

JELENA B. BAJAT<sup>1</sup>  
VESNA B.  
MIŠKOVIĆ-STANKOVIĆ<sup>1</sup>  
JOVAN P. POPIĆ<sup>2</sup>  
DRAGUTIN M. DRAŽIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tehnološko-metalurški fakultet,  
Beograd

<sup>2</sup>IHTM, Beograd

NAUČNI RAD

669.1-034.5+621.794.62:539.61:620.193

## ADHEZIJA EPOKSIDNE KATAFORETSKE PREVLAKE NA FOSFATIRANOM POCINKOVANOM ČELIKU

*U radu je ispitivana modifikacija površine pocinkovanog čelika fosfatnim prevlakama na adheziju epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku. Površina pocinkovanog čelika je modifikovana hemijskim taloženjem fosfatnih prevlaka, pri različitim koncentracijama fluoridnog jona u rastvoru za fosfatiranje, kao i na različitim temperaturama rastvora za fosfatiranje i praćena je promena adhezije epoksidne kataforetske prevlake na njoj, pre i tokom delovanja korozionog agensa.*

*Ispitivana je hrapavost modifikovanih površina pocinkovanog čelika, kao i njihova kvašljivost emulzijom epoksidne smole u vodi. Adhezija epoksidnih prevlaka na fosfatiranom pocinkovanom čeliku je ispitivana u rastvoru 3mas.% NaCl.*

Da bi neka metalna površina bila zaštićena od korozije organskom prevlakom, potrebno je na metal prethodno naneti sloj koji će sa jedne strane dobro da se vezuje za površinu metala, a sa druge strane, da se vezuje sa premaznim sredstvom na bazi organskih jedinjenja. Taj sloj se naziva konverzionna prevlaka, a fosfatne prevlake su jedne od najčešće korišćenih konverzionih prevlaka za zaštitu metala od korozije. Fosfatne prevlake imaju dobru korozionu postojanost i otpornost prema habanju, pa se zbog toga u velikoj meri koriste u automobilskoj, procesnoj i namenskoj industriji [1]. Dva glavna razloga za zaštitu metala fosfatiranjem su poboljšanje adhezije organske prevlake na supstratu, kao i sprečavanje širenja korozije metala ispod organske prevlake u slučaju oštećenja [2].

Određivanje adhezije organske prevlake se koristi za karakterisanje zaštitnih svojstava organskih prevlaka na metalnom supstratu [3], jer loša adhezija prevlake može kasnije u eksploataciji predmeta dovesti do ljuštenja prevlake. Cilj ovoga rada je ispitivanje adhezije epoksidne kataforetske prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku, kao i uticaja koncentracije fluoridnog jona u rastvoru za fosfatiranje na adheziju epoksidne prevlake, pošto prisustvo fluoridnih jona utiče na formiranje tanjeg oksidnog sloja na površini metala [4], a prisustvo oksidnog filma utiče na adheziju organske prevlake [5].

### EKSPERIMENTALNI DEO

Pločice od pocinkovanog čelika dimenzija 40x40x0,25 mm (za pull-off test) i 14x14x0,25 mm (za NMP test) pripremane su za fosfatiranje na sledeći način: odmašćivanjem acetonom, ispiranjem destilovanom

vodom, nagrivanjem u 3% rastvoru H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tokom 30 s na sobnoj temperaturi i ispiranjem destilovanom vodom.

Nakon izvršene pripreme površine pocinkovanog čelika nanošene su konverzione prevlake fosfatiranjem u rastvorima različite koncentracije fluoridnog jona i na različitim temperaturama rastvora za fosfatiranje. Fosfatna prevlaka je hemijski taložena iz 5% rastvora FOSIN-30-Al sredstva za odmašćivanje i fosfatiranje, na temperaturama od 50, 65 i 80°C tokom 5 min. Radi ispitivanja uticaja koncentracije fluoridnog jona u ovaj osnovni rastvor za fosfatiranje dodavane su različite količine NaF (0,1, 0,5 i 1,0 g dm<sup>-3</sup> NaF). Debljina fosfatnih prevlaka je bila oko 1,5 μm.

