

Dr Vladimir Vujičić,
pukovnik, dipl. inž.
Tehnička uprava GŠ VJ.
Beograd

ZAŠTITA METALA OD ATMOSFERSKE KOROZIJE

UDC: 620.197-034

Rezime:

U radu su opisani postupci zaštite metala od atmosferske korozije. Zaštita se može postići izborom metala, legiranjem, određenim konstrukcionim merama, zaštitnim prevlakama i obradom korozione sredine.

Ključne reči: korozija metala, zaštita metala, legiranje, metalne prevlake, neorganske prevlake, organske prevlake, premazi, zaštitna ulja, zaštitne masti, zaštitni solventi, odvlaživanje, inhibitori korozije.

METAL PROTECTION AGAINST ATMOSPHERIC CORROSION

Summary:

The procedures of metal protection against atmospheric corrosion are described in this paper. The protection can be achieved by choice of metals, alloying, some structural measures, protective coatings and the treatment of corrosion environments.

Key words: metal corrosion, metal protection, alloying, metal coatings, inorganic coatings, organic coatings, paints and varnishes, protective oils, protective greases, protective solvents, dehumidification, corrosion inhibitors.

Uvod

Atmosferskoj koroziji podležu sve metalne konstrukcije koje su u kontaktu sa atmosferom, kao što su mostovi, automobili, avioni, železnički vozni park, TMS u vojsci, postrojenja hemijske, metalurške i naftne industrije, poljoprivredne mašine, dalekovodi, rudarska i druga oprema. To je oblik elektrohemijske korozije koja se odvija ispod tankog sloja vlage na površini metala u prisustvu kiseonika i drugih agensa [1].

Štete od atmosferske korozije su ogromne, i mogu se smanjiti samo pravovremenom i pravilno izvedenom zaštitom.

Zaštita metala od atmosferske korozije može se postići na nekoliko načina, a postupci zaštite zasnivaju se na smanjenju afiniteta metala prema koroziji i povećanju otpora koroziji. Zato je neophodno poznavati mehanizme korozivnih procesa, bez kojih se ne može izvršiti pravilan izbor metode zaštite, niti se izabrana metoda može efikasno primeniti.

Postupci zaštite metala od atmosferske korozije

Prema načinu izvođenja, zaštita od atmosferske korozije može se postići:

- izborom metala,
- racionalnom konstrukcijom,
- legiranjem,
- zaštitnim prevlakama,
- obradom korozivne sredine.

Izbor konstrukcionog metala

Osnovni nedostatak najvažnijih tehničkih metala je, upravo, njihova sklonost prema koroziji. Gotovo svaki metal od konstrukcione vrednosti podložan je koroziji na vazduhu, pa je potrebno da se provede određeni postupak zaštite.

Pri izboru konstrukcionih metala, pored ekonomskih i mehaničkih kriterijuma, moraju se uzeti u obzir i korozivna svojstva, i to na osnovu podataka iz literature, rezultata laboratorijskih, terenskih i pogonskih ispitivanja i praktičnih iskustava. U principu, za konstrukcione metale treba odabrati one koji su korozivno otporni u predviđenim uslovima primene, odnosno one čija se korozija može smanjiti odgovarajućim postupcima zaštite.

Ukoliko se u nekoj konstrukciji ili opremi moraju kombinovati razni metali, odnosno legure koje će biti u kontaktu, mora se izbegavati kontakt dva metala koji imaju veliku međusobnu razliku potencijala; na primer, kontakt anodnog cinka, aluminijuma i ugljeničnog čelika s katodnim bakrom ili mesingom. U slučajevima kada je takav kontakt neizbežan, za katodne metale se moraju odabrati oni koji imaju visoku prenapetost za redukciju kiseonika, a za anodne oni koji se pod istim okolnostima pasiviraju [2].

Pri izradi konstrukcije ili opreme od raznorodnih metala treba se pridržavati i principa prema kojem površine anodnih metala moraju biti znatno veće od površine katodnih metala. Ukoliko je anodna površina znatno manja od katodne dolazi do intenzivne korozije anodnog metala i to neposredno uz granicu dodira. Takva korozija je karakteristična za limove spojene pomoću zakivka ili vijka od anodnog metala ili za metale koji su spojeni zavarivanjem elektrodom koja je elektrohemijski negativnija od osnovnog metala.

S obzirom na to da kontakt dva metala utiče na povećanu koroziju manje plemenitog metala, treba izbegavati dodir metala sa metalom koji intenzivno korodira. Ako je to nemoguće, kontaktna mesta moraju se izolovati nemetalnim materijalom. Međutim, i pri izboru izolacionog materijala mora se voditi računa o njegovom kvalitetu, veličini i načinu postavljanja. Pre svega, izolacioni materijal ne sme sadržavati agresivne sastojke, o čemu se u praksi često ne vodi računa. Isto tako, izolacioni materijal ne sme biti ni većih dimenzija, jer će prouzrokovati skupljanje i zadržavanje vlage i raznih nečistoća.

