Zaštita premazima filtra za vodu za piće

Miketić, Branimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:491117

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Branimir Miketić

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

Doc. dr. sc. Ivan Stojanović, dipl. ing. Branimir Miketić

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija, konzultacije, navedenu literaturu i uređaje za ispitivanje.

Zahvaljujem se svojem mentoru doc. dr. sc. Ivanu Stojanoviću, dipl. ing. koji mi je izašao u susret, te svojim idejama i prijedlozima upotpunio rad.

Također se zahvaljujem svim djelatnicima Laboratorija za zaštitu materijala na pruženoj pomoći tijekom izrade ovog završnog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju iskazanom tijekom mojeg studiranja.

Branimir Miketić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Branimir Miketić** Mat. br.: 0035189257

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **ZAŠTITA PREMAZIMA FILTRA ZA VODU ZA PIĆE**

Naslov rada na engleskom jeziku: **COATING PROTECTION OF FILTER FOR POTABLE WATER**

Opis zadatka:

Zaštita od korozije premazima je osnovna metoda zaštite čeličnih konstrukcija, pri čemu zaštitne prevlake redovito moraju biti otporne i na druge vrste oštećivanja materijala.

Potrebno je obraditi zaštitu od korozije premazima. Detaljnije izučiti njihova svojstva, vrste i područje primjene. Posebno je potrebno osvrnuti se na premaze za zaštitu spremnika za vodu za piće.

U radu je potrebno obraditi tehnologiju zaštite od korozije filtra za vodu za piće. Osvrnuti se na zahtjeve koji se postavljaju pred premaze kod projektiranja sustava zaštite od korozije, pripremu površine i nanošenje premaza.

U eksperimentalnom dijelu rada potrebno je nanijeti sustav premaza za vodu za piće na pločice od niskouglјičnog konstrukcijskog čelika. Nakon sušenja, potrebno je ispitati fizikalna i korozijska svojstva zaštitnih premaza u slanoj i vlažnoj komori te dati ocjenu učinkovitosti zaštite.

Zadatak zadan:

25. studenog 2015.

Rok predaje rada:

1. rok: 25. veljače 2016.
2. rok (izvanredni): 20. lipnja 2016.
3. rok: 17. rujna 2016.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 29.2., 02. i 03.03. 2016.
2. rok (izvanredni): 30. 06. 2016.
3. rok: 19., 20. i 21. 09. 2016.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Ivan Stojanović

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zoran Kunica

SADRŽAJ

POPIS SLIKA III

POPIS TABLICA IV

POPIS OZNAKA I KRATICA V

SAŽETAK VI

1. UVOD 1

1.1. Ekonomski značaj korozije 1

2. VRSTE KOROZIJSKIH PROCESA 3

3. METODE ZAŠTITE OD KOROZIJE 4

3.1. Zaštita metala od korozije u praksi 4

4. ZAŠTITA ORGANSKIM PREMAZIMA 5

4.1. Komponente premaza 6

4.1.1. Veziva 6

4.1.2. Otapala 7

4.1.3. Pigmenti 7

4.1.4. Punila 9

4.1.5. Aditivi 9

4.2. Podjela premaza 10

4.2.1. Fizikalno sušenje 10

4.2.2. Kemijsko sušenje 11

4.2.2.1. Oksidacijsko sušenje 11

4.2.2.2. Dvokomponentno sušenje 12

4.2.2.3. Druge polimerizirajuće reakcije 13

4.3. Priprema površine 13

4.3.1. Odmašćivanje 13

4.3.2. Mehaničko čišćenje 14

4.3.2.1. Ručno mehaničko čišćenje 14

4.3.2.2. Strojno mehaničko čišćenje 15

4.3.3. Čišćenje vodenim mlazom 15
4.3.4. Čišćenje mlazom abraziva 16
4.4. Nanošenje premaza 18
4.5. Trajnost premaza 21
4.6. Odabir sustava premaza 21
4.6.1. Korozivnost okoliša 21
4.6.2. Vrsta površine koju treba zaštiti 23
4.6.3. Tražena trajnost sustava 23
4.6.4. Planiranje postupka nanošenja boje 24
5. EPOKSIDNI PREMAZI 25
5.1. Vrste i svojstva epoksidnih smola 25
5.1.1. Bisfenol – A epoksidne smole 25
5.1.2. Bisfenol – F epoksidne smole 25
5.1.3. Novolac smole 26
5.2. Otvrdnjivači 26
5.2.1. Poliamini 26
5.2.2. Poliamidi 26
5.3. Svojstva epoksidnih premaza 27
5.4. Epoksidni premazi bez otapala za zaštitu spremnika za vodu za piće 27
6. EKSPERIMENTALNI DIO 29
6.1. Mjerenje debljine sloja premaza 30
6.2. Ispitivanje u vlažnoj komori 32
6.3. Ispitivanje u slanoj komori 35
6.4. Ispitivanje prionjivosti metodom mrežice 36
6.5. Ispitivanje prionjivosti metodom povlačenja 40
7. ZAKLJUČAK 43
LITERATURA 44

POPIS SLIKA

Slika 1. Komponente premaza [2].....6
Slika 2. Podjela premaza prema načinu sušenja [2].....10
Slika 3. Formiranje filma u bojama na bazi otapala [2].....11
Slika 4. Formiranje filma pri oksidacijskom sušenju, reakcija s kisikom [2].....12
Slika 5. Formiranje filma pri kemijskom otvrdnjavanju [2].....12
Slika 6. Ispiranje površine broda [8].....14
Slika 7. Brušenje zavarenog spoja [10].....15
Slika 8. Čišćenje vodenim mlazom [11].....16
Slika 9. Čišćenje oplate broda mlazom abraziva [12].....17
Slika 10. Podjela opreme za nanošenje premaza [14].....18
Slika 11. Pištolj za zračno prskanje [16].....19
Slika 12. Vanjski izgled filtra za vodu za piće [22].....29
Slika 13. Unutrašnjost filtra za vodu za piće [22].....30
Slika 14. Uređaj „Elcometer 456“ za mjerenje debljine prevlake.....31
Slika 15. Vlažna komora, Laboratorij za zaštitu materijala.....33
Slika 16. Uzorci 7 i 8 u vlažnoj komori.....34
Slika 17. Slana komora Ascott, Laboratorij za zaštitu materijala.....35
Slika 18. Uzorci 3 i 5 u slanoj komori.....35
Slika 19. Ispitivanje prionjivosti metodom povlačenja.....40

POPIS TABLICA

Tablica 1. Najveći svjetski proizvođači boja i lakova [7].....5
Tablica 2. Svojstva značajnih pigmenata [2].....8
Tablica 3. Kategorije atmosferske korozivnosti prema standardu ISO12944 [17].....22
Tablica 4. Kategorije vode i tla u skladu sa standardom ISO 12944 [17].....23
Tablica 5. Tablica vremenskih okvira trajnosti premaza [17] 23
Tablica 6. Rezultati mjerenja suhog filma epoksidnog premaza bez otapala 32
Tablica 7. Uzorci 7 i 8 prije i nakon ispitivanja u vlažnoj komori 34
Tablica 8. Uzorci 3 i 5 prije i nakon ispitivanja u slanoj komori 36
Tablica 9. Ocjenjivanje prionjivosti premaza prema normi HRN EN ISO 2409 37
Tablica 10. Redoslijed ispitivanja uzoraka metodom Cross – cut.....38
Tablica 11. Ocjena prionjivosti prije ispitivanja u komorama.....39
Tablica 12. Ocjena prionjivosti nakon ispitivanja u vlažnoj komori.....39
Tablica 13. Ocjena prionjivosti nakon ispitivanja u slanoj komori 39
Tablica 14. Rezultati Pull – off testa prije ispitivanja u komorama 41
Tablica 15. Rezultati Pull – off testa nakon ispitivanja u vlažnoj komori 41
Tablica 16. Rezultati pull – off testa nakon ispitivanja u slanoj komori 42

POPIS OZNAKA I KRATICA

WCO – The World Corrosion Organization

USD – Američki dolar

$BaSO_4$ – Barijev sulfat

$CaCO_3$ – Kalcijev karbonat

$MgCO_3$ – Magnezijev karbonat

SiO_2 – Silicijev dioksid

PUR – Poliuretan

$^{\circ}C$ – Stupanj Celzijus

dm^3 – Decimetar kubni

MPa – Megapaskal

μm – Mikrometar

h – Sati

NaCl – Natrijev klorid

SAŽETAK

Završni rad sastoji se od dva dijela. Prvi dio je teorijski, a drugi eksperimentalni.