Sve hemikalije su bile p.a. čistoće. Rastvori su pravljivi sa destilovanom vodom.

Srednja hrapavost, R<sub>a</sub>, površine pocinkovanog čelika i fosfatiranog pocinkovanog čelika, određivana je instrumentom TR-200 HANDHELD ROUGHNESS TESTER.

Kvašljivost supstrata emulzijom epoksidne smole u vodi, koja je korišćena za formiranje epoksidne prevlake, određena je grafički iz podataka dobijenih primenom metode kapljice [3].

Za formiranje epoksidne prevlake na površini pocinkovanog čelika i fosfatiranog pocinkovanog čelika, korišćena je emulzija epoksidne smole modifikovane aminom i izocijanatom u vodi. Koncentracija polimera je bila 10 mas.%, radna temperatura 26°C i napon taloženja 250 V. Epoksidna prevlaka je formirana taloženjem emulzije epoksidne smole tokom 3 minuta, ispiranjem vodom i sušenjem na 180°C tokom 30 minuta [6]. Debljina dobijenih prevlaka je bila 22±1 μm, a merenje debljine je vršeno korišćenjem instrumenta FISCHER DUALSCOPE-MPOR.

Adhezija epoksidne prevlake na pocinkovanom čeliku i fosfatiranom pocinkovanom čeliku određivana je pull-off metodom, merenjem sile kidanja pomoću uređaja ADHESIONMASTER 513 MC/ 525 MC.

Određivanje adhezije epoksidne prevlake na različitim supstratima vršeno je pre delovanja 3% rastvora NaCl (tzv. "suva" adhezija), kao i u određenim vremen-

Adresa autora: J.B. Bajat, Tehnološko-metalurški fakultet, Karadjijevo 4, 11000 Beograd  
E-mail: jela@tmf.bg.ac.yu  
Rad podnet: Oktobar 10, 2006  
Rad prihvaćen: Oktobar 20, 2006

skim intervalima tokom delovanja 3 mas. % rastvora NaCl na sobnoj temperaturi u periodu od oko 15 dana (tzv. "mokra" adhezija).

Pločice sa epoksidnom prevlakom na fosfatiranom pocinkovanom čeliku su tokom 15 dana držane u rastvoru 3mas. % NaCl na sobnoj temperaturi. Da bi se odredio uticaj vremena delovanja korozionog agensa na adheziju epoksidne prevlake uzorci su vađeni iz 3mas. % rastvora NaCl u određenim vremenskim intervalima, ispirani vodom, sušeni na vazduhu 1 h i onda je lepljen pečatnik za epoksidnu prevlaku. Posle 24 h određivana je sila kidanja prevlake sa metalnog supstrata.

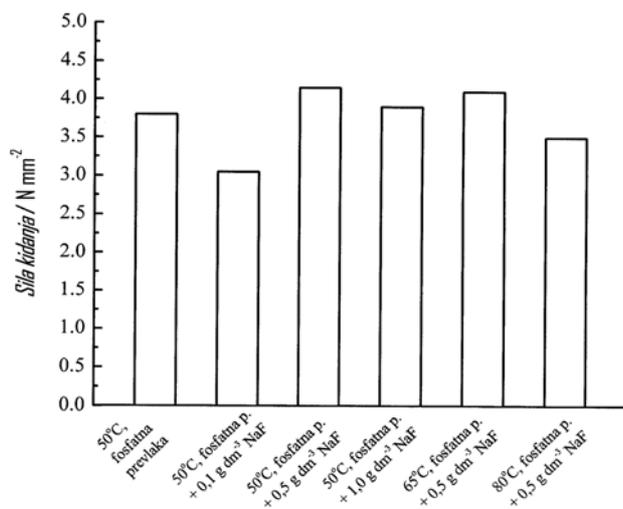
Pre lepljenja pečatnik i epoksidna prevlaka su blago hrapavljani abrazivnim papirom velike finoće (N<sup>o</sup> 1000) i odmašćivani acetonom. Korišćen je cijanoakrilatni lepak, Loctite "Super bond" (Henkel). Lepak je bio odabran tako da su njegove vezivne karakteristike bolje od istih karakteristika prevlake, pri čemu je bitno i da on ne reaguje sa prevlakom u toku očvršćavanja lepka.

