Tehnologija proizvodnje i primjene višeslojnih antistatičkih i antikorozivnih folija od polietilena

Lešnjaković, Davor

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:542696

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Diplomski studij

TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE I PRIMJENE VIŠESLOJNIH ANTISTATIČKIH I ANTIKOROZIVNIH FOLIJA OD POLIETILENA

Diplomski rad

Davor Lešnjaković

Osijek, 2016.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK

Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Osijek,29.06.2016.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Ime i prezime studenta:	Davor Lešnjaković
Studij, smjer:	Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike, Komunikacije i informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D - 860 ; 14.10.2014.
Mentor:	Doc. dr. sc. Tomislav Rudec
Sumentor:	Dr. sc. Goran Rozing
Predsjednik Povjerenstva:	Doc. dr. sc. Irena Galić
Član Povjerenstva:	Dr. sc. Goran Rozing
Naslov diplomskog rada:	**Tehnologija proizvodnje i primjene višeslojnih antistatičkih i antikorozivnih folija od polietilena**
Primarna znanstvena grana rada:	**Automatika (zn. polje temeljne tehničke znanosti)**
Sekundarna znanstvena grana (ili polje) rada:	
Zadatak diplomskog rada:	Student će napraviti pregled tohnologije proizvodnje specifičnih folija od polietilena
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: Jasnoća pismenog izražavanja: Razina samostalnosti:

Potpis sumentora:	Potpis mentora:

Dostaviti:

1. Studentska služba

U Osijeku, godine

Potpis predsjednika Odbora:

ETFOS
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek,03.07.2016.

Ime i prezime studenta:	Davor Lešnjaković
Studij :	Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike, Komunikacije i informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D - 860 ; 2015./2016.

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**:**

Tehnologija proizvodnje i primjene višeslojnih antistatičkih i antikorozivnih folija od polietilena
izrađen pod vodstvom mentora: **Doc. dr. sc. Tomislav Rudec**

i sumentora

Dr. sc. Goran Rozing

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju, ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:



SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. FIZIKALNA SVOJSTVA VIŠESLOJNIH FOLIJA 3

2.1. Antistatička zaštita 4

2.2. Antikorozivna zaštita 6

2.2.1. Hlapljivi inhibitori korozije (VCI) 9

2.2.2. Tretman metala u zaštiti od korozije 13

3. PROCES PROIZVODNJE I KONTROLA KVALITETE FOLIJA 15

3.1. Primjer proizvodnog pogona u Belom Manastiru 15

3.2. Osnovni materijali za industrijsko prerađivanje 18

3.3. VpCI tehnologija 19

3.3.1. Zaštita VpCI papirom 22

3.3.2. Zaštita VpCI folijama 23

3.3.2.1. Ručno omatanje 27

3.3.2.2. Strojno omatanje 27

3.3.3. Zaštita VpCI spužvama 27

3.3.4. Zaštita VpCI zračnim jastučićima 29

3.3.5. Zaštita VpCI umetcima 30

3.4. Tehnologija ekstrudiranja folija 31

3.5. Kontrola kvalitete zaštitnih folija 33

3.5.1. Razor Blade test 35

3.5.2. Test cijepanja 36

3.5.3. Test na probijanje 38

3.5.4. Statični vlačni pokus 40

4. PRIMJENA VIŠESLOJNIH FOLIJA 41

4.1. Primjene u elektrotehnici i industriji 41

4.2. Prednosti VpCI tehnologije 44

4.3. Ekološki standard polietilenske folije 46

5. ZAKLJUČAK 47

6. LITERATURA 49

7. SAŽETAK 52

8. SUMMARY 53

9. ŽIVOTOPIS 54

1. UVOD

Agresivno korozijsko djelovanje u procesnim sustavima i drugim granama industrije postavili su inženjerima veliki izazov u održavanju dijelova i opreme te istodobnoj zaštiti sigurnosti radnika i okoliša. Korozija šteti i tako uništava svaki metal koji nije zaštićen, a s vremenom i onaj koji je zaštićen i to predstavlja veliki problem u industriji i drugim gospodarskim granama jer izaziva velike troškove nastale uslijed djelovanja korozije. Jedan od perspektivnih primjera u Hrvatskoj je razvoj linije proizvoda tvrtke EcoCortec koja sadrže inhibitore („odbijače“) korozije koji daju nove odgovore u zaštiti okoliša i kao takvi nude metode obrade s nižom toksičnošću i niskim stupnjem zagađenja.

Navedena tvrtka ima svoj pogon u Republici Hrvatskoj u Belom Manastiru gdje su se kratko proizvodile višeslojne biorazgradive folije. U početku su razvijali upravo takve folije, ali cijena biorazgradivog materijala za prerađivanje je previsoka i sukladno time tržište ne prihvaća takvu vrstu folije, odnosno krajnju cijenu. Postoje polietilenski materijali koji su biorazgradivi u smislu da ih priroda razgradi, ali ih ne uništi do kraja. To je zapravo folija koju će sunce, voda i kisik razgraditi, ali ništa više, te sukladno time priroda neće biti u tolikoj mjeri zagađena i otrovana.

Proizvode se višeslojne folije, a osnovni materijal za industrijsko prerađivanje je polietilen. Višeslojne folije proizvode se tako što neprerađeni materijal (sirovina) prolazi jednim ili više ekstrudera, a ako prolazi kroz njih više onda je folija višeslojna ili ako prolazi kroz samo jedan ekstruder onda je jednoslojna folija (monofolija).
Tehnologija proizvodnje koja se prožima je **VpCI (*Vapor phase Corrosion Inhibitors*),** te sadrži antistatičku i antikorozivnu zaštitu određenih proizvoda koji imaju metalne dijelove ili pak elektroničke komponente. Ovaj tip folija ima dvojaku funkciju u smislu antikorozivne i antistatičke zaštite različitih proizvoda.

U ovom diplomskom radu prikazana je tehnologija proizvodnje i primjene višeslojnih antistatičkih i antikorozivnih folija od polietilena. Cilj diplomskoga rada je prikazati primjere primjene antistatičke i antikorozivne folije u elektrotehnici i industriji, te njezine tehničke i fizikalne karakteristike. Na tržištu se također nalaze i drugi proizvodi bazirani na VpCI

tehnologiji stoga su usputno prikazani i također imaju svoju primjenu u području elektotehnike.

Rad se sastoji od devet poglavlja od čega je prvih pet ključnih u obradi teme rada. Prvo poglavlje je uvodno koje daje osnovne informacije o temi koja se obrađuje. Drugo poglavlje prikazuje fizikalna svojstva višeslojnih folija gdje se u prvoj mjeri govori o tehničkim karakteristikama, antistatičkoj zaštiti i antikorozivnoj zaštiti. U velikoj mjeri zaštita se provodi hlapljivim inhibitorima korozije (VpCI). Treće poglavlje odnosi se na tehnologiju, odnosno proces proizvodnje, ekstrudiranje i pakiranje. Tehnologija na kojoj se temelji proizvodnja je VpCI tehnologija, a u okviru potpoglavlja prikazuje se zaštita multimetalnim VpCI papirom, VpCI folijama (filmovima), VpCI spužvama, VpCI zračnim jastučićima i VpCI umetcima. U okviru trećega poglavlja prikazuje se tehnologija ekstrudiranja, te kontrola kvalitete zaštitnih folija u kojemu se provode testovi: Razor Blade test, test cijepanja, test na probijanje i statični vlačni pokus. Četvrto poglavlje prikazuje primjenu višeslojnih folija u elektrotehnici i industriji, prikazuje prednosti VpCI tehnologije, te se navodi ekološki standard polietilenske folije. Peto poglavlje je zaključno u kojem autor iznosi činjenice na temelju obrađene teme.

Šesto poglavlje prikazuje popis korištene literature, dok sedmo i osmo poglavlje prikazuju sažetak diplomskoga rada na hrvatskome i engleskome jeziku.

2. FIZIKALNA SVOJSTVA VIŠESLOJNIH FOLIJA

U okviru ovoga poglavlja prikazati će se fizikalna i druga svojstva višeslojnih folija i traka temeljenim na VpCI tehnologiji. Prikazana je struktura i gustoća folija, traka i drugih proizvoda te antistatička i antikorozivna zaštita istih.

U tablici 2.1. nalazi se prikaz, odnosno rezultati ispitivanja fizikalnih svojstava VpCI-126 folije (rezultati ispitivanja „u smjeru namatanja/u poprečnom smjeru“).

Tablica 2.1. Fizikalna svojstva VpCI-126 folije, [2].

Test Metoda	**EcoCortec VpCI-126® folija**	**Standardni LDPE bez inhibitora korzije (VpCI)**
Vučna čvrstoća i kidanje ASTM D 882	6,66/5,77 kg	4,72/5,22 kg
Istezanje na granici kidanja ASTM D 882 A	522,90/467,20 %	523,1/661,1 %
Čvrstoća na rastezanje ASTM D 882	23.776/24.965 MPa	18.376/18.647 MPa
Čvrstoća na kidanje ASTM D 1922	72,50/65,17%	6,33/12,67%
Čvrstoća na probijanje ASTM D3420	33,7%	5,27%

U tablici 2.2. nalazi se prikaz fizikalnih svojstava VpCI-125 antistatičkih vrećica i folija.

Tablica 2.2. Fizikalna svojstva VpCI-125 antistatičkih vrećica i folija, [5].

Test Metoda	**Smjer***	**Rezultat**
Vlačna čvrstoća (ASTM D 882-91), psi	SS	2697
	OS	580
Produljenje (ASTM D 882-91), %	SS	560
	OS	780

Čvrstoća na kidanje (ASTM D 1922-93), gf (1 gram-force = 0.00980665 N) (1 gf = 0.00980665 N)	SS OS	610 860
Otpornost na bušenje (ASTM D 3420-95), g		2016
Stupanj prodora vode[**] (ASTM F 3429), g/100 in^2/200h		0,05
Stupanj prodora kisika[***] (ASTM F 3985), cc/100 in^2/24h		58,1

[*] - SS smjer stroja, OS okomiti smjer

[**] - Uvjeti testa: 23°C, 100 % relativna vlažnost

[***] - Uvjeti testa: 23°C, 760mmHg, 100 % O_2

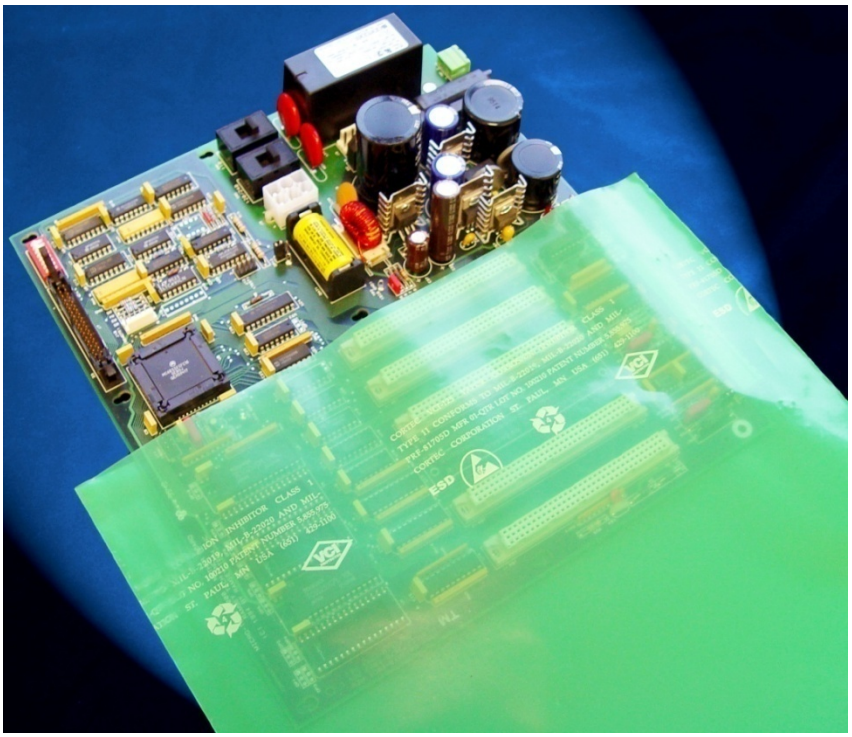
Karakteristike VpCI proizvoda za elektroničke i električne proizvode prvenstveno su osiguravanje dugoročne zaštite od korozije, ekonomičnost primjene, učinkovitost u zagađenoj i vlažnoj atmosferi, neotrovno i sigurno za rukovanje i primjenu. Također, ne sadrže nitrite, fosfate i silikone, stvoren je takav VpCI sloj koji ne utječe na električna, optička niti mehanička svojstva. Pružaju multimetalnu zaštitu, štite tijekom uporabe opreme, imaju samoljepljivu traku na poleđini, nije potreban dodatni alat pri ugradnji niti uklanjanje prije startanja opreme, štite od korozije tijekom eksploatacije opreme, ne zahtijevaju pripremu površine, a multifunkcionalna zaštita ogleda se kroz antistatička svojstva i sposobnost smanjenja vlage, [17].

2.1. Antistatička zaštita

U elektrotehnici od iznimne je važnosti antistatička zaštita statički osjetljivih komponenata poput tiskanih pločica, telekomunikacijske opreme i drugih elektroničkih uređaja gdje je predviđen štetni triboelektrični učinak, odnosno proizvodnja električnog naboja koja je uzrokovana trenjem dva različita materijala. VpCI-125 antistatička vrećica i folija pružaju antikorozivnu zaštitu te zaštitu od statičkog elektriciteta. Antistatička svojstva VpCI-125 ne ovise o vlažnosti; sastav ovoga proizvoda je takav da ne zahtijeva prisutnost vlage da bi zaštita funkcionirala. VpCI–125 vrećice učinkovito štite komponente od statičkog elektriciteta, korozije te neugodnih mrlja. Proizvod je u skladu s vojnim standardom MIL-PRF-81705D. U skladu sa svojom izvedbom ima svoje prednosti, a koje su, [5]:

- Neovisan o vlazi – nije potrebna prisutnost vlage na površini da bi se osigurala zaštita od statičkog elektriciteta
- Pruža zaštitu obojenih i neobojenih metala
- Ne šteti polikarbonatima
- Ne utječe na optička svojstva
- Ne sadrži slobodne amine niti druge toksične komponente
- Nepristupačna mjesta su također zaštićena hlapljenjem inhibitora
- Polietilenska folija velike otpornosti na probijanje
- Neotrovan, neiritirajuća formulacija

VpCI-125 vrećice dizajnirane su od antistatičkog polietilena debljine 50–150 μm maksimalne duljine 1,3 metara. Standardne veličine vrećica su 10 cm x 15 cm, 15 cm x 20 cm, 20 cm x 25 cm i 25 cm i 31 cm.VpCI-125 antistatičke vrećice trebaju se skladištiti u zatvorenom prostoru pri sobnoj temperaturi, zatvorene u originalnom pakiranju. Vijek trajanja je godinu dana u originalnom pakiranju. Folija treba biti zatvorena da se spriječi izmjena zraka, [5]. Na slici 2.2.1. prikazana je VpCI-125 antistatička vrećica na primjeru pakiranja elektroničke komponente.



Slika 2.2.1. VpCI-125 antistatička vrećica za pakiranje elektroničke komponente, [5].