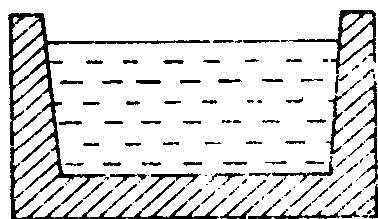
Racionalnost konstrukcije

Korozija se može usporiti, a u nekim slučajevima i potpuno sprečiti raznim konstrukcionim i tehnološkim merama, tj. iznalaženjem najpovoljnijeg oblika elementa konstrukcije [3, 4]. Naravno, te mere moraju se uskladiti s funkcionalnim, estetskim i ekonomskim zahtevima.

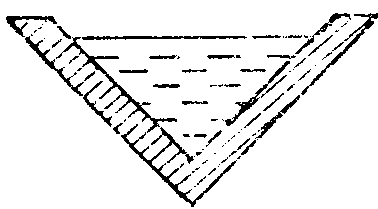
Nepravilno konstruisanje prouzrokuje koroziju i dovodi do izbacivanja iz upotrebe veoma skupih uređaja i opreme, pa se, radi zaštite metala od

atmosferske korozije, preduzimaju određene mere još u fazi projektovanja.

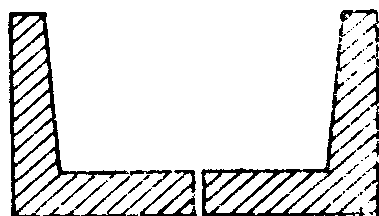
Konstrukcije jednostavnijeg oblika manje su podložne koroziji, jer onemogućavaju sakupljanje vode i nečistoća, odnosno omogućavaju oticanje vode i brzo sušenje. Ako dolazi do



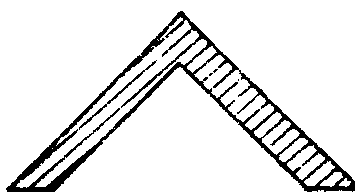
a)



b)



c)



d)

Sl. 1 — Prednosti i nedostaci konstrukcije
a) i b) — nedostatak zbog zadržavanja vode,
c) i d) — prednost zbog izrade otvora ili
promene položaja konstrukcije

zadržavanja vode potrebno je napraviti otvore za njeno oticanje ili promeniti položaj metalnog dela (slika 1).

Pravilnim izborom oblika i položaja elemenata na nekoj opremi ili konstrukciji omogućuje se pristup svim površinama radi: vizuelnog pregleda i drugih vrsta kontrole, nanoše-

nja i obnove premaza i drugih prevlaka, čišćenja i podmazivanja, popravke i zamene delova.

Zaštita legiranjem

Na koroziju metala može se uticati promenom njegovog sastava, i to legiranjem ili rafinacijom.

Legiranje se sprovodi radi povećanja korozione postojanosti metala i dobijanja određenih mehaničkih i fizičkih osobina. Razlikuje se nisko i visoko legiranje. Pri niskom legiranju u leguri se nalazi do 5% jedne ili više legirajućih komponenata, a pri visokom legiranju sadržaj legirajućih komponenata je veći od 5%. U te komponente ne spadaju elementi koji su pratioci metala, kao što je to slučaj sa ugljenikom kod gvožđa.

U korozivnom pogledu legiranje može biti nepovoljno ako je njegova svrha poboljšanje mehaničkih ili drugih osobina metala, i povoljno ako legirajuća komponenta metala smanjuje termodinamičku nestabilnost legure ili usporava anodnu, odnosno katodnu reakciju.

Postojanost manje plemenitih metala može se povećati legiranjem sa znatnom količinom termodinamički stabilnijih metala, koji pri dejstvu agensa korozije stvaraju zaštitni sloj. Ovaj postupak ima ograničenu primenu zbog većih količina skupe legirajuće komponente i nemogućnosti stvaranja homogene legure sa većim sadržajem hemijski otporne legirajuće komponente u obliku čvrstih rastvora.

Rafinacijom se odstranjuju katodne primese, odnosno smanjuje se sadržaj elemenata pratioca, pa se povećava mogućnost stvaranja kompaktnog pasivnog sloja. Tako je, na primer, rafinirani aluminijum, čistoće 99,99% skloniji pasiviranju od aluminijuma

čistoće 99,5%, jer je rafinacijom uklonjeno gvožđe koje je vrlo aktivno kao katoda korozivnog sprega.

Zaštitne prevlake

Zaštita metala slojem (prevlakom) nekog drugog materijala najpoznatija je i najraširenija metoda zaštite od korozije. Za sve prevlake je karakteristično da štite metal od korozije na taj način što ga izoluju od agresivnog dejstva okoline. Zaštita se postiže pomoću prevlaka koje nisu porozne i koje potpuno prekrivaju metal.

Zaštitne prevlake mogu biti metalne, neorganske i organske.