Adhezija epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku je određivana i NMP testom [7]. Uzorci površine od 2 cm<sup>2</sup> su uronjeni u rastvarač N-metil pirolidon (NMP) na temperaturi od 60°C. Mereno je vreme za koje se epoksidna prevlaka potpuno odvoji od metalnog substrata (NMP retention time). Analizirano je uvek 5 uzoraka u svežem rastvoru NMP.

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Određivanje adhezije pull-off metodom

Vrednosti sile kidanja epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku za različite koncentracije fluoridnog jona u rastvoru za fosfatiranje i na različitim



Slika 1. Vrednosti sile kidanja epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku obrađenom pod navedenim uslovima, pre delovanja 3 mas. % NaCl.

Figure 1. The dry adhesion strength of epoxy coating on phosphated hot-dip galvanized steel.

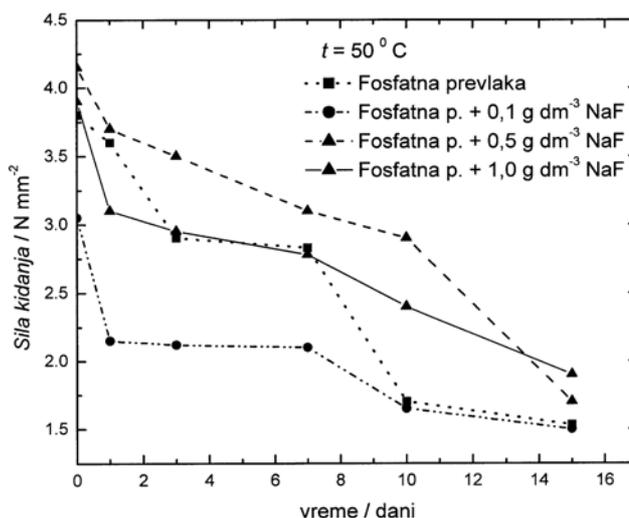
temperaturama rastvora za fosfatiranje, pre dejstva korozionog agensa ("suva" adhezija) prikazane su na slici 1.

Na slici 1 se vidi da najveće vrednosti "suve adhezije" imaju epoksidne prevlake na fosfatnim prevlakama formiranim na temperaturama od 50 i 65°C uz dodatak od 0,5 gdm<sup>-3</sup> NaF u rastvor za fosfatiranje.

Poznato je da je početna, "suva adhezija", nedovoljan pokazatelj ukupne korozione stabilnosti zaštitnog sistema u prisustvu vode ili elektrolita [8,9]. Zato je jedan od najvažnijih faktora u zaštiti metala organskim prevlakama poznavanje gubitka adhezije u realnim uslovima, tj. pod uticajem vlage, elektrolita ili drugih agenasa korozije.