VpCI-125 stvara monomolekularni sloj na površini metala, koji ne utječe na fizikalna niti kemijska svojstva elektroničkih komponenata. Metali koje VpCI-125 štiti su, [5]:

- Čelik
- Aluminij
- Bakar
- Željezo
- Nikl
- Srebro
- Bronca
- Legura za lemljenje
- Različite metalne površine

2.2. Antikorozivna zaštita

Načela zaštite metalnih konstrukcija od korozije temelje se na zaštiti u vodi i tlu. U vodenim sredinama, kao što su slatka i morska voda, vlažno tlo, te otopine soli, kiselina i lužina, konstrukcijski metali su vrlo često podložni kemijskom trošenju, tj. koroziji elektrokemijskim oksidacijsko-redukcijskim procesom. Korozija izaziva gubitak mase konstrukcijskog metala prema slijedećoj jednadžbi, [18]:

$$|\Delta m| = m_0 - m_1 \tag{2-1}$$

Gdje je:
m_0 - početna masa,
m_1 - masa metala nakon korozije.

Tada se brzina korozije može definirati prema sljedećoj jednadžbi, [18]:

$$v_{kor} = \frac{|\Delta m|}{(S_g)_0 \, t} \tag{2-2}$$

Gdje je:
$(S_g)_0$ - početna geometrijska ploština metala,
t - vrijeme izlaganja korozivnoj sredini.

Za V_{kor} se najčešće rabi jedinica $gm^{-2}\ d^{-1}$. U tehnici je uobičajeno i prikladnije umjesto brzine korozije koristiti prosječnu brzinu korozijskog prodiranja, prema sljedećoj jednadžbi, [18]:

$$\overline{V_p} = \frac{\bar{h}}{t} \tag{2-3}$$

Gdje je:

$\bar{h}$ – prosječna dubina prodiranja korozije u metal.

t - vrijeme izlaganja korozivnoj sredini.

Korozija teče trajno samo ako u okolini, tj. vodenoj sredini postoji dovoljno snažan oksidans koji se reducira, tj. koji veže elektrone oslobođene ionizacijom metala. Ako se radi o koroziji neplemenitog metala u vodi ili vlažnom tlu najčešći su oksidansi vodikovi kationi ili kisik otopljen u vodi, koji potječe iz plinovitog kisika u zraku. Korozija u vodi i vlažnom tlu može teči istodobno uz vodikovu i kisikovu depolarizaciju.

Treba istaknuti da je korozijski proces u vodi i vlažnom tlu često popraćen drugim kemijskim ili elektrokemijskim reakcijama. U takvom slučaju zaštita od korozije se vrši prevlačenjem površine metala izolatorskim prevlakama i katodnom zaštitom.

U praksi se ove metode često kombiniraju jer se time postiže djelotvornija, pouzdanija, trajnija i ekonomski povoljnija zaštita, [18].

Korozija (lat. *corrodere* – nagrizanje) se može definirati kao nagrizanje materijala zbog reakcijskog djelovanja materijala i okoline koja se stvara zajedničkim djelovanjem vlage kisika i agresivnih plinova, a ujedno je i prirodni proces u kojem metali teže svom prirodnom stanju – stanju niže energije. U Americi u industriji troškovi nastali zbog korozije iznose više od 200 milijardi dolara godišnje pri čemu se 25-30 % troškova može izbjeći. Preventiva zaštiti od korozije može biti izbor materijala koji je otporan na koroziju, razni premazi, katodna i anodna zaštita ili hlapljivi inhibitori korozije koji su još i prihvatljivi za okoliš. Oni mogu biti topivi u vodi, u mineralnim i biljnim uljima, u mineralnim otapalima i bojama (premazi za konzervacije).

Hlapljivi inhibitori korozije su kompatibilni s različitim funkcionalnim aditivima, emulgatorima, uguščivaćima i slično. Klasifikacija inhibitora korozije je sljedeća, [19]:

- anodni (nitriti),
- katodni (arsen, bismut, antimon),
- talozi (silikati, fosfati),
- organski – filming (amini, sulfonati),
- isparljivi.

Hlapljivi inhibitori korozije kondicioniraju atmosferu zatvorenog prostora sa zaštitinim parama koje se kondenziraju, vežu na površinu svih vrsta metala. Faktori hlapljivih inhibitora korozije su, [19,36]:

- tlak para,
- difuzija,
- temperatura,
- promjena atmosfere.

Tlak djeluje kada je tvar (krutina ili tekućina) u ravnoteži s vlastitim tlakom para i u ovisnosti je temperature i tvari. VpCI molekule šire se (difundiraju) od mjesta visoke koncentracije prema mjestu niske koncentracije sve dok se ne postigne ravnoteža koncentracije. Ako je temperatura viša tada je i viši tlak para – isparivanja. Ako dođe do promjene atmosfere pražnjenje VpCI molekula je ubrzano. Prihvatljivo zasićenje VpCI-a na površini metala može smanjiti efekt promjene atmosfere, [19].

Korozija se širi i zahvaća sve veće površine, pa poskupljuje održavanje, uzrokuje zastoje u radu, havarije i nesreće, umanjuje proizvodne kapacitete, skraćuje vijek trajanja industrijske i druge opreme, umanjuje vrijednost metalnog otpada i na koncu zahtijeva predimenzioniranje, [20].
Korozija složenih sustava električne i elektroničke opreme i dijelova problem je koji raste iz dana u dan i koji izaziva skupe pogreške. Korozija se pojavljuje tijekom proizvodnje, transporta, skladištenje i uporabe.
Koroziju mogu uzrokovati sljedeći uvjeti, [17]:

- sol, vlaga, onečišćena atmosfera, sumporvodik, sumporni oksid, amonijak, kisele kiše,
- galvanske struje,
- uporaba opreme u nekontroliranoj atmosferi.

Elektrokemijska korozija metala zbiva se u elektrolitima, tj. u medijima s ionskom vodljivošću. To je proces pri kojemu dolazi do oksidacije atoma metala kao reducensa (donora elektrona) u slobodni kation uz istodobnu redukciju nekog oksidansa, tzv. depolarizatora (akceptora elektrona). Elektrokemijska korozija se odvija u prirodnoj i tehničkoj vodi, u vodenim otopinama kiselina, lužina, soli i drugih tvari, u vlažnom tlu, u sokovima biološkog porijekla, u talinama soli, oksida i hidroksida te u atmosferi.
Atmosferska korozija se zbiva uz oborine, odnosno u vodenom adsorbatu ili kondenzatu koji zbog vlažnosti zraka nastaju na površini metala i imaju karakter elektrolita. Elektrokemijska je korozija vrlo raširena jer je velik broj metalnih konstrukcija i postrojenja izložen vodi ili otopinama, vlažnom tlu ili vlažnoj atmosferi. Posebno dobri uvjeti za razvoj ovih procesa postoje u energetskim i metalurškim postrojenjima te u kemijskoj, prehrambenoj, tekstilnoj i metaloprerađivačkoj industriji, [7,43]. Ekstremni uvjeti korozije su sljedeći, [7]:

- velika vlažnost,
- visoke temperature (moguće i do >500 ºC),
- slana atmosfera,
- agresivna atmosfera (SO_2, H_2S, klor).

2.2.1. Hlapljivi inhibitori korozije (VCI)

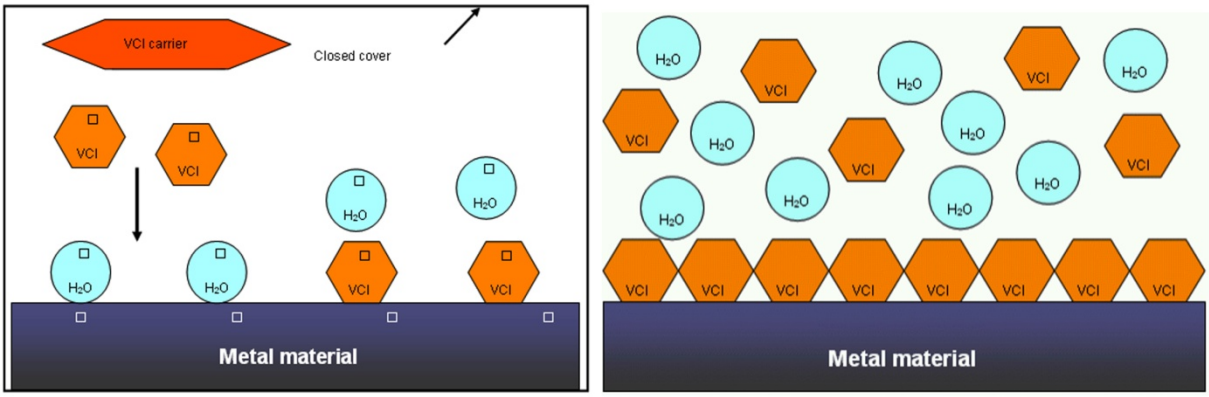
Inhibitori su tvari koje obično u malim količinama dodane u agresivni medij mogu u velikoj mjeri smanjiti brzinu korozije metala i legura. Po svojoj prirodi inhibitori su kemijski spojevi koji se apsorbiraju na površini metala pomoću raznih sila. Korozija metalnih površina može se smanjiti ili kontrolirati dodavanjem kemijskih spojeva. Ovaj oblik kontrole korozije zove se inhibicija, a spojevi dodani su poznati kao inhibitori. Ti inhibitori će smanjiti stupanj anodne oksidacije ili katodne redukcije ili oba procesa zajedno. Inhibitori sami apsorbiraju na metalnu površinu elektrostatičkom adsorpcijom ili kemisorpcijom, [30,31].

Prema sastavu i svojstvima inhibitori se mogu svrstati u više kategorija, kao npr. anorganski i organski, alkalni i neutralni, hlapljivi i nehlapljivi te oksidirajući i neoksidirajući. Prema mehanizmu djelovanja inhibitori mogu biti anodni (koče anodnu reakciju), katodni (koče katodnu reakciju) i mješoviti (koče oba procesa, i anodni i katodni).

Prema sigurnosti inhibitori mogu biti sigurni i opasni. Ova klasifikacija se odnosi na vrstu korozije koja će nastupiti kada je koncentracija inhibitora ispod minimalne ili kritične vrijednosti.

Ako je prisutan u nedovoljnoj koncentraciji „sigurni“ inhibitor omogućit će nastavak samo jednolikog tipa korozije s brzinom ne većom nego što je ona u neinhibiranom sistemu, dok „opasni“ inhibitor omogućava pojačanu koroziju, redovito mjestimičnu koroziju i u mnogim slučajevima čini situaciju gorom nego što je u odsutnosti inhibitora, [30,32].

Kada se govori o antikorozivnoj zaštiti moraju se definirati hlapljivi inhibitori korozije (**VCI, engl. *volatile corrosion inhibitor***) koji čine posebnu skupinu inhibitora koji štite metale od atmosferske korozije. To su organski spojevi u čvrstom stanju, velike molekularne težine koji imaju dovoljno visok tlak para da bi sublimacijom (izravno isparavanje čvrste faze) učinili nekorozivnim okolni zrak ili neki drugi plin. Rabe se u obliku praha ili se njihovom alkoholnom otopinom natapaju papiri, odnosno spužvaste tvari (najčešće spužvasti poliplasti). Isparavanjem, VCI „putuju“ prema svim dijelovima metalne površine te je pokrivaju. Pri dodiru s metalnom površinom, para VCI se kondenzira u tanki monomolekularni film koji putem ionskog djelovanja štiti metal (slika 2.3.1.1.). Te molekule organskih inhibitora korozije su dipolne, tako da se pozitivni dio molekule veže za površinu metala (-), a negativni dio je okrenut prema mediju i on je hidrofoban, odnosno odbija vodu i kisik, te izolira predmet od njegove okoline. Nastali sloj se dalje održava i nadomješta daljnjom kondenzacijom pare. Para inhibitora se unutar takva omota otapa u vlazi, odnosno kondenzatu koji nastaje na površini konzerviranog predmeta i štiti predmet od korozije, [7].



Slika 2.3.1.1. Mehanizam djelovanja hlapljivog inhibitora korozije VCI, [46].

Adsorpcija pod utjecajem naboja iona inhibitora i naboja iona metalne površine stvara predstavnike skupine hlapljivih inhibitora, a oni su, [7]:

- cikloheksilamonijev karbonat,
- dicikloheksilamonijev nitrit,
- cikloheksilamonijev benzoat,
- heksametileimino benzoat,
- natrijev bezoat,
- dietanolamim itd.

Organski spojevi velike molekularne težine, koji snažno prianjaju uz metalne površine, stvaraju zaštitni sloj koji štiti metal od uzročnika korozije (atmosfera, H_2S,kiseline, lužine, soli, itd.). Upijajući zaštitni sloj fizički štiti metalnu površinu i sprječava dodir fluida i metala. Usto zaštitni sloj inhibitora priječi ione da migriraju s površine metala u otopinu. Zaštitni sloj se zadržava i štiti kod niskih pH-vrijednosti. Svi inhibitori korozije pokazuju dobru toplinsku stabilnost pri temperaturama do 300° C. Neki organski spojevi pri tim temperaturama neće imati dobra svojstva inhibicije, ali ih je potrebno staviti u područje visokih temperatura da bi inhibitor dospio do mjesta hlađenja i kondenziranja tijekom tehnološkog procesa i tada djelovao zaštitno. Praktična primjena hlapljivih inhibitora korozije u obliku praha poznata je još iz 19.stoljeća iz Švedske, gdje su kamfor koristili za zaštitu oružja. Kasnije su korišteni prahovi organskoga i anorganskog nitrita, a danas su to uglavnom organske soli. Iz prethodno navedenoga proizlaze svojstva VCI-ja, pa se govori o sljedećem, [7]:

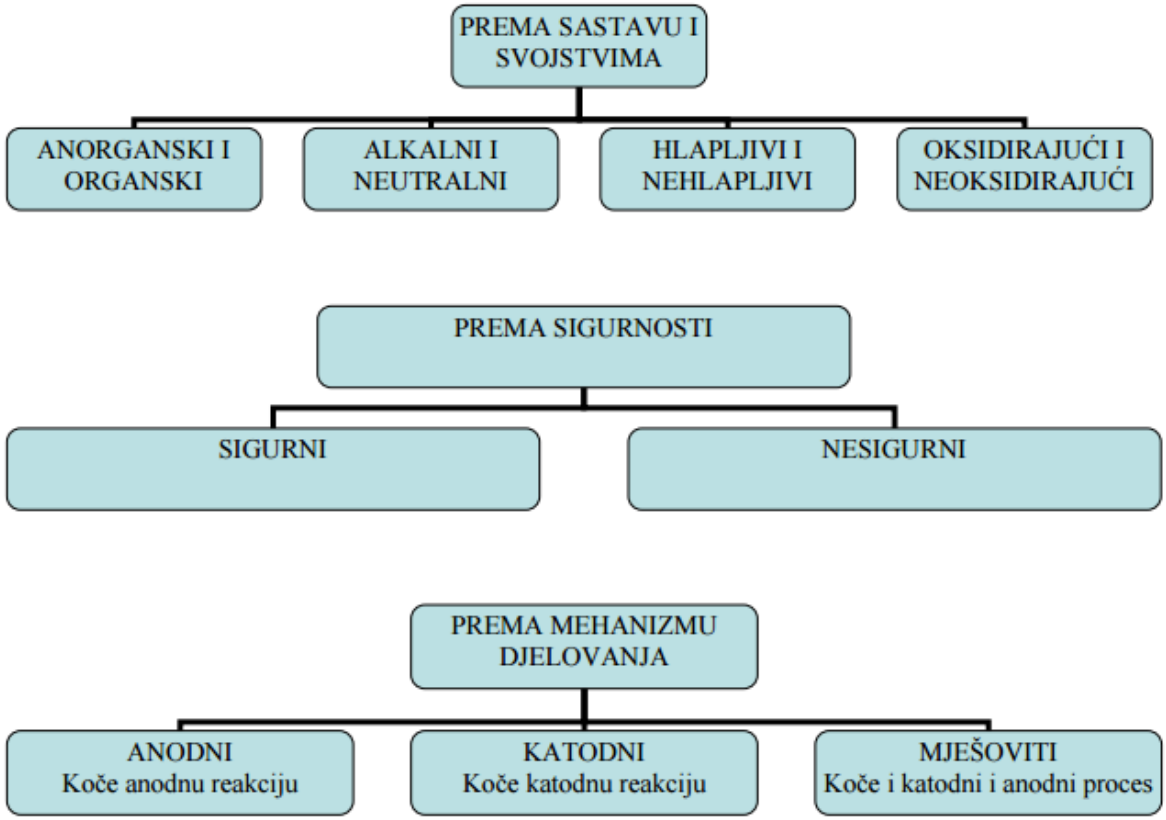
- visoka otpornost adsorbiranoga zaštitnog sloja na koroziju,
- dobra otpornost na temperaturu.

