

## ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI PRIMENE POLIAMID-POLIETILENSKE FOLIJE ZA KONZERVACIJU TEHNIČKIH SREDSTAVA

Potporučnik *Mihael* Bučko, Komanda 126. centra VOJIN  
dr *Vladimir* Vujičić, dipl. inž.

### Rezime:

*Atmosferska korozija može se usporiti ili potpuno zaustaviti postavljanjem metalne opreme u odgovarajuće navlake od plastične folije. Rezultati ispitivanja difuzije vodene pare kroz poliamid-polietilensku foliju pokazuju da se difuzija vodene pare povećava sa povećanjem relativne vlažnosti vazduha i da po tim karakteristikama ova folija ne zaostaje za polietilen-polipropilenskom folijom, koja je primenjivana do sada.*

*Ključne reči: atmosferska korozija, konzervacija, poliamid-polietilenska folija, propustljivost vodene pare, silikagel.*

### INVESTIGATION OF POSSIBILITY TO USE POLYAMID- -POLYETHYLENE FOIL IN PRESERVATION OF EQUIPMENT

#### Summary:

*Atmospheric corrosion can be slowed down or entirely stopped by placing metal equipment under a cover made of plastic foil. The results of investigation of the diffusion of water vapour through polyamid-polyethylene foil show that the vapour diffusion increases with the increase in relative air humidity. This characteristic makes polyamid-polyethylene foil no worse than polyethylene-polypropylene foil, which has been widely used so far.*

*Key words: atmospheric corrosion, preservation, polyamid-polyethylene foil, permeability for water vapour, silica.*

## Uvod

Atmosferska korozija je poseban oblik elektrohemijske korozije. Odvija se ispod tankog sloja elektrolita, koji se obrazuje na metalnoj površini usled adsorpcije vlage, kondenzacije vodene pare i atmosferskih padavina. Ovoj koroziji podležu mostovi, vagoni, automobili, naoružanje i vojna oprema i druga tehnička sredstva. Procenjuje se da preko 90% korozivnih gubitaka metala nastaje usled atmosferske korozije [1].

Korozija se odvija delovanjem lokalnih korozivnih spregova koji se nalaze na površini metala [2]. Na anodnim površinama odvija se anodna reakcija, koja se u slučaju gvožđa prikazuje na sledeći način:



Na katodnim površinama uglavnom se odvija redukcija kiseonika:



Sekundarni proces korozije gvožđa prikazuje se sledećom jednačinom:



Produkt  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  je nepostojan, pa se dalje transformiše u  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :



U industrijskim centrima i velikim gradovima u vazduhu se mogu naći velike količine sumpor-dioksida. On je lako rastvorljiv u vodi, pa se u vlažnoj atmosferi na površini metala stvara rastvor sumporaste kiseline čija se pH vrednost kreće od 3 do 5. U takvim sredinama korozija gvožđa se odvija uz redukciju vodoničnih jona:

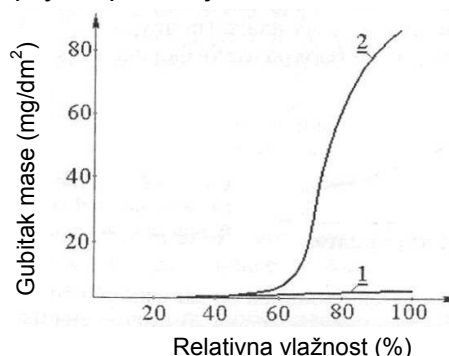


Kao produkt korozije nastaje gvožđe-sulfat:



Nastali produkt korozije zadržava se na površini metala, ali je ne štiti od dalje korozije. Naprotiv, zbog njegove higroskopsnosti, korozija se od-  
vija ubrzano i pri nižim vrednostima relativne vlažnosti [1].