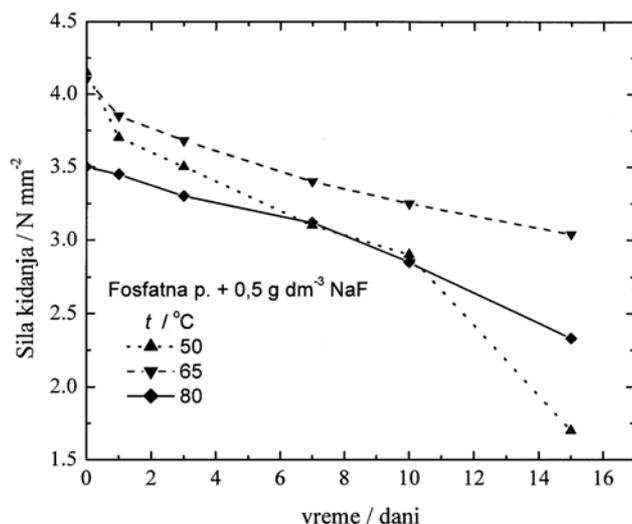
Na slici 2 prikazana je promena adhezije sa vremenom delovanja agensa korozije za epoksidne prevlake na fosfatnim prevlakama dobijenim na 50°C uz dodatak različitih koncentracija NaF u rastvor za fosfatiranje. Na slici 3 prikazana je promena adhezije sa vremenom delovanja agensa korozije za epoksidne prevlake na fosfatnim prevlakama dobijenim uz dodatak od 0,5 gdm<sup>-3</sup> NaF u rastvor za fosfatiranje, na različitim temperaturama rastvora za fosfatiranje.

Upoređivanjem vremenskih zavisnosti sila kidanja koje su prikazane na slikama 2 i 3 može se uočiti da je najveća vrednost sile kidanja, kako pre delovanja korozionog agensa, tako i posle 15 dana delovanja 3% rastvora NaCl, za uzorke na kojima je fosfatni sloj formiran u rastvoru za fosfatiranje na 65°C, u kojem je koncentracija fluoridnog jona 0,5 gdm<sup>-3</sup>. To ukazuje da prevlaka, na kojoj je fosfatni film formiran pod navedenim uslovima, ima najbolje zaštitne osobine. Ovako dobijen zaštitni sistem je pokazao veoma dobru postojanost prema dejstvu 3 mas. % rastvora NaCl i kod njega je uočena (slika 3)



Slika 2. Vremenske zavisnosti sile kidanja epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku obrađenom pod navedenim uslovima, u 3 mas. % NaCl (temperatura fosfatiranja 50°C, različite koncentracije NaF).

Figure 2. The pull-off strengths of epoxy coating on hot-dip galvanized steel phosphated at 50°C, in 3 wt.% NaCl.



Slika 3. Vremenske zavisnosti sile kidanja epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku obrađenom pod navedenim uslovima, u 3mas.% NaCl ( $0.5\text{gdm}^{-3}$  NaF, različite temperature fosfatiranja).

Figure 3. The pull-off strengths of epoxy coating on hot-dip galvanized steel phosphated with the addition of  $0.5\text{gdm}^{-3}$  NaF in the phosphating bath, at different temperatures, in 3 wt.% NaCl.

najmanja promena sile kidanja tokom vremena delovanja korozionog agensa. Velika vrednost sile kidanja bila je i za uzorke na kojima je fosfatni film formiran u rastvoru na temperaturi od  $50^{\circ}\text{C}$ , iste koncentracije fluoridnog jona (slika 1), ali kao što se vidi sa slici 2 i 3, vrednost sile kidanja za ove uzorke naglo opada sa vremenom delovanja 3% rastvora NaCl.

Ako se posmatraju vrednosti "suve" adhezije (slika 1 i 3) uzoraka dobijenih iz rastvora sa dodatkom od  $0,5\text{gdm}^{-3}$  NaF na različitim temperaturama može se zaključiti da vrednosti "suve" adhezije opadaju sa porastom temperature rastvora za fosfatiranje. Međutim, ako se posmatraju vrednosti "mokre" adhezije, tj. promene adhezije sa celokupnim vremenom delovanja 3 mas.% NaCl, vidi se da je optimalna temperatura rastvora za fosfatiranje  $65^{\circ}\text{C}$ .

Ako se prati uticaj koncentracije fluoridnih jona u rastvoru za fosfatiranje na silu kidanja epoksidne prevla-

ke na fosfatiranom pocinkovanom čeliku (slike 1 i 2), dobija se da su najveće vrednosti "suve" i "mokre" adhezije u slučaju fosfatne prevlake formirane uz dodatak od  $0,5\text{gdm}^{-3}$  NaF u rastvor za fosfatiranje, pa sledi da je to optimalna koncentracija NaF koja dovodi do poboljšanja adhezije prevlake.