Definicija korozijskog inhibitora prema europskim normama pokazuje kako je korozijski inhibitor kemijska tvar koja je prisutna u korozijskom sustavu u odgovarajućoj koncentraciji i smanjuje brzinu korozije, a pritom znatno ne mijenja koncentraciju bilo koje korozivne tvari. Postavlja se napomena da je korozijski inhibitor obično djelotvoran u malim koncentracijama. Hlapljivi korozijski inhibitor je korozijski inhibitor koji do površine metala dolazi u obliku pare, [7].

S obzirom na polarnost, dipolne molekule su vezane kovalentnom vezom s djelomičnim ionskim prodorom. Fluor ima najveću elektronegativnost od svih elemenata, pa i oni elementi koji su oko njega imaju veću elektronegativnost (dakle, što je element bliže fluoru u periodnom sustavu to ima veću elektronegativnost).

Kada se pogleda periodni sustav elemenata, kisik i ugljik su si vrlo blizu i skupa su vrlo blizu fluoru, a vodik je puno dalje od njih. Dakle, voda je polarna jer je razlika između elektronegativnosti vodika i kisika puno veća nego razlika između elektronegativnosti kisika i ugljika. Polarna je jer težišta nisu u istoj točki, a dipolni moment je veći od nule. U većini slučajeva korozivni medij je voda, [7].
Najčešće hlapljivi inhibitori formiraju hidrofoban zaštitni sloj na metalu, [39,40].

Hlapljivi inhibitori korozije mogu se klasificirati prema podjeli na sljedećoj slici (slika 2.3.1.2.).



Slika 2.3.1.2. Klasifikacija inhibitora korozije, [36], [37], [38].

Hlapljivi inhibitori nastaju reakcijom amina (NH_2^-) i nitrita (NO_2^-). Kao rezultat te reakcije najčešće se dobivaju aminokarboksilati koji su najviše upotrebljavani hlapljivi inhibitori. Pri korištenju ove metode mora se obratiti pozornost na pritisak pare koju daje sami inhibitor. Inhibitori sa višim tlakovima para se koriste za materijale koji nisu otporni na koroziju, dok se niži tlakovi para koriste za materijale koji pokazuju otpornost premakoroziji. Viši tlakovi para ujedno znače da će se inhibitor brže ispariti tj. potrošiti, te je potrebna češća izmjena, [39,41].

Iz podataka o gustoći korozijske struje u otopini bez inhibitora i s inhibitorom računaju se vrijednosti koeficijenta inhibiranja ν i stupanj zaštite ili stupanj djelotvornosti inhibitora z kako slijedi, [29]:

$$\nu = \frac{j_0}{j_i}[\%] \tag{2-4}$$

$$z = \frac{100(j_0 - j_i)}{j_0}[\%] \tag{2-5}$$

Gdje je:

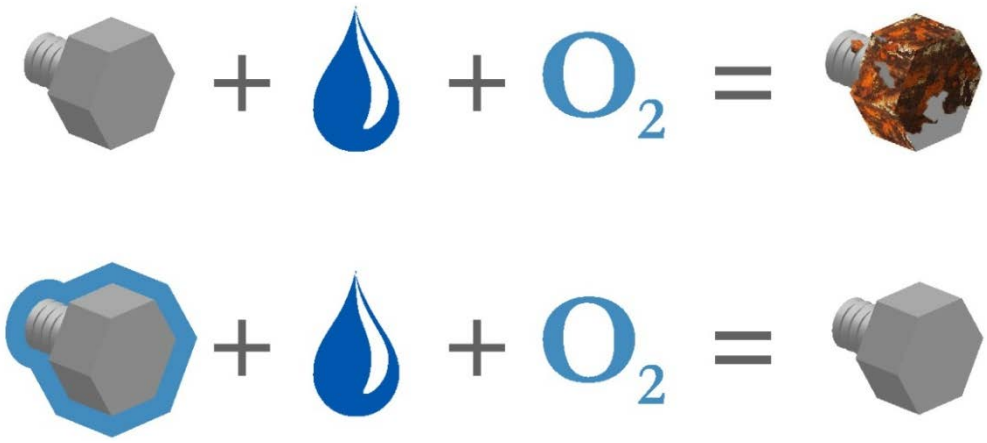
j_0 – gustoća korozijske struje u otopini bez inhibitora,
j_i - gustoća korozijske struje u otopini s inhibitorom.

EcoCortec VCI (**VpCI® -** *Vapor phase Corrosion Inhibitor*) ima i hlapljivu, a ne samo kontaktnu zaštitu, za razliku od drugih inhibitora korozije i upravo ga to čini jedinstvenim proizvodom koji je registrirani zaštitni znak Cortec poduzeća [47] što potvrđuje i patent za izum hlapljivih inhibitora korozije dobiven od Komisije za patente i zaštitne znakove.

2.2.2. Tretman metala u zaštiti od korozije

Metal se mora tretirati kako ne bi došao do korozije ili bi taj proces bio znatno usporen, stoga su razvijeni proizvodi za pripremu površina metala koji mogu biti u obliku tekućina i gela, a mogu se koristiti u tri postupka; uranjanjem, prskanjem i premazivanjem. Takvi proizvodi zovu se još i odstranjivači hrđe, a oni se temelje na kemijskom djelovanju organskih spojeva, otklanjaju hrđu i onečišćenja na željezu, bakru, mesingu i kromu. Kao takvi, a vrlo bitno, ne zagađuju okoliš, blagi se prema ljudskoj koži, većini boja, plastici, drvu, tekstilu, keramici i gumi kada se koriste prema uputama proizvođača. U njima se nalaze biorazgradiva sredstva za čišćenje i skidanje starih naslaga boja koje je potrebno ukloniti prije otklanjanja same hrđe. U pravilu je najčešće dovoljan vizualni pregled radi utvrđivanja mogućnosti i potrebe određene pripremne radnje, dok u drugim prigodama, osobito kod vrlo zarđalih dijelova, tek nakon prvog uklanjanja hrđe može se vidjeti postoji li sloj nečistoće ili boje koji se također

trebaju odstraniti, [16]. Na slici 2.3.2.1. shematski je pojednostavljeno prikazan proces nagrizanja metala, odnosno uvjeti nastajanja korozije na nezaštićenom i zaštićenom metalu.



Slika 2.3.2.1. Proces, odnosno uvijeti nastajanja korozije na nezaštićenom i zaštićenom metalu, [16].

Sredstva za čišćenje proizvedena su od prirodnih sastojaka i formulirana u vodi kada je to praktično. S obzirom da sadrže biorazgradiva sredstva i ona sama su onda takva, a samim time i neotrovna i nezapaljiva, a posebno sadrže formulaciju sigurnosti, višenamjenske primjene i pogodnost za više metala. Također, u sebi sadrže i inhibitore korozije za sprječavanje brže korozije svježe očišćenih površina, [16].

3. PROCES PROIZVODNJE I KONTROLA KVALITETE FOLIJA

U ovom poglavlju prikazan je proces, odnosno tehnologija proizvodnje koja zasniva na VpCI tehnologiji zaštite metalnih dijelova od korozije, te drugih mogućih neželjenih pojava tijekom skladištenja ili transporta. Tako se govori o zaštiti multimetalnim VpCI papirom, zaštiti VpCI folijama, zaštiti VpCI spužvama, zaštiti VpCI zračnim jastučićima, te zaštiti VpCI umetcima. Na kraju poglavlja prikazana je kontrola kvalitete folija, odnosno laboratorijska testiranja s određenim rezultatima.

3.1. Primjer proizvodnog pogona u Belom Manastiru

Proizvodna linija folija specijalizirana je za proizvodnju inovativnih VpCI folija protiv korozije i pruža kupcima cjelovitu uslugu od oblikovanja, tiskanja/printanja sve do slaganja konačnog proizvoda. Folije, te gotovi proizvodi poput vrećica se proizvode prema zahtjevima i potrebama kupaca u odnosu na izdržljivost i veličinu konačnog proizvoda. Pogon je opremljen također s 12 strojeva za proizvodnju vrećica uključujući i stroj za proizvodnju vrećica s tzv. zip zatvaračem. Povrh toga, proizvodni pogon sadrži 2 preše, aparate za tiskanje (3-4 boje). Na slici 3.1.1. prikazan je primjer proizvodnog pogona u Belom Manastiru u Republici Hrvatskoj

Trenutno je u upotrebi 21 proizvodna linija (ispuhivača) i to, [12]:

- monoslojne proizvodne linije s ispuhivačima raspona od 2 cm do 1219 cm,
- troslojna proizvodna linija s ispuhivačem i co-ekstruderom,
- proizvodne linije za slaganje,
- proizvodne linije za reprocesuiranje folija.

Najviše se opskrbljuje automobilsku industriju pri čemu je najveći kupac Renault, a među kupcima proizvoda su Volvo, Mercedes, Volkswagen i drugi. Osim europskih zemalja proizvodi osvajaju i Azijsko tržište, a izvoze se u SAD, Kanadu i Meksiko. Tako će hrvatski proizvodi postati dostupni velikim multinacionalnim kompanijama poput General Electric-a, IBM-a, i drugih, koji su vodeći proizvođaći elektronike i elektrotehničkih komponenti, odnosno sklopova. Orijentacija na izvoz je ključna s obzirom da je hrvatsko tržište malo, a nove tehnologije treba primijeniti u procesima kako bi se postalo konkurentnim. Ekologija bi kao nova platforma za čitavu državu trebala biti jedan od prioriteta za poduzetnike, [8].

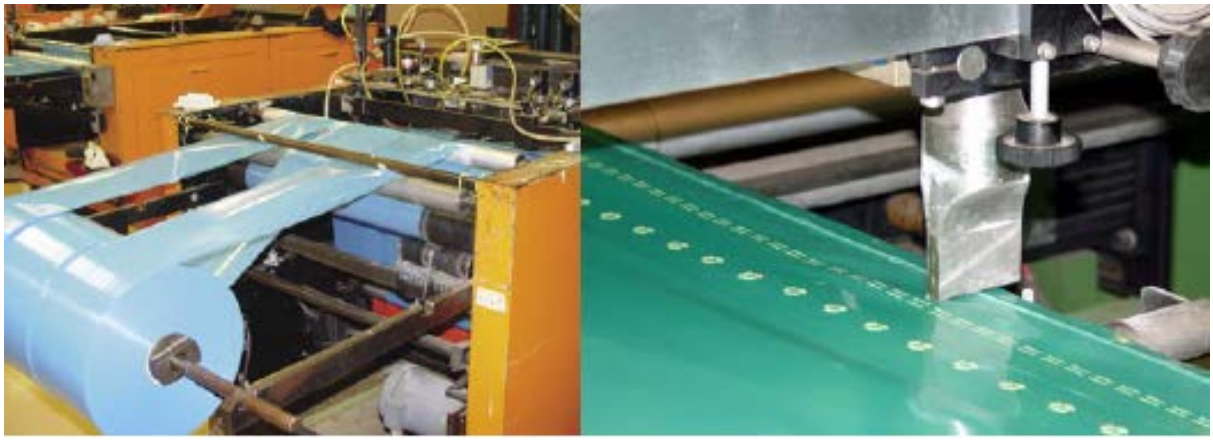


Slika 3.1.1. Primjer proizvodnog pogona u Belom Manastiru u Republici Hrvatskoj, [35].

Prvi korak u proizvodnji je proces ispuhivanja, gdje se sirova smola pretvara u foliju. Proizvodne linije s ispuhivačima su u mogućnosti proizvesti različite specifične konfiguracije poput: vrećice zavarene s jedne strane, vrećice zavarene s više strana, vrećice u roli, vrećice s patent zatvaračem, valovite plastične vrećice i listove. Također, dostupne su folije s različitim koncentracijama i nijansama boje, VpCI inhibitora protiv korozije i ostalih specijaliziranih dodataka protiv primjerice statičkog elektriciteta ili za veću otpornost na toplinu, požar kao i s dodatcima ultraljubičastih inhibitora čime se finalni proizvod u potpunosti može prilagoditi individualnim potrebama konačnih potrošača. Veličine folija su od 5 cm minimalne širine sve do 12 metara maksimalne širine, ovisno o potrebnoj konfiguraciji folije. U ovom proizvodnom procesu folija se oblikuje u vrećice širokog raspona veličina, oblika i stilova, a u svrhu pakiranja prehrambenih proizvoda, opreme, elektronskih sklopova, rezervnih dijelova ili jednostavno svega onog što korisnik očekuje, odnosno zahtjeva.

Specijalizirani alati i pomagala omogućavaju proizvodnju posebnih vrećica s V-oblikom zatvaranja ili s drugim posebnim oblicima. Različiti oblici, dimenzije i raspored proreza i rupa mogu biti izvedeni zbog potrebe ventilacije ili zbog potrebe rukovanja s proizvodima (vješanje, prenošenje). Ovaj dio proizvodnje ispunjava sve posebne potrebe pakiranja, a može otiskati materijale od 10 cm do 112 cm širine u jednoj do tri različite boje, a miješanjem boja

mogući su i efekti sjenčanja, [12]. Na slici 3.1.2. prikazan je proces oblikovanja i tiskanja prilikom proizvodnje plavih folija.



Slika 3.1.2. Oblikovanje (lijevo) i tiskanje (desno) na folijama prilikom proizvodnje, [12].

Liniju s ispuhivajućim troslojnom folijom odlikuje kapacitet od 300 kg finalnih proizvoda po satu, maksimalne širine od 180 centimetara. Debljina rastezljive, „*stretch*“ folije s VpCI inhibitorima protiv korozije varira od 12.5 do 62.5 μm. Proizvodna linija za ponovnu obradu folija (kapaciteta 500 kg/h), je u mogućnosti obnoviti različite ostatke folija. Zahvaljujući ovom proizvodnom procesu u potpunosti se kontrolira kvaliteta finalnih proizvoda, [12].

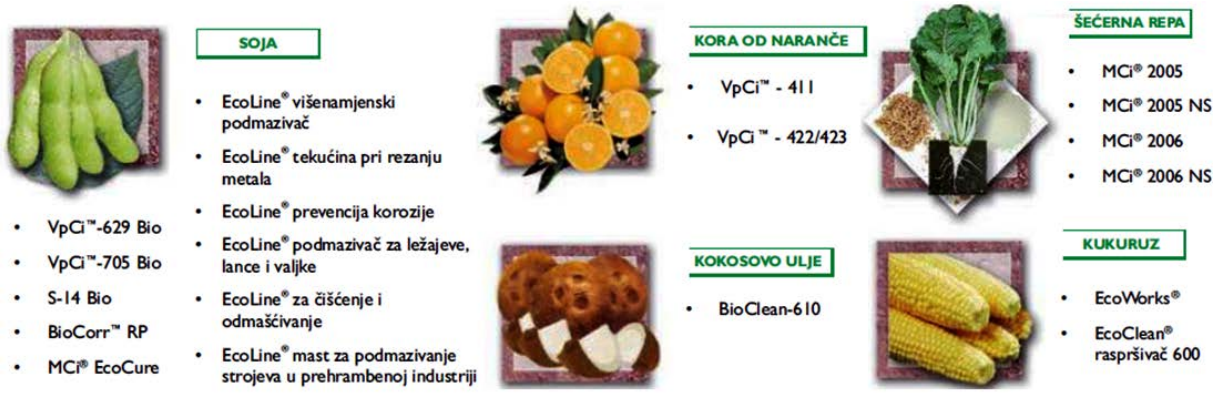
Proizvodi istodobno podmazuju opremu, ubrzavaju proizvodnju i produljuju vijek trajanja opreme i tako pomažu pri izradi proizvoda vrhunske kvalitete, što je u konačnici jedan od vrlo bitnih čimbenika gotovoga proizvoda. Inhibitori korozije pružaju rješenje za sve oblike korozije pri čemu su oni u nekoliko različitih oblika proizvedeni, pa tako i za teško dostupna mjesta i šupljine.

