



PRIMJENA Hlapljivih inhibitora korozije u zaštiti opreme kod skladištenja i prekomorskog transporta

PROTECTION OF EQUIPMENT FOR STORAGE AND TRANSPORT WITH VAPOR PHASE CORROSION INHIBITORS

Boris Mikšić¹, Ivan Rogan², Vesna Alar³

¹Cortec Corporation, St. Paul, ²CorteCros d.o.o., Zagreb, ³Sveučilište u Zagrebu, FSB, Zagreb

Stručni rad – Professional paper

UDK: 620.193

Sažetak

Primjena hlapljivih inhibitora korozije (VpCI) za zaštitu razne industrijske i vojne opreme od korozije tijekom skladištenja i prekomorskog transporta pruža brojne prednosti. Kada se u postupku zaštite od korozije primjenjuju hlapljivi inhibitori korozije oni opremi omogućuju zaštitu tijekom skladištenja, transporta, te nesmetano uvođenje opreme u funkciju bez trošenja dodatnog vremena i novca za dekonzervaciju. Tijekom transporta oprema putuje kroz različite klimatske zone, promjene temperature i vlage, što pogoduje pojavi korozije. Sama promjena vlažnosti i temperature već na vrlo malim udaljenostima može stvoriti vlagu koja se kondenzira u fizički prisutnu vodu. Pravilno odabrana kombinacija hlapljivih inhibitora korozije omogućuje opremi i njenim komponentama posebice elektro komponentama, odolijevanje napadu korozije od vlage, otapanja smrznutog kondenzata, te agresivnog slanog okoliša. Zahtjevi kojih se pri primjeni hlapljivih inhibitora korozije treba pridržavati variraju ovisno o uvjetima njihove primjene i zahtjevnih vremenskih rokova zaštite od korozije.

U ovom radu provedena su ispitivanja djelotvornosti zaštite hlapljivih inhibitora korozije impregniranih u termoskupljajućoj foliji, spužvi te premaza koji se primjenjuju kod konzerviranja industrijske i vojne opreme za skladištenje i prekomorski transport. Ispitivanja su provedena na uzorcima aluminija, ugljičnog čelika i bakra. Ispitivanje je obuhvaćalo izlaganje u slanoj i vlažnoj komori sukladno ASTM, MIL-SPEC, NACE i DIN normama.

Ključne riječi: korozija, hlapljivi inhibitori korozije

Abstract

Application of Vapor phase Corrosion Inhibitors (VpCI®) for protection of various industrial and military equipment from corrosion during storage and overseas transport provides numerous advantages. When VpCI® inhibitors are being applied during the process of corrosion protection they will enable strong protection of the equipment during storage and transport without additional time and money needed prior to putting equipment in operation. During transport the equipment travels through various climate zones experiencing changes in temperature and humidity that are favorable to corrosion. Changes in humidity and temperature levels during transport even at very short distances can create moisture that condenses into water. Properly chosen combination of Vapor phase corrosion inhibitors enables the equipment and its components (especially electrical components) to resist the corrosion caused by moisture and aggressive saline environment. The requirements that need to be fulfilled during the application of inhibitors vary depending on the conditions of the application as well as required time limits of corrosion protection process.

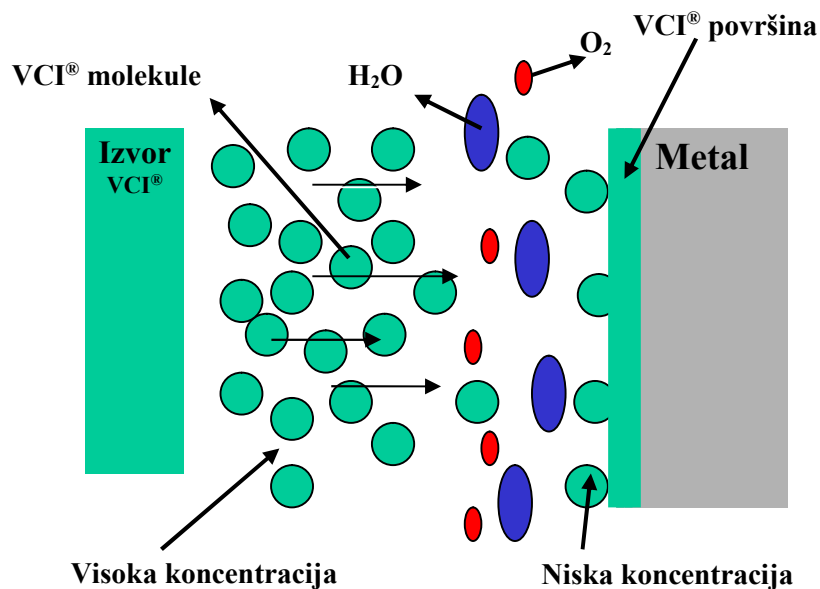
The paper includes laboratory testing data and application methods of shrink film, impregnated foams and coatings containing vapor corrosion inhibitor (VpCI®) that are being applied in conservation process of industrial and military equipment. The experimental part of this paper will include validation of effectiveness of this system using standard test methods according to ASTM, MIL-SPEC, NACE and DIN standards.