U zavisnosti od zaštitnih svojstva metalne prevlake mogu biti katodne i anodne. Katodne prevlake su bolje samo kada su potpuno kompakne. U protivnom, one ne pružaju zaštitu na oštećenim mestima ili na mestima gde se nalaze pore. Poroznost je osnovni ne-

dostatak nekih metalnih prevlaka, jer omogućavaju stvaranje mikrokorozijskih spregova.

Do korozije u porama dolazi kod čeličnih predmeta zaštićenih prevlakom od hroma. Na površinama takvih predmeta javljaju se tačkice korozije koje kvare izgled i narušavaju tanak zaštitni sloj hroma. Posledica korozionog napada je ljušćenje prevlake. Međutim, ponekad dolazi do usporavanja korozije čelika zaštićenog hromnom prevlakom. Rđa koja tada nastaje može da začepi pore, pa je proces korozije sporiji (slika 3a).

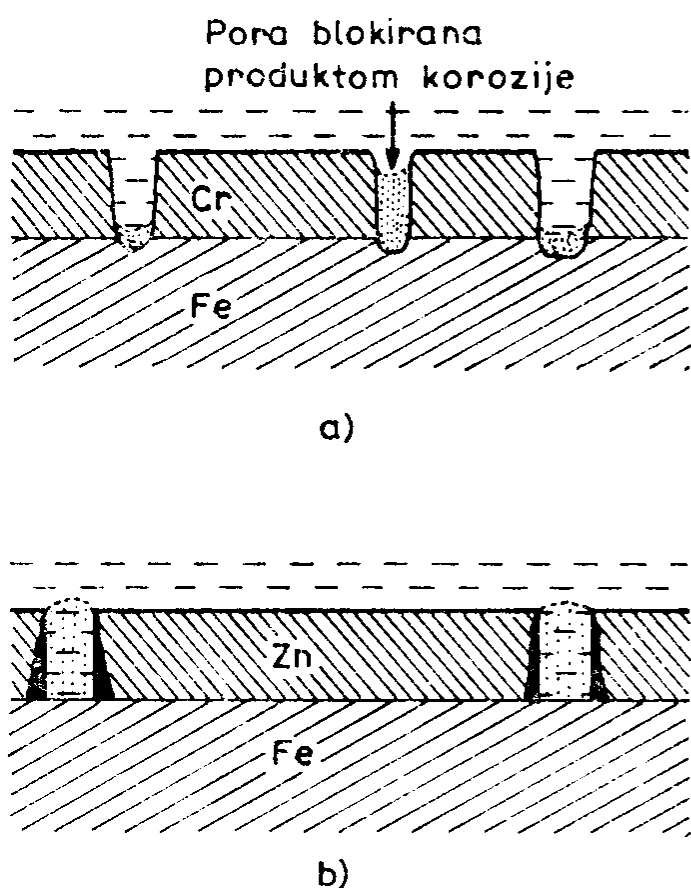
Anodne prevlake su efikasnije od katodnih, jer njihova poroznost ili oštećenje ne dovodi do korozije osnovnog metala, kao kod čelika zaštićenog prevlakom od cinka. Cink je elektro-negativniji od gvožđa pa korodira, dok je gvožđe zaštićeno (slika 2b).

Neke metalne prevlake nisu porozne kao što su prevlake dobijene oblaganjem. Značajna je primena aluminijumskih žica obloženih bakrom radi prenosa naelektrisanja.

Neorganske prevlake predstavljaju opnu ili sloj odgovarajućeg hemijskog jedinjenja na površini metala, koji se može formirati mehaničkim i hemijskim putem. Prevlake dobijene mehaničkim putem slabije prijanjaju za osnovni metal, pa nemaju veći značaj za zaštitu metala. Tu spadaju emajlne i betonske prevlake.

Neorganske prevlake koje se dobijaju hemijskim putem nastaju reakcijom između metala i komponenata okoline. Osnovni postupci za formiranje hemijskih prevlaka su termički, hemijski i elektrohemijski, a izbor najpovoljnijeg postupka zavisi od vrste osnovnog metala i željenih osobina prevlake, kao što su debljina, poroznost, boja, itd.

Debljina prevlake može se menjati prema nameni, a diktira je željeni tip i tehnologija njenog stvaranja. Za



Sl. 2 — Šematski prikaz korozije metala
a) — ispod katodne prevlake, b) — ispod anodne prevlake

samostalnu zaštitu potrebne su deblje prevlake, a ako služe kao podloga za premaze mogu biti i tanje.

Neorganske prevlake su porozne, ali se naknadnom obradom u vrućoj vodi (za prevlake od aluminijuma) ili uz dodatak nekih soli poroznost smanjuje. Naknadna obrada obuhvata i nanošenje raznih premaznih sredstava (ulja, masti) radi popunjavanja pora [5].