Postoje vodotopivi prahovi koji se mogu dodati otopinama za hidrotestiranje za zaštitu sustava tekućina ili zraka, a, s druge strane, spužve i folije mogu zaštiti elektroničku opremu tijekom različitih faza proizvodnje i montaže, [16].

3.2. Osnovni materijali za industrijsko prerađivanje

Sve više se razvijaju proizvodi iz organskog porijekla kako bi se priroda sačuvala za buduće generacije i teži se prema očuvanju prirodnih izvora pa se tako razvijaju proizvodi biljnog porijekla od soje do kokosovih oraha i palminog drveta, [13].

Na slici 3.2.1. prikazani su materijali iz organskog porijekla za proizvodnju, koje se u današnje vrijeme ipak ne koriste na našem području, jer kao takvo tržište u konačnici ne prima, gledajući na krajnji gotovi proizvod, tj cijenu.



Slika 3.2.1. Materijali za prerađivanje iz obnovljivih izvora za proizvodnju folija, [13].

Sirovina za proizvodnju većine kompostabilnih vrećica temelji se na obnovljivim izvorima. Ovo ne samo da pridonosi održivom razvoju, već pridonosi većoj ekološkoj prednosti (vezano za klimatske promjene) nad konvencionalnom plastikom. Ova razlika je važna za otpad koji se zapaljuje ili odlaže. Potrošnja energije za obradu biorazgradivih sirovina, biorazgradivih folija i biorazgradivih vrećica smanjena je za 50 % u odnosu na tradicionalne polietilenske vrećice, [44]. Održivost je pravo ime za jedan od najpopularnijih proizvoda: Eco Works, koji je proizveden iz godišnje obnovljivih biljnih sirovina.

Poznato je da 100 kg Eco Works-a štedi dovoljno energije da se osvjetljava obiteljska kuća za mjesec dana. Eco Works folije su proizvedene iz bio polimera koji smanjuju emisiju ugljičnog dioksida za 70% u usporedbi s polietilenima. Biopolimeri su zaštićeni patentima i mogu se proizvoditi iz različitih biljaka, kukuruza, šećerne repe, biomase i šećerne trske, [45].

Na slici 3.2.2. prikazan je granulat od polietilena koji se trenutno koristi kao osnovni materijal za industrijsko obrađivanje i prerađivanje jer je cijena biorazgradivog materijala izuzetno visoka, a sukladno time tržište na žalost ne prihvaća takvu vrstu folije zbog njene cijene.

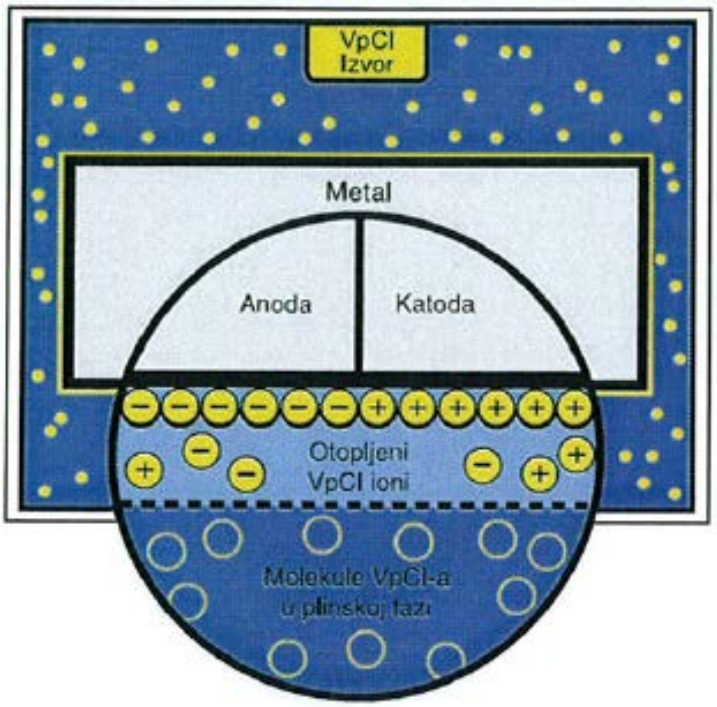


Slika 3.2.2. Granulat od polietilena za proizvodnju folija, [28].

3.3. VpCI tehnologija

Kada se govori o VpCI tehnologiji potrebno je spomenuti koroziju koja je jedan od osnovnih uzročnika degradacije metala i u velikoj mjeri povećava troškove, osobito prilikom transporta i skladištenja. Tradicionalne metode antikorozivne zaštite iziskuju velike troškove, mogu biti opasne za osobe koje rukuju s takvim stvarima kao i za okoliš. Također, navedene metode mogu biti u konačnici i neučinkovite. Zbog navedenog je razvijena VpCI tehnologija koja predstavlja prekretnicu u preventivnoj zaštiti od korozije. Takvi proizvodi štite metale putem kemijski apsorbiranih molekula na površini metala osiguravajući multimetalnu korozijsku zaštitu. Pokrivanje je potpuno što znači da sve površine, uključujući i pukotine, šupljine i druge nedostupne površine, imaju potpunu zaštitu. VpCI barijera je samonadupunjavajuća, čak i za pakiranja koja se često otvaraju i obično štite do 24 mjeseca, [1].

Djelovanje VpCI tehnologije (slika 3.3.1.) zasniva se na ionskom djelovanju gdje se stvara molekulski, inhibirajući sloj koji hlapi, kondicionira zatvorenu atmosferu zaštitnom parom koja migrira u sve udaljene dijelove i otvore, a para se kondenzira na svim metalnim površinama. Ioni se disociraju u filmu vlage (vodeni elektrolit) i tako se vežu na metalne površine stvarajući tanak, monomolekularni zaštitni film na metalnoj površini. VpCI barijerni film se sam oporavlja i obnavlja putem daljnje kondenzacije pare, [17].



Slika 3.3.1. Mehanizam djelovanja zaštite od korozije VpCI tehnologijom, [1,16,36].

Proizvodi iz ove tehnologije posjeduju i druga funkcionalna svojstva: hvataći su vlage, retardanti su vatre, polimerni su premazi, uklanjaju staru boju, lubrikanti su, uklanjaju hrđu, antistatici su i čistaći, [17].

Industrijski dokazan rezultat pokazuje kako je izvanredna zaštita proizvoda bez velikog utroška radne snage za čišćenje, koje zahtijevaju konvencionalni uljni premazi ili drugi inhibirajući proizvodi (čak i za prethodno korodirane i obojane površine). VpCI proizvodi su prihvatljivi za okoliš, ne sadrže nitrite niti druge štetne kemikalije, [1].

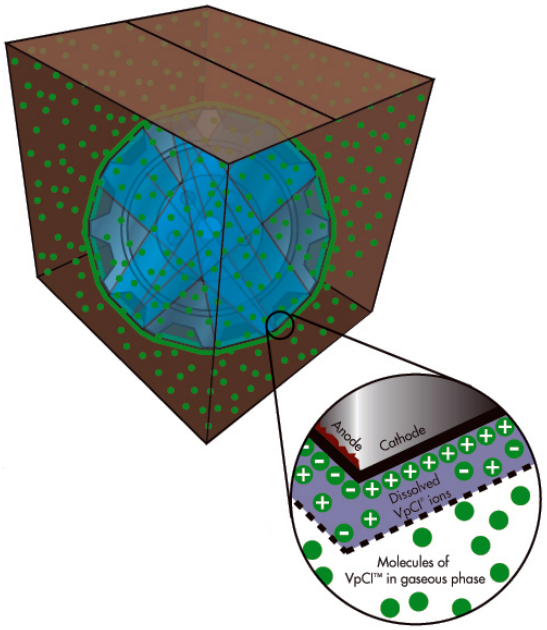
S obzirom na prethodno rečeno i navedeno mogu se navesti prednosti koje VpCI tehnologija posjeduje, što je prikazano u tablici 3.3.1.

Tablica 3.3.1. Prednosti VpCI tehnologije, [1].

Smanjenje troškova	Štedi vrijeme i uloženi rad • **nije potrebna priprema površine** • **nije potrebno čišćenje/odmašćivanje** Smanjuje potrebu za materijalom

	• **nije potrebna uporaba ulja** • **nisu potrebna sredstva za sušenje** Nema troškova zbrinjavanja otpada • proizvodi su potpuno reciklirajući • nema štetnih tvari pa ne zahtijeva dodatne troškove uskladištenja otpada
Dokazani rezultati u industrijskoj uporabi	Dvadeset godina aplikacije i testiranja osiguravaju pouzdane rezultate
Multimetalna zaštita	Isti proizvod osigurava zaštitu obojenih i neobojenih metala
Sigurni za okoliš i za rukovanje	Netoksični Reciklirajući proizvodi, ugodni za okoliš
Jednostavna aplikacija	Teško dostupna mjesta su također zaštićena

Na slici 3.3.2. shematski je prikazana VpCI zaštita metalnih površina, što je sličan prikaz kao na slici 3.3.1.



Slika 3.3.2. Zaštita od korozije VpCI tehnologijom, [1].

VpCI hlapljivi inhibitori korozije osiguravaju antikorozivnu zaštitu tako da se kondenziraju na metalnoj površini proizvoda i tako stvaraju tanak, jednoličan i izuzetno efikasan antikorozivni sloj na površini metala koji je samoobnovljiv i omogućuje kontinuiranu antikorozivnu zaštitu i onda kada je zapakirani proizvod u međuvremenu otvaran i ponovno zatvaran.

Primjena je vrlo jednostavna što znači da ne zahtijeva nikakvu pripremu površine pa tako, u konačnici, zaštićeni, odnosno pakirani proizvodi ili strojni dijelovi, su odmah spremni za upotrebu, bez čišćenja i odmašćivanja, [1].

Linija proizvoda za pakiranje je standardnih veličina, ali i prema narudžbi kupca, sukladna je vojnim, ASTM i drugim međunarodnim standardima, a uključuje papire, folije, spužve, zaštitne mjehuriće i umetke. Svi su proizvodi namjenjeni za zaštitu više vrsta metala od korozije koji se mogu reciklirati i nisu otrovni, [16], a usputno su prikazani u nastavku poglavlja kao ostali proizvodi.

3.3.1. Zaštita VpCI papirom

Papiri VpCI tehnologije eliminiraju potrebu proizvodnje različitih vrsta papira za pakiranje u ovisnosti o vrsti metala koji se štiti, sprječavaju zagađenje okoliša koristeći visokokvalitetni papir. Takvi VpCI papiri su vrlo jednostavni za uporabu što se ogleda kroz nepotrebnost prethodne kalkulacije kemijske koncentracije te se proizvod može odmah koristiti, dakle, nije potrebna priprema niti čišćenje površine. Svi papiri VpCI tehnologije su neškodljivi za okoliš, imaju sposobnost recikliranja, biorazgradnje, nisu toksični i ne sadrže nitrite. Pružaju odličnu alternativu uljnim premazima i ostalim papirima koji sadrže štetne kemikalije. Također, pružaju odličnu zaštitu suhim ili nauljenim metalima tijekom skladištenja, transporta kopnenim i morskim putem. Uz distribuciju VpCI papira u ponudi su i premazi, [1]. Na slici 3.1.1.1. prikazan je mogući način pakiranja s VpCI-144 papirom s inhibitorom korozije.



Slika 3.1.1.1. Zaštita VpCI-144 papirom s inhibitorom korozije.

Može se reći kako VpCI papiri osiguravaju efikasnu zaštitu od korozije kod različitih načina primjene uključujući i pojedinačno pakiranje, višeslojno umatanje za rasuti teret, automobilske dijelove pakirane za uvjete skladištenja ili transporta. VpCI-146 papir je papir s inhibitorom korozije na bazi prirodnih sirovina visoke kvalitete koji eliminira prljavštinu pakiranjem u VpCI papire, dok je VpCI-144 papir s barijernim premazom dizajniran za zaštitu od vlage i ostalih zagađenja, a zamjenjuje pastu i papir s premazom i prikladan je za recikliranje, [1].

VpCI-144 kraft papir s inhibitorom korozije je vrlo cijenjeni u industriji. Tehnologija hlapljivih inhibitora korozije značajno je unaprijedio način zaštite metala u zatvorenoj ambalaži. VpCI-144 papiri osiguravaju učinkovitu zaštitu od korozije za crne i obojene metale. Zbog toga VpCI-144 eliminira potrebu za više vrsta papira zbog različitih vrsta metala koje se želi zaštititi, [1].
Papiri pružaju potpunu zaštitu i namjenjeni su za zaštitu više vrsta metala, jednostavnu i ekonomičnu primjenu. Eliminiraju potrebu skladištenja različitih vrsta papira ovisno o vrsti metala koji se treba zaštiti, te onemogućuju onečišćenja unutar pakiranja koristeći samo najkvalitetniji prirodni kraft papir i jednostavni su za uporabu što znači da se ne treba izračunavati kemijska koncentracija, a pakirani proizvod odmah je spreman za uporabu ili, drugim riječima, ne zahtjeva pripremu površine niti čišćenje. Svi VpCI papiri neškodljivi su za okoliš, recikliraju se, biorazgradivi su i neotrovni.
Dakle, pružaju izvanrednu alternativu uljnim premazima i drugim papirima koji često sadrže štetne i opasne kemikalije. Reciklira se prema normama TAPPI metoda 253, [13].

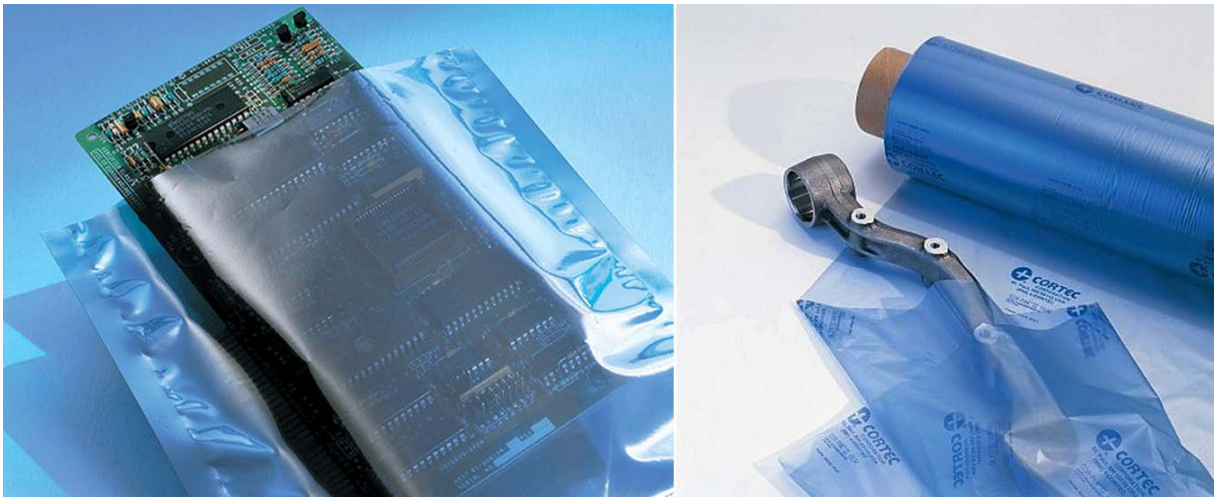
3.3.2. Zaštita VpCI folijama

Zaštita folijama pruža multimetalnu (čelik, mjed, bakar) antikorozivnu zaštitu u različitim oblicima i formama ovisno o zahtjevima zaštite, od općih polietilenskih folija, rastezljivih folija, folija pojačanih vlakana do antistatičkih folija. Također, dostupne su i folije koje usporavaju požar, te folije visokih karakteristika.
Ostale prednosti folija očituju se u tome što su na bazi hlapljivih inhibitora korozije te zbog toga štite i teško dostupna mjesta i šupljine, a samim time je i pojava hrđe u potpunosti eliminirana, [1].
U tablici 3.3.2.1. prikazane su moguće vrste folija sa VpCI tehnologijom.

