

Dr Vladimir Vujičić,
dipl. inž.

KONZERVACIJA TEHNIČKIH SISTEMA POSTUPKOM ODVLAŽIVANJA ATMOSFERE

UDC: 620.197 : 697.93

Rezime:

Savremeni postupak konzervacije sastoji se u hermetizaciji opreme i održavanju vlažnosti hermetizovanog prostora ispod vrednosti pri kojoj ne dolazi do korozije. Odvlaživanje atmosfere može se provesti statičkim i dinamičkim postupkom.

Ključne reči: konzervacija, korozija, relativna vlažnost, hermetizacija, odvlaživanje, silikagel.

PRESERVATION OF TECHNICAL SYSTEMS BY AIR DEHUMIDIFICATION

Summary:

A contemporary preservation procedure consists of air-tightening equipment and maintaining humidity in an air-tight area below the threshold value of susceptibility to corrosion. Humidity of the atmosphere can be eliminated by static and dynamic procedures.

Key words: preservation, corrosion, relative humidity, tightness, dehumidification, silica gel.

Uvod

Složeni tehnički sistemi izrađeni su od većeg broja različitih konstrukcionih materijala, koji se različito ponašaju pod dejstvom okoline. Od materijala se zahteva da, s jedne strane, poseduje određene mehaničke osobine, a s druge strane da bude postojan prema uticaju atmosferilija pri normalnim uslovima. Materijali koji zadovoljavaju oba uslova vrlo su skupi, pa se problem rešava tako što se materijalima odgovarajućih mehaničkih karakteristika dodaje naknadna zaštita.

Zaštita tehničkih materijalnih sredstava (TMS) od atmosferske korozije, u periodu kada nisu u eksploataciji, naziva se konzervacija. Ona zauzima značajno mesto u sistemu održavanja TMS, jer ko-

rozija spada u faktore visokog rizika sa stanovišta borbene gotovosti.

Cilj konzervacije jeste da spreči propadanje materijala za vreme dok TMS nisu u upotrebi, tj. za vreme skladištenja. Skladištenje TMS vrši se u zatvorenim objektima, pod nastrešnicama i na otvorenom prostoru. Zatvoreni objekti (magacini i hale) ne dozvoljavaju da atmosferske padavine i sunčeva svetlost dođu u dodir sa uskladištenom opremom. Nastrešnice pružaju zaštitu od atmosferskih padavina, ali samo kada je vreme stabilno, pa se pri skladištenju pod nastrešnicama i na otvorenom prostoru koriste zaštitne navlake – cerade.

Propadanje materijala uzrokuje povećana vlažnost, temperatura, zagađenost

vazduha i sunčeva svetlost [1]. U uslovi-
ma povećane vlažnosti vazduha dolazi do:

- korozije tehničkih metala;
- smanjenja otpornosti elektroizola-
cionog materijala:
- stvaranja plesni na tekstilu i koži;
- bubrenja higroskopskih materijala
(drvo i tekstil);
- omekšavanja kartonskog pakovanja.

Odvlaživanje kao postupak zaštite

Zaštita uskladištene opreme od ko-
rozijske može se izvršiti na nekoliko nači-
na, od kojih neki više, a drugi manje
ostvaruju osnovne zahteve konzervacije,
a to su: tehnički (što znači zaštita od ko-
rozijske) i taktički (što znači imati opremu
raspoloživu za momentalnu upotrebu).

Klasični postupak zaštite kontakt-
nom metodom, sastoji se u nanošenju za-
štitnih sredstava (zaštitnih ulja, masti i
termoplastičnih masa) na površine koje
se štite čime je prvi uslov uglavnom za-
dovoljen. Drugi uslov, uglavnom, nije is-
punjen i zavisi od specifičnosti zaštitnih
sredstava. U određenim situacijama za-
štita može biti neprimerena ako je vreme
dekonzervacije i dovođenje opreme u
stanje borbene gotovosti duže od zahte-
vanog vremena kada je oprema morala
biti upotrebljena.

