

## Visoka učinkovitost premaza na bazi vode poboljšanih s nano VCI inhibitorima korozije

**Autor:** Markus Bieber, Cortec® Corporation Minnesota, USA

**Pripremio i preveo:** Ivan Rogan dipl. ing. CorteCros d.o.o., Hrvatska

### 1.0 Uvod

U studiji NACE International<sup>1</sup> iz 2002. godine, procjenjuje se da su troškovi korozije za Ministarstvo obrane SAD-a veći od 20 milijardi dolara. Tradicionalne metode kontrole korozije za zaštitu metalnih površina u vojsci uključuju premaze koji sadrže kromate, cink i druge teške metale u inhibitorima koji djeluju zajedno s pasivizacijom ili katodnom zaštitom<sup>2</sup>. Ekološki prihvatljiva i učinkovita alternativa uključuje upotrebu inhibitora korozije u nano-parnoj fazi (VCI) u premazima koji se koriste za zaštitu u vojne svrhe<sup>3-4</sup>.

Upotreba jednokomponentnih premaza na bazi vode za zaštitu od korozije, u vojsci nastavlja rasti zbog slabog mirisa, zdravstvenih i sigurnosnih prednosti, jednostavnog čišćenja alata, te ekološke prihvatljivosti. Ipak, ostaje izazov pronaći alternative tradicionalnom premazima koji sadrže kromate, cink ili sličnih inhibitora korozije teških metala koji se uglavnom oslanjaju na pasivizaciju ili katodnu zaštitu.

Uz to, stalni regulatorni razvoj koji zahtijeva manje hlapljive organske spojeve (VOC) i uklanjanje kancerogenih materijala, nastavlja pooštravati upotrebu proizvoda koji sadrže te teške metale, nudeći potrebu za alternativnim tehnologijama. Korištenje inhibitora korozije u nano-parnoj fazi pruža atraktivnu alternativu, adsorpcijom na metalnu podlogu i popunjavanjem praznina ili mikro pukotina podloge te sprječavanjem pokretanja ili rasta korozije nakon oštećenja površine premaza. Ova je tehnologija dokazana kao učinkovita u jednokomponentnim premazima na bazi vode već pri debljini suhog filma od 25 µm (DFT).

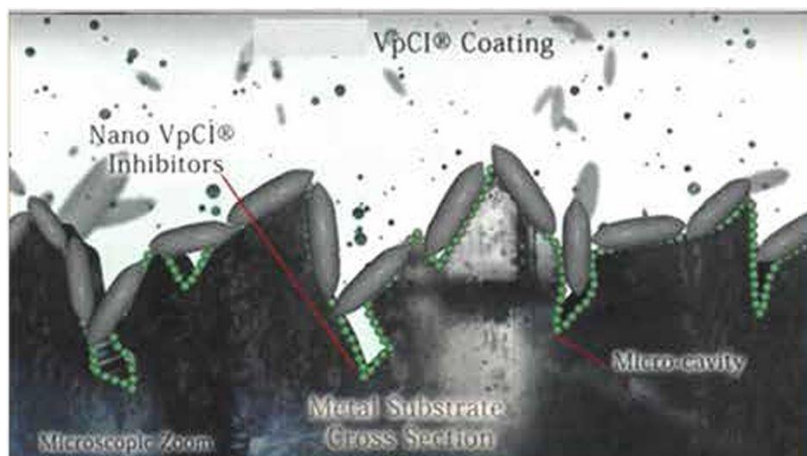
### 2.0 VCI i premazi - četiri važna cilja

#### 2.1 Kako VCI djeluju u premazu

Inhibitori korozije (VCI) formuliraju se u premaz kroz složeni razvojni proces, koji uključuje određivanje kemijske kompatibilnosti VCIs s drugim komponentama premaza, kao što su smola, otapala, pigmenti i drugi dodaci korišteni iz različitih razloga. VCI djeluju adsorpcijom na metalnu površinu u ne-reaktivnom svojstvu, drugim riječima, privlači ih metal putem naboja čestica.

#### 2.2 Kako usporediti VCI s tradicionalnim inhibitorima

VCI treba usporediti s tradicionalnim sustavima inhibitora korištenjem manjih (nano) čestica, uz oslanjanje ne samo na inhibiciju kontakta već i na inhibiciju parne faze, pružajući potpunije pokrivanje i zaštitu metalne površine, vidi sliku 1. Veći fragmenti predstavljaju tradicionalne inhibitore, koji nisu u stanju ispuniti mikro pukotine, ostavljajući praznine gdje korozija može započeti i / ili napredovati .



SLIKA 1. Upotreba tradicionalnih inhibitora s većim fragmentima-pločicama koji ostavljaju praznine gdje može doći do pojave korozije.

### 2.3 Koje vrste sustava premaza mogu koristiti VCI

VCI se mogu koristiti u većini sustava premaza. Postoje mnoge varijacije VCI-a i ključno je odabrati adekvatan VCI za odgovarajući sustav premaza provjerom kompatibilnosti, učinkovitosti i obradivosti.