Tablica 3.3.2.1. Vrste folija sa VpCI tehnologijom, [1].

Skin folija – VpCI-120	Za industrijsko pakiranje i široku potrošnju. Proziran je i sadrži multimetalnu VpCI zaštitu
Pojačana folija - EcoShield	Zaštitni film s visokim svojstvima u kombinaciji tkanih i netkanih slojeva (unutarnji sloj je neabrazivan i sakuplja vlagu)
Antistatička folija – VpCI-125	Odlična zaštita od korozije i triboelektričnih struja te za pakiranje elektroničkih komponenti
Tkani VpCI polietilen - EcoWeave	Namijenjena za korištenje gdje se zahtijeva dodatna otpornost na lom i vlak. Odobreno je od *Federal Drug Administration* - FDA
VpCI-126 folija	Patentirano i odobreno od strane FDA. Folija ima svojstva odstranjivanja vlage, prihvatljiv je za okoliš i zamjena je za uljne premaze ili barijere. Moguća je varijanta u vatro-otpornoj (FR) foliji i s visokim svojstvima (HP)
VpCI-129 folija	Folija je od polietilena velike gustoće (HDPE) ekstrudiran s odličnim barijernim svojstvima. Održava vakuum, odličan je za korištenje u područjima s visokim temperaturama i velikim postotkom vlage u okolini
Biorazgradiva folija – Eco-Corr	Predstavlja noviji proizvod u asortimanu proizvoda, a predstavlja poliester foliju koja je biorazgradiva, osigurava zaštitu od korozije, no može se naći u varijanti bez VpCI korozivne zaštite
Polietilen velike gustoće – Cor-Pak	Sadrži VpCI premaz, lagan je, debljine je $25\mu m$ te je odličan za umetanje
Cor-Pak Stretch folija	Patentiran i odobren od FDA, rastezljiva folija, odlična za pakiranje paleta s kalemima žice ili strojnih dijelova
Tkana polietilen folija - CorShield	Antikorozivni prekrivač kao višeslojna zaštita tkanina s mekanim unutrašnjim slojem. Pogodna za pakiranje osjetljive opreme koja zahtijeva dobru zaštitu s unutrašnjim slojem bez abrazije

Na slici 3.3.2.1. prikazana je VpCI-126 plava folija, a primjena je vrlo jednostavna što znači da je potrebno proizvod zatvoriti ili zabrtviti u vrećicu (foliju) i zaštita je trenutna i kontinuirana za skladištenje i transport. Ovakve folije pružaju suhu zaštitu i eliminiraju potrebu za čišćenjem i odmašćivanjem. Folije su napravljene od visokokvalitetnih smola, potpuno se recikliraju, osiguravaju izuzetnu zaštitu i što je vrlo bitno, nisu toksični.



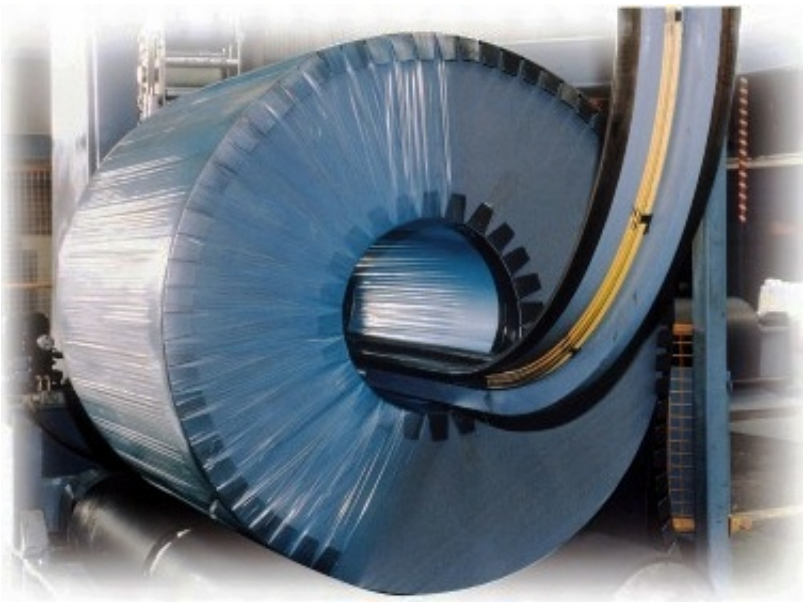
Slika 3.3.2.1. VpCI-126 plava folija, [1].

EcoFilm je dizajniran za različite uporabe kao npr.: kompostne vrećice, vrećice za vrtni otpad, pakiranje hrane i industrijsko pakiranje. EcoFilm je nepropustan za onečišćenja iz okoline i predstavlja odličnu barijeru kisiku, neotrovan je i u kompostnom okruženju potpuno će se razgraditi. Također, otporan je na vodu, visoke temperature i tijekom uporabe zadržava čvrstoću, [1].

EcoCorr ima sve prednosti koje su prethodno nabrojane za EcoFilm (visoke karakteristike i ekološke odlike), a uz sve to osigurava sva svojstva zaštite metala u skladu s VpCI tehnologijom. Može se reći kako štiti obojene i neobojene metale od korozije (željezo, cink, zlato, aluminij, bakar, nikal itd.). Kao takav u svijetu predstavlja jedinu potpuno razgradivu foliju koja ujedno pruža i zaštitu od korozije, [1].

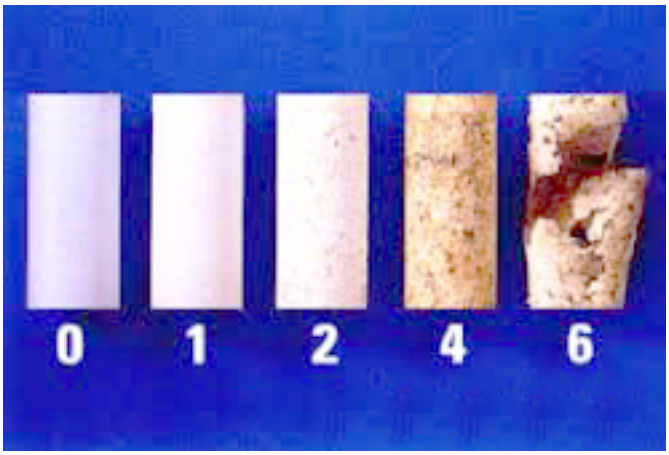
VpCI folije mogu biti u različitim oblicima koji udovoljavaju potrebama korisnika, a proizvode se u rasponu od polietilenskih (za opću primjenu), od stezajućih omotača, te imaju svojstvo dobrog prianjaja, [17].

Na slici 3.3.2.2. prikazan je CorPak rastezljiva folija (CorPak *Stretch folija*).



Slika 3.3.2.2. CorPak rastezljiva folija (CorPak *Stretch folija*), [1].

VpCI folije namijenjene su za zaštitu od korozije opreme kod izvoza, prekomorskog transporta, pakiranje vrlo osjetljivih elektroničkih komponenti, umatanje novih vozila i opreme, pakiranje manjih dijelova u vrećice sa zipper zatvaračima, itd.



Slika 3.3.2.3. Ciklus biorazgradnje EcoFilma u tjednima, [1].

Na slici 3.3.2.3. prikazan je tijek biorazgradnje EcoFilma u tjednima, gdje se može vidjeti potpuni raspad nakon šest tjedana.

3.3.2.1. Ručno omatanje

Cor-Pak VpCI za ručno omatanje je formuliran kako bi zaštitio neobojene i obojene metale od korozije. Folija je koekstrudirana upotrebom najboljih smola koje pružaju izuzetnu čvrstoću i rastezljivost, te multimetalnu zaštitu od korozije koju pruža samo VpCI tehnologija. Cor-Pak VpCI rastezljiva folija otporna je na bušenje i tako omogućava bolje pakiranje uz smanjene troškove. Kombinacija polietilen smola sa VpCI tehnologijom čini Cor-Pak VpCI rastezljivu foliju vrlo uspješnim u zaštiti od korozije na današnjem tržištu. Ujedno Cor-Pak VpCI rastezljiva folija kompatibilna je i s opremom za ručno i strojno umatanje, [14].

3.3.2.2. Strojno omatanje

Cor-Pak VpCI dizajniran je za strojno omatanje metalnih pakiranja, a njegova patentirana tehnologija osigurava multimetalnu zaštitu od korozije svih metalnih površina pakiranja tijekom uporabe hlapivim inhibitorima korozije. Rastezljiva folija sigurna je za okolinu, FDA odobrena, te se može potpuno reciklirati. Kvaliteta se također nadzire i ISO 9001 i 14001 certifikatima. Cor-Pak VpCI rastezljiva folija kompatibilna je s opremom za ručno i strojno omatanje, [15].

3.3.3. Zaštita VpCI spužvama

Spužve su kombinacija za zaštitu više vrsta metala i upijača vlage koje djeluju samostalno ili u kombinaciji s VpCI folijama ili drugim proizvodima za pakiranje i tako osiguravaju potpunu zaštitu teško dostupnih mjesta. Zaštitni nivo je visok što znači da spužve sadrže 10 puta veću koncentraciju VpCI-a po jedinici površine nego ostali proizvodi za pakiranje. Proizvod je odmah spreman za uporabu što znači da nije potrebno prethodno čišćenje, odmašćivanje ili skidanje premaza. Spužve su također lagane, multifunkcionalne te kao takve predstavljaju uštedu u radu. Impregnirane spužve jednostavno se postavljaju i određivanje veličine je potrebno u ovisnosti o prostoru koji se želi zaštiti, a što je vrlo praktično, [1].
U tablici 3.3.3.1. prikazane su vrste VpCI spužvi s pripadajućim karakteristikama.

Tablica 3.3.3.1. Vrste VpCI spužvi s pripadajućim karakteristikama, [1].

Spužva u rolama – VpCI-137	Impregnirana spužva namijenjena za industrijsku primjenu. Odlična je kod zaštite opreme različitih veličina
Spužva-jastuk – VpCI-132	Impregnirana spužva dimenzija 25cm x 25cm x 0,6cm koja je namijenjena za zaštitu od korozije i vlage. Vrlo jednostavno se ugrađuje, sadrži 10 puta veću količini inhibitora od papira s premazom ili nekih plastičnih folija
Impregnirani jastučić od spužve – VpCI-131	Impregnirana spužva koja pruža multimetalnu zaštitu, a pogodna je za zaštitu od korozije malih prostora
Tkanina – Cor-Pak Fabric	Netkana, poliesterska tkanina, impregnirana s VpCI-em i pruža mehaničku i antikorozivnu zaštitu

VpCI spužve namijenjene su za zaštitu od korozije i mehaničkog oštećenja proizvoda s velikim metalnim površinama, za emitiranje inhibitora korozije u kutijama kojima se prevozi oprema te za zaštitu opreme s velikim šupljinama.



Slika 3.3.3.1. VpCI spužva za zaštitu više vrsta metala, [1].

Također, koriste se za dugoročnu zaštitu od korozije kod izvoza opreme, skladištenja ili prekomorskoga transporta, [1]. Na slici 3.3.3.1. prikazana je VpCI spužva za zaštitu više vrsta metala.

3.3.4. Zaštita VpCI zračnim jastučićima

Zračni jastučići predstavljaju najbolju antikorozivnu zaštitu za osjetljive uređaje, a pružaju djelotvornu kombinaciju sprječavajući nastanak mehaničkog oštećenja i pojave korozije. Mogu se proizvesti u različitim dimenzijama u ovisnosti o veličini predmeta koji se želi zaštiti. Inhibitori koji se nalaze u zračnim jastučićima ne smetaju procesima koji eventualno dolaze u nastavku kao što su bojenje, zavarivanje, čišćenje itd. Također, zračni jastučići ne uzrokuju neželjene efekte na plastici, optičkim uređajima i ostalim nemetalima. U tablici 3.3.4.1. prikazane su vrste VpCI zračnih jastučića s pripadajućim karakteristikama.

Tablica 3.3.4.1. Vrste VpCI zračnih jastučića s pripadajućim karakteristikama, [1].

Cor-Pak – VpCI Bubbles	Pruža zaštitu od korozije i mehaničkih oštećenja, a namijenjen je za ublažavanje udaraca, vlage, popunjavanje i umetanje u prazni prostor te je patentirano
Cor-Pak – VpCI Static-Dissipative Bubbles	Osnovna multifunkcionalna zaštita proizvoda od korozije, mehaničkih oštećenja i triboelektričnih strujnih pražnjenja

Zračni jastučići koriste se za pakiranje i zaštitu od korozije preciznih mehaničkih djelova i vrlo osjetljivih elektrotehničkih i elektroničkih komponenti.



Slika 3.3.4.1. VpCI zračni jastučići, [1].

Odlični su za umetanje u prazne prostore, zaštitu od loma i zaštitu oštećenja površine kao što su ogrebotine i drugo, [1]. Na slici 3.3.4.1. prikazana je jedna od opcija primjene VpCI zračnih jastučića (Cor-Pak VpCI *Bubbles*).

3.3.5. Zaštita VpCI umetcima

Zaštita VpCI umetcima karakterizirana je s jednostavnom ugradnjom i specificiranim doziranjem koja pruža zaštitu za sve metalne površine. Hlapljivi inhibitori upijaju se u površinu metala na svim mjestima, uključujući i teško dostupna mjesta i površine. Inhibitori se mogu nadopunjavati u ovisnosti koliko često se pakiranje otvara. Nadalje, osiguravaju sigurnu, učinkovitu i jednostavnu multimetalnu zaštitu za široku paletu zapakiranih proizvoda. Sve tablete i vrećice mogu se ubacivati automatski ili ručno, [1]. Na slici 3.3.5.1. prikazani su VpCI umetci. S lijeve strane slike nalazi se prikaz Cor-Pak tableta, dok je s desne strane prikazan Cor-Pak 1-MUL jastučić.



Slika 3.3.5.1. VpCI umetci, [1].

S obzirom na svoj izgled mogu biti upotrebljeni kao osnovni ili dopunski sastav za zaštitu od korozije u bilo kojoj vrsti pakiranja, od kartonskih pa do plastičnih vrećica. U tablici 3.3.5.1. dan je prikaz VpCI umetaka s pripadajućim karakteristikama.

Tablica 3.3.5.1. VpCI umetci za zaštitu metalnih dijelova, [1].