Najmanje izmerene vrednosti sile kidanja kako pre, tako i tokom delovanja 3mas.% rastvora NaCl, dobijene su za epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku kada je temperatura rastvora za fosfatiranje bila  $50^{\circ}\text{C}$ , a koncentracija fluoridnog jona  $0,1\text{gdm}^{-3}$  (slike 1 i 2).

#### Uticaj vremena delovanja agensa korozije na adheziju epoksidne prevlake

Pri dejstvu agensa korozije dolazi do gubitka adhezije, tj. do smanjenja sile kidanja [10]. Na osnovu eksperimentalno određenih vrednosti sile kidanja pre dejstva 3 mas.% rastvora NaCl, kao i posle 24 časa delovanja agensa korozije, izračunata su procentualna smanjenja sile kidanja, odnosno, gubitak adhezije tokom ovog vremena. Rezultati ovih merenja su prikazani u tabeli 1.

Na osnovu prikazanih rezultata se vidi da je najmanje procentualno smanjenje adhezije kod epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku na kome je fosfatna prevlaka formirana iz rastvora sa  $0,5\text{gdm}^{-3}$  NaF, na temperaturi od  $80^{\circ}\text{C}$ , što ukazuje na dobru postojanost epoksidne prevlake na ovom supstratu prema dejstvu 3 mas.% rastvora NaCl. Kod epoksidnih prevlaka na fosfatiranom pocinkovanom čeliku na kome su fosfatne prevlake dobijene uz dodatak od  $0,1$  i  $1,0\text{gdm}^{-3}$  NaF, na  $50^{\circ}\text{C}$  primećuje se značajan gubitak adhezije tokom prvih 24 časa delovanja agensa korozije (29,5%, odnosno 20,5%).

U tabeli 2 prikazane su vrednosti procentualnog smanjenja adhezije epoksidnih prevlaka tokom 15 dana delovanja agensa korozije, na osnovu eksperimentalno određenih vrednosti sile kidanja pre dejstava 3 mas.% NaCl, kao i posle 15 dana delovanja 3 mas.% NaCl.

Na osnovu rezultata prikazanih u Tabeli 2 može se videti da je najmanje smanjenje adhezije tokom 15 dana delovanja agensa korozije u slučaju epoksidne prevlake

Tabela 1. Vrednosti "suve" i "mokre" adhezije i procentualnog smanjenja adhezije epoksidnih prevlaka na fosfatiranom pocinkovanom čeliku obrađenom pod navedenim uslovima, pre i posle 24 časa delovanja 3mas.%NaCl

Table 1. Dry and wet adhesion and the percentage of adhesion reduction of epoxy coatings on phosphatized hot-dip galvanized steel, before and after 1 day of exposure to 3wt.% NaCl

Fosfatiran pocinkovan čelik obrađen sa:	"Suva" adhezija/ $\text{Nmm}^{-2}$	"Mokra" adhezija/ $\text{Nmm}^{-2}$	Smanjenje adhezije/%
Fosfatna prevlaka, $50^{\circ}\text{C}$	3,8	3,6	5,2
Fosfatna prevlaka + $0,1\text{gdm}^{-3}$ NaF, $50^{\circ}\text{C}$	3,05	2,15	29,5
Fosfatna prevlaka + $0,5\text{gdm}^{-3}$ NaF, $50^{\circ}\text{C}$	4,15	3,7	10,8
Fosfatna prevlaka + $0,5\text{gdm}^{-3}$ NaF, $65^{\circ}\text{C}$	4,1	3,85	6,1
Fosfatna prevlaka + $0,5\text{gdm}^{-3}$ NaF, $80^{\circ}\text{C}$	3,5	3,45	1,4
Fosfatna prevlaka + $1,0\text{gdm}^{-3}$ NaF, $50^{\circ}\text{C}$	3,9	3,1	20,5