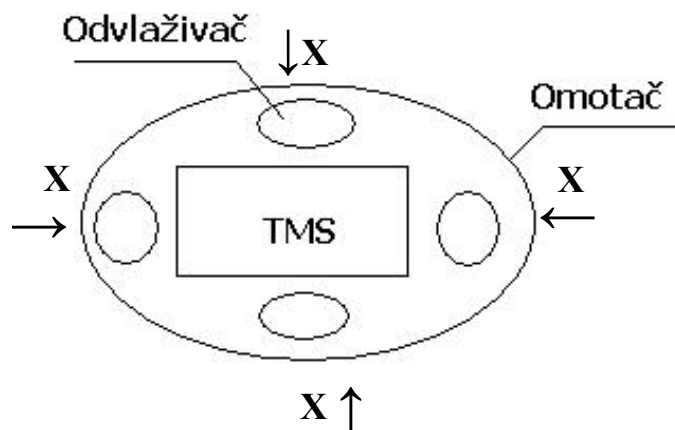
Ispitivanja koja je radio H. Vernon pokazala su da čist vazduh i pri stopostotnoj relativnoj vlažnosti neznatno deluje na brzinu korozije. Međutim, kada se u vazduhu nalazi samo 0,01%  $\text{SO}_2$  brzina korozije se znatno povećava iznad određene vlažnosti vazduha [2]. Relativna vlažnost pri kojoj dolazi do naglog povećanja brzine korozije metala naziva se kritična vlažnost (slika 1). Kritična vlažnost za gvožđe u nezagađenoj atmosferi je pri 60% relativne vlažnosti vazduha, a u industrijskim sredinama i primorskom pojasu pri manjim vrednostima.



Slika 1 – Korozija gvožđa u zavisnosti od vlažnosti i zagađenja vazduha

Zaštita tehničkih sredstava od atmosferske korozije u vreme kada nisu u eksploataciji naziva se konzervacija. Ona zauzima značajno mesto u sistemu održavanja, jer korozija spada u faktore visokog rizika sa stanovišta borbene gotovosti. Klasičan postupak konzervacije kontaktnom metodom sastoji se u nanošenju zaštitnih slojeva od ulja, masti ili solventa na površine koje se štite. Time se ispunjava tehnički zahtev konzervacije (zaštita od atmosferske korozije). Međutim, taktički zahtev (imati sredstvo za trenutnu upotrebu) nije uvek ispunjen, jer dovođenje konzervisane opreme u stanje spremno za primenu može biti duže od zahtevanog vremena.

Ova dva kontradiktorna zahteva konzervacije mogu se uskladiti ako se u postupku zaštite od atmosferske korozije ne tretira metal već okolna atmosfera. To se postiže metodom hermetizacije, koja se sastoji u izolovanju pojedinih delova, sklopova ili kompletnog tehničkog sredstva, i u obradi korozione sredine unutar izolovanog prostora. Na taj način se agresivna sredina ograničava na prostor između omotača i površine predmeta koji se hermetizuje. U tom prostoru nalaze se male količine vodene pare i drugih agensa korozije. Procesima korozije njihova količina se smanjuje, tako da atmosfera unutar tog prostora postaje vremenom sve inertnija [3]. Inertnosti atmosfere doprinosi i sporo ili nikakvo prodiranje agensa korozije kroz omotač (slika 2).



Slika 2 – Šematski prikaz zaštite TMS metodom hermetizacije;  
X označava vodenu paru i agente korozije

Sama hermetičnost nije dovoljna za zaštitu osetljive opreme na duže vreme. Zato se pri čuvanju vrši i dodatna obrada korozione sredine postupkom odvlaživanja. Uloga odvlaživača je da upije vlagu iz hermetičnog prostora i održava relativnu vlažnost znatno niže od kritične vlažnosti. Najpoznatiji odvlaživač je silikagel.