U teorijskom dijelu završnog rada dat je prikaz metoda zaštite od korozije premazima. Opširnije je prikazana metoda zaštite epoksidnim premazima.

U eksperimentalnom dijelu zadatka provedena su ispitivanja sustava zaštite od korozije premazima bez otapala. Ispitana je otpornost premaza prema koroziji u agresivnim uvjetima u slanoj komori, te su određena fizička i mehanička svojstva premaza.

Ključne riječi: Korozija, epoksidni premazi, slana komora, vlažna komora

1. UVOD

Najraširenija metoda zaštite od korozije jest nanošenje prevlaka koje metalni ili nemetalni konstrukcijski materijal odvajaju od agresivne okoline. Prevlake mogu sadržavati jednu ili više komponenti, odnosno faza, ali u svakoj se prevlaci osnovnom tvari smatra ona koja daje čvrst površinski film (npr. vezivo u premazu). Prema karakteru te tvari, razlikuju se metalne te nemetalne anorganske i organske prevlake. Razumije se da su zaštitne prevlake to bolje što su otpornije prema koroziji u sredinama kojima će prevučeni objekti biti izloženi u tijeku svojega trajanja.

Izbor prevlake ovisi, prije svega, o zahtjevima koji se postavljaju u vezi s njezinom funkcijom i trajnošću, uzimajući u obzir i ekonomske činioce. Ako je osnovna svrha prevlačenja zaštita od korozije, vrsta se prevlake bira na temelju njezina korozijskog ponašanja. Nakon izbora prevlake treba, naravno, odabrati i postupak nanošenja, pri čemu su također mjerodavni funkcionalni i ekonomski činioci te oblik, odnosno veličina objekata koji se prevlače. Postupci prevlačenja sastoje se od predobrade, nanošenja prevlaka i eventualno završne obrade [1].

1.1. Ekonomski značaj korozije

Korozija smanjuje masu metala i njegovu uporabnu vrijednost u obliku sirovine, poluproizvoda i proizvoda. Skraćuje vijek trajanja proizvoda, poskupljuje održavanje, uzrokuje zastoje u radu, pogoršava kvalitetu proizvoda itd. Zbog korozije postaju neupotrebljive i mnogo veće količine materijala od korodiranih, jer element koji je korodirao može biti vitalni dio nekog sklopa ili konstrukcije, koji više nije upotrebljiv za rad. Također, za izradu konstrukcija je potrošeno mnogo energije i radnog vremena što znači da su gubici zbog korozije konstrukcije puno veći od korodirana sirovog materijala. Budući da su svi metali u određenim okolnostima podložni koroziji, u privredi nastaju znatni gubici koje je teško realno odrediti. Najčešći su načini procjene koji uglavnom uzimaju u obzir izravne gubitke, tj. troškove popravaka i zamjene korodirane opreme, nanošenja prevlaka i provođenja drugih zaštitnih mjera te troškove primjene skupljih i postojanijih legura umjesto ugljičnog čelika. Osim toga, neizravni gubici mogu biti i znatno veći jer korozija može biti uzrokom nesreća, zastoja u proizvodnji, gubitka proizvoda, smanjenja efikasnosti, onečišćenja okoliša itd.

U Republici Hrvatskoj prva procjena šteta od korozije provedena je 1954. godine od strane Saveza inženjera i tehničara za zaštitu materijala. Šteta je tada procijenjena na temelju razlike stvarne amortizacijske stope od 3 % i amortizacijske stope koja bi se mogla postići racionalnom zaštitom konstrukcija, od 1,1 %. Dobivena razlika od 1,9 % uzeta je kao koeficijent štete od korozije. Takvim izračunom, prema stanju privrede iz 1990. godine, šteta od korozije iznosila bi i do 2 milijarde dolara godišnje.

Posljednji podaci Svjetske korozijske organizacije (WCO – The World Corossion Organization) potvrđuju kako troškovi uslijed korozije još uvijek nisu pod kontrolom. Za 2006. ukupni troškovi zbog korozije u svijetu iznose čak 2200 milijardi USD, dok su za 2011. Troškovi procijenjeni na 3300 milijardi USD [2].

2. VRSTE KOROZIJSKIH PROCESA

Koroziju definiramo kao proces u kome metali reagiraju sa okolinom i pri tome gube metalne osobine. Kako bi se uveo red i olakšalo proučavanje korozijskih procesa, uobičajeno je da se vrše podjele prema nekim zajedničkim parametrima, kao na primjer [3]:

1. Prema djelovanju okoline korozija može biti elektrokemijska ili kemijska, te uz djelovanje mehaničkih naprezanja.
2. Prema oštećenju materijala korozija može biti opća ili lokalna.
3. Prema tipu katodne reakcije, odnosno prema prirodi uzročnika korozije.
4. Prema prirodi sredine korozijske reakcije najčešće se odvijaju u vodenim otopinama, atmosferi i u tlu.

Unutarnji i vanjski činitelji korozije variraju lokalno i vremenski, što uzrokuje različite brzine korozije na pojedinim mjestima površine materijala, kao i promjene te brzine s vremenom. Na tim se pojavama osniva geometrijska klasifikacija prema obliku korozije te klasifikacija po tijeku procesa. Oblici korozije jesu [4]:

- Opća, ravnomjerna ili neravnomjerna korozija koja zahvaća čitavu izloženu površinu materijala, pri čemu je intenzivnost oštećenja svuda podjednaka ili, pak, lokalno različita.
- Lokalna (mjestimična) korozija koja zahvaća dio izložene površine materijala, a može biti pjegasta, tj. ograničena na pojedina žarišta kojima je površina relativno velika u odnosu na dubinu, ili jamičasta, tj. usko lokalizirana sa žarištima približno kružnog presjeka na površini, pri čemu je dubina oštećenja relativno velika.
- Interkristalna korozija koja napreduje uzduž granica zrna u unutrašnjost materijala, a na površini je rijetko vidljiva.
- Selektivna korozija koja različitom brzinom napada pojedine komponente, odnosno faze, višekomponentnih ili višefaznih materijala, a može biti opća i lokalna.

3. METODE ZAŠTITE OD KOROZIJE

Da bi se odvio proces korozije po elektrokemijskom mehanizmu moramo imati ispunjene sve komponente korozijske ćelije: anoda i katoda, kratka veza i elektrolit. Odsutnost bilo koje od ove četiri komponente je dovoljno da se korozijski proces ne pokrene. Jednostavan način za sprečavanje korozije je izostanak barem jedne od komponenti korozijske ćelije [3].

3.1. Zaštita metala od korozije u praksi

Zaštita metala u praksi je odgovorna aktivnost kojom se bave stručnjaci iz većeg broja područja, koji primjenjuju različite metode zaštite. Ove metode svrstavamo u pet kategorija [3]:

1. Zaštita promjenom korozijske sredine
   Obradom korozijske sredine uklanja se korozijski agens. Na primjer smanjenjem vlažnosti zraka, dodavanjem inhibitora, deareacijom itd.
2. Zaštita promjenom prirode materijala
   Korozijska otpornost metala se u velikom broju slučaja može poboljšati njihovim oplemenjivanjem.
3. Zaštita promjenom elektrodnog potencijala
   Promjenom elektrodnog potencijala metal se može prevesti iz stanja korodiranja u stanje imunosti ili u stanje pasivnosti.
4. Zaštita prevlakama
   Nanošenjem odgovarajućih prevlaka sprečava se kontakt metala sa agresivnim tvarima iz sredine u kojoj se oni koriste.
5. Zaštita dizajnom
   Racionalnim konstruiranjem metalnih materijala moguće je postići bolju zaštitu konstrukcija od korozije. Treba voditi računa o jednostavnosti konstrukcije, nezadržavanju vlage, sprečavanju galvanske korozije.