Tabela 2. Vrednosti "suve" i "mokre" adhezije i procentualnog smanjenja adhezije epoksidnih prevlaka na fosfatiranom pocinkovanom čeliku obrađenom pod navedenim uslovima, pre i posle 15 dana delovanja 3 mas.% NaCl

Table 2. Dry and wet adhesion and the percentage of adhesion reduction of epoxy coatings on phosphatized hot-dip galvanized steel, before and after 15 days of exposure to 3 wt.% NaCl

Fosfatiran pocinkovan čelik obrađen sa:	"Suva" adhezija/Nmm <sup>-2</sup>	"Mokra" adhezija/Nmm <sup>-2</sup>	Smanjenje adhezije/%
Fosfatna prevlaka, 50°C	3,8	1,53	60,0
Fosfatna prevlaka + 0,1 gdm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	3,05	1,5	50,8
Fosfatna prevlaka + 0,5 gdm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	4,15	1,7	59,0
Fosfatna prevlaka + 0,5 gdm <sup>-3</sup> NaF, 65°C	4,1	3,04	25,8
Fosfatna prevlaka + 0,5 gdm <sup>-3</sup> NaF, 80°C	3,5	2,33	33,4
Fosfatna prevlaka + 1,0 gdm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	3,9	1,9	51,3

na fosfatiranom pocinkovanom čeliku na kome je fosfatna prevlaka formirana na temperaturi od 65°C uz dodatak od 0,5 gdm<sup>-3</sup> NaF, pa se može zaključiti da epoksidne prevlake formirane na ovom supstratu predstavljaju dobru zaštitu od korozije i u uslovima korozije u elektrolitima. Velika procentualna smanjenja adhezije tokom 15 dana delovanja agensa korozije kod epoksidnih prevlaka na pocinkovanom čeliku sa fosfatnim prevlakama dobijenim na temperaturi od 50°C, kako bez tako i uz dodatak soli NaF u posmatranom opsegu od 0,1÷1,0 gdm<sup>-3</sup>, pokazuju da prevlake dobijene na temperaturi od 50°C imaju manju postojanost, kao i na njihova manja zaštitna svojstva u uslovima korozije u elektrolitima.

#### Hrapavost i kvašljivost metalnog supstrata epoksidnom emulzijom

U tabeli 3 prikazane su eksperimentalno određene vrednosti hrapavosti,  $R_a$ , i ugla kvašenja,  $\varphi$ , određenog metodom kapi, za fosfatiran pocinkovan čelik. Vrednosti  $R_a$  prikazane u tabeli 3, predstavljaju srednju aritmetičku vrednost apsolutnih vrednosti odstupanja površine u odnosu na definisani srednji nivo površine.

Na osnovu eksperimentalnih rezultata prikazanih u Tabeli 3 može se uočiti da ne postoji linearna zavisnost hrapavosti površine od koncentracije fluoridnih jona u rastvoru za fosfatiranje. Pri koncentraciji od 0,1 gdm<sup>-3</sup> i 1,0 gdm<sup>-3</sup> NaF u rastvoru za fosfatiranje dobijene su najmanje vrednosti hrapavosti površine. Najveću vrednost srednje hrapavosti imale su fosfatne prevlake sa dodatkom od 0,5 gdm<sup>-3</sup> NaF.

Najmanju vrednost ugla kvašenja je imala fosfatna prevlaka sa dodatkom 0,5 gdm<sup>-3</sup> NaF, na 65°C, što ukazuje na poboljšanje kvašljivosti ove površine epoksidnom emulzijom. Dobra kvašljivost ovog uzorka omogućava dobar kontakt površine fosfatiranog metalnog supstrata sa epoksidnom emulzijom, čime bi mogla da se objasni i dobra adhezija, kao i dobra zaštitna svojstva epoksidne prevlake dobijene na ovoj fosfatnoj prevlaci. Prethodno je već pokazano (slika 3) da je ta epoksidna prevlaka imala najbolju adheziju i pre dejstva 3 mas.% rastvora NaCl, kao i tokom 15 dana njegovog delovanja.