Key words: corrosion, vapour corrosion inhibitor

1. UVOD

Hlapljivi inhibitori korozije su organski spojevi koji imaju nizak tlak zasićene pare pod atmosferskim uvjetima i inhibiraju koroziju apsorpcijom na površinu metala. Oni mijenjaju kinetiku elektrokemijske reakcije. Najučinkovitiji su oni čiji se tlak pare kreće u rasponu od 10^{-5} – 10^{-7} mm Hg [1-3]. Inhibitori difundiraju kroz plinsku fazu i apsorbiraju se na metalnu površinu u gustoći od nekoliko nanoslojeva i na taj način stvaraju zaštitu od korozije, slika 1.

Hlapljivi inhibitori korozije na metalnoj površini formiraju hidrofoban zaštitni sloj. Glavna zadaća hlapljivih inhibitora korozije je sprječavanje procesa korozije na metalnim dijelovima tijekom cjelokupnog životnog ciklusa od proizvodnje, pakiranja, skladištenja, transporta i tijekom primjene [4-11]. Hlapljivi inhibitori korozije (VpCI) su termostabilni, ne oštećuju obojene metale niti utječu na elektro vodljiva svojstva te fizikalno kemijska svojstva maziva ukoliko ih primjenjujemo u sustavima podmazivanja.



Slika 1. Difuzija molekula hlapljivog inhibitora korozije

Za skladištenje u zatvorenom prostoru do jedne godine ili transporti koji traju vrlo kratko mogu se koristiti uljni premaz ili dobar voštani papir. Međutim, za skladištenje 3-5 godina ili za prekomorski transport od zaštite protiv atmosferske korozije potrebna je puno kvalitetnija i sigurnije zaštita od korozije. To su prije svega premazi, poliuretanske spužve različitih oblika, te sredstva za zamatanje/prekrivanje na bazi polimera.

Privremena zaštita od korozije u navedenim sredstvima postiže se dodavanjem hlapljivih inhibitora korozije u premaze i spužve, te u polimerni film tijekom ekstruzije. U tom slučaju navedena sredstva djeluju kao nosači inhibitora korozije i izvor inhibitora korozije.

Nosači odnosno izvor inhibitora korozije komercijalno su dostupni u različitim stanjima kao što su:

- Tekućina
- Prah
- Papir
- Premaz (mokri ili suhi film)
- Spužva
- Polietilenske folije itd.

Na slikama 2 i 3 dano je nekoliko primjera primjene hlapljivih inhibitora korozije.



Slika 2. Primjena u transportu opreme



Slika 3. Vojna primjena

2. EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom radu ispitana je djelotvornost hlapljivog inhibitora korozije impregniran u PE foliji, spužvi i premazu.

2.1. Ispitivanje premaza s inhibitorom korozije VpCI-368D

Premaz koji se koristio za zaštitu aluminija, ugljičnog čelika i bakra je policiklički aromat u mineralnom ulju koji se sastoji od hidrotretiranog teškog destilata, alifatskih amina, inhibitora korozije na bazi sulfonata i hlapljivog inhibitora korozije na osnovi aminokarboksilata. Maseni udio hlapljivog inhibitor korozije u premazu je oko 5 %. Premaz s hlapljivim inhibitorom nanesen je na čiste metalne pločice u debljini sloja od 50-75 μm .