Za zaštitu od atmosfere korozije primenjuju se oksidne, fosfatne i hromatne prevlake. Od oksidnih prevlaka praktičan značaj imaju one koje se formiraju na čeliku, bakru i aluminijumu. Oksidne prevlake na čeliku najčešće se dobijaju hemijskim postupkom — bruniranjem. Postupak se sprovodi radi smanjenja refleksije svetlosti (na metalnim delovima naoružanja) radi dekoracije i dobijanja podloge za nanošenje organskih prevlaka. Bruniranjem se dobijaju vrlo tanke prevlake (debljine ispod 10 μm), koje su, uz to, vrlo porozne i postojane samo u suvoj atmosferi. Zbog toga se brunirane površine dodatno zaštićuju nanošenjem zaštitnih ulja, zaštitnih masti ili premaznih sredstava.

Oksidne prevlake na bakru i mesingu imaju, kao primarni cilj, dekorativne efekte, a kao sekundarni — zaštitu od atmosfere korozije. Oksidne prevlake na aluminijumu stvaraju se radi povećanja otpornosti prema koroziji i postizanja nekih drugih efekata.

Fosfatne prevlake su korozivno postojanije od bruniranih i znatno smanjuju koroziju čelika, cinka, aluminijuma i magnezijuma.

Debljina fosfatnih prevlaka kreće se od 1 do 20 μm . Zaštitna moć raste sa povećanjem debljine, jer time opada poroznost koja iznosi od 0,1 do 0,15%. Fosfatni sloj zbog poroznosti ne pruža potpunu zaštitu od korozije u uslovima

visoke vlažnosti i zagađenosti vazduha. Radi zaštite metala u takvim sredinama prevlake se premazuju uljima, mastima ili lakovima, pa pružaju odličnu zaštitu od atmosfere korozije, koja se može uporediti sa nekim metalnim galvanskim prevlakama.

Hromatne prevlake sastoje se od trovalentnih i šestovalentnih jedinjenja hroma i osnovnog metala. Nanose se, najčešće, na aluminijum, magnezijum, cink i kadmijum radi povećanja njihove korozivne postojanosti ili dekoracije zbog ujednačenog izgleda prevlake.

Hromatne prevlake karakteriše mala debljina od 0,1 do 1 μm . Ukoliko treba da služe kao samostalna zaštita od korozije, naknadno se obrađuju radi smanjenja poroznosti. Inače, služe kao dobra podloga za premaze. Boja prevlake kreće se od bezbojne (providne), preko žute i maslinaste do zelene, a zavisi od debljine, vrste osnovnog metala i sastava prevlake.

Zaštita metalnih površina organskim prevlakama je najrasprostranjeniji postupak zaštite. Procenjuje se da je 3/4 ukupnih metalnih površina zaštićeno ovim prevlakama, a za neke površine to je nezamenljiv način zaštite.

Organske prevlake mogu biti na bazi premaznih sredstava i zaštitnih ulja, masti i solvenata.

Pod premaznim sredstvima podrazumevaju se zaštitna sredstva u tečnom stanju koja, nakon nanošenja i sušenja, stvaraju zaštitni sloj na površini predmeta. Svrha premaza je da površinu predmeta izoluju od spoljnih faktora i na taj način je zaštite od korozije. Premazna sredstva sadrže pigmente koji aktivno potpomažu zaštitu, a dodaju se u osnovne premaze kako bi bili u što neposrednijem kontaktu sa metalom. Pigmenti mogu imati pasivirajuće, inhibitorско, neutralizaciono i protekorno dejstvo [6].

Ne postoji idealan premaz koji bi zadovoljio sve postavljene zahteve, pa se na površinu nanosi nekoliko premaza čije su uloge različite, a čija zajednička svojstva donekle odgovaraju svojstvima idealnog premaza.

Prema nameni i redosledu nanošenja premazi mogu biti osnovni i pokriveni, tako da čine jedinstveni zaštitni sistem. Oba premaza nanose se u više slojeva, a način nanošenja zavisi od vrste zaštitnog sredstva i od površine koju treba zaštititi.

Zaštitna ulja su izrađena na bazi visokomolekularnih ulja kojima određeni aditivi poboljšavaju zaštitna svojstva. Primenuju se za kratkoročnu i međuoperacijsku zaštitu. Na površini predmeta stvaraju zaštitne slojeve koji su nesušivi, tanki i neotporni prema bilo kakvom mehaničkom oštećenju. Prednost njihove primene jeste u niskoj nabavnoj ceni, lakom stvaranju zaštitnog sloja i u jednostavnom i brzom uklanjanju, kada se za to ukaže potreba.

Pored zaštitnih ulja za opštu upotrebu proizvode se i specijalna ulja za unutrašnju zaštitu, na primer, motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Ta ulja imaju pojačano svojstvo adhezije, sposobnost neutralizacije kiselina i kiselih gasova iz produkata sagorevanja i dobra mazivna svojstva, tako da se koriste i kao radna motorna ulja. Njihova upotreba je neophodna kada motor nakon rada ostaje duže vreme van eksploatacije.

Postoje i specijalna ulja koja sa površine predmeta uklanjaju vlagu, što olakšava rad pri zaštiti, jer ne zahteva prethodno sušenje predmeta. Ova zaštitna sredstva pružaju zaštitu do godinu dana.