4. ZAŠTITA ORGANSKIM PREMAZIMA

Organskim se prevlakama smatraju sve one koje čini kompaktnima organska tvar tvorbom opne. Takvi se slojevi dobiju nanošenjem organskih premaznih sredstava (bojenjem i lakiranjem), uobičajenim podmazivanjem, plastifikacijom, gumiranjem i bitumenizacijom [4].

Zaštita metalnih površina organskim prevlakama jedan je od najrasprostranjenijih postupaka u tehnici. Čak ¾ ukupnih metalnih površina zaštićeno je organskim prevlakama. Za neke je površine to nezamjenjiv način zaštite [5]. Premazi se generalno mogu podijeliti prema namjeni na one namijenjene širokoj potrošnji za zaštitu i dekoraciju novih arhitektonskih i industrijskih objekata i to preko 50 %, oko 30 % se koristi za zaštitu i dekoraciju industrijskih proizvoda, dok preostalih 20 % je u specijalne namjene poput automobilske industrije, specijalnih premaza visoke kvalitete za industrijsku opremu itd. [6]. Za jasniju sliku današnje svjetske situacije možemo navesti podatak da je ukupna svjetska proizvodnja boja i lakova godine 1996. iznosila vrijednost od 54 milijarde US dolara u koju je bilo uključeno 12 250 aktivnih kompanija. Ta je industrija porastom od 3,5 % godišnje 2001. dostigla proizvodnju 26 milijuna tona što iznosi 72 milijarde US dolara. U tablici 1 prikazani su najveći svjetski proizvođači boja i lakova [7].

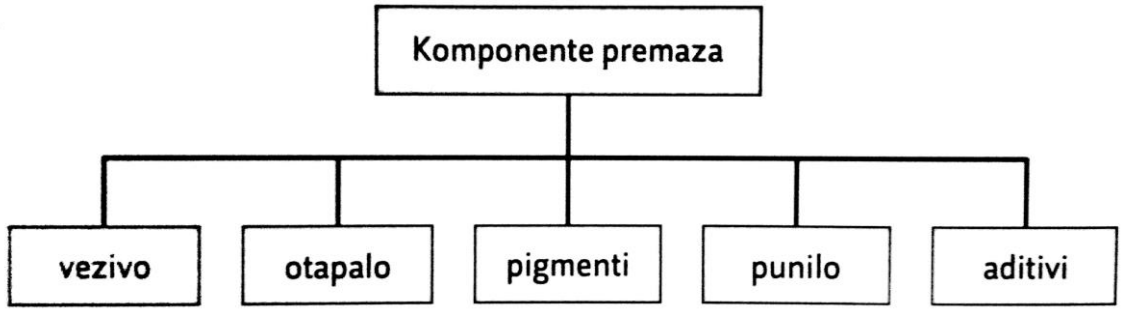
Tablica 1. Najveći svjetski proizvođači boja i lakova [7]

10 Najvećih svjetskih proizvođača boja i lakova	
1. Akzo Nobel	Nizozemska
2. ICI	Velika Britanija
3. Shervin	Williams SAD
4. Du Pont	SAD
5. PPG	SAD
6. BASF	Njemačka
7. Nippon	Japan
8. Total Sigma Kalon	Francuska
9. Kansai	Japan
10. Tikkurila	Finska

4.1. Komponente premaza

Premaz je općeniti naziv za jedan ili više međusobno povezanih slojeva na nekoj podlozi koji stvaraju 'suhi' film. Izraz boja tradicionalno se rabi za opis pigmentiranih materijala drugačijih od bezbojnih filmova koje nazivamo lakovi. Sva premazna sredstva sadržavaju vezivo, koje čini opnu prevlake, i otapalo/razrjeđivač koji obično otapa vezivo, a regulira viskoznost.

Osim toga, premazna sredstva mogu sadržavati netopljive praškove (pigmente i punila) koji daju nijansu i čine premaze neprozirnima, kao i različite dodatke (aditive). Osnovne komponente premaza prikazuje slika 1. Lakovi mogu biti prozirni ili pigmentirani, a razlikuju se od boja većom glatkoćom, sjajem i tvrdoćom prevlake. Boje i lakove se najčešće nanose višeslojno, a svrha im je većinom zaštitno - dekorativna [2].



Slika 1. Komponente premaza [2]

4.1.1. Veziva

Veziva su organske tvari u tekućem ili praškastom stanju koje povezuju sve komponente premaznog sredstva, a nakon nanošenja stvaraju tvrdi zaštitni sloj. Po sastavu mogu biti razne smjese na temelju sušivih ulja, kao i prirodne i umjetne smole. U određenom premaznom sredstvu često se kombiniraju različita veziva, kako bi se postigla željena svojstva premaza. Valja istaknuti da se vezivo premaznog sredstva bitno razlikuje od tvari koja čini opnu prevlake ako ona nastaje kemijskim otvrdnjavanjem. Važna su veziva na osnovi sušivih masnih ulja, poliplasta, derivata celuloze, prirodnih smola, prirodnog ili sintetičkog kaučuka i bituminoznih tvari. Kod epoksidnih premaza glavno vezivo su epoksidne smole. Na osnovi epoksidnih smola proizvode se [2]:

- jednokomponentna premazna sredstva koja se peku
- dvokomponentna premazna sredstva koja otvrdnjuju katalitički ili pečenjem.

Imamo tri vrste epoksidnih smola [2]:

- bisfenol – A, dobiven iz bisfenolnog acetona i epiklorohidrina
- bisfenol – F, dobiven iz bisfenolnog formaldehida i epiklorohidrina i
- novolac, modifikacija bisfenol – F smole sa suviškom fenola.

Do Prvog svjetskog rata upotrebljavala su se isključivo različita prirodna ulja, ali je suviše dugo vrijeme sušenja prevlaka usporavalo proces pa su se počele primjenjivati sintetičke smole [4, 5].

4.1.2. Otapala

Otapala su hlapivi organski spojevi u kojima se vezivo otapa, ali pri tome ne dolazi do kemijskih promjena. Upotrebljavaju se za postizanje određene viskoznosti zaštitnih sredstava tako da se ona mogu lako nanijeti na površinu materijala [2]. U upotrebi je veoma širok spektar otapala počevši od alifatskih ugljikovodika, aromatskih ugljikovodika (toluol, ksilen, trimetilbenzen…), ketona (metil etil keton), metil izobutil keton, alkoholi, esteri i glikol esteri. Iste organske kapljevine često služe i kao razrjeđivači za sniženje viskoznosti premaznih sredstava i kao otapala za njihova veziva, ali neki sastojci otapala u kombinaciji sa stanovitim vezivima nemaju moć otapanja, nego im je svrha samo da snize viskoznost. Dio otapala dodaje se u boje i lakove pri proizvodnji, a ostatak neposredno prije nanošenja, što može biti i nepotrebno, ako je već proizvođač prilagodio viskoznost tehnologiji ličenja. Otapala ujedno predstavljaju glavni izvor potencijalno opasnih tvari za život čovjeka i to zahvaljujući njihovoj lakoj isparljivosti kako tokom procesa proizvodnje premaza (sa utjecajem na radnu i životnu sredinu), tako i tokom njihove primjene kada njihovim isparavanjem ostaje sloj premaza. U isto vrijeme otapala su i lako zapaljive tvari koje zahtijevaju pažljivo rukovanje i skladištenje. Dodavanjem nekog od halogenih elemenata (klor, jod, brom…) oni postaju nezapaljivi i sigurniji za rad, ali se zato znatno povećava štetni utjecaj njihovim dospijećem u atmosferu. Industrija premaza sudjeluje sa 40 %-im zagađenjem zraka, čime se svrstava na visoko drugo mjesto zagađivača atmosfere, odmah poslije automobilske industrije [4, 6].