Ova dva kontradiktorna zahteva
konzervacije mogu se uskladiti ako se u
postupku zaštite od atmosferske korozije
ne tretira metal već lokalna atmosfera.
To se postiže metodom hermetizacije ko-
ji se sastoji u izolovanju pojedinih delo-
va, sklopova i kompletnih TMS i u obra-
di korozione sredine unutar izolovanog
prostora. Hermetičnost se može postići

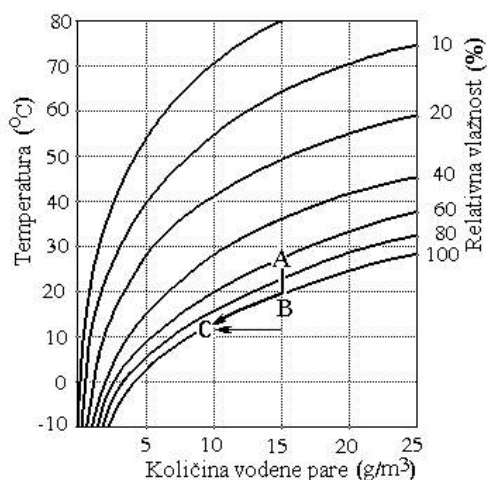
metalnom i plastičnom ambalažom, na-
vlakama od metalnih i plastičnih folija i
adaptacijom građevinskog objekta.

Pri korišćenju metalne i plastične
ambalaže (kontejnera), hermetičnost se
postiže postavljanjem termoplastičnog
gita ili samolepljive trake na spoju izme-
đu sanduka i poklopca sanduka. Radi iz-
rade navlaka folija se reže u komade
odgovarajuće veličine, a zatim se apa-
ratom za zavarivanje formira navlaka.

Hermetizacijom se agresivna sredi-
na ograničava na prostor koji se nalazi
između sredstva i omotača kojim je izvr-
šena hermetizacija. U tom prostoru nala-
ze se određene količine kiseonika, vode-
ne pare i drugih agensa korozije koji mo-
gu uzrokovati degradaciju karakteristika
tehničkih materijala.

Količina vodene pare u hermetičnom
pakovanju zavisi od uslova u kojima je iz-
vršena hermetizacija i poroznosti omotača.
Radi smanjenja količine zarobljene vlage
unutar omotača, hermetizacija se vrši na
sobnoj temperaturi i relativnoj vlažnosti do
60%. Ukoliko su ove vrednosti veće na ni-
žim temperaturama će doći do kondenzaci-
je veće količine vodene pare. Na primer,
ako se hermetizacija vrši u uslovima rela-
tivne vlažnosti od 60% i temperature od
27°C onda se u 1m³ prostora nalazi 15 g
vodene pare (tačka A, slika 1). Kada se ta-
kvo pakovanje za vreme skladištenja nađe
na temperaturi manjoj od 20°C doći će do
kondenzacije vodene pare na površini
omotača i TMS (tačka B, slika 1). Ukoliko
se temperatura u omotaču smanji na 12°C
doći će do kondenzacije 5 g vodene pare
(tačka C, slika 1).

Hermetičnost nije dovoljna da dugo-
ročno zaštititi TMS, jer se u omotaču zadr-



Sl. 1 – Zavisnost količine vodene pare od temperature i relativne vlažnosti

žavaju ili u njega naknadno prodiru agensi korozije. Prodiranje agensa korozije nastaje zbog poroznosti nekih materijala od kojih su izrađeni omotači. Zato se pri zaštiti opreme na duži period vrši obrada korozione sredine hermetičnog pakovanja, hermetičnog prostora ili prostorije.

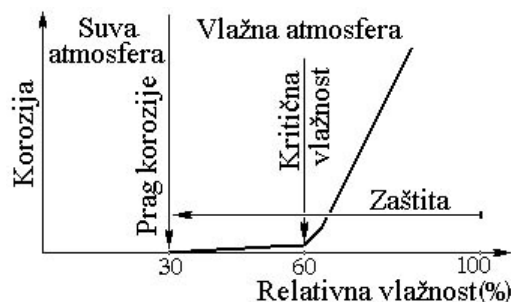
Ispitivanja su pokazala, a praksa potvrdila, da se korozija gvožđa ne odvija u suvoj atmosferi tj. u uslovima kada je relativna vlažnost manja od 30%. Korozija se sporo odvija i u uslovima kada je relativna vlažnost manja od 60% [1, 2]. Šematski prikaz zavisnosti korozije gvožđa od vlažnosti vazduha i mogućnosti zaštite opreme prikazana je na slici 2.

Suva atmosfera može se ostvariti statičkim i dinamičkim odvlaživanjem.

Statičko odvlaživanje

Statičko odvlaživanje primenjuje se za dugoročnu konzervaciju sredstava veze, optičkih instrumenata, raketa, radarskih sistema, oklopnih motornih i drugih

vozila koja se mogu hermetizovati, rezervnih sklopova, streljačkog naoružanja, itd.