Četvrtasta spužvica – VpCI-133	Impregnirana četvrtasta spužva sa samoljepljivom trakom na stražnjoj strani zbog vertikalnog instaliranja. Ovakvi umetci su vrlo praktični za umetanje kod malih prostora ili malih pakiranja. Jedna spužvica štiti od korozije i vlage 14 litara prostora
Okrugla spužvica – VpCI-134	Impregnirana okrugla spužvica lako prilagodljiva zaštiti od korozije, štiti do devet litara po jednoj spužvici
Četvrtasta spužvica – VpCI-136	Impregnirana četvrtasta spužva sa samoljepljivom trakom na stražnjoj strani zbog vertikalnog instaliranja. Ovakvi umetci su vrlo praktični za umetanje kod malih prostora ili malih pakiranja.

	Jedna spužvica štiti od korozije i vlage sedam litara prostora
CorShrink	LDPE rastezljiva folija spojena s mekanom poliester tkaninom, impregnirana VpCI zaštitom, pruža zaštitu od mehaničkog oštećenja i zaštitu od korozije, prianjajući čvrsto oko zaštićenog predmeta
Cor-Pak 1-MUL	Dišući jastučić tj. Tyvek dišuća membrana napunjena s VpCI zaštitom u prahu. Pruža multimetalnu zaštitu od korozije do 28 litara po jastučiću pa je prema tome idealan za manja pakiranja
Cor-Pak tableta	Pruža odličnu zaštitu od korozije za proizvode koji se sastoje od više vrsta metala. Jedna tableta štiti do sedam litara prostora

Može se reći kako navedeni VpCI umetci osiguravaju izvanredno upijanje i ulaze u udubljene i nedostupne dijelove pa se mogu uložiti u bilo koji sustav pakiranja, [16].

3.4. Tehnologija ekstrudiranja folija

Proces ekstruzije vrši se tako što se prvotno izvrši vizualno namatanje folije na rolu, potom vizualno promatranje folije što podrazumijeva postavljanje folije prema svjetlu (loša linija će se pojaviti u smislu loše otopine taline u smjeru stroja). Slijedi mjerenje širine ploštine čije vrijednosti obično budu zadane u nalogu, mjerenje debljine folije pri čemu mora biti raspon od 20 %, kontrola ispravnosti podataka na naljepnici što potvrđuje potvrda narudžbe i radni nalog.
Pri završetku procesa vrši se mjerenje na početku role i na kraju, te svaka dva sata, a potom otprema robe pri čemu se izdaje potvrda o ispravnosti za otpremu. Sva mjerenja se upisuju u radni nalog, tzv. ekstruzijski list kontrole, [7].

Znači prvi korak proizvodnje, ekstruzija, je korak u kojem se sirovina (granulat) transformira u foliju. Može se proizvesti crijevna folija, crijevna foliju s dva nabora, jednostruka ravna folija, dvostruka ravna folija, centralno presavijena folija i druge konfiguracije. Uz to mogu se dodati koncentrati za boju, VpCI-i i drugi posebni aditivi (antistatički, usporivači izgaranja, UV stabilizatori, itd.). Postoji mogućnost ekstrudiranjai do 100 % linearno-niske smjese, a veličine se kreću od 100 mm minimalno preklopljene širine do 2150 mm maksimalne širine, ovisno o sastavu i debljini folija, [35]. Na slici 3.4.1. prikazan je ekstruder.



Slika 3.4.1. Ekstruder, [35].

Mjerenje se vrši na početku rada i na kraju. Uzorci se ostavljaju dvije godine. Kontrola ispravnosti podataka vrši se na naljepnici i izvještava potvrdom narudžbe i radnim nalogom. Od proizvedene folije izrađuju se vreće širokog raspona veličina, oblika i stilova za pakiranje hrane, opreme, alata, rezervnih dijelova ili drugih proizvoda prema zahtjevima kupca. Specijalna alatna obrada omogućava proizvodnju jedinstvenih vreća. Mnogi različiti oblici i veličine otvora mogu biti oblikovani za ventiliranje, vješanje ili nošenje proizvoda.

Mogu se proizvoditi vrećice s pojačanim ručkama, izvučenim trakastim ručkama, popularne vreće na roli i *ziplock* vreće, [35]. Na slici 3.4.2. prikazan je proces proizvodnje.



Slika 3.4.2. Proces proizvodnje, [35].

3.5. Kontrola kvalitete zaštitnih folija

Završna kontrola za otpremu vrši se nakon pakiranja palete, ispisivanja potvrde ispravnosti za otpremu s podatcima te palete, [7].

Laboratorijski odjel striktno nadzire kvalitetu, provodi razne testove i razvija nove proizvode i tehnologiju.

Folije s kojima se u laboratoriju radi su sljedeća svojstva, [12]:

- biorazgradivi,
- polietilenski s niskom gustoćom,
- polietilenski s linearno niskom gustoćom,
- polietilenski s visokom gustoćom,
- industrijski čisti,
- s visokim stupnjem proziranja,
- rastezljivi – *stretch*,

- skin folija – za industrijsko pakiranje, proziran,
- pojačana folija – visoka svojstva, neabrazivan,
- tkani polietilen – otporan na lom i vlagu.

Raspoloživi aditivi u laboratoriju koji se ugrađuju u faze ekstruzije su UV-rezistencija, anti-blok, antistatički, za veću otpornost na toplinu, vatru, različite boje i nijanse te VpCI inhibitori protiv korozije. U konačnici dobivaju se vrećice zavarene s jedne strane, vrećice zavarene s više strana, vrećice u roli, vrećice s patent zatvaračem, valovite plastične vrećice i valoviti listovi, [12].

Laboratorij može izvršiti testiranja prema vojnim standardima i specifikacijama i nalazi se na jednakoj lokaciji kao i postrojenje. Sve proizvedene serije VpCI folija podliježu kontroli kvalitete pri čemu se testira utjecaj inhibitora korozije. Instron uređajima se mjere mehanička svojstva, što je u nastavku poglavlja i prikazano. VpCI folije rađene po narudžbi proizvode se i testiraju u tvornici bez čekanja na vanjske testove.



Slika 3.5.1. Dio laboratorija u Belom Manastiru, [28].

Vlačna čvrstoća, otpor na cijepanje, otpor na probijanje i koeficijent trenja može biti formuliran u skladu sa potrebama korisnika, [35]. Na slici 3.5.1. prikazan je dio laboratorija u Belom Manastiru.

Prilikom kontrole kvalitete zaštitnih folija provode se naredni testovi: Razor Blade test, test cijepanja, test na probijanje i statični vlačni pokus kako je navedeno i opisano u nastavku.

3.5.1. Razor Blade test

Ovaj test provodi se kao kontrola zaštite antikorozivne folije u direktnom kontaktu metala s nekom tekućinom. Korozija na metalu može biti ravnomjerno površinska ili lokalna. Elektrokemijska korozija izaziva 95 % razaranja metala, a posljedica je elektokemijske reakcije između metala i okoline (mora). Dolazi do postupka stvaranja iona, slane atmosfere i velike vlažnosti, [7], a primjer zaštićenog i nezaštićenog uzorka prikazan je na slici 3.5.1.1.

Razor Blade test ima za svrhu ispitati zaštitu metala od korozije direktnim kontaktom. Kako bi se procedura uspješno provela od pribora su potrebni lateks rukavice, metalna kliješta ili pinceta, pipete, silicij - ugljični papir (brusni; gradacije 240-300) i zaštitne naočale. Od materijala su potrebni: dionizirana voda (DI), metanol, reagenti/lab, 3.5 % CH_3CO_2Na otopina (natrijev acetat), 0.005 % NaCl otopina (natrijev klorid), 3.5 % NaCl otopina (natrijev klorid), uzorak inhibitorom tretirane folije ili papira treba testirati najmanje 5,1 cm x 25,4 cm (2"*10"), uzorak netretirane folije ili papira najmanje 5,1 cm x 7,6 cm (2"*3") od same skladišne baze kao i inhibitorom tretirana folija, metalni uzorak ili panel, [23].



Slika 3.5.1.1. Primjer zaštićenog i nezaštićenog uzorka, [28].

Test se uvijek izvodi u tri primjerka, a najekonomičniji način izvođenja je ako se koriste paneli od ugljičnog čelika na način da se odreže viseća rupa, a ostali dio prereže na tri jednaka dijela. Prije uporabe paneli se ispiru u metanolu. Paneli se mogu brusiti i čistiti za ponovnu uporabu, a koristi ih se odmah poslije čišćenja. Paneli se uranjaju u metanol gdje trebaju odstajati najmanje pet minuta. Paneli se suše papirnatim ručnicima. Dvije kapi otopine se kapnu na panele, zatim se panel pokrije uzorkom folije te se čeka zadano vrijeme prikazano u tablici, [23]. U tablici 3.5.1.1. prikazane su vrste metala te odgovarajuće otopine i potrebno vrijeme.

Tablica 3.5.1.1. Vrste metala i pripadajuće otopine i potrebno vrijeme, [23].

Metal	Otopina	Vrijeme
Ugljični čelik	DI voda	2 sata
Pocinčani čelik*	3.5 % CH_3CO_2Na	4 sata
Bakar	0.005 % NaCl	4 sata
Aluminij	3.5 % NaCl	24 sata

3.5.2. Test cijepanja

Test se izvodi prema metodi ASTM D1922-06 koristeći Thwing-Albert njihalo prikazano na slici 3.5.2.1.



Slika 3.5.2.1. Thwing-Albert njihalo, [28].

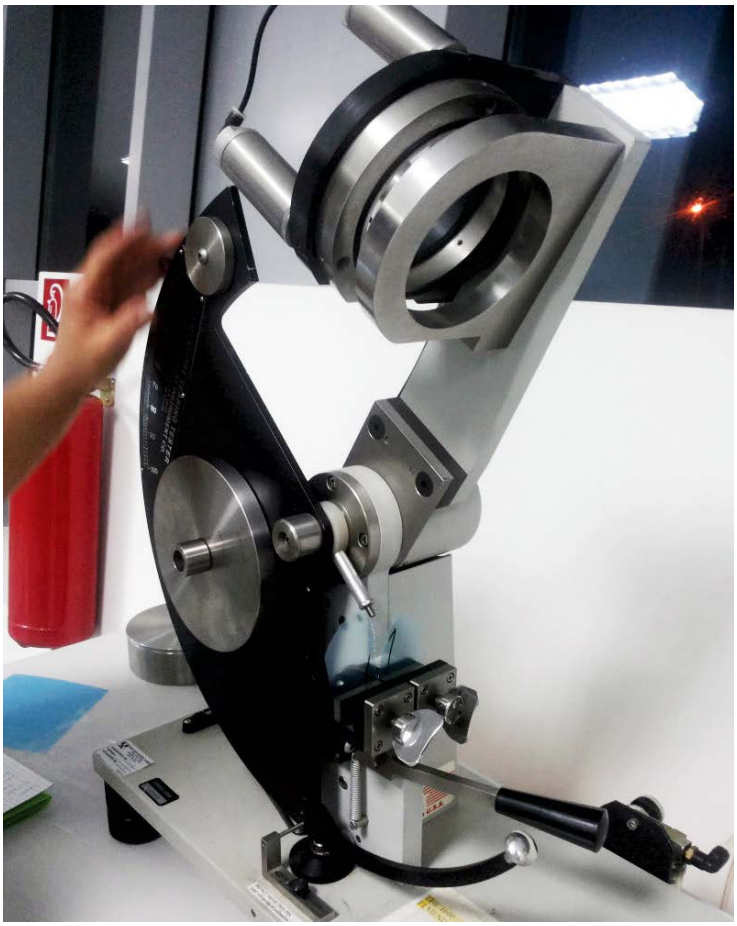
Ispitivanje na cijepanje i probijanje može se vršiti na istom batu. Prije samog mjerenja na foliji se napravi početna pukotina.

Mjerenje se vrši tako što se pusti bat određene težine da udari u foliju te se nastavlja širenje pukotine koja je prije toga napravljena. Zatim se očitavaju vrijednosti sile na skali bata. Razlika kod probijanja je ta što se na foliji ne pravi početna pukotina, nego bat udara o neoštećenu foliju. Mjerenje se vrši kao i kod cijepanja pomoću skale koja je postavljena na uređaj, [29].

Postupak testa cijepanja izvodi se tako što ispitivani uzorci trebaju biti jednolike debljine i ujednačenosti, ravni, bez grešaka kao predstavnik materijala koji se testira. Uvijek je potrebno nositi zaštitne rukavice kada se reže uzorak. Test treba provesti na šest uzoraka za poprečni smjer i šest uzoraka za smjer stroja (ekstruzije). Utezi bi trebali biti odabrani tako da ljestvica čitanja ne pada na ekstremnim krajevima raspona pri testiranju uzoraka. Uzorci bi trebali biti uvjetovani na 23 ± 2 °C (73,4 ºF ± 3,6 °F) i 50 ± 5 % relativne vlažnosti. Priprema uzoraka vrši se na sljedeći način, [9]:

- radi sigurnijeg rezanja potrebno je postaviti foliju iz koje će se rezati uzorci za testiranje na čistu ravnu površinu
- na foliji u željenom smjeru namjestiti učvršćivač za rezanje
- držati čvrsto pri dnu i rezati oko konture koristeći skalpel
- izmjeriti sloj svakog uzorka, kao prosjek očitanja kroz njihovo središte, u smjeru u kojem je u biti slomljena i zabilježiti u obrazac za vlačna ispitivanja na cijepanje.

Testiranje uzoraka provodi se tako što je potrebno iznivelirati instrument podešavanjem noge ispod svakog kraja postolja njihala pri čemu mjehurić u libeli na lijevoj strani baze treba biti centriran. Potom postaviti klatno u uzdignuti položaj, rotirati pokazivač tako da se naslanja na pokazivač za zaustavljanje, a očitanje da je nula (okomiti položaj). Potom je potrebno staviti uzorak ili uzorke između stezaljki, kao što je prikazano na slici 3.5.2.2 i zategnuti leptir vijke, [9].



Slika 3.5.2.2. Test cijepanja VpCI – 126 folije, [29].

3.5.3. Test na probijanje

Test probijanja se radi kako bi se mogla procijeniti čvrstoća na probijanje folije, a izvodi se u skladu s metodom ASTM-D3420-95 (2002) koristeći također Thwing-Albert njihalo. Postupak se odvija tako da testirani uzorci budu jednake debljine, ravni i bez grešaka. Tanke folije mogu zahtijevati ispitivanje u više slojeva, kako bi se dobilo odgovarajuće očitanje. Test treba provesti na šest uzoraka.

U okviru testa na probijanje priprema uzoraka vrši se na sljedeći način, [10]:

- radi sigurnijeg rezanja potrebno je postaviti foliju iz koje će se rezati uzorci za testiranje na čistu ravnu površinu,
- potaviti na foliju učvršćivač za rezanje dimenzije 10,15 x 10,15 cm (4”x4”),
- držati čvrsto pri dnu i rezati oko konture koristeći skalpel.
- izmjeriti i dobivene rezultate svakog uzorka zabilježiti u predviđene obrasce,
- očitati debljinu u preciznosti od 0,001 μm.

Testiranje uzoraka provodi se tako što je potrebno iznivelirati instrument podešavanjem noge ispod svakog kraja postolja njihala pri čemu mjehurić u libeli na lijevoj strani baze treba biti centriran. Potom postaviti klatno u uzdignuti položaj, rotirati pokazivač tako da se naslanja na pokazivač za zaustavljanje, a očitanje da je nula (okomiti položaj). Potom je potrebno staviti uzorak (uzorke) između spona i okrenuti prekidač da bi se spone zatvorile (stisnule). Prilikom testiranja *stretch* folije treba provjeriti jeli ljepljiva strana folije okrenuta od njihala jer ako njihalo udari u ljepljivu stranu folije, očitanje može biti lažno.