4.1.3. Pigmenti

Pigmenti su organske ili anorganske, obojene ili neobojene, netopljive čestice u obliku praha, paste ili vlakna koje su obično već u proizvodnji raspršene u premaznu sredstvu,

čime se postiže neprozirnost i obojenje naliča, a redovito se poboljšava i njihovo zaštitno djelovanje, otpornost na svjetlo i grijanje te mehanička svojstva [2].

Pigmenti mogu biti dekorativni, antikorozijski i dekorativno – antikorozijski. Dekorativni je učinak važan samo za pokrivne premaze, a antikorozijski i za temeljne i za pokrivne kao i za međupremaze. Antikorozijski se učinak temelji na aktivnoj ulozi u korozijskom procesu kada agresivne tvari prodru kroz premaz do metalne podloge, odnosno na postojanosti pigmenata prema agresivnim sastojcima okoline. U prvom se slučaju radi o aktivnim zaštitnim pigmentima, koji su važni za temeljne premaze, a u drugom slučaju o inertnim zaštitnim pigmentima, poželjnima u svim slojevima premaznog sustava. Vrsta pigmenta definira boju i stabilnost premaza, dok njegova količina određuje sjaj, pokrivnost i propusnost filma. Neorganski pigmenti su termostabilniji i otporniji na UV zračenje, a organski su intenzivnijih nijansi i transparentniji. Pigmenti se zbog sadržaja teških metala (olovo, krom, kadmij…) također svrstavaju u zagađivače koji preko tla mogu dospjeti u podzemne vode i kontaminirati ih. Tablica 2. Prikazuje svojstva i mehanizam djelovanja značajnijih pigmenata [4, 6].

Tablica 2. Svojstva značajnih pigmenata [2]

Pigment	Sastav	Mehanizam djelovanja	Primjena
olovni minij (crveni minij)	Pb_3O_4	pasivira željezo	temeljni premaz u zaštiti željeza
olovni sulfat	$PbSO_4$	inhibitorsko i neutralizirajuće djelovanje	otporan je prema vodi pa se upotrebljava za podvodne boje
bazični olovni karbonat (olovno bjelilo)	$PbCO_3$, $Pb(OH)_2$	djeluje neutralizacijom kiselih tvari, taloženjem korozivnih aniona u obliku olovnih soli	primjenjuje se za premaze koji su izloženi vlažnoj atmosferi jer slabo bubri, jako osjetljiv prema H_2S i SO_2 jer se stvara crni PbS
olovni kromat	$PbCrO_4$	djeluje pasivirajuće na željezo	dodaje se temeljnu premazu
olovna gleđ	PbO	djeluje neutralizacijom kiselih tvari, taloženjem korozivnih aniona u obliku olovnih soli	ima slaba zaštitna svojstva, upotrebljava se kao dekorativni pokrivni pigment
olovni suboksid	PbO_2	pasivira željezo	za temeljni premaz
cinkovi kromati	$ZnCrO_4$	djeluju pasivirajuće na željezo, aluminij i magnezij	postaju sve važniji zaštitni pigmenti i postupno zamjenjuju olovni minij
cinkovo bjelilo	ZnO	neutralizirajuće djelovanje	dobro apsorbira ultraljubičasto svjetlo čime štiti vezivo od razaranja
cink u prahu	Zn	katodno štiti čeličnu površinu	dodaje se temeljnu premazu
željezov oksid	Fe_2O_3	barijerno štiti površinu	upotrebljava se u temeljnu premazu za zaštitu predmeta u atmosferi, morskoj vodi i kemijskoj industriji
titanov dioksid	TiO_2	inertni pigment	bijeli pigment, inertan prema kemijskim i atmosferskim utjecajima
silicijev karbid	SiC	inertni pigment	za zaštitu predmeta u kiselinama i dimnim plinovima
crni pigmenti	ugljen, čađa, grafit	inertni pigment	upotrebljavaju se kao pigmenti za toplostalne boje

4.1.4. Punila

Punila su bijele ili slabo obojene anorganske tvari netopljive u primijenjenu mediju. U premaze se dodaju zbog poboljšavanja mehaničkih svojstava, mazivosti i svojstava tečenja, zbog povećanja i smanjenja sjaja, pojeftinjenja premaznog sredstva i zbog poboljšanja barijernih svojstava filma, tj. zbog otpornosti filma prema difuziji vode i agresivnih plinova. Kao punila se rabe prirodne ili umjetne anorganske tvari kao što su $BaSO_4$, $CaCO_3$, $MgCO_3$, SiO_2, tinjac (silikatni), talk, glina i azbest [2, 4].

Treba napomenuti da pigmenti i punila moraju biti kompatibilni međusobno s vezivima premaznih sredstava i s podlogama na koje se nanose, što znači da se moraju lako miješati s vezivima i da ne smiju izazivati štetne kemijske reakcije ni prije ni poslije prevlačenja [4].

4.1.5. Aditivi

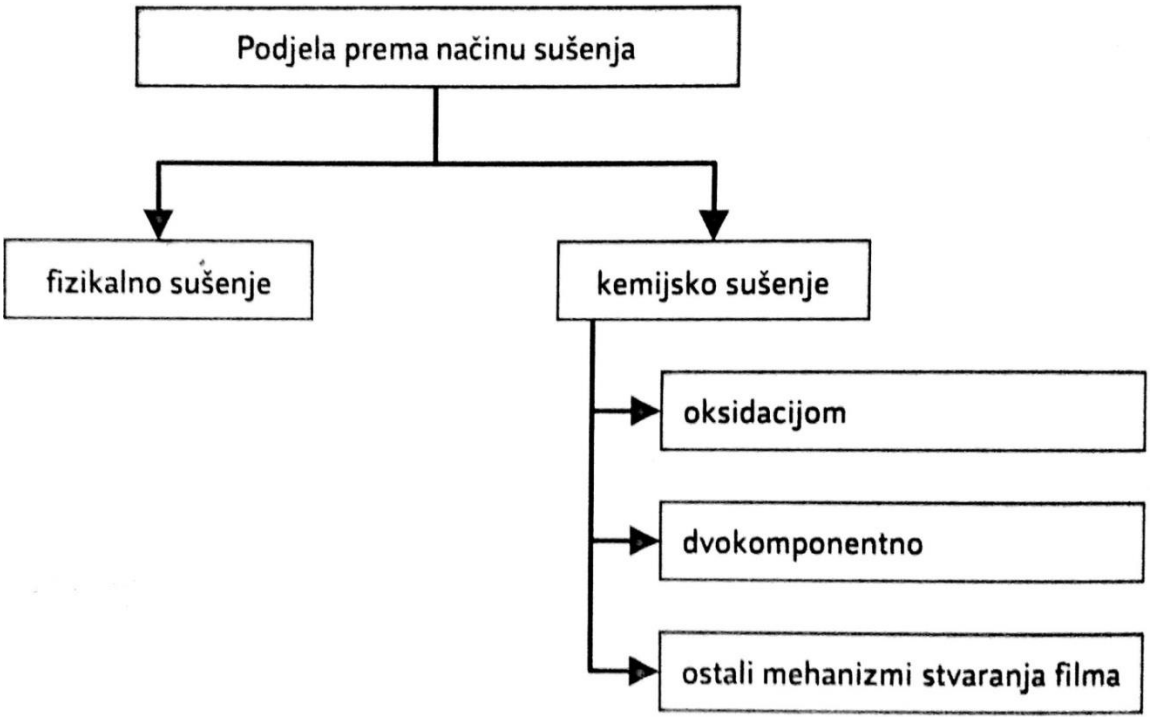
Aditivi su tvari koje uključene u formulaciju premaza unatoč malom udjelu, imaju značajan utjecaj na svojstva. Dodaju se kako bi se spriječili nedostaci u premazima (npr. pjena, loše razlijevanje, sedimentacija) ili da daju specifična svojstva (npr. klizavost, vatrousporenje, svjetlostabilnost) koja se inače dosta teško postižu. Pri dodavanju aditiva mora se paziti na njihovu koncentraciju jer ako je ona veća, imaju više nuspojava koje su itekako nepoželjne. Prema nedostatku na koji djeluju, aditivi mogu biti [2]:

- disperzanti i okvašivači
- reološki aditivi
- aditivi protiv pjenjenja
- aditivi za poboljšanje izgleda površine
- katalizatori i sušila
- konzervansi svjetlosni stabilizatori
- korozijski inhibitori.