Tabela 3. Vrednosti srednje hrapavosti,  $R_a$ , i ugla kvašenja,  $\varphi$ , fosfatiranog pocinkovanog čelika obrađenog pod navedenim uslovima

Table 3. The values of surface roughness,  $R_a$ , and contact angle,  $\varphi$ , for phosphatized hot-dip galvanized steel

Fosfatiran pocinkovan čelik obrađen sa:	$R_a$ , $\mu\text{m}$	$\varphi$ , °
Fosfatna prevlaka, 50°C	0,350	46
Fosfatna prevlaka + 0,1 gdm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	0,292	43
Fosfatna prevlaka + 0,5 gdm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	0,466	34
Fosfatna prevlaka + 0,5 gdm <sup>-3</sup> NaF, 65°C	0,306	21
Fosfatna prevlaka + 0,5 gdm <sup>-3</sup> NaF, 80°C	0,371	51
Fosfatna prevlaka + 1,0 gdm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	0,272	48

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da prisustvo oksidnog sloja određene debljine na metalnom supstratu povoljno utiče na adheziju epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku, kao i da postoji neka optimalna koncentracija NaF u rastvoru za fosfatiranje i optimalna temperatura fosfatiranja koje dovede do poboljšanja adhezije prevlake.

#### NMP test

Jedan od testova za određivanje adhezije je i NMP-test [7]. N-metil pirolidon je rastvarač sa izraženo polarnošću, što mu omogućava da gradi jake vodonične veze sa epoksidnom prevlakom. Ovaj rastvarač vrlo brzo difunduje u organsku prevlaku, izazivajući time njeno bubrenje i posle izvesnog vremena dolazi do odvajanja prevlake od supstrata, pri čemu duže vreme potrebno da se prevlaka odvoji od podloge ukazuje na njenu bolju adheziju [7].

NMP test je primenjen inicijalno, na "suvoj" prevlaci, i dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 4.

Najduže vreme potrebno za odvajanje epoksidne prevlake je, i u ovom slučaju, za epoksidne prevlake na

Tabela 4. Vrednosti adhezije epoksidnih prevlaka na fosfatiranom pocinkovanom čeliku obrađenom pod navedenim uslovima, dobijene NMP testom

Table 4. NMP swelling of epoxy coatings on phosphatized hot-dip galvanized steel

Fosfatiran pocinkovan čelik obrađen sa:	NMPRT / min
Fosfatna prevlaka, 50°C	2,0
Fosfatna prevlaka+0,1 g dm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	1,2
Fosfatna prevlaka+0,5 g dm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	2,5
Fosfatna prevlaka+0,5 g dm <sup>-3</sup> NaF, 65°C	2,6
Fosfatna prevlaka+0,5 g dm <sup>-3</sup> NaF, 80°C	1,7
Fosfatna prevlaka+ 1,0 g dm <sup>-3</sup> NaF, 50°C	1,9

fosfatiranom pocinkovanom čeliku na kome je fosfatna prevlaka formirana sa 0,5 gdm<sup>-3</sup> NaF u rastvoru za fosfatiranje, na temperaturama od 50 i 65°C, što ukazuje na najbolju početnu, "suvu" adheziju ovih uzoraka. Ovi rezultati su u dobroj saglasnosti sa rezultatima dobijenim pull-off testom (slika 1 i tabela 1).

## ZAKLJUČAK

Na osnovu eksperimentalnih rezultata dobijenih pull-off metodom, NMP testom, kao i merenjem srednje hrapavosti i ugla kvašenja, pokazan je uticaj modifikacije pocinkovanog čelika fosfatiranjem na adheziju epoksidnih kataforetskih prevlaka. Pokazano je da su najbolju početnu, "suvu", adheziju imale epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku na kome su fosfatne prevlake formirane u kupatilu sa dodatkom 0,5 gdm<sup>-3</sup> NaF i na temperaturama od 50 i 65°C.