### 2.4 Prednosti VCI-a u okolišu u odnosu na tradicionalne inhibitore

Tradicionalni inhibitori koji sadrže teške metale podliježu sve većoj kontroli/regulativi i često ih se više ne smije koristiti zbog negativnog utjecaja na okoliš i na ljudsko zdravlje kao karcenogeni za radnike koji su im izloženi. Prednosti za okoliš i ljudsko zdravlje korištenjem VCI-a su netoksičnost, ne sadrže teške metale i nemaju štetan učinak zbog količine upotrijebljene koncentracije.

VCI se koriste i u drugim proizvodima, kao što su PE folije, pjene, prašci i tekućine kako bi se osigurala parna faza zaštite od korozije bez utjecaja na okoliš.

### 3.0 Eksperimentalni postupak

Ova studija ispituje učinkovitost različitih vrsta inhibitora korozije u premazu na bazi vode, na temelju rezultata u slanoj komori prema ASTM 8117. Svi uzorci izrađeni su disperzijom velike brzine.

Svaki premaz nanesen je trostruko na etalon od hladno valjanog čelika 101,6mm x 304,8mm (CRS). (SAE 1010), pomoću češlja za izvlačenje 40RDS. To je ostvarilo debljinu suhog filma od 25  $\mu\text{m}$  +/- 5  $\mu\text{m}$ . Tablice 1. i 2. prikazuju popis pripremljenih uzoraka.

TABLICA 1. Popis formuliranja premaza

Uzorak br.	Opis	Inhibitor korozije	Postotak ukupne težine formule (%)	Debljina sloja (µm)
1	Kontrola	D	0	22,5-30,0
2	Exp. 1	A	3	22,5-30,0
3	Exp. 3	A+C	5	22,5-30,0
4	Exp. 2	B	3	22,5-30,0
5	Exp. 4	B+C	3	22,5-30,0

TABLICA 2. Opis inhibitora

Inhibitor korozije	Opis
D	Organski / anorganski inhibitor korozije
A	Amino karboksilatna sol
A+C	Amino karboksilatna sol + nano-inhibitor
B	Tekuća sol-gel
B+C	Tekuća sol-gel + nano-inhibitor

#### 4.0 Postupci ispitivanja

Etaloni su pripremljeni prema ASTM B117 i ostavljeni da se nanese premaz stvrdnjava na sobnoj temperaturi sedam dana. Nakon ciklusa sušenja, etaloni su zarezani jednim dijagonalnim rezom po metodi opisanoj u ASTM D1654. Svi rubovi i stražnja strana ploča zalijepljeni su trakom kako bi se spriječila pojava korozije s neobrađenih površina.

Etaloni su zatim stavljeni u 5% -tnu otopinu NaCl u slanu komoru, prema ASTM B117.

Etaloni su povremeno provjeravani na pojavu ljuštenja kod reza i stupnja pojave korozije.

TABLICA 3. ASTM B117, 168 sati u slanoj komori

Uzorak br.	Debljina sloja (µm)	Stupanj korozije <sup>A</sup>	Ocjena korozije <sup>B</sup>
1	22,5-30,0	5	5
2	22,5-30,0	8	5
3	22,5-30,0	9	9
4	22,5-30,0	8	8
5	22,5-30,0	10	10

(<sup>A</sup>)ASTM D1654, postupak B ocjena područja: 10=nema korozije, 5=11 do 20% korozija, 0=75%+korozija

(<sup>B</sup>)ASTM D1654, Postupak A Ocjena korozije:10=nema puzanja, 5=3,18-4,76mm, 0=15.88mm

TABLICA 4. ASTM B117, 700 sati u slanoj komori

Uzorak br.	Debljina sloja (µm)	Stupanj korozije <sup>A</sup>	Ocjena korozije <sup>B</sup>
1	22,5-30,0	5	5
2	22,5-30,0	8	5
3	22,5-30,0	9	9
4	22,5-30,0	8	8
5	22,5-30,0	10	10

(<sup>A</sup>)ASTM D1654, postupak B ocjena područja: 10=nema korozije, 5=11 do 20% korozija,0=75%+korozija  
(<sup>B</sup>)ASTM D1654, Postupak A Ocjena korozije:10=nema puzanja, 5=3,18-4,76mm, 0=15.88mm

TABLICA 5. ASTM B117, 1000 sati u slanoj komori

Uzorak br.	Debljina sloja (µm)	Stupanj korozije <sup>A</sup>	Ocjena korozije <sup>B</sup>
1	22,5-30,0	0	0
2	22,5-30,0	5	2
3	22,5-30,0	3	4
4	22,5-30,0	3	4
5	22,5-30,0	9	9