U skladu s normom DIN EN ISO 6270-2 provedeno je ispitivanje uzoraka u vlažnoj komori s ciljem utvrđivanja antikorozivne zaštite uzoraka od ugljičnog čelika, aluminija i bakra. Uzorci su bili postavljeni u vlažnu komoru zagrijane i zasićene smjese zraka i vodene pare, gdje je temperatura iznosila 42 °C i 100 %-tne relativne vlažnosti u trajanju do pojave korozije. Uslijed male temperaturne razlike uzoraka i pare, dolazi do pojave kondenzacije na površini uzoraka. Uzorci su nakon izlaganja u vlažnoj komori, ocijenjeni u skladu s normom NACE TM0208-2008. Ispitivanje u slanoj komori provedeno je sukladno normi ASTM B117, ISO 9227:2006 s ciljem utvrđivanja otpornosti uzoraka na pojavu korozije. Uzorci su bili podvrgnuti kontroliranim uvjetima unutar Ascott S450 slane komore. Ispitivanje se provodilo u 5 %-tnoj otopini NaCl, a temperatura u komori je iznosila 35 °C.

Prema normi ISO 12944, za C3-srednje uvjete korozivnosti, ispitivanje uzoraka u slanoj komori propisano je u trajanju od 10 dana (240 sati). Na slici 4. prikazane su nulte probe uzoraka bakra, aluminija i čelika i nakon izlaganja vlažnoj komori nakon 336 sati te izlaganja u slanoj komori nakon 144 sati.

Ispitani uzorak	SLANA KOMORA ASTM B117		VLAŽNA KOMORA D1735	
	Slijepa proba (kontrolni etalon)	Slana komora sata 144 sata	Slijepa proba (kontrolni etalon)	Vlažna komora 336 sati
Čelik				
Aluminij				
Bakar				

Slika 4. Ispitivanje premaza sa inhibitorom korozije VpCI-368D (suhi film)

Rezultati laboratorijskog ispitivanja premaza s hlapljivim inhibitorom korozije oznake VpCI-368D u slanoj i vlažnoj komori pokazuju uspješnu zaštitu na čeliku i aluminiju, dok kod zaštite bakra u slanoj komori nakon 80 sati dolazi do pojave korozije.

2.2. Ispitivanje premaza s inhibitorom korozije VpCI-369D

Ovaj premaz je policiklički aromat u mineralnom ulju, a sastoji se od hidrotretiranog teškog destilata, alifatskog amina, inhibitora korozije na bazi sulfonata i hlapljivog inhibitora korozije na osnovi aminokarboksilata. Maseni udio hlapljivog inhibitor korozije u ovom premazu je oko 5 %. Premaz s hlapljivim inhibitorom nanijet je na čiste nekorodirane pločice od ugljičnog čelika, aluminija i bakra u debljini sloja od 50-75 μm .

Djelotvornost zaštite na ispitnim uzorcima provedena je izlaganjem u vlažnoj i slanoj komori. A rezultati ispitivanja prikazani su na slici 5.


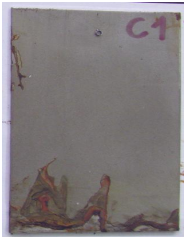

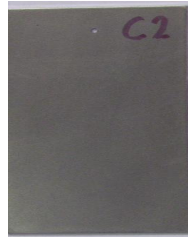

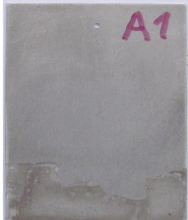

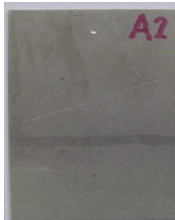



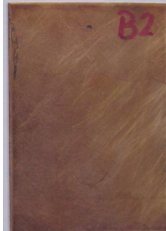
Ispitani uzorak	SLANA KOMORA ASTM B117		VLAŽNA KOMORA D1735	
	Slijepa proba (kontrolni etalon)	Slana komora sata 144 sata	Slijepa proba (kontrolni etalon)	Vlažna komora 336 sati
Čelik				
Aluminij				
Bakar				

Slika 5. Ispitivanje premaza sa inhibitorom korozije VpCI-369 Aerosol (mokri film)

Rezultati laboratorijskog ispitivanja premaza s hlapljivim inhibitorom korozije oznake VpCI-369D pokazuju uspješnu zaštitu na čeliku, aluminiju i bakru u vlažnoj komori u trajanju od 336 sati. U slanoj komori uzorci aluminija i bakra su ostali nepromijenjeni 144 sata, dok se na ugljičnom čeliku korozija pojavila nakon 24 sata.