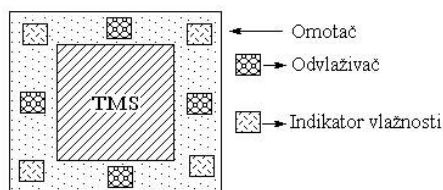
Sl. 2 – Uticaj relativne vlažnosti vazduha na koroziju gvožđa i mogućnost zaštite od atmosfere korozije

Konzervacija se provodi čvrstim adsorberima vlage, tzv. odvlaživačima. Oni upijaju vlagu iz hermetične sredine i na taj način, za unapred određeno vreme, održavaju relativnu vlažnost ispod vrednosti kod koje ne dolazi do korozije.

Najpoznatiji odvlaživač je silikagel. On ima veliku sposobnost adsorpcije vodene pare. Najveću sposobnost upijanja ima u uslovima 100%-tne vlažnosti (do 63% u odnosu na masu suvog silikagela) [2]. Upijanjem vlage silikagel može u hermetičnim pakovanjima da obezbedi suhu atmosferu u dužem periodu.

Za upotrebu silikagel se pakuje u pamučne, platnene ili celulozne vrećice, određenih dimenzija u kojima može da stane od 50, 100, 250, 500, 1000 g ili nekoliko kilograma silikagela.

Vrećice sa silikagelom postavljaju se i pričvršćuju na različita mesta oko tehničkog sredstva koje se štiti, tako da čitav prostor unutar pakovanja bude u suvoj atmosferi (slika 3). Između površine metala i vrećica sa silikagelom postavlja se parafinisani papir ili plastična folija, čime se izbegava pojava korozije usled dodira vlažnog silikagela i metala.



Sl. 3 – Šematski prikaz konzervacije pomoću odvlaživača

Masa silikagela, koja se stavlja u hermetično pakovanje, proračunava se na osnovu propustljivosti vodene pare materijala za hermetizaciju, ukupne zapremine hermetičnog pakovanja, adsorpcione moći silikagela, higroskopnosti i količine materijala za ispunu, veka trajanja konzervacije i uslova čuvanja [2, 3].

Stanje vlažnosti unutar hermetičnog pakovanja prati se pomoću indikatora vlažnosti na bazi kobalt-hlorida (CoCl_2). Ova materija menja boju u zavisnosti od sadržaja vlage i to od izrazito plave – kada je suva, do crvene – kada je vlažna. Prelaz od svetloplave do ružičaste boje odvija se pri relativnoj vlažnosti od 40%.

Kobalthloridom impregnišu se komadi od bele tkanine, veličine 30×50 mm. Nakon impregnacije i sušenja indikator vlažnosti se do upotrebe čuva u hermetički zatvorenim staklenim, metalnim ili plastičnim posudama. Postavlja se u hermetično pakovanje na vidljivo mesto koje je udaljeno od mesta sa vrećicama silikagela, a u jedno pakovanje može se postaviti više komada. Njihov broj zavisi od složenosti i veličine tehničkog sredstva koje se zaštićuje.

Zamena indikatora vlažnosti i silikagela vrši se nakon što se pri pregledima konzervisane opreme uoči njegova ružičasta boja. U svakom skladištu TMS konzervisanih metodom hermetizacije postavlja se etalon sa objašnjenjem značenja boje indikatora vlažnosti pri različitim stepenima vlažnosti.

Etalon sa objašnjenjem značenja boje indikatora vlažnosti

Boja	Relativna vlažnost (%)
Plava	Od 0 do 30
Svetloplava	Od 30 do 40
Ružičasta	Od 40 do 50
Crvena	Od 50 do 100

Zaštita silikagelom traje nekoliko godina i zavisi, prvenstveno, od karakteristika materijala pomoću kojih je izvršena hermetizacija, količine odvlaživača i uslova čuvanja.

Konzervacija metodom hermetizacije uz upotrebu silikagela ima velike prednosti u odnosu na zaštitu zaštitnim uljima, mastima i solventima, i to:

- postupak zaštite je veoma jednostavan. Kada se silikagel zasiti vlagom zamenjuje se suvim, a vlažan šalje na regeneraciju, koja se vrši u električnim pećima;

- silikagel se može primeniti za zaštitu svih materijala. Pored sprečavanja korozije silikagel smanjuje mogućnost nastanka plesni;

- postupak aktiviranja konzervisanih sredstva je jednostavan, a sastoji se od otvaranja hermetičnog pakovanja, uklanjanja materijala kojim je izvršena hermetizacija, i uklanjanja vrećica sa silikagelom i indikatora vlažnosti.