Aditivi se dodaju premaznim sredstvima u malim udjelima (ispod 5 % masenih), a najvažniji među njima su katalizatori oksidativne polimerizacije, odnosno umrežavanja, omekšivači (plastifikatori) veziva i organski inhibitori korozije [4].

4.2. Podjela premaza

S tehničkog gledišta najzanimljivija podjela je prema mehanizmu sušenja, na fizikalno sušenje i kemijsko otvrdnjivanje prikazana na slici 2 [2].



Slika 2. Podjela premaza prema načinu sušenja [2]

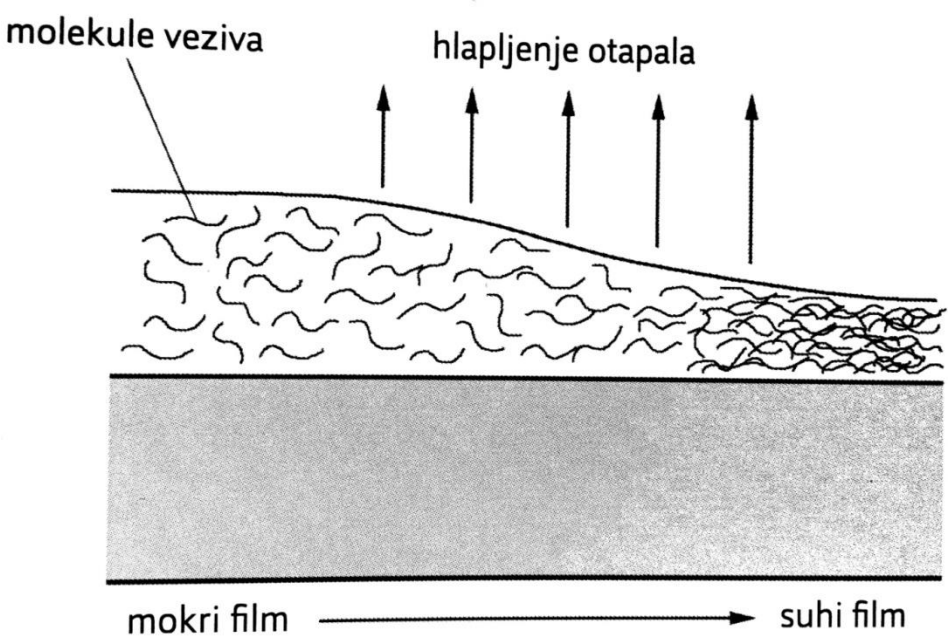
4.2.1. Fizikalno sušenje

Ovi tipovi premaza ne zahtijevaju kemijsku reakciju da bi se formirao film, već se film formira isključivo hlapljenjem otapala. Fizikalno se sušenje zbiva u tri faze [2]:

- faza 1 – brzo hlapljenje otapala s površine; posljedica toga je povećanje koncentracije polimera, a u skladu s tim smanjenje aktivne površine isparavanja
- faza 2 – hlapljenje otapala difuzijom kroz slojeve koncentrirane polimerne otopine; to rezultira daljnjim povećanjem koncentracije polimera, a iz toga slijedi nepokretnost prisutnih makromolekula
- faza 3 – hlapljenje preostalog otapala u filmu.

Nakon te tri faze konačno se stvara polimer, suh na prašinu. Postupak stvaranja filma ostvaren je isključivo hlapljenjem otapala (slika 3) što znači da je za tu vrstu sušenja izbor otapala jako bitan.

Fizikalnim se načinom suše visokomolekulski termoplastični polimeri: nitroceluloza, klorkaučuk, termoplastične akrilne smole, vinilne smole i bitumeni. Fizikalno se suše boje na bazi otapala i boje na bazi vode [2].

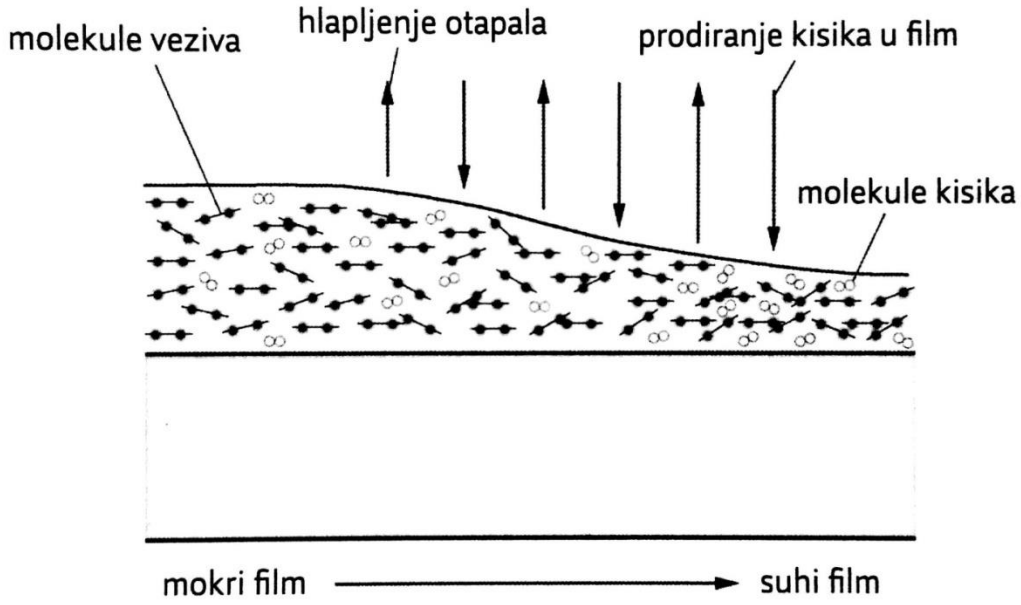


Slika 3. Formiranje filma u bojama na bazi otapala [2]

4.2.2. Kemijsko sušenje

4.2.2.1. Oksidacijsko sušenje

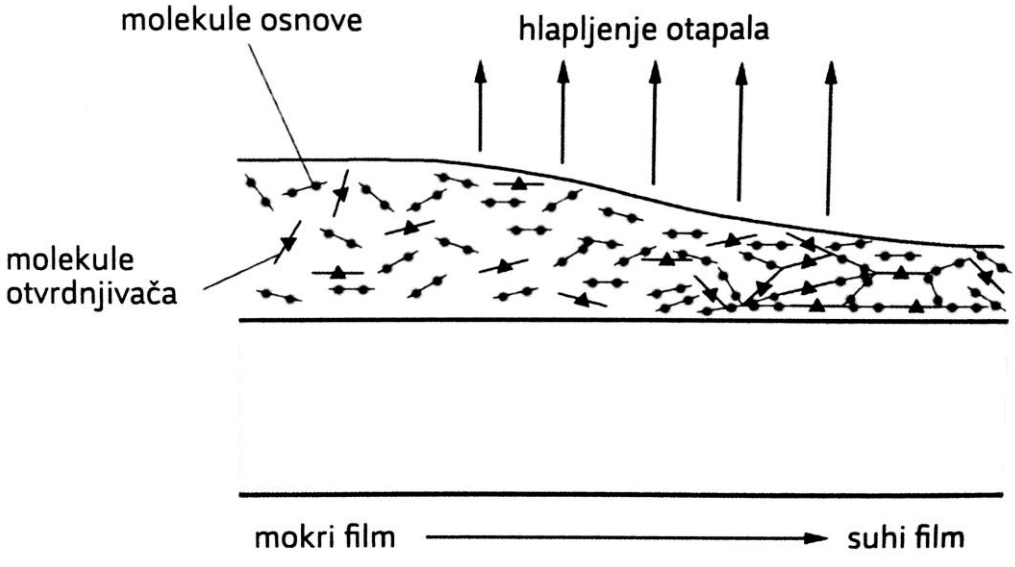
Ovoj vrsti sušenja podvrgnuta su ulja (nezasićene masne kiseline kao njihov sastavni dio), bilo kao samostalna veziva ili kao modifikacija u nekim složenijim vezivima. Sušenje, odnosno stvaranje filma (slika 4) bazira se na reakciji atmosferskog kisika s uljem pri čemu se stvaraju peroksidi koji se raspadaju u radikale, a oni iniciraju polimerizaciju veziva. Vrijeme sušenja ovisi o temperaturi; sušenje je duže pri nižim temperaturama jer je i reakcija kisika i veziva pri nižim temperaturama puno sporija nego na sobnim temperaturama. Zbog sporosti reakcije kod tog su tipa sušenja uvijek prisutni katalizatori – sušila koji kataliziraju stvaranje i raspad peroksida, tj. ubrzavaju stvaranje filma. Oksidacijski se suše alkidi, uretan – alkidi i epoksi – esteri [2, 7].



Slika 4. Formiranje filma pri oksidacijskom sušenju, reakcija s kisikom [2]

4.2.2.2. Dvokomponentno sušenje

Boje koje se suše na takav način sastoje se od osnove i sredstva za otvrdnjavanje (komponente). Film nastaje hlapljenjem otapala (ako je prisutno) i naknadnom kemijskom reakcijom između veziva i sredstva za otvrdnjavanje. Osnova i sredstvo za otvrdnjavanje zamiješaju se neposredno prije upotrebe. Tim postupkom otvrdnjuju epoksidi, epoksi – vinili, epoksi – akrili, PUR poliesteri, PUR akrilne smole, PUR epoksi smole, PUR polieteri. Formiranje filma kemijskim otvrdnjavanjem prikazano je na slici 5 [2].



Slika 5. Formiranje filma pri kemijskom otvrdnjavanju [2]

4.2.2.3. Druge polimerizirajuće reakcije

Film nastaje reakcijom veziva s vlagom u zraku (jednokomponentni poliuretan i etil cinksilikat), reakcijom s ugljičnim dioksidom u zraku (alkalni cinksilikat) ili polimerizacijom pri povišenim temperaturama u trajanju od nekoliko sati pri 200 °C (silikon) [2].

4.3. Priprema površine

Od svih aspekata projektiranja zaštitnog premaza nijedan nije toliko značajan kao što je priprema površine prije nanošenja premaza. Čak i premazi s najboljim svojstvima mogu zakazati ukoliko površina nije dobro očišćena i pripremljena. To znači da će neki jeftiniji i premazi sa lošijim svojstvima pružati bolju zaštitu od onih skupljih i boljih ukoliko je površina dobro pripremljena. Pod pripremom površine podrazumijevamo skidanje hrđe, srhova od prijašnjih postupaka obrade, starih premaza itd. nekim od postupaka abrazivnog djelovanja (pjeskarenje, sačmarenje) ili pomoću raznih alata (npr. brusilice). U pripremu površine spadaju svi postupci kojima se uklanjaju masne tvari, korozijski produkti i druga onečišćenja čime se postiže jednolična umjerena hrapavost [4, 9].

4.3.1. Odmašćivanje

Odmašćivanje služi za odstranjivanje bioloških i mineralnih masnih tvari s površine metala i neophodno je u pripremi površine za nanošenje prevlaka kako bi prevlaka dobro prianjala na metalnu površinu. Odmašćivanje mora osigurati da su sva ulja i masne tvari maknute s površine. Ako ovaj dio pripreme nije dobro napravljen lako je moguće da se zaostala onečišćenja samo prošire na veću površinu što će smanjiti prionjivost premaza. Čišćenje se vrši na sljedeći način [8]:

1. površina mora biti čista i suha prije nanošenja sredstva za čišćenje
2. sredstvo za čišćenje se nanosi odozdo prema gore
3. nanosi se na sve površine
4. sredstvo za čišćenje se ostavi da djeluje propisano vrijeme (najčešće 1-5 minuta)
5. ispiranje sredstva čistom vodom odozdo prema gore; najbolji rezultati se dobivaju ako se upotrebljava vruća voda
6. završno ispiranje odozgo prema dolje (slika 6).

Odmašćivanje se može provesti fizikalnim otapanjem u hlapivim organskim otapalima, razrjeđivačima organskih premaza, tretiranjem lužnatim otopinama, parnim i

ultrazvučnim odmašćivanjem, odmašćivanjem mlazom vodene pare te čišćenje masnih tvari spaljivanjem pri temperaturama višim od 180 °C [2].



Slika 6. Ispiranje površine broda [8]

4.3.2. Mehaničko čišćenje

Za velike površine, mehaničko čišćenje je puno skuplje od čišćenja mlazom abraziva. Mehaničko čišćenje se najviše koristi kod lokalnih oštećenja površine, za čišćenje manjih površina zahvaćenih korozijom, čišćenje izgorenih dijelova površine i čišćenje zavara. Rezultati mogu varirati i proces je relativno spor. Nakon mehaničkog čišćenja potrebno je površinu očistiti od čestica prašine bilo suhim zrakom ili vakuumom [8].

4.3.2.1. Ručno mehaničko čišćenje

Ručno mehaničko čišćenje je jedna od najstarijih metoda čišćenja metalnih površina. Primjenjuje se za uklanjanje hrđe, boje ili kamenca koji labavo prianjaju na podlogu. Provodi se ručnim alatom što podrazumijeva strugala, žičane četke, dlijeta, abrazive na raznim podlogama, zavarivačke čekiće i sl. Prije čišćenja treba osigurati da su prašina,

ulje i masnoća odstranjeni s površine. Ručno mehaničko čišćenje je pogodno za primjenu gdje je potrebno jeftino pripremiti površinu i nanijeti boje sa manjim rokom trajanja [2, 8].

4.3.2.2. Strojno mehaničko čišćenje

Strojno mehaničko čišćenje provodi se korištenjem električnih ili pneumatskih uređaja na koje se montiraju mehanički alati. U usporedbi s ručnim postupcima postiže se veća produktivnost. Čišćenje rotacijskim četkama primjenjuje se za manja oštećenja površine, kad je s površine potrebno ukloniti rahlu koroziju, strugotine, trosku i slična onečišćenja te aktivirati zaštitni premaz za nanošenje pokrivnog. Brušenjem se poboljšava kvaliteta površine materijala, uklanjaju se produkti korozije, metalne kapi od zavarivanja, nadvišenja zavara, zaobljuju rubovi te čiste ulegnuća i druge nepravilnosti. Provodi se abrazivnim zrncima ugrađenim u rotacijske diskove koji se montiraju na pneumatske ili električne uređaje (slika 7). Za teško dostupna mjesta možemo koristiti igličare. Igličari imaju malu iskoristivost pa se zbog toga ne koriste za veće površine, a uz to su dosta bučni i skloni oštećivanju površine koju obrađuju [2, 8].



Slika 7. Brušenje zavarenog spoja [10]

4.3.3. Čišćenje vodenim mlazom

Čišćenje vodenim mlazom (slika 8) temelji se na energiji udara vode o površinu obratka bez primjene abraziva, što čini tu tehniku pripreme površine jednom od ekološki prihvatljivih rješenja s obzirom na pripremu površine sačmarenjem. S površine se uklanjaju rahli korozijski produkti, soli, masnoće, stare boje, okujina i druge nečistoće.

Pritisak vode je vrlo visok, od 300 do 3000 bara, te protoka od 20 pa sve do nekoliko stotina litara u minuti. Nedostatak je što se ne stvara novi profil hrapavosti već ostaje ona hrapavost podloge koja je bila prisutna prije čišćenja. Drugi nedostatak je što površina nakon čišćenja ima brzu pojavu površinske korozije, što se sprečava dodavanjem inhibitora u vodu kojom se čisti.



Slika 8. Čišćenje vodenim mlazom [11]

4.3.4. Čišćenje mlazom abraziva

Čišćenje površine moguće je provesti suhim ili mokrim mlazom čestica (slika 9) čija se kinetička energija u trenutku sudara pretvara u mehanički učinak. Čestice mehanički uklanjaju rahla onečišćenja s površine i utiskuju materijal uz otvrdnjavanje. Čišćenje mlazom abraziva ima najveću iskoristivost od svih postupaka. Imamo nekoliko različitih metoda čišćenja mlazom abraziva [8]:

- centrifugalno čišćenje mlazom abraziva
- čišćenje mlazom abraziva pomoću kompromiranog zraka
- čišćenje mlazom abraziva pomoću vakuuma
- parno čišćenje mlazom abraziva
- mokro čišćenje mlazom abraziva.



Slika 9. Čišćenje oplate broda mlazom abraziva [12]

Suho čišćenje pomoću mlaza abraziva provodi se pištoljima na kompromirani zrak u koje se abraziv dovodi gravitacijski iz spremnika iznad pištolja, nasisno ispod pištolja ili tlačno iz spremnika pod tlakom zraka. Najčešće se primjenjuju tlačni pištolji koji daju brže i gušće mlazove od ostalih, a napajaju se zrakom i abrazivima za obradu iz tlačnih posuda [2].

Centrifugalni suhi postupak zasniva se na raspršivanju sredstava za obradu njihovim privođenjem u središte raspršivača. Nastali se mlaz vodilicama usmjerava prema predmetima. Uglavnom rade s metalnim česticama pa se obično nazivaju sačmarilicama [2].

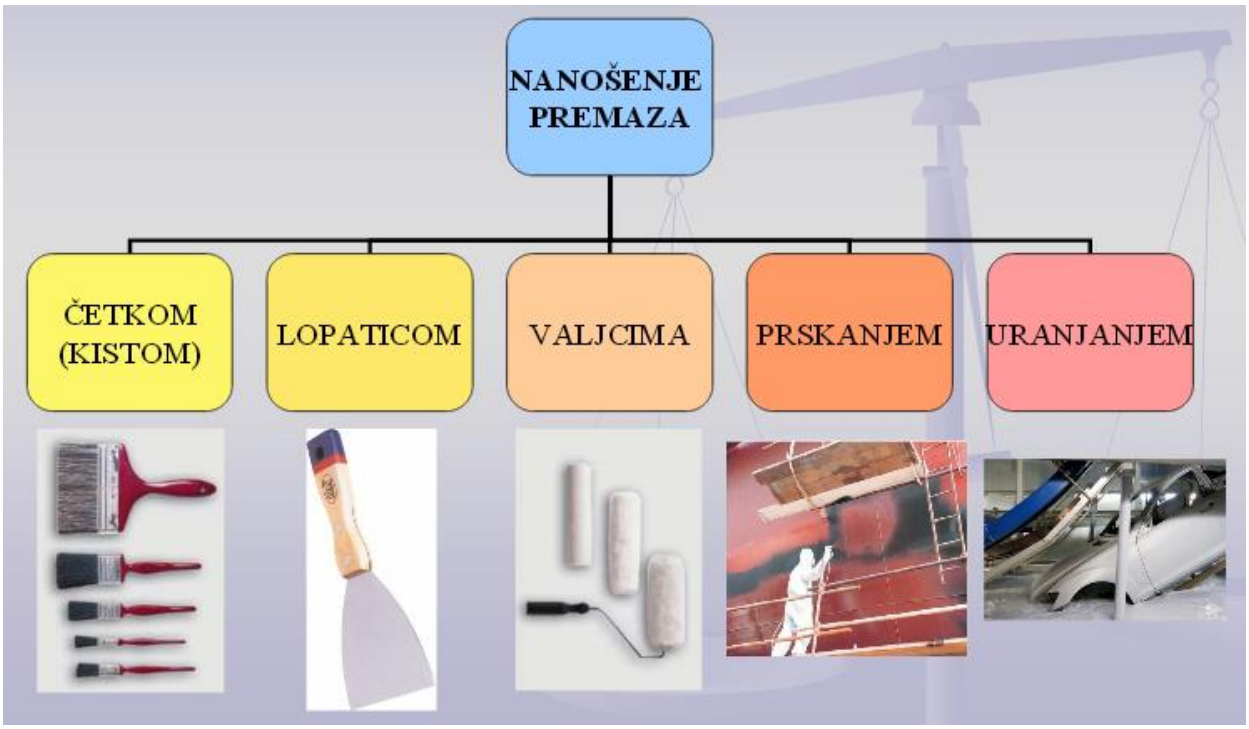
Mokro čišćenje pomoću mlaza abraziva uglavnom se rabi za finiju obradu pa se često primjenjuje na predmetima koji su grubo obrađeni suhim postupkom. Na 1 kg čvrstih čestica dolazi 2 do 4 dm^3 vode, obično to više što su čestice sitnije. Prednost mokre obrade je što ne nastaje prašina i ne dolazi do deformiranja mehanički osjetljivih predmeta [2].

4.4. Nanošenje premaza

Nanošenje premaza je opisano u uputama proizvođača i o tome će ovisiti debljina i izgled premaza. Prije nanošenja premaza potrebno je proučiti sve upute i upozorenja koja se nalaze na poleđini ambalaže premaza. Premazna sredstva treba ispravno skladištiti na temperaturi od 0 do 30 °C. Nanošenje premaza je važan proces te ima ključne čimbenike [13]:

- mikroklima tokom nanošenja
- aplikacijska oprema (vrsta i stanje)
- stvrdnjavanje premaza
- stručnost osoba koje izvode proces
- kontrola kvalitete premaza.

Premazna sredstva nanose se četkama, lopaticama i valjcima, te prskanjem, uranjanjem, prelijevanjem i elektroforezom. Podjela opreme za nanošenje premaza prikazana je na slici 10.



Slika 10. Podjela opreme za nanošenje premaza [14]

Četke (kistovi) se sastoje od pramenova (snopova) životinjskih, biljnih ili sintetičkih vlakana. Četke su svestran, jeftin i najčešće najprikladniji način za bojenje kompleksnih predmeta. Kod hrapavih površina četka najbolje od svih ostalih alata pokriva površinu [4, 15].

Lopatice (špatule) se izrađuju iz čelika, a služe za nanošenje kitova i nekih pastoznih premaza s velikim udjelom suhe tvari tako da se dobiju debele prevlake (preko 0,1 mm) koje su često neravnomjerne i hrapave. Postupak je srodan četkanju, ali uz slabije utrljavanje [4].

Valjci se najviše upotrebljavaju za aplikaciju boje na širokim ravnim površinama te žičanim pregradama. Valjci lošije utrljavaju boju nego četke, ali je sloj glađi i ravnomjerniji. Gubici su pri nanošenju minimalni, a razrjeđivač uglavnom ne treba dodavati [2].

Prskanje ili štrcanje boja i lakova visoko je produktivan postupak s mnogim specifičnostima i prednostima pred ostalim. Prskanje se može obavljati kompromiranim zrakom, bezračnim ili elektrostatičkim postupkom [2].

Za zračno prskanje služe pištolji (slika 11) u koje se uvodi zrak pod tlakom 0,12 do 0,5 MPa, i premazno sredstvo koje se zrakom raspršuje. Zračno prskanje je industrijski način nanošenja premaza koji se danas vrlo mnogo upotrebljava. Prskanje može biti strojno ili ručno, a oba imaju velik učinak rada, ovisno o veličini sapnice i količini zraka na raspolaganju. Glavna je prednost zračnog prskanja ravnomjerna debljina prevlake, njezin visoko estetski dojam i visoka produktivnost, zbog čega se taj postupak uvelike primjenjuje u automobilskoj industriji [2, 13].



Slika 11. Pištolj za zračno prskanje [16]

Bezračno prskanje ili airless – postupak može biti pneumatičko ili hidrauličko, ali u oba slučaja mlaz premaznog sredstva nastaje u pištolju bez miješanja sa zrakom visokotlačnim potiskivanjem zrakom ili nekim drugim plinom (pneumatički), odnosno pumpom za samu boju/lak (hidraulički). Tlak se kreće 1 – 30 MPa. Najjednostavniji su uređaji za bezračno prskanje metalne doze pod tlakom ukapljenog plina (tzv. sprejevi) te pištolji s ugrađenom membranskom pumpom. Dobava takvih uređaja je vrlo mala tako da se rabe samo za popravke i u kućanstvu [4].

Elektrostatičko prskanje boja i lakova može se izvoditi zračno i bezračno, pri čemu se ušće pištolja redovito nabija negativno, a transporter s obradcima pozitivno. Zbog snažnog električnog polja ionizira se zrak između pištolja i podloge tako da se oko kapljica boje gomilaju ioni, što izaziva privlačnu Coulombovu silu između njih i uzoraka te prijenos kapljica boje na uzorak [2].

Umakanje je bojanje koje se vrši kod manjih dijelova uglavnom u serijskoj ili tračnoj proizvodnji. Vrši se strojno i ručno. Mana je što su potrebne kade za umakanje i podizanje predmeta, te se time limitira veličina predmeta koji se mogu bojati. Tokom nanošenja boje umakanjem troši se više razrjeđivača nego kod premazivanja, a postoji opasnost od nejednoličnog nanošenja i curenja premaza [13].

Prelijevanje bojom je postupak koji se provodi u zatvorenim prostorijama, gdje se površina metala prelijeva tekućim premazom. Po završetku prelijevanja površina se obrađuje u atmosferi koja mora biti zasićena razrjeđivačem. Prednosti ovog načina nanošenja su vrlo mali gubici, dobra i jednolična prevlaka, a nedostaci su zahtjevni lakovi i razrjeđivači i posebni sigurnosni zahtjevi [13].

Elektroforeza najčešće služi za ličenje metala u vodenim disperzijama ili otopinama boja i lakova, u kojima postoje pozitivno i negativno nabijene čestice polimernog veziva s pigmentom ili bez njega, pri čemu je voda suprotno nabijena. U istosmjernom električnom polju čestice premaza putuju prema suprotno nabijenom obratku, a voda u obrnutom smjeru, pa se dobiva skoro suh nalič. Najprije se zbog neravnomjerne razdiobe struje prekrivaju izbočeni dijelovi obratka, a zatim zbog izolacijskog učinka premaza postiže se visoka moć raspodjele, tj. dobiva se i na profiliranim predmetima prevlaka prilično jednolične debljine za 1-5 min uz gustoće struje 0,1-1 $A \cdot dm^{-2}$. Ako su čestice premaza negativno nabijene, proizvodi se spajaju s pozitivnim polom izvora struje (anaforeza), a ako su pozitivno nabijene s negativnim polom (kataforeza) [4].

4.5. Trajnost premaza

Trajnost premaznih sustava iznosi 5 – 50 godina, i to obično uz povremene popravke koji se provode lokalno na temelju utvrđivanja stanja, a sastoje se u čišćenju i kondicioniranju oštećenih površina kao i u nanošenju novih slojeva bez potpunog skidanja starih. Tako se obavljaju i popravci radioničkog premaza poslije skladištenja, prijevoza i montaže, nakon čega slijedi nanošenje ostalih slojeva premaznog sustava. Obnova cjelokupnog sustava zahtijeva skidanje starih premaza, a poduzima se nakon temeljite tehničko – ekonomske analize [4].

4.6. Odabir sustava premaza

Odabir odgovarajućeg sustava premaza za zaštitu od korozije uključuje čitav niz čimbenika koje valja uzeti u obzir kako bi se osiguralo najekonomičnije i tehnički najbolje rješenje. Za svaki projekt najbitniji čimbenici koje treba uzeti u razmatranje prije nego što se započne s odabirom zaštitnog premaza su sljedeći [17]:

- korozivnost okoliša
- vrsta površine koju treba zaštititi
- tražena trajnost sustava premaza
- planiranje postupka nanošenja boje.

4.6.1. Korozivnost okoliša

Prilikom odabira sustava premaza od presudne je važnosti da se razrade uvjeti u kojima će konstrukcija, objekt ili instalacija raditi. Kako bi se ustanovio učinak korozivnosti okoliša, potrebno je uzeti u obzir sljedeće čimbenike [17]:

- Vlažnost i temperaturu (temperaturu u eksploataciji i temperaturne gradijente).
- Prisustvo UV zračenja.
- Kemijska izloženost (npr. izloženost određenim kemikalijama u industrijskim tvornicama).
- Mehanička oštećenja (udar, abrazija, itd.).

U slučaju kad se radi o zakopanim konstrukcijama, potrebno je uzeti u obzir njihovu korozivnost i uvjete tla kojima su one izložene. Od presudne su važnosti vlažnost tla i njegov pH kao i biološka izloženost utjecaju bakterija i mikroorganizama. Kada se radi o vodenom okolišu, bitno je utvrditi vrstu vode i njezin kemijski sastav.

Korozivna agresivnost okoliša utjecat će na [17]:

- vrstu boje koja se koristi za zaštitu
- ukupnu debljinu sustava premaza
- potrebnu pripremu površine
- minimalne i maksimalne međupremazne intervale.

U obzir treba uzeti da što je okoliš korozivniji, to će tražena priprema površine biti zahtjevnija. Također treba pomno ispoštovati međupremazne intervale. Kategorije atmosferske korozivnosti i kategorije vode i tla prikazane su u tablicama 3 i 4.

Tablica 3. Kategorije atmosferske korozivnosti prema standardu ISO12944 [17]

Kategorija korozivnosti	Primjeri okoliša	
	Vanjski	Unutarnji
C1 jako niska	-	Grijane zgrade sa čistom atmosferom, poput ureda, dućana, škola, hotela
C2 niska	Lagano onečišćena atmosfera, uglavnom ruralna područja	Negrijane zgrade u kojima može doći do pojave kondenzacije, npr. spremišta, sportske dvorane
C3 srednja	Industrijska i urbana atmosfera s prosječnom razinom onečišćenja sumpornim oksidom (IV). Priobalna područja niskog saliniteta.	Proizvodni objekti s visokom vlažnošću i određenim stupnjem onečišćenja zraka, npr. tvornice hrane, praonice, pivovare, mljekare
C4 visoka	Industrijska i priobalna područja srednjeg saliniteta	Kemijske tvornice, bazeni, remontna brodogradilišta
C5-I jako visoka (industrijska)	Industrijska područja s vrlo visokom vlažnošću i agresivnom atmosferom	Zgrade i površine sa gotovo konstantnom kondenzacijom i visokom razinom onečišćenja
C5-M jako visoka (morski okoliš)	Priobalje i pučina s visokom razinom saliniteta	Zgrade i površine sa gotovo konstantnom kondenzacijom i visokom razinom onečišćenja

Tablica 4. Kategorije vode i tla u skladu sa standardom ISO 12944 [17]

Kategorija korozivnosti	Okoliš	Primjeri okoliša i konstrukcija
Im1	Slatka voda	Instalacije na rijekama, hidroelektrane
Im2	Morska ili boćata voda	Morske luke sa sljedećom opremom: vrata ustave, brane, podesti iznad vode, gatovi, konstrukcije na pučini
Im3	Tlo	Podzemni spremnici, čelični podesti, cjevovodi

4.6.