Potrebno je provjeriti da spone drže uzorak svuda okolo rubova kako je prikazano na slici 3.5.3.1. Nakon toga mora se pritisnuti oslonac njihala pri čemu će se njihalo njihati s lijeva na desno prema dolje i probiti će uzorak. Nadalje, potrebno je uhvatiti njihalo na povratku njihanja, ali bez dodira pokazivača mjerenja, pritisnuti njihalo da se zaustavi i naslonit ga, zapisati položaj pokazivača na skali u zato predviđene obrasce, zapisati težinu njihala koja se koristi, otpustiti prekidač i ukloniti uzorak iz spona te ponoviti navedene korake, za svako testiranje uzoraka. Nakon završetka pokusa u obrazac za ispitivanja potrebno je unijeti sve podatke kao i ime proizvoda, broj naloga i datum, [10].



Slika 3.5.3.1. Test probijanja VpCI – 126 folije, [29].

3.5.4. Statični vlačni pokus

Ispitivanje folije na kidanje vrši se na kidalici marke Instron 4443 prikazane na slici 3.5.4.1. Ispitivanje se također vrši na 12 uzoraka VpCI – 126 folije, od čega su 6 uzoraka pripremljena za ispitivanja na opterećenja uzduž smjera vlakana uzorka, a preostalih 6 uzoraka pripremljeni su za ispitivanja na opterećenja koja djeluju poprečno na vlakna uzoraka.



Slika 3.5.4.1. Ispitivanje na kidanje (vlačno ispitivanje) VpCI – 126 folije na Instron 4443 kidalici, [28].

Ispitivanje se vrši tako što kidalica razvlači uzorak i mjeri silu koja je potrebna za raskidanje uzorka, te određuje vlačnu čvrstoću, zateznu čvrstoću uzorka, te produljenje. [29].

4. PRIMJENA VIŠESLOJNIH FOLIJA

VpCI-125 folija pruža antikorozivnu zaštitu te zaštitu od statičkog elektriciteta. Antistatička svojstva VpCI-125 ne ovise o vlažnosti; sastav ovoga proizvoda je takav da ne zahtijeva prisutnost vlage da bi zaštita funkcionirala. VpCI–125 vrećice učinkovito štite komponente od statičkog elektriciteta, korozije te neugodnih mrlja. Ne sadrže slobodne amine. Proizvod je u skladu s vojnim standardom MIL-PRF-81705D.

VpCI-126 je isključivo antikorozivna zaštita. Folije se mogu termički zavarivati koristeći različite vrste ručne ili automatske opreme za pakiranje i zavarivanje. Antikorozivne folije izrađuju se u različitim standardnim veličinama i prema želji kupca kao vrećice sa i bez zatvarača, po stranama perforirane vrećice, vrećice u rolama, plahte, skupljajuće folije, role različitih dimenzija. VpCI-126 folije dostupne su u antistatik izvedbi, izvedbi s otpornošću na otvoreni plamen (FR), te koekstrudirana verzija pojačanih folija s pojačanim svojstvima na rastezanje i probijanje.
VpCI-126 folije dostupne su u različitim debljinama od 50 do 250 μm, kao i različitim širinama od 76 mm do 3780 mm. VpCI-126 folija zadovoljava i proizvodi se u skladu vojnih standarda MIL-PRF-22019D i MIL-B-22020D, [2,4].

4.1. Primjene u elektrotehnici i industriji

Osim VpCI-125 i VpCI-126 folija koje imaju značajnu primjenu u elektrotehnici i općenito u industriji, proizvode se i VpCI-150 i 170 trake koje osiguravaju zaštitu od korozije metalnih komponenti i dijelova uključujući i neventilirane kontrolne ormariće ili kutije za alat. VpCI-150 štiti 11,3 litre zatvorenog prostora po 2,5 cm dužine, a VpCI-170 štiti 28,3 litre zatvorenog prostora po 2,5 cm dužine. Pare hlapljivih inhibitora formiraju molekularni film na površini metala te osiguravaju zaštitu od korozije električne i elektroničke opreme tijekom rada, transporta ili skladištenja. VpCI-150 i VpCI-170 su patentirana spužva u obliku trake preko koje inhibitori korozije adsorbiraju vlagu i zagađenja koje mogu ući u prostor koji se zaštićuje. Osiguravaju dugotrajnu zaštitu od korozije čak u prisutnosti štetnih djelovanja soli, vlage, zagađenja iz zraka i ostalo.
VpCI-150 i VpCI-170 mogu biti efikasno upotrjebljene kod zaštite od vlage i korozije, [3]:

- Električna i elektronska oprema tijekom rada transporta i skladištenja
- Brodska navigacijska i komunikacijska oprema
- Elektronska oprema za kontrolu zračnog prostora
- Električni motori
- Sklopke visokog i niskog napona
- Unutrašnjost metalnih cijevi,
- Kompletni sklopovi, dijelovi, vodiči i kutije za vodiče
- Medicinska oprema
- Mjerni instrumenti
- Telekomunikacijska oprema i elektronička oprema za daljinsko upravljanje

Instaliranje VpCI-150 i VpCI-170 je vrlo jednostavno i pogodno. Primjenu treba učiniti što je ranije moguće, prvenstveno tijekom proizvodnje ili sastavljanja opreme. Jednostavan odabir prostora unutar uređaja kojeg treba zaštiti od korozije. Površina na koju se lijepi traka mora biti čista i bez krhotina. Potrebno je skinuti zaštitu s ljepljive trake na spužvi i zalijepiti na čistu površinu. VpCI-150 i VpCI-170 trake mogu biti instalirane u bilo kojoj poziciji. Ako zatvoreni prostor nije potpuno hermetičan ili se često otvara, zamjenu VpCI-150 i VpCI-170 treba napraviti prije isteka vremena od 24 mjeseca. Nakon montaže ili zamjene trake kod električnih uređaja sprejem VpCI-238 (zaštita i čistač) nanijeti vrlo tanki sloj po unutrašnjosti uređaja, [3].

VpCI–125 folija u sebi sadrži antistatički aditiv što je prednost antistatike. VpCI–125 antistatičke vrećice i folije preporučuju se za pakiranje statički osjetljivih i ne osjetljivih komponenata gdje se predviđa štetno djelovanje triboelektričnih napona i korozije. Preporučuje se uporaba ovog proizvoda za pakiranje integriranih krugova, tiskanih pločica, telekomunikacijske opreme, elektroničkih i električnih uređaja, [5].

U elektrotehnici gdje se koriste informatički i elektronički ormari gdje ima puno kontakata koriste se hlapljivi praškasti inhibitori korozije koji se stavljaju u plastično kućište s polupropusnom membranom i zalijepe se u ormar i taj emiter hlapi u zrak koji je unutar ormara. Emiter dolazi do svih kontakata unutar ormara i štiti ih. Sličan primjer je zaštita motora (nije nužno da je elektromotor) koji su zatvoreni metalnim plaštom i gdje VpCI štiti metal i elektroniku. Tu će VpCI-125 zaštiti od elektrostatičkog izboja, ali sastavni dio je i VpCI-126 antikorozivnog elementa.

Primjenom ovih folija zaštiti će se kontakti na određenoj pločici i neće se degradirati njezini spojevi i neće korodirati. Antistatika je ta koja će uslijed manipulacije osigurati da ne dođe do izboja nekih kontakata ili nekoga elektroničkog dijela.

Proizvodi iz proizvodnje odlični su pri uporabi kod električnih ploča, elektroničkih kutija, kutija za alat i rezervne dijelove, opreme za elektromehaničko upravljanje, sklopki i relejnih uređaja, elektroničke opreme u marinama i vojne opreme, automatskih osvjetljenja, opreme za nadziranje i alarmnih sustava, računala i telekomunikacijske opreme, kontrolne ploče, opreme u tvornicama i znanstvenih uređaja. VpCI-101 spužva je patentirana i impregnirana i kao takva predstavlja kontinuiranu zaštitu od korozije. VpCI-110 je emiter spužva sa sposobnošću „disanja“ koji štiti 283 litre zatvorenog prostora do dvije godine. Svaki proizvod iz te kategorije proizvoda ima samoljepljivu traku na koju se zapisuje datum ugradnje. ElectriCorr VpCI-239 predstavlja sprej koji pruža odličnu zaštitu na otvorenom i koristi se na električnoj i elektroničkoj opremi koja je izložena vanjskim utjecajima, nije provodljiv, anstistatičan je i može se identificirati na površini s UV svijetlom. S druge strane ElectriCorr VpCI-248 je nezapaljiv, ne utječe na električni otpor, štiti električne i elektroničke kontakte, brzo se suši, nije provodljiv, te ima odlične sposobnosti čišćenja Na slici 4.1.1. prikazani su neki od proizvoda za zaštitu od korozije u elektrotehnici.



Slika 4.1.1. Proizvodi za zaštitu od korozije u elektrotehnici, [17].

VpCI-286 je novija generacija akrilnog premaza za zaštitu elektroničke opreme. Takav premaz odlično veže vlagu i pruža otpornost protiv korozije.

Karakteristike su mu sljedeće, [17]:

- prekriva površinu prema obliku površine,
- kontinuirana zaštita od korozije,
- brzo suši,
- lako se uklanja s otapalom,
- otporan je na vibracije,
- fluorescentan je kod UV svijetla.

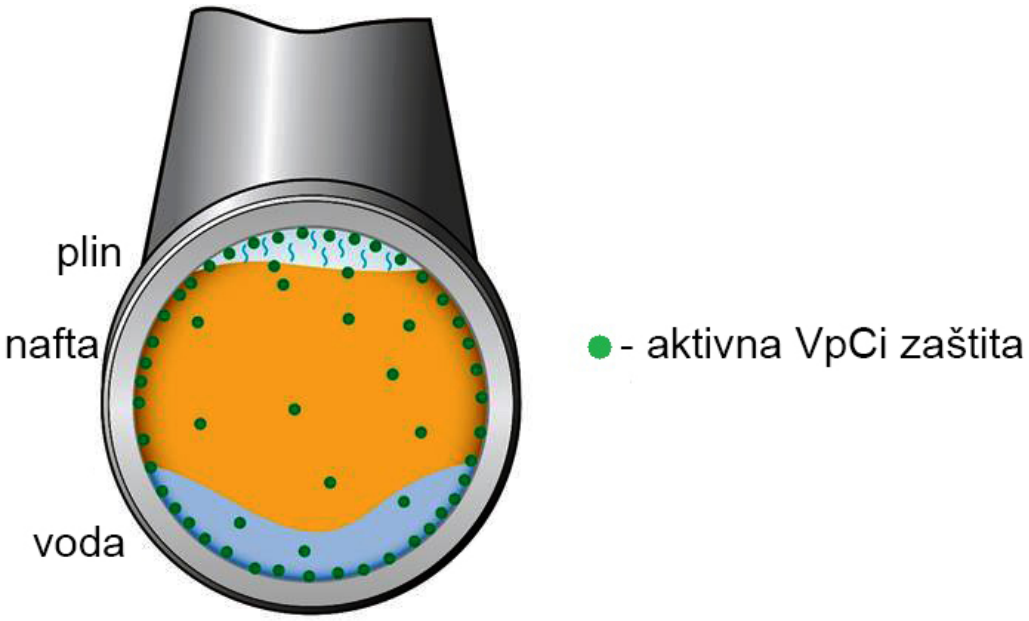
4.2. Prednosti VpCI tehnologije

Prednosti VpCI-a u primjeni je dugotrajna zaštita od korozije i u ekstremnim uvjetima gdje je velika vlažnost i temperatura (i više od 550°C), slana i agresivna atmosfera. U većini slučajeva nije potrebno uklanjanje sredstva za zaštitu od korozije s metalne površine prije sklapanja, instalacije ili primjene, također nije potrebno posebna ili dugotrajna priprema metalnih površine prije primjene zaštitnog sredstva. U većini slučajeva ne djeluju na funkcionalna svojstva materijala što je važno kod električne i elektroničke opreme i preciznih instrumenata, [19].

Višeslojna folija ima prednosti pred monofolijom zato što se u svaku ekstruziju mogu ugraditi određene karakteristike. Ako je VpCI tehnologija ugradnje aditiva u materijal (foliju) u pitanju onda se može odrediti gdje će taj aditiv biti (na kojem sloju). Ako se pogleda sa zdravstvene strane, u konačnici, pri pakiranju gotovih proizvoda, folija će s vanjske stane imati nekakav polietilen, ili biorazgradivu foliju, a s unutarnje strane će imati aktivnu komponentu. Tada se s unutarnje strane stavlja određeni metal (ne sirovo željezo), nekakvi dijelovi obrađenih metalnih dijelova ili motori, dok s vanjske strane ne postoji hlapljenje, uvjetno rečeno kontaminaciju prostora ili ljudi koji su u dodiru s time i u konačnici je ona s unutarnje strane aktivna.

Monofolije se rade u onim slučajevima gdje nije moguće zaštititi s višeslojnim folijama, ako je to pakiranje unutar pakiranja, tada je prikladniji monofilm koji hlapi na sve strane unutar pakiranja. Proizvodi koji štite elektroničku i električnu opremu prvenstveno smanjuju troškove i potrošnju materijala, rada i vremena, povećavaju vrijednost proizvoda i/ili usluga, pružaju sigurnost tijekom transporta i/ili skladištenja, smanjuju periodičko održavanje te smanjuju pripremu površine, [17].

Svi proizvodi iz linije VpCI-a se sami obnavljaju, mogu se dodati u bilo koji dio sustava na jedno ili više mjesta, dakle, mogu se automatski injektirati u sustav (bez prisutnosti radnika) i odmah početi štititi npr. stotine metara cjevovoda u parnim linijama, sustave distribucije tekućina ili stotine kilometara cjevovoda. Proizvodi su formulirani tako da ne štete okolišu, ne sadrže kromate, druge teške metale i fosfate.



Slika 4.2.1. Aktivna VpCI zaštita u tekućoj, međufazi i parnoj fazi, [16].

Nova organska formulacija pruža način zaštite koji je prihvatljiv za okoliš, služi zaštiti opreme od agresivnih otopina soli u dubokim i vrućim bušotinama pružajući na taj način dulji radni vijek opreme i zaštitu u sve tri faze; tekućoj, međufazi i parnoj fazi, [16].

Na slici 4.2.1. prikazan je presjek cijevi koji pokazuje aktivnu VpCI zaštitu u prethodno navedene tri faze, tekućoj, međufazi i parnoj fazi.

4.3. Ekološki standard polietilenske folije

Postoje folije koje su za vanjsku zaštitu, debele folije, koje su priznate i zaštićene u Engleskoj, služe za zaštitu elektronske opreme na vojnim brodovima i u fazi su testiranja koja traje od 2014. godine. Radi inhibitora unutar folije, koji hlape dvije godine, elektronska oprema može se čuvati u skladištu bez da se ono i grije i održava određena pozitivna temperatura, no nikako da se štićeni predmeti nalaze na kiši ili snijegu.

Višeslojna folija nakon uporabe, kada se predmet izvadi iz nje i počne koristiti, se može izrezati u sitne dijelove i otopiti nakon čega se dobiva mala kuglica. Upravo ona služi kao sirovina za proizvodnju npr. plastične vrećice i tako se može reciklirati neodređeni broj puta, dakle ne baca se pa se tako okoliš manje zagađuje. Upravo to pokazuje da je takva folija Eco-Friendly. Folija će nakon određenog vremena, nakon što se koristi neprekidno i obnavlja u novu vrećicu, ipak izgubiti svojstva stabilnosti jer će joj struktura polietilena oslabjeti i izgubit će na elastičnosti, ali do tada treba proći 100 godina.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu se govori o svojstvima, tehnologiji proizvodnje, te primjenama višeslojnih antistatičkih i antikorozivnih folija od polietilena. U Belom Manastiru nalazi se primjer proizvodnog pogona koji je specijaliziran za proizvodnju folija prema inovativnoj tehnologiji hlapljivih inhibitora korozije - VpCI (*Vapor phase Corrosion Inhibitor*), te korisnicima nudi kompletno konfekcioniranje, ekstrudiranje i tiskanje.