Zaštitne masti su vazelini i konzistentne masti za podmazivanje koje sadrže antikorozivne aditive. Za razliku od zaštitnih ulja, zaštitne masti

stvaraju deblje slojeve koji obezbeđuju sigurnu zaštitu u lošijim uslovima skladištenja. Primenuju se, prvenstveno, za zaštitu površina koje i pri eksploataciji koriste analogna sredstva, tako da ih u većini slučajeva nije potrebno uklanjati po isteku vremena zaštite.

Zaštitni solventi su rastvori zaštitnih ulja i masti u lakoisparljivom organskom rastvaraču. U zavisnosti od sastava daju mekše ili tvrđe zaštitne slojeve, koji su postojani i dobro prijanjaju za površinu metala, pa se primenuju za dugoročnu zaštitu. Debljina stvorenog sloja zavisi od načina nanošenja i viskoziteta zaštitnog sredstva. Zaštitna ulja daju veoma tanke slojeve, debljine do 0,025 mm, a zaštitne masti i zaštitni fluidi nešto deblje slojeve.

Zaštitna ulja, masti i solventi ne smeju doći u dodir sa vodom, gumenim delovima i organskim premazima. Zaštita traje od nekoliko meseci za sredstva uljnog tipa, do 10 godina za sredstva na bazi zaštitnih masti i zaštitnih solvenata. Vreme zaštite se produžava naknadnim pakovanjem zaštićenih sredstava.

Termoplastična masa namenjena je za zaštitu pojedinačnih metalnih predmeta fino obrađenih površina. Upotrebljava se za dugoročnu zaštitu u nepovoljnim uslovima skladištenja i transporta gotovih proizvoda metalne industrije, kao što su rezni i ručni alati, rezervni delovi, hirurški instrumenti, itd. Termoplastična masa stvara providan sloj žućkaste do svetlornke boje koji je nepropustan za vlagu i ostale gasove. Zaštita termoplastičnom masom je privremena, mada po vremenu trajanja može biti i trajna. Međutim, pošto se zaštitni sloj lako skida i bez upotrebe pomoćnih sredstava, (rastvarača) ovaj postupak spada u privremenu zaštitu.

Osnovni nedostatak primene termoplastične mase je u visokoj ceni materijala i visokoj radnoj temperaturi

stvaranja zaštitnog sloja. Postupak se primenjuje samo za zaštitu manjih delova jednostavnih konstrukcija, na čijim površinama nema prevlaka od organskih premaza.

Obrada korozivne sredine

Zaštita metalnih predmeta od atmosfere korozije može se postići smanjenjem agresivnosti atmosfere, odnosno stavljanjem predmeta u hermetičnu ambalažu ili u omote od metalne i plastične folije, uz dodatnu obradu korozivne sredine.

Najbolja hermetičnost postiže se pomoću metalne i plastične ambalaže — kontejnera, ali zbog velike mase i cene ova ambalaža ima ograničenu primenu. Neka TMS imaju metalno ili plastično kućište, pa se hermetičnost postiže postavljanjem gumi-gita ili samolepljive trake na preklopu sanduk — poklopac ili na otvore TMS. Od metalnih folija, praktičnu primenu ima aluminijska folija, debljine 0,1 mm, jer ne propušta vlagu. Međutim, zbog visoke cene se ređe koristi.

Za postizanje hermetičnosti oko TMS najviše se primenjuju plastične folije na bazi polietilena, polipropilena, polivinilhlorida i poliuretana. Navedeni materijali primenjuju se u kombinaciji, čime se znatno poboljšavaju zaštitne osobine omotača. Takve folije nazivaju se dupleks-folije. Od njih se, prema odgovarajućem šablonu, režu komadi za izradu navlake prema veličini sredstva koje treba hermetizovati, a spajaju se aparatom za zavarivanje.

Nedostatak plastičnih folija jeste što u određenom stepenu propuštaju vodenu paru, a podložne su i oštećenju.

Nakon hermetizacije agresivna sredina je ograničena na prostor koji se nalazi između omotača i predmeta. U tom prostoru nalaze se neznatne količine kiseonika, vodene pare i drugih

agensâ koji omogućavaju odvijanje atmosfere korozije. Zbog toga se korozivna sredina obrađuje: primenom inertnog gasa, primenom inhibitora i odvlaživanjem.

Zaštitna atmosfera ostvaruje se pomoću plemenitih gasova, u prvom redu argonom i azotom. Gasovi moraju biti očišćeni od vlage, kiseonika i drugih primesa. Ovaj postupak zaštite najčešće se primenjuje pri zaštiti TMS koja se nalaze unutar metalne ambalaže.