Hermetičnost prostora postiže se navlakama od plastične folije. Navlake se izrađuju od folija na bazi polietilena, polipropilena, polivinilhlorida i poliuretana [3]. Ovi materijali primenjuju se i u međusobnoj kombina-

ciji, čime se znatno poboljšavaju zaštitne osobine omotača. Takve folije nazivaju se dupleks folije. Za konzervaciju naoružanja i vojne opreme veliku primenu imala je polietilen-polipropilenska folija. U novije vreme na tržištu se pojavila poliamid-polietilenska folija.

Osnovni nedostaci plastičnih folija su njihova poroznost, sklonost mehaničkom oštećenju i smanjena stabilnost pri kontaktu sa mineralnim uljima. Zbog mogućnosti oštećenja plastičnog omotača, izbočine i oštre ivice sredstva moraju se pre hermetizacije obložiti vatom, sunđerom ili sličnim materijalom.

## Određivanje poroznosti folije

Cilj ovog rada bio je da se ispita propustljivost poliamid-polietilenske folije za vodenu paru. Ispitivanje je vršeno na osnovu standarda: *Određivanje propustljivosti vodene pare plastičnih folija i tankih ploča*, JUS G.S2.723 [4]. Ovaj standard propisuje gravimetrijsku metodu određivanja stepena propustljivosti vodene pare plastičnih folija i tankih ploča.

Za ocenu poroznosti služi masa vodene pare koju propušta jedna strana folije na drugu, pri konstantnoj razlici pritiska vodene pare sa obe strane folije i konstantnoj temperaturi. Ova veličina naziva se koeficijent propustljivosti vodene pare (PVP) za datu foliju, a izražava se jedinicom površine u ispitivanom vremenu [4].

Poroznost poliamid-polietilenske folije ispitivana je pri relativnim vlažnostima vazduha od 50%, 60%, 70%, 80%, 90% i 100% i pri sobnoj temperaturi koja se menjala u vrednostima od 21 do 24°C. Pri ispitivanju je merena masa vodene pare koja je difundovala kroz uzorak folije površine 50 cm<sup>2</sup> u vremenu od 24 časa.

Ispitivanja su rađena u eksikatoru prečnika 20 cm i zapremine 4 dm<sup>3</sup>. Debeli zidovi eksikatora sprečavali su da se veće promene sobne temperature odraze na ispitivanje. Kolebanje temperature u eksikatoru iznosilo je najviše 2°C.

Postizanje atmosfere željene relativne vlažnosti vršeno je pomoću vodenog rastvora glicerola, koji je sipan na dno eksikatora. Rastvor sa određenim masenim odnosom glicerola i vode daje određenu vlažnost u atmosferi iznad njegove površine (tabela 1).

Tabela 1

Zavisnost vlažnosti vazduha od masenog odnosa glicerola i vode

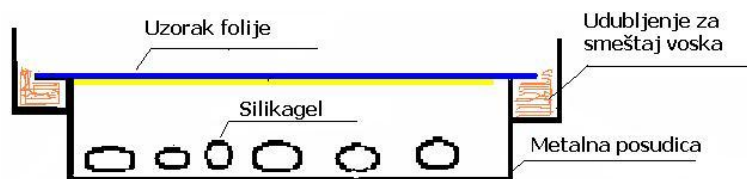
Maseni % glicerola	Gustina rastvora na 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	Relativna vlažnost vazduha na 25°C
80,3	1,2030	50,0
77,0	1,2003	55,0
73,2	1,1900	60,0
69,0	1,1785	65,0
64,1	1,1650	70,0
59,5	1,1510	75,0
52,0	1,1318	80,0
44,1	1,1104	85,0
34,9	1,0857	90,0
22,0	1,0520	95,0