U procesu proizvodnje koristi se 100 % čisti materijal i samo 10 % regenerirani materijal od tehničkog viška, odnosno otpada, dok drugi koriste do 70 % i u novije vrijeme s višeslojnim ekstruderima do 80 % regenerirane folije koja je izgubila najveći dio mehaničkih i fizičkih svojstava uslijed repetirane prerade i ona je slabija na istezanje i probijanje što je vrlo bitno mehaničko svojstvo. Puno je renomiranih tvrtki iz različitih grana industrije poput poduzeća Volvo koji koristi folije za kamionske i brodske motore, te druge komponente. Tvrtka IBM je korisnik VpCI-125 folije za antistatičku zaštitu računalnih komponenti kao i ostale poznate tvrtke poput General Electric, Ford, Bosch i drugih. U elektrotehnici se štite sklopovi koji imaju metalni plašt, a njega štiti upravo VpCI (*Vapor phase Corrosion Inhibitor*) tehnologija.

Proizvodi koji su vezani za VpCI tehnologiju znatno smanjuju troškove održavanja iz razloga što su višenamjenski, imaju djelotvornu zaštitu, te se lako primjenjuju. Efikasnim sustavima primjene omogućeno je ekonomično tretiranje komponenata koje je teško zaštiti, a samim time se i produljuje vijek trajanja opreme. Proizvodi su posebni u tome što se mogu koristiti u svakoj fazi trajanja proizvoda, počevši od proizvodnje pa do primjene. Kada se ispravno primjenjuju znatno će smanjiti vrijeme i troškove tijekom životnoga ciklusa proizvoda, prije svega u proizvodnji i skladištenju pa i u prijevozu i primjeni. Nekada je potrebno odraditi niz dodatnih koraka u obradi pri čišćenju, odmašćivanju, uklanjanju hrđe, pjeskarenju i ponovnoj zaštiti, ali s ovakvim proizvodima ti koraci su nepotrebni.

Hlapljivi inhibitori korozije (VpCI) su osobita skupina inhibitora koji štite metale od korozije i imaju veliku prednost u upotrebi nad ostalim inhibitorima. Zbog svoje jednostavne primjene postaju nezaobilazna zaštita materijala. Najbitnije svojstvo hlapljivih inhibitora je dugotrajna zaštita, ali bez opasnosti za ljude i okoliš.

Folije mogu imati istovremeno multifunkcionalnu zaštitu kao što su zaštita od korozije, mehanička oštećenja ili kombinacija u zavisnosti o potrebama korisnika, te su jako dobar izolator, a u području elektrotehnike izolator je jednako važan kao i vodič.

Primjena hlapljivih inhibitora korozije obuhvatila je i mnoga druga tehnička područja zbog svojstva isparavanja para koje mogu doprijeti do nedostupnih mjesta za bilo koji drugi način zaštite od korozije. Time se eliminira ponovljeni posao, manje je odbačenih proizvoda, znatno je poboljšana kvaliteta, te su smanjene reklamacije zbog hrđe.
Unapređivanje tehnologije proizvodnje višeslojnih zaštitnih folija ima uzlazni put razvitka i djelovanja, teži se ka povećanju vremenske zaštite i mehaničke otpornosti, te sve više zadovoljavanje ekoloških standarda koji su danas sve zahtjevniji.

6. LITERATURA

[1] EcoCortec Corporation: VpCI proizvodi za pakiranje, St. Paul, 2003.

[2] EcoCortec Corporation: VpCI™ proizvodi za zaštitu metala, VpCI – 126, St. Paul, Beli Manastir, 2006. http://www.EcoCortec .hr/docs/PDS/VpCI%20126%20hrvatski_layer.pdf, (11.03.2016.)

[3] EcoCortec Corporation: VpCI™ emitting systems & electronic prosucts, EcoCortec ros d.o.o., Zagreb 2008.

[4] EcoCortec Corporation: High performance VpCI™ packaging, EcoCortec ros d.o.o., Zagreb 2008.

[5] EcoCortec Corporation: Visoke performanse VpCI™ pakiranja, St. Paul, Beli Manastir, 2002.http://www.EcoCortec .hr/docs/PDS/VpCI-125_EcoCortec - antistatic3.pdf, (12.03.2016.)

[6] EcoCortec Corporation:EcoCorr ESD biorazgradive antistatičke folije i filmovi s antikorozivnim VpCI inhibitorima, St. Paul, Beli Manastir, 2006.

[7] EcoCortec Corporation: Interni dokument poduzeća; Proces QC, n.d.

[8] Banka.hr: EcoCortec investirao 3,5 mil. eura u novi pogon i skladište, poduzetnički članak od 01.12.2015. http://www.poduzetnistvo.org/news/EcoCortec -investirao-3-5-mil-eura-u-novi-pogon-i-skladiste, (07.3.2016.)

[9] Mikolić, S.: Test cijepanja, EcoCortec , Elmendorf. Izdano: 11.06.2015. Verzija 2.

[10] Mikolić, S.: Test probijanja, EcoCortec , Elmendorf. Izdano: 11.06.2015. Verzija 2.

[11] EcoCortec Corporation: Organigram, Beli Manastir, 16.10.2015.

[12] EcoCortec Corporation: EcoCortec napredne folije. St. Paul, 2005.

[13] EcoCortec Corporation: BioEcoCortec , prijatelj okoliša, vaš izbor održivog razvoja, St. Paul, Beli Manastir, 2006.http://www.EcoCortec .hr/docs/brochures/BioEcoCortec _hr.pdf, (10.03.2016.)

[14] EcoCortec Corporation: Cor-Pak®VpCITM rastezljivi film (stretch): Antikorozivni filmovi visoke tehnologije – Ručno omatanje. EcoCortec ros d.o.o., Zagreb 2008.

[15] EcoCortec Corporation: Cor-Pak®VpCITM rastezljivi film (stretch): Antikorozivni filmovi visoke tehnologije – Strojno omatanje. EcoCortec ros d.o.o., Zagreb 2008.

[16] EcoCortec Corporation: Potpuna zaštita od korozije, opća brošura, St. Paul, 2004.

[17] EcoCortec Corporation: Proizvodi za električnu i elektroničku opremu, St. Paul, 2004.

[18] Esih, I., Alar, V.: Načela i načini zaštite od korozije, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Seminar zaštita od korozije, Zagreb, 2008.

[19] Mikšić, B. A.: Zaštita od korozije primjenom inhibitora, EcoCortec Corporation, Seminar zaštita od korozije, Zagreb, 2008.

[20] Rački Weihnacht, N.: Premazi u zaštiti od korozije, Chromos boje i lakovi, Seminar zaštita od korozije, Zagreb, 2008.

[21] EcoCortec : Naša misija, n.d. http://www.EcoCortec .hr/misija.php, (13.03.2016.)

[22] EcoCortec : Poslovna strategija, n.d. http://www.EcoCortec .hr/strategija.php, (13.03.2016.)

[23] Mikolić, S.: EcoCortec Radna uputa: Razor blade test, EcoCortec . Izdano: 25. 01. 2011.

[24] Mikolić, S.: EcoCortec Radna Uputa: VIA Test - Metoda ispitivanja No. E-002, ver. 3, EcoCortec . Izdano: 28. 8. 2015.

[25] Mikolić, S.: EcoCortec Radna uputa: SO_2 test, EcoCortec . Izdano: 25. 01. 2011.

[26] Mikolić, S.: EcoCortec Radna Uputa: Vlačna čvrstoća - Instron Model No. 4443 - Metoda ispitivanja No. EC-004, EcoCortec . Izdano: 11. 6. 2015.

[27] Mikolić, S.: EcoCortec Radna Uputa: Koeficijent trenja - Instron Model No. 4443 - Metoda ispitivanja No. EC-005, EcoCortec . Izdano: 11. 6. 2015.

[28] Fotografirao autor diplomskoga rada. EcoCortec d.o.o., Beli Manastir, (12.02.2016.)

[29] Štigler, V.: Kontrola efikasnosti korozijske zaštite lako hlapljivih inhibitora, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 2014.

[30] Pačarek, G.: Laboratorijsko ispitivanje djelotvornosti lakohlapljivih inhibitora korozije, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 2014.

[31] Uhlig, Herbert H.; Revie,R. W.: Corrosion and Corrosion Control. University of Michigan, New York, 1985.

[32] Shreir, L.L.; Jarman, R. A.: Corrosion control. Boston, Butterworth-Heinemann. 1994.

[33] EcoCortec : Certifikat EN ISO 9001:2008, Zagreb, 2015. http://www.EcoCortec .hr/EcoCortec -ISO-Certificate.php, (13.03.2016.)

[34] EcoCortec : Certifikat EN ISO 50001:2011, Essen, 2015. http://www.EcoCortec .hr/EcoCortec -ISO-Certificate-50001.2011.php, (13.03.2016.)

[35] EcoCortec : EcoCortec prva hrvatska tvornica bioplastike, Beli Manastir, 2015. http://www.EcoCortec .hr/docs/brochures/EcoCortec _brochure.pdf, (14.03.2016.)

[36] Hajdari, Z.: Višemetalni korozijski test za ispitivanje parnofaznih inhibitora korozije. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2012. http://www.EcoCortecvci.com/International/croatia/diplomski_rad_zana_hajdari.pdf, (15.03.2016.)

[37] Stupnisek-Lisac, E.: Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala, Zagreb 2007.

[38] Vujičić, A.: Nove mogućnosti primjene parnofaznih inhibitora korozije u zaštiti izoliranih cijevi od ugljičnog čelika. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2012. http://www.EcoCortec vci.com/International/croatia/Zavrsni_rad_Antonio_Vujicic.pdf, (15.03.2016.)

[39] Belov, H.: Primjena inhibitora korozije kod tehnologije obrade odvajanjem čestica, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009. http://www.EcoCortec vci.com/International/croatia/Diplomski%20rad%20Hrvoje%20Belov.pdf, (14.03.2016.)

[40] Kharsan, M., Furman, A., Mikšić, B., Rogan, I.: Hlapivi inhibitori, EcoCortec Corporation, Minnesota, SAD, 2006.

[41] Mang, T., Dresel, W.: Lubricants and Lubrications, Wiley-VCH, Weinheim, 2007.

[42] Jones, D. A.: Principles and prevention of corrosion, Prentice Hall Inc. SAD, 1996.

[43] Levanić, T: Zaštita konstrukcija od korozije primjenompremaza, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.http://www.EcoCortec vci.com/International/croatia/Diplomski%20rad%20-%20Tomislav%20Levanic.pdf, (15.03.2016.)

[44] Mikšić, B.: Odgovor na objavljenu informaciju, EcoCortec . Beli Manastir, 06. prosinca 2010.http://www.EcoCortec .hr/docs/press/EcoCortec %20Demanti-odovor.pdf, (05.4.2016.)

[45] EcoCortec : EcoCortec d.o.o. proširuje poslovanje. Beli Manastir, 26.11.2008. http://www.EcoCortec .hr/docs/press/EcoCortec _objava_za_medije.pdf, (06.4.2016.)

[46] TIS – Transport Information Service http://www.tis-gdv.de/tis_e/verpack/verpackungshandbuch/11verpackungshandbuch_0443.htm (24.5.2016.)

[47] Tribotec http://www.tribotec.se/en/vci-corrosion-protection/what-is-vpci/ (24.05.2016.)

7. SAŽETAK

U diplomskom radu pod nazivom „Tehnologija proizvodnje i primjene višeslojnih antistatičkih i antikorozivnih folija od polietilena“ govori se prvenstveno o novim tehnologijama i zaštiti više vrsta metala višeslojnim antistatičkim i antikorozivnim folijama koje se sadrže hlapljive inhibitore korozije. Tvrtka prvenstveno razvija ekološki efikasnu proizvodnju biorazgradivih materijala kao inovativnu i tehnološki suvremenu, održivu alternativu petrokemijskim plastičnim materijalima i tako izgrađuje temelje za osiguravanje široke primjene biorazgradivih materijala na tržištu. U radu je prikazana tehnologija i način proizvodnje folija novoga stoljeća koje su ekološki prihvatljive što znači da se mogu reciklirati. U okviru tvrtke, u laboratorijskom odjelu, provodi se niz testova prije same proizvodnje i izlaska gotovoga proizvoda, kao što su, Razor Blade test, test cijepanja, test na probijanje i ispitivanje na kidanje. Testovi se prvenstveno odnose na ispitivanje metala u zaštiti od korozije, te tehničke i fizikalne karakteristike folija. Započeta je proizvodnja 100% biorazgradivih folija koje su se proizvodile od prirodnih sirovina, poput kukuruza, šećerne trske, soje i drugih, no u konačnici tržište takve folije nije prihvatilo s obzirom na visoku cijenu takvih folija. Trenutno se kao primarna sirovina koristi polietilen. U konačnici se ovakve folije koriste u elektrotehnici kao zaštita elektrotehničkih i računalnih komponenata te, s druge strane, kao široka potrošnja u industriji, ali i graditeljstvu. U radu su prikazane antistatičke i antikorozivne folije koje su izrađene tehnologijom VpCI, primjeri njihove primjene, te tehničke i fizikalne karakteristike.

Ključne riječi: Proizvodnja, korozija, antikorozija, antistatika, zaštita, polietilen, biorazgradnja, ekologija, folije, hlapljivi inhibitori, VpCI.

8. SUMMARY

Technology of Production and Usage of Multilayer Antistatic and Anticorrosion Film of Polyethylene

In this paper named "Technology of production and usage of multilayer antistatic and anticorrosion film of polyethylene" we primarily discuss about new technologies and protection more types of metal multilayer antistatic and anticorrosion films which contain volatile corrosion inhibitors. Corporation chiefly develops ecologically effective production of biodegradable materials as an innovative and technologically modern, sustainable alternative to petrochemical plastic materials, and is thus building the foundation for ensuring the widespread usage of biodegradable materials on market. The paper offers a detailed view of technology and methods of production of modern films that are environmentally friendly, which means that they can be recycled. The company's Laboratory Department conducted a series of tests prior to the production and release of the final product, such as Razor Blade test, splitting test, penetration test and tear strength test. The tests are primarily related to the testing of metal corrosion protection and technical and physical characteristics of the film. They started the production of 100% biodegradable films obtained from natural raw materials such as corn, sugar cane, soy etc. Nevertheless, they were ultimately rejected by the market due to the final price of such films. Currently, polyethylene is used as raw material. In the end, this kind of film is being used not only in electrical engineering for protection of electronic and computer components, but also as consumer goods in industry and construction. The paper presents antistatic and anticorrosion films made with VpCI technology, examples of their usage, their technical and physical characteristics.

Keywords: Production, corrosion, corrosion-proof, anti-static, protection, polyethylene, degradation, ecology, film, Vapor Inhibitor, VpCI.

9. ŽIVOTOPIS

Davor Lešnjaković rođen je 9. svibnja 1983. godine u Osijeku. Nakon završene osnovne škole upisuje Elektrotehničku i prometnu školu u Osijeku, smjer tehničar za mehatroniku koju završava 2002. godine. Stručni dodiplomski studij na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, smjer telekomunikacije upisuje 2003. godine u svojstvu izvanrednog studenta, a završava ga 2008. godine. Razlikovnu godinu na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku, smjer komunikacije i informatika završava 2014. godine, te iste godine upisuje prvu godinu diplomskog studija elektrotehnike u svojstvu izvanrednog studenta, smjer komunikacije i informatika.

Od 2004. godine u stalnom je radnom odnosu u Hrvatskom narodnom kazalištu u Osijeku, a od 2009. godine radi kao Voditelj Službe održavanja.