2.3. Ispitivanje poliuretanske spužve s inhibitorom korozije VpCI-137

Djelotvornost zaštite hlapljivog inhibitora korozije impregniranog u poliuretanskoj spužvi provedena su na uzorcima aluminija, bakra i ugljičnog čelika također izlaganjem u slanoj i vlažnoj komori. Na slici 6 dan je prikaz uzoraka nakon ispitivanja.

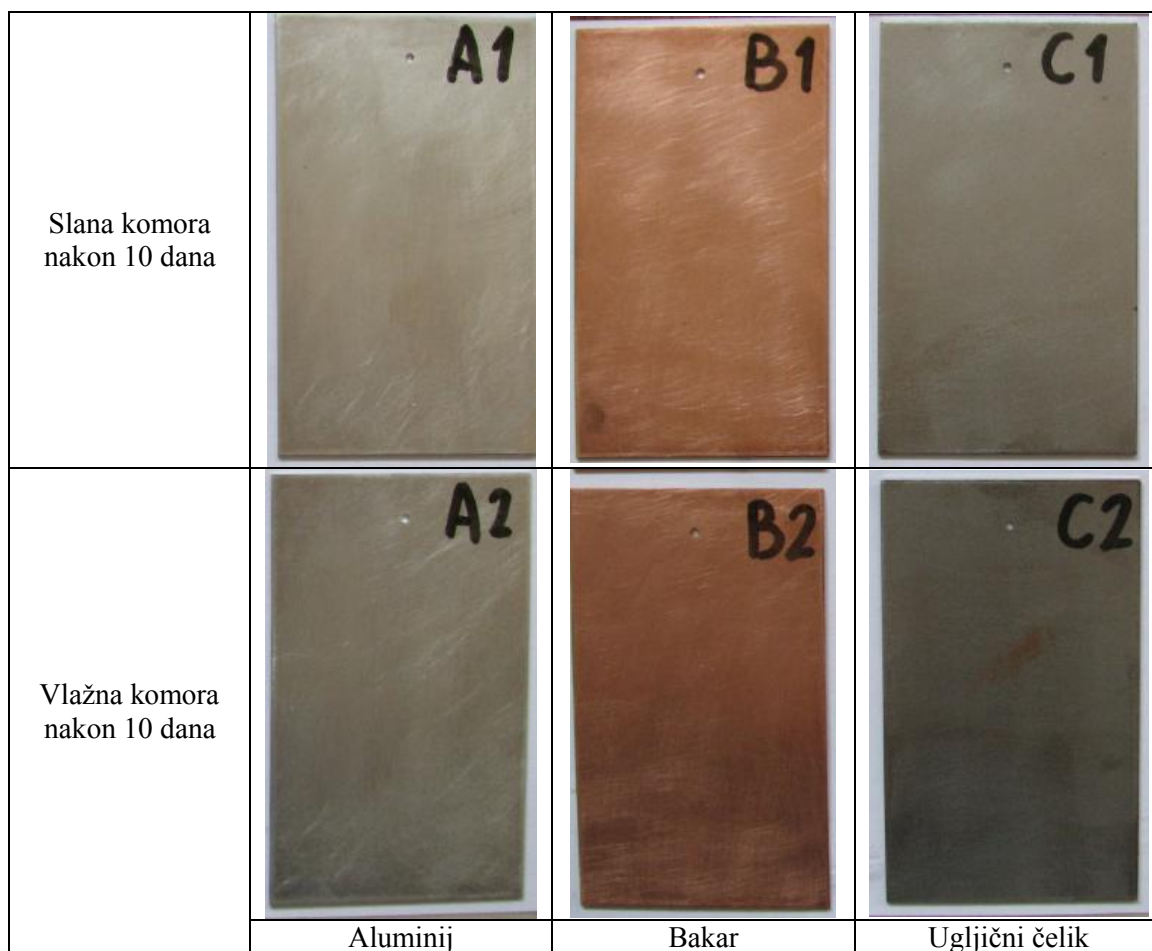
Ispitani uzorak	SLANA KOMORA ASTM B117		VLAŽNA KOMORA D1735	
	Slijepa proba (kontrolni etalon)	Slana komora 144 sata	Slijepa proba (kontrolni etalon)	Vlažna komora 366 sati
Čelik				
Aluminij				
Bakar				

Slika 6. Ispitivanje djelotvornosti inhibitora impregniran u spužvi

Rezultati laboratorijskog ispitivanja djelotvornosti zaštite hlapljivog inhibitora impregniranog u spužvi pokazuju uspješnu zaštitu na čeliku, aluminiju i bakru u vlažnoj komori u trajanju od 336 sati. Kod uzorka bakra u agresivnijoj atmosferi kao što je slana komora primijećena je pojava korozije nakon 98 sati. Uzorak ugljičnog čelika je izdržao 72 sata u slanoj komori, a na aluminiju nakon 144 sata nisu uočeni korozijski produkti.