Pre svakog ispitivanja silikagel je sušen u pećnici na temperaturi od 120°C, u vremenu od dva sata, a zatim ohlađen u hermetičkoj posudici. Nakon hlađenja određena količina silikagela (oko 8 g) stavljana je na dno metalne posudice, koja je odmah hermetički zatvarana pomoću isečka ispitivane folije. Hermetičnost zaptivanja obezbeđena je rastopljenim voskom koji je sipan u prstenasto udubljenje metalne posudice (slika 3 i 4). Tako pripremljenim posudicama izmerena je masa sa tačnošću od 0,1 mg. Zatim su postavljane na rešetku eksikatora (slika 5), i eksikator hermetički zatvaran poklopcem. Posle 24 časa metalne posudice su vađene iz eksikatora radi merenja prirasta mase. Razlika u masi, pre i nakon ispitivanja, predstavlja masu vodene pare koja je difundovala kroz foliju, a koju je adsorbovao silikagel ispod isečka folije u vremenu ispitivanja. Rezultati merenja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2

Prirast mase silikagela pri različitim relativnim vlažnostima

Relativna vlažnost, %	Prirast mase silikagela (mg)			Srednja vrednost (mg)
	Posudica 1	Posudica 2	Posudica 3	
50	8,2	7,6	7,3	7,7
60	12,6	12,9	11,1	12,2
70	17,9	19,4	18,6	18,6
80	23,7	22,3	24,2	23,4
90	27,0	25,5	25,9	26,1
100	29,7	28,9	30,5	29,7



Slika 3 – Šematski prikaz metalne posudice sa uzorkom folije



Slika 4 – Metalna posudica hermetički zatvorena uzorkom folije



Slika 5 – Eksikator sa metalnim posudicama

Metalne posudice izrađene su od anodiziranog aluminijuma, tako da su otporne na koroziju u uslovima ispitivanja. Kružnog su oblika sa bočnim proširenim rubom i prstenastim udubljenjem za zaptivanje voskom. Dubina posudice je 15 mm, a unutrašnji prečnik 80 mm, tako da je površina uzorka folije kroz koju se odvijala difuzija vodene pare iznosila 50 cm<sup>2</sup>. Radi veće pouzdanosti dobijenih rezultata ispitivanja su vršena istovremeno sa tri uzorka.

## Obrada rezultata

Na osnovu srednje vrednosti prirasta mase silikagela izračunat je koeficijent propustljivosti vodene pare pomoću sledeće jednačine:

$$PVP = \frac{240 m}{t \cdot A} \cdot 100 \quad (8)$$

gde je:

PVP = propustljivost vodene pare, (g/m<sup>2</sup> dan);

A = površina folije, (cm<sup>2</sup>);

t = vreme ispitivanja, (h);

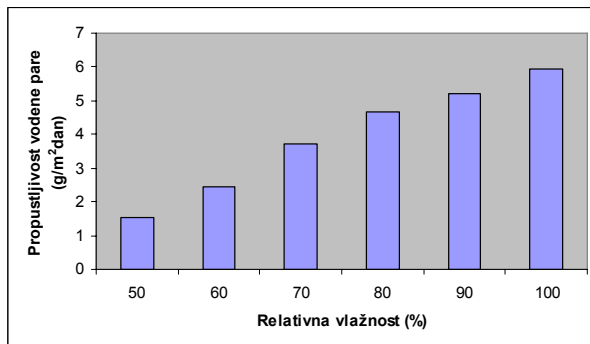
m = povećanje mase silikagela u toku ispitivanja, (mg).

Izračunate vrednosti koeficijenta propustljivosti vodene pare prikazane su tabelarno (tabela 3) i grafički (slika 6).

Tabela 3

Promena koeficijenta propustljivosti vodene pare sa promenom vlažnosti vazduha

Relativna vlažnost, %	Koeficijent propustljivosti vodene pare (g/m <sup>2</sup> dan)			Srednja vrednost koeficijenta propustljivosti vodene pare (g/m <sup>2</sup> dan)
	Posudica 1	Posudica 2	Posudica 3	
50	1,64	1,52	1,46	1,54
60	2,52	2,58	2,22	2,44
70	3,58	3,88	3,72	3,72
80	4,74	4,46	4,84	4,68
90	5,4	5,1	5,18	5,22
100	5,94	5,78	6,1	5,94



Slika 6 – Promena propustljivosti vodene pare sa promenom vlažnosti vazduha

Ispitivanja su pokazala da količina propuštene vodene pare kroz poliamid-polietilensku foliju raste sa porastom vlažnosti vazduha, odnosno sa povećanjem razlike parcijalnih pritisaka vodene pare sa jedne i druge strane folije. Ova folija pripada grupi materijala otpornih na vodenu paru (water-resistant materials), jer je njen koeficijent propustljivosti vodene pare u uslovima 100%-tne relativne vlažnosti znatno manji od 8 g/m<sup>2</sup> dan.