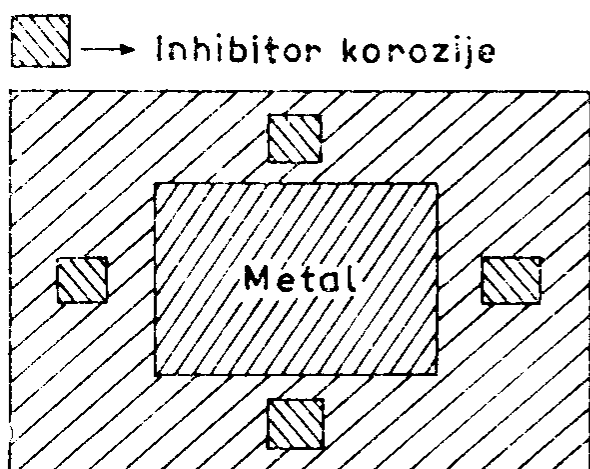
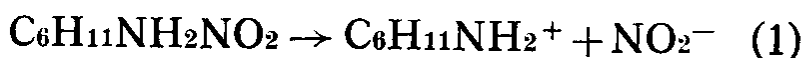
Inhibitori korozije su materije koje pod određenim uslovima smanjuju ili potpuno zaustavljaju koroziju metala a mogu biti neisparljivi i isparljivi.

Neisparljivi (kontaktni) inhibitori moraju se nanositi direktno na površinu metala ili na površinu materijala kojim se metal obavija. Najčešće se primenjuju za međuoperacijsku zaštitu, koja se obavlja potapanjem predmeta u vodeni rastvor inhibitora. Nakon sušenja na površini predmeta formira se pasivni sloj sa visokim zaštitnim svojstvima. Kao predstavnik neisparljivih inhibitora može se uzeti NaNO_2 .

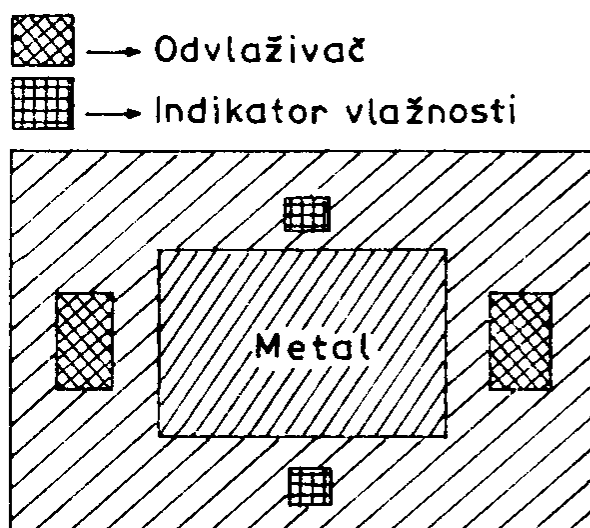
Veći značaj za zaštitu od atmosfere korozije imaju isparljivi inhibitori. Najčešće su to organska jedinjenja na bazi nitrita, amina, benzoata, hromata i hidrogenkarbonata. Ova jedinjenja odlikuju se visokim naponom pare, što znači da na sobnoj temperaturi isparavaju (sublimiraju) u atmosferu koja ih okružuje (slika 3). Na taj način dospevaju na sve površine metala, stvarajući pasivni sloj [7, 8]. Isparljivi inhibitori mogu se upotrebiti u obliku praha, tableta ili kao impregnirani materijali za oblaganje i pakovanje (papir, karton, sunđer i folija). Prah inhibitora najčešće se raspršuje po površini predmeta, a tablete postavljaju na određena mesta u okviru hermetičnog pakovanja, dok se impregni-

rani materijali koriste za oblaganje predmeta, pri čemu se inhibirana strana materijala okreće prema metalu. Bez obzira na način primene, potrebna količina inhibitora iznosi oko 20 g/m³ zapremine hermetičnog prostora.

Donedavno se za zaštitu od atmosferske korozije najviše primenjivao inhibitor na bazi nitrita — dicikloheksilamonijumnitrit, koji je na tržištu poznat kao VPI-260. Ovaj inhibitor pruža zaštitu u uslovima niske i srednje relativne vlažnosti, dok u uslovima visoke vlažnosti, kada na površini metala dolazi do orošavanja ili formiranja kapljica vode, djeluje kao aktivator korozije. Zaštitno dejstvo zasniva se na hidrolizi molekula inhibitora, pri čemu se stvara nitritjon, koji pasivira metalnu površinu:



a)



b)

Sl. 3 — Šematski prikaz zaštite metala
a) — pomoću inhibitora korozije, b) — pomoću odvlaživača

Nedostatak primene dicikloheksilamonijumnitrita je u tome što štiti samo crne metale, uključujući niklene i hromne prevlake, pa ima ograničenu primenu. Za zaštitu crnih i obojenih metala upotrebljavaju se inhibitori na bazi hromata i hidrogenkarbonata.

Odvlaživači ili desikatorni su zrnaste, porozne materije koje se odlikuju visokom higroskopnošću, tj. visokom sposobnošću upijanja vode, odnosno vodene pare. U uslovima 100% relativne vlažnosti odvlaživači mogu upiti preko 60% vlage od svoje mase, dok je u uslovima manjih vlažnosti sposobnost upijanja manja [9].