Dinamičko odvlaživanje

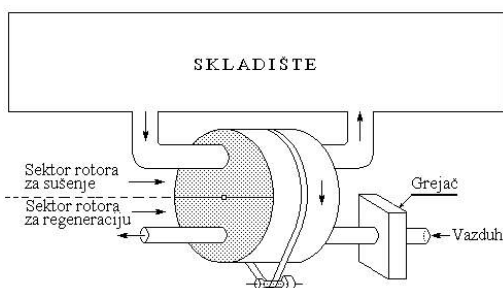
Dinamičko odvlaživanje realizuje se pomoću agregata za odvlaživanje. Izmena vlage obavlja se u lagano rotirajućem adsorpcionom kolu ili rotoru. Rotor je izrađen od mehaničkog nosećeg vatrootpornog materijala koji je impregnisiran odgovarajućim odvlaživačem. Sastoji se od mnoštva koaksijalnih kanalića sa glavnom osovinom, tako da ima površinu od preko $3000 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Cevasti oblik saća omogućuje laminarno strujanje vazduha,

sa minimalnim trenjem i padom pritiska. Vazduh se propušta kroz rotor brzinom od oko 2,5 m/s.

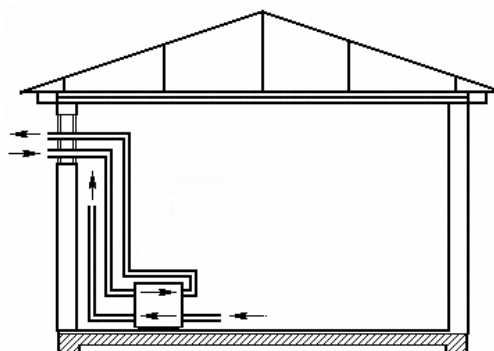
Rotor se okreće brzinom od 7 obrtaja na sat. Obrtanjem „prolazi“ kroz sekciju za odvlaživanje usisnog vazduha i kroz sekciju za regeneraciju odvlaživača. U sekciji za odvlaživanje dolazi do adsorpcije vlage, a u sekciji za regeneraciju do oslobađanja vlage iz odvlaživača pomoću toplog vazduha. Nakon regeneracije adsorpciona masa ponovo preuzima vlagu. Oba procesa: adsorpcija vlage i regeneracija odvlaživača odvijaju se istovremeno, čime se ostvaruje kontinuirano odvlaživanje vazduha. Na taj način u prostoriji se postiže odgovarajuća mikroklima sa niskom relativnom vlažnošću u kojoj se ne može odvijati elektrohemijska korozija.

Rad agregata može se automatizovati, najčešće higrostatskom metodom. Vrednost vlažnosti koja se želi održavati podešava se na posebnom higrometru, tako da relej automatski uključuje agregat.

Šematski prikaz rada agregata za dinamičko odvlaživanje prikazan je na slici 4, a njegov položaj u skladišnom objektu na slici 5.