Dobijeni rezultati upoređeni su sa podacima za propustljivost drugih folija. U tom pogledu poliamid-polietilenska folija slična je foliji od polipropilena, i ima bolje osobine od materijala kao što su najlon, polivinilhlorid, polistiren i acetat celuloze, koji se, takođe, primenjuju u konzervaciji naoružanja i vojne opreme [5].

S obzirom na to da je poliamid-polietilenska folija porozna, za sigurnu zaštitu od atmosferske korozije u dužem periodu nije dovoljno samo postaviti omotač od plastične folije oko tehničkog sredstva, već je potrebno unutar omotača postaviti određenu količinu silikagela koji ima dobru sposobnost upijanja vodene pare. Potrebna količina silikagela može se izračunati pomoću sledećeg izraza [1]:

$$G = K S t + 0,1 D \quad (9)$$

gde je:

G – masa silikagela u kg;

K – koeficijent propustljivosti folije u kg/m<sup>2</sup> dan;

S – površina omotača u m<sup>2</sup>;

T – trajanje zaštite u danima;

D – masa higroskopnog materijala za oblaganje predmeta u kg.

## Zaključak

Ispitivana je propustljivost za vodenu paru kroz poliamid-polietilensku foliju. Ispitivanja su vršena na sobnoj temperaturi, pri relativnoj vlažnosti od 50, 60, 70, 80, 90 i 100%, koja je podešavana pomoću vodenog rastvora gli-

cerola. Ispitivanje je rađeno u eksikatoru, na uzorcima folije površine 50 cm<sup>2</sup>. Radi veće pouzdanosti rezultata istovremeno je ispitivano po tri uzorka.

Propustljivost vodene pare određivana je merenjem mase silikagela pre i nakon ispitivanja. Silikagel se nalazio u metalnoj posudici koja je zatvorena uzorkom ispitivane folije i zaptivena voskom.

Ispitivanja su pokazala da količina propuštene vodene pare kroz poliamid-polietilensku foliju raste sa porastom vlažnosti vazduha u eksikatoru. Ova folija pripada grupi materijala otpornih na vodenu paru, jer njen koeficijent propustljivosti vodene pare u uslovima 100%-tne relativne vlažnosti iznosi znatno manje od 8 g/m<sup>2</sup> dan. Kao takva, folija se može uspešno primeniti za kratkoročnu konzervaciju naoružanja i vojne opreme, kao i za dugoročnu konzervaciju uz primenu silikagela.

### Literatura

[1] Vujičić, V.: *Korozija i tehnologija zaštite metala*, VA, Uprava za školstvo i obuku GŠ VJ, Beograd, 2002.

[2] Rozenfeld, I.: *Atmospheric corrosion of metals*, NACE, Houston, Texas, 1972.

[3] Vujičić, V.: *Privremena zaštita metalnih proizvoda*, VTG 3/1993, Tehnička uprava GŠVJ, Beograd, 1993.

[4] Jugoslovenski zavod za standardizaciju, Jugoslovenski standard Određivanje propustljivosti vodene pare plastičnih folija i tankih ploča, JUS G. S2. 723 12-1971, Rešenje br. 24-5113/1 od 28.12.1971; Službeni list SFRJ br. 58/1971.

[5] Donovan, P. D.: *Protection of metals from corrosion in storage and transit*, Ellis horwood limited, Chichester, England, 1986.