2.4. Ispitivanje polimera s inhibitorom korozije MilCorr VpCI Shrink Film

Djelotvornost zaštite hlapljivog inhibitora korozije MilCorr VpCI Shrink Film provedena su na uzorcima aluminija, bakra i ugljičnog čelika također izlaganjem u slanoj i vlažnoj komori. Na slici 7 dan je prikaz uzoraka nakon ispitivanja.



Slika 7. Rezultati ispitivanja polimera u slanoj i vlažnoj komori

Rezultati laboratorijskog ispitivanja djelotvornosti zaštite hlapljivog inhibitora impregniranog u polimernom filmu oznake MilCorr VpCI Shrink Film pokazuju uspješnu zaštitu na čeliku, aluminiju i bakru u slanoj i vlažnoj komori u trajanju od 240 sati.



3. ZAKLJUČAK

Ispitivanjem djelotvornosti zaštite hlapljivim inhibitorima korozije u slanoj i vlažnoj komori dokazano je da:

- Hlapljivi inhibitor korozije VpCI-368 D u premazu pokazuju uspješnu zaštitu na čeliku i aluminiju, dok je zaštita bakra u slanoj komori ocjenjena manje učinkovita.
- Hlapljivi inhibitor korozije VpCI-369 D u spreju pokazuje uspješnu zaštitu na čeliku, aluminiju i bakru u vlažnoj komori u trajanju od 336 sati, dok je zaštita ugljičnog čelika u agresivnijoj atmosferi kao što je slana komora manje učinkovita. Uzorak ugljičnog čelika je izdržao 24 sata do pojave korozije.
- Hlapljivi inhibitor korozije VpCI-137 impregniran u spužvi pokazuje uspješnu zaštitu na čeliku, aluminiju i bakru u vlažnoj komori u trajanju od 336 sati, dok je zaštita bakra u agresivnijoj atmosferi kao što je slana komora manje učinkovita. Uzorak ugljičnog čelika je izdržao 120 sati u slanoj komori.
- VpCI inhibitor u Milcorr polietilenskoj foliji s hlapljivim inhibitorom korozije pokazao je uspješnu zaštitu na čeliku, aluminiju i bakru u trajanju od 240 sati.

Literatura:

1. Miksic, B.A., NACE, National Association of Corrosion Engineers, Use of Vapor phase Inhibitors for Corrosion Protection of Metal Products, Paper 308, Corrosion '83
2. Miksic, B.A., Some Aspects of Metal Protection by Vapor Phase Inhibitors, Journal – Anti – Corrosion, Methods & Materials, Sawell Publications p.5
3. Miksic, B.A., Miller, R.H., Fundamental Principles of Corrosion Protection with Vapor Phase Inhibitors, 5th European Symposium on Corrosion Inhibitors, European Federation of Corrosion
4. Miksic, B.A. VpCI Tehnology Handbook, Cortec corporation, USA, 2014
5. V.S. Sartry. Corrosion inhibitors, Principles and Applications. 1998. John Wiley & Sons Ltd. 903p.
6. Helwig, L.E. Temporary rust – preventive compound for steel sheet. Material Performance, vol.25, No.5; 99.26-31 (1986)
7. Charles M. Boyles C.P.E. „, Proactive Maintenance Leads to „New Life“. Plant Services. May 1993, pp.24-26
8. Michel Prenosil, Volatile corrosion Inhibitor Coatings. Presentation at 76th Annual Meeting of federation of Societies for Coatings Technology, October, 1998. New Orleans, L.A.
9. Corrosion. Understanding the Basics. ASM International. Edited by J.R. Davis, 2000.563p
10. Cracauer, C., Kharshan, M. Interim Corrosion Protection with Soy-based Products Incorporating Vapor Corrosion Inhibitors. Corrosion 2003, NACE, Paper 03485.