Odvlaživači imaju veoma povoljne fizičko-hemijske karakteristike koje omogućavaju da se više puta mogu regenerisati. Regeneracija se obavlja u etažnim sušnicama pri temperaturi od 120 do 160°C. Pakuju se u platnene vrećice različitih dimenzija, tako da u njih može stati 50, 100, 250, 500 grama ili nekoliko kilograma. Unutar hermetičkog prostora odvlaživač smanjuje relativnu vlažnost na vrednost pri kojoj ne dolazi do korozije (slika 4). Da bi se to ostvarilo on treba da adsorbuje vlagu koja se nalazi u pakovanju u trenutku zatvaranja, vlagu koja prolazi kroz materijal kojim je izvršena hermetizacija i vlagu iz materijala za jastučenje ili popunu prostora.

Količina odvlaživača [2, 10] koja je potrebna za zaštitu bilo koje opreme u nekom hermetičkom pakovanju ili prostoru može se odrediti na osnovu:

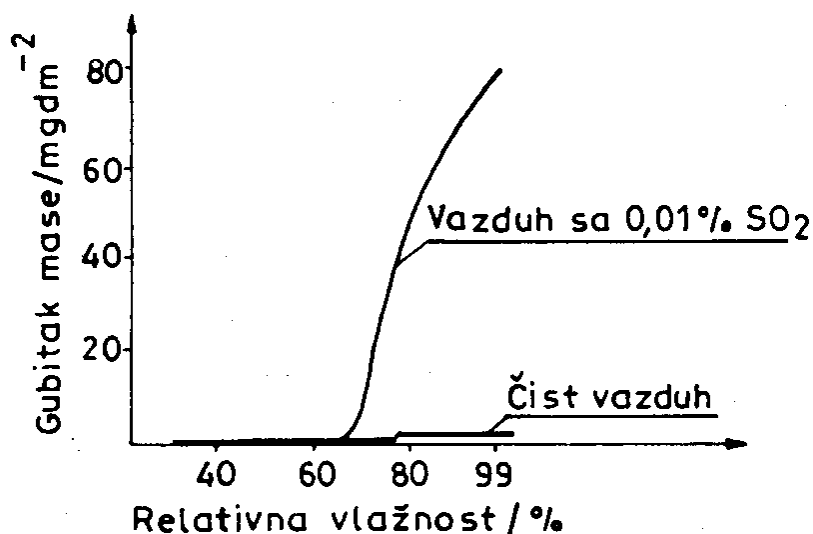
- koeficijenta propustljivosti vodene pare materijala za hermetizaciju,
- površine materijala za hermetizaciju,
- ukupne zapremine hermetičkog prostora,
- higroskopnosti materijala za popunu prostora,
- vremena trajanja zaštite,

— količine materijala za popunu prostora,

— sposobnosti odvlaživača da upija vlagu.

Stanje vlažnosti unutar hermetičnog pakovanja prati se pomoću indikatora vlažnosti na bazi kobalthlorida (CoCl_2). Ovaj indikator menja boju od intenzivno plave kada je suv, do crvene kada je vlažan. Prelaz od svetloplave do ružičaste boje odvija se pri relativnoj vlažnosti sredine od oko 40%. Ružičasta i crvena boja kobalthlorida pokazuje da je relativna vlažnost vazduha veća od 40%, što znači da treba proveriti hermetičnost pakovanja i zameniti odvlaživač, jer su stvoreni povoljni uslovi za koroziju metala.

Kobalthloridom se, najčešće, impregnira bela pamučna tkanina ili beli karton, od kojih se izrezuju trake veli-



Sl. 4 — Uticaj relativne vlažnosti i aerozađenja na brzinu atmosfere korozije čelika

čine 30 x 50 mm, koje se nakon sušenja do upotrebe čuvaju u hermetičkim posudama.

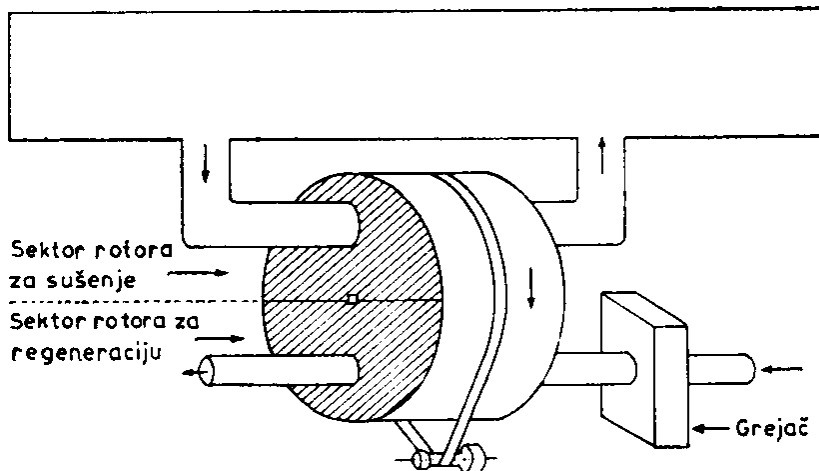
Indikator vlažnosti postavlja se na vidljivo mesto, koje je najudaljenije od mesta gde se nalaze vrećice sa odvlaživačem (slika 4). U okviru jednog pakovanja može se postaviti više indikatora vlažnosti. Indikatori vlažnosti i

odvlaživači zamenjuju se kada se uoči crvenkasta boja indikatora.