Izmerene vrednosti sile kidanja za epoksidnu prevlaku na fosfatiranom pocinkovanom čeliku na kome je fosfatna prevlaka formirana u rastvoru za fosfatiranje sa dodatkom 0,5 gdm<sup>-3</sup> NaF i na 65°C su se malo menjale

tokom vremena delovanja 3 mas.% rastvora NaCl, što ukazuje na dobra zaštitna svojstva i u uslovima delovanja agensa korozije.

Pokazano je i da dodatak određene količine NaF u rastvor za fosfatiranje dovodi do poboljšanja adhezije epoksidne prevlake na fosfatirani pocinkovani čelik. Međutim, može se zaključiti da postoji neka optimalna koncentracija NaF, koja u ovom slučaju iznosi 0,5 gdm<sup>-3</sup>, kao i optimalna temperatura rastvora za fosfatiranje od 65°C, koje dovode do poboljšanja adhezije epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku. Pri povećanju i smanjenju ovih parametara dolazi do smanjenja adhezije epoksidne prevlake na fosfatiranom pocinkovanom čeliku.

## LITERATURA

- [1] S. Jegannathan, T.S.N. Sankara Narayanan, K. Ravichandran, S. Rajeswari, *Surface & Coat. Techn.*, **200** (2006) 6014.
- [2] M.J. Dyett, *J. Oil. Col. Chem. Assoc.* **72** (1989) 132.
- [3] V. B. Mišković-Stanković, *Organske zaštitne prevlake, Savez inženjera i tehničara za zaštitu materijala Srbije (SIT-ZAMS)*, Beograd, 2001.
- [4] O. Lunder, J. C. Walmsley, P. Mack, K. Nisancioglu, *Corros. Sci.*, **47** (2005) 1604.
- [5] D.E. Packham, *Adhesion Aspects of Polymeric Coatings*, K.L.Mittal, Ed., Plenum Press, New York, 1983, 19.
- [6] J.B. Bajat, Z. Kačarević-Popović, V.B. Mišković-Stanković, M.D. Maksimović, *Prog.Org.Coat.* **39** (2000) 127.
- [7] W.J.Van Ooij, R.A.Edwards, A.Sabata, J.Zappia, *J.Adhesion Sci.Technol.* **7** (1993) 897.
- [8] W. Funke, *J. Oil. Col. Chem. Assoc.* **68** (1985) 229.
- [9] H. Leidheiser, W. Funke, *J. Oil. Col. Chem. Assoc.* **70** (1987) 21.
- [10] R. A. Dickie, *Adhesion Aspects of Polymeric Coatings*, K.L. Mittal, Ed., Plenum Press, New York, 1983, 319.

## SUMMARY

### THE ADHESION OF EPOXY CATHOPHORETIC COATING ON PHOSPHATIZED HOT-DIP GALVANIZED STEEL

(Scientific paper)

Jelena B. Bajat<sup>1</sup>, Vesna B. Mišković-Stanković<sup>1</sup>, Jovan P. Popić<sup>2</sup>, Dragutin M. Dražić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade

<sup>2</sup>ICTM – IEC, Belgrade

The influence of hot-dip galvanized steel surface pretreatment on the adhesion of epoxy cathoporetic coating was investigated. Phosphate coatings were deposited on hot-dip galvanized steel and the influence of fluoride ions in the phosphating plating bath, as well as the deposition temperature of the plating bath, were investigated. The dry and wet adhesion of epoxy coating were measured by a standard pull-off method.

The surface roughness of phosphatized galvanized steel was determined, as well as the wettability of the metal surface by emulsion of the epoxy resin in water. The adhesion of epoxy coatings on phosphatized hot-dip galvanized steel was investigated in 3wt.%NaCl.

Key words: Adhesion • Phosphate coatings • Hot-dip galvanized steel • Epoxy coatings • Corrosion •

Ključne reči: Adhezija • Fosfatne prevlake • Pocinkovani čelik • Epoksidne prevlake • Korozija •