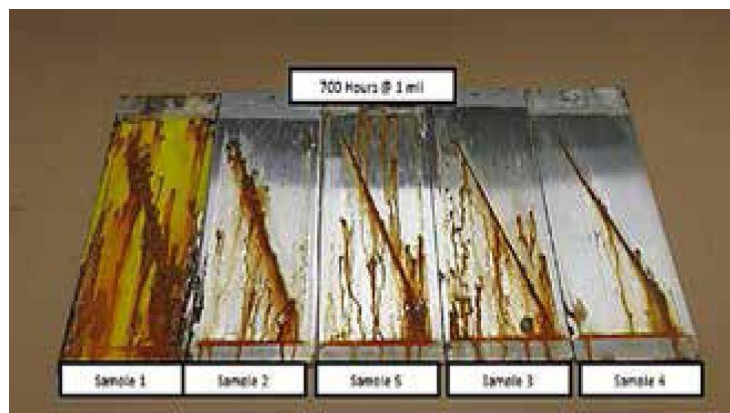
(<sup>A</sup>)ASTM D1654, postupak B ocjena područja: 10=nema korozije, 5=11 do 20% korozija,0=75%+korozija  
(<sup>B</sup>)ASTM D1654, Postupak A Ocjena korozije:10=nema puzanja, 5=3,18-4,76mm, 0=15.88mm

## 5.0 Rezultati

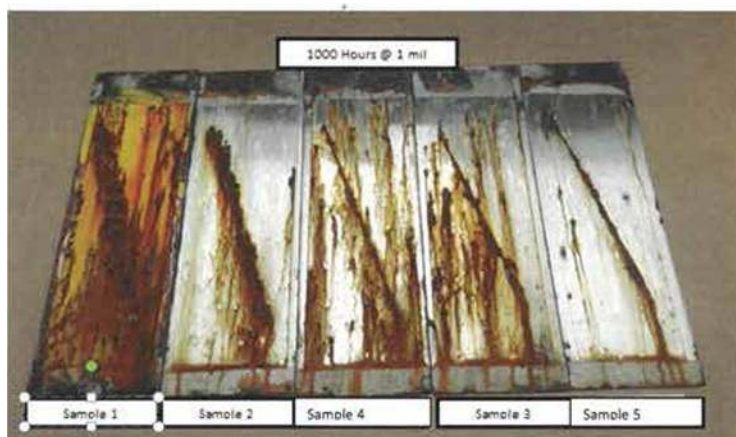
Svrha ovog eksperimenta bila je istražiti učinkovitost nano VCI-a kada se dodaju akrilnim premazima. Krajnji cilj bio je postići 1000 sati u slanoj komori (ASTM B117), na CRS-u s prozirnim premazom visokog sjaja manjim od 50 mikrona suhog filma (DFT). Obično se ovakva svojstva mogu postići samo visoko pigmentiranim premazima koji koriste toksične inhibitore korozije, koji nisu ekološki prihvatljivi. Korozija na testiranim etalonima pojavila se otprilike nakon 168 sati u slanoj komori, kao što se može vidjeti na slici 2.



SLIKA 2. Etaloni nakon 168 h u slanoj komori, pojava korozije



SLIKA 3. Etaloni nakon 700 h u slanoj komori



SLIKA 4. Etaloni nakon 1000 h u slanoj komori

## 6.0 Zaključak

S obzirom na to da Ministarstvo obrane SAD-a procjenjuje da troškovi zaštite od korozije u vojsci prelaze 20 milijardi američkih dolara, postoji potreba za ekološki prihvatljivim, nisko hlapljivim organskim spojevima, vodenim premazima koji se mogu nanositi u tankoj debljini filma od 25  $\mu\text{m}$  i omogućiti odličnu zaštitu od korozije.

Ovaj rad kroz istraživanje pokazuje da kombinacija nano VCIs i netoksičnost inhibitora stvara sinergijski učinak koji omogućuje akrilatima na vodenoj bazi da postignu 1000 sati ispitivanja u slanoj komori na manje od 35-40 mikrona (ASTM B117) suhog filma izravno na metal.

Primjena ovih premaza rezultira izravnom uštedom troškova, smanjenjem količine potrebnog materijala, smanjenjem vremena nanošenja i rada zbog manjeg broja slojeva premaza i konačno smanjenjem vremena i troškova čišćenja alata zbog ekološki prihvatljive prirode akrilnih premaza. Primjena je vrlo široka od gotovih proizvoda/opreme, vozila i infrastrukture.

## Reference

1. B. A. Miksic. 'Use of Vapor Phase inhibitors for Corrosion Protection of Metal Products.' CORRSION/83 paper no 308 (Nace: Houston, TX.1983).
2. Y.I. Kuznetsov. et al.' Inhibiting Action and Absorption of Beta-Aminoketones on Metals. Zashchita Metallov. 32.5 (1996) pp 528-533.
3. N. N. Andreev, T.V. Fedotova. 'Volatile Corrosion Inhibitors Based on Ethanolamines,' Zashchita Metallov 33.5 (1997). pp 521-527.
4. N.P. Andreeva, et al., 'To the Adsorption of Volatile Corrosion Inhibitor N. N-Diethylaminopropionitrile on Iron.' Zashchita Metallov 32.4 (1996), pp 437-440,
5. Blohowiak, K.Y., et al., 'Hybrid Nanostructured Sol-Gel Coating Systems; Proc.Smart Coatings Symposium. Orlando. FL (2007)