Sl. 4 – Šematski prikaz rada agregata za dinamičko odvlaživanje

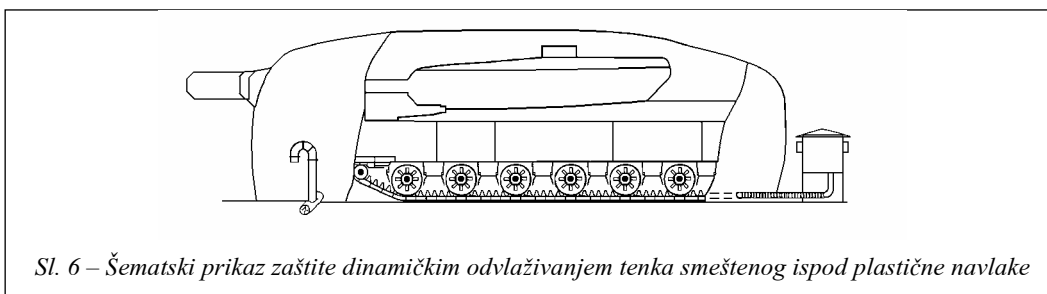


Sl. 5 – Položaj agregata za odvlaživanje u skladišnom objektu

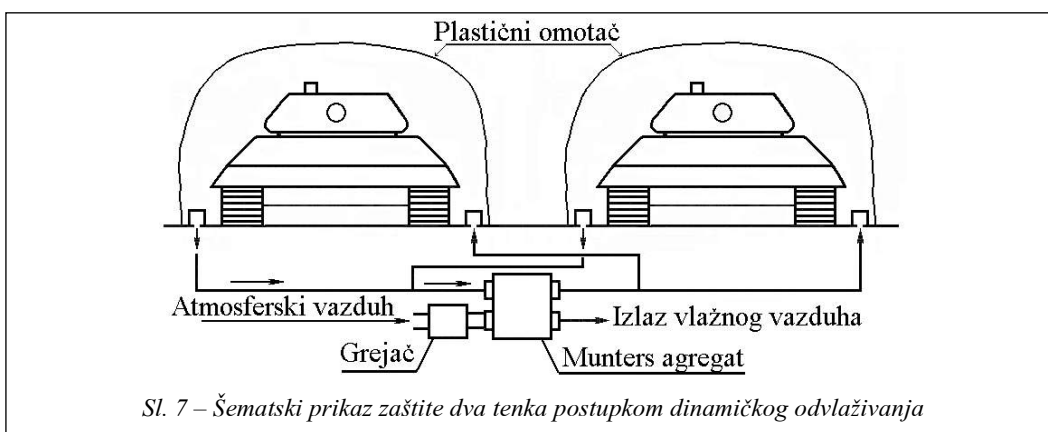
Na tržištu postoje agregati različitog kapaciteta. U praksi se istovremeno može primeniti nekoliko agregata, čime se omogućuje održavanje relativne vlažnosti u prostoru od nekoliko m³ do nekoliko hiljada m³. U takvim uslovima omogućena je zaštita pojedinih TMS i njihovih sklopova, kao i kompletnog naoružanja i vojne opreme jedne ili više jedinica istovremeno. Upravo zbog toga agregati za odvlaživanje imaju veliku primenu u svetu za zaštitu naoružanja i ostale vojne opreme u stabilnim objektima i na položaju.

Agregati za odvlaživanje mogu se primeniti i za zaštitu naoružanja i vojne opreme na položaju, ukoliko se raspolože odgovarajućom podlogom i odgovarajućim navlakama (slike 6 i 7). U ovom slučaju nije bitno da se u blizini nalazi izvor električne energije, jer se odvlaživači mogu napajati preko elektro-agregata.

Dinamičko odvlaživanje funkcioniše sigurno i pouzdano uz najmanje energetske i materijalne troškove. Sistem konzervisanja suvim vazduhom obezbeđuje kontrolu vlažnosti vazduha unutar hermetičkog prostora i garantuje sigurnost protiv korozije i drugog štetnog delovanja vlage na uskladišteni materijal.



Sl. 6 – Šematski prikaz zaštite dinamičkim odvlaživanjem tenka smeštenog ispod plastične navlake



Sl. 7 – Šematski prikaz zaštite dva tenka postupkom dinamičkog odvlaživanja

Zaključak

Zaštita tehničkih sistema od degradacije za vreme skladištenja može se vršiti postavljanjem opreme u odgovarajuća hermetična pakovanja i hermetične prostore uz održavanje vlažnosti vazduha ispod vrednosti pri kojoj ne dolazi do korozije. To se ostvaruje statičkim i dinamičkim odvlaživanjem.

Statičko odvlaživanje ostvaruje se pomoću silikagela, a primenjuje se za zaštitu opreme koja se čuva u hermetičnim pakovanjima od metalne i plastične ambalaže i omotačima od plastične folije.

Dinamičko odvlaživanje ostvaruje se pomoću agregata za odvlaživanje i primenjuje se za zaštitu velikog broja iste ili različite opreme. Primena ovog postupka konzervacije uslovljena je obezbeđenjem uređaja za odvlaživanje i hermetičnosti prostorije (građevinski obje-

kat), odnosno hermetičnosti prostora (nepropustljiva plastična navlaka).

Postupak konzervacije odvlaživanjem je jednostavan i obezbeđuje sigurnu zaštitu TMS u dužem periodu u svim vremenskim uslovima.

Dekonzervacija sredstava konzervisanog statičkim odvlaživanjem je jednostavna, a sastoji se od otvaranja hermetičnog pakovanja, uklanjanja materijala kojim je izvršena hermetizacija, kao i uklanjanja silikagela i indikatora vlažnosti.

Sredstva konzervisana dinamičkim odvlaživanjem čuvaju se u eksploatacionom stanju, tako da se mogu u svakom trenutku upotrebiti.

Literatura:

- [1] Vujičić, V.: Korozija i tehnologija zaštite metala, Vojna akademija, Beograd, 2002.
- [2] Tehnička uprava SP GŠ VJ: Uputstvo za konzervaciju tehničkih materijalnih sredstava, TU-V, 5102, 1997.