Pored statičkog načina odvlaživanja, postoji i dinamičko odvlaživanje, gde se adsorpcija vlage vrši u rotirajućem adsorpcionom kolu — rotoru (slika 5). Rotor je od vatrootpornog materijala, a sastoji se od mnoštva kaksijalnih kanalića sa glavnom osovinom, koji mu daju površinu od $3000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ mase. Vatrootporni materijal je impregniran odgovarajućim odvlaživačem.

Prilikom okretanja rotor »prolazi« kroz sekciju za odvlaživanje usisnog vazduha i kroz sekciju za regeneraciju odvlaživača [2, 11]. U sekciji za odvlaživanje vrši se adsorpcija vlage, a u sekciji za regeneraciju vlaga se oslobađa iz odvlaživača. Nakon regeneracije adsorpciona masa ponovo preuzima vlagu. Oba procesa: adsorpcija vlage i regeneracija odvijaju se istovremeno, čime se ostvaruje kontinuirano odvlaživanje vazduha. Na taj način u skladišnom prostoru stvara se odgovarajuća mikroklima koja ima nisku relativnu vlažnost i sprečava odvijanje elektrohemijske korozije.

Rad agregata može se automatizovati, tako da se uključuje kada vlažnost naraste iznad zadane vrednosti, odnosno isključuje kada vlažnost padne ispod te vrednosti. U praksi se, istovremeno, može primeniti nekoliko ag-



Sl. 5 — Šematski prikaz rada agregata za dinamičko odvlaživanje

regata za održavanje željene relativne vlažnosti u prostorima i prostorijama od nekoliko m³ do nekoliko hiljada m³. Na taj način može se ostvariti zaštita različite opreme.

Zaključak

Atmosferska korozija može se usporiti ili sprečiti izborom metala, legiranjem i odgovarajućim konstrukcionim merama, stvaranjem zaštitnih prevlaka i obradom korozivne sredine.

Pogodnim konstrukcionim merama moguće je sprečiti zadržavanje vode i izbeći kontakt plemenitijeg sa manje plemenitim metalom, kontakt metala sa drvetom, gumom, tekstilom i kožom. U slučajevima kada je takve spojeve nemoguće izbeći potrebno je izolovati dodirne površine.

Stvaranje metalnih, neorganskih i organskih prevlaka najrasprostranjeniji je način zaštite metala od atmosferske korozije. Prevlake moraju biti kompaktne, bez pora, nepropusne za vodenu paru i ostale gasove. Za samostalnu zaštitu najređe se primenjuju neorganske hemijske prevlake, jer su porozne. Međutim, kada se naknadno obrade uljima, mastima i premaznim sredstvima, one pružaju odličnu zaštitu od atmosferske korozije.

Obrada korozivne sredine obavlja se postavljanjem opreme u hermetička pakovanja, čime se dejstvo agensa korozije ograničava na mali prostor. U takvom prostoru dodatna zaštita može se izvršiti pomoću isparljivih inhibitora, ubacivanjem argona ili azota i uklanjanjem vodene pare statičkim ili dinamičkim odvlaživanjem.

Literatura:

- [1] Vujičić, V.: Atmosferska korozija metala u uslovima aerozagađenja, VTG, 2(1996).156.
- [2] Vujičić, V.: Korozija i zaštita metala, CVS VJ, 1994.
- [3] Esih, I., Dugi, Z.: Tehnologija zaštite od korozije, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [4] Mladenović, S.: Korozija metala u fazi projektovanja i zaštita od nje, 14. Savetovanje, Zaštita materijala oblaganjem, metalnim i konverzionim prevlakama, Savez inženjera i tehničara za zaštitu materijala Srbije, Beograd, 1993.
- [5] Milenković, M., Mladenović, S., Vučković, I.: Korozija i zaštita, Tehnička knjiga, Beograd, 1966.
- [6] Mladenović, S., Petrović, M., Rikovski, G.: Korozija i zaštita materijala, IRO, Rad, Beograd, 1985.
- [7] Robinson, D. S.: Inhibitori korrozii, Metallurgija, Moskva, 1983.
- [8] Rozenfeld, I. L.: Inhibitori korrozii, Izdatel'stvo Himija, Moskva, 1977.
- [9] Vujičić, V.: Ispitivanje uslova za određivanje higroskopnosti silikagela u vlažnom vazduhu, Zaštita materijala, 2(1994)50, Zaštita materijala, 1994.
- [10] Donovan, P. D.: Protection of metals from corrosion in storage and transit, John Wiley and sons, New York, 1986.
- [11] Vujičić, V.: Odvlaživanje kao postupak zaštite od atmosferske korozije, VTG, 4(1994)447.