-toxic pigments*

Professional paper

Received for Publication: 20/05/13

Accepted for Publication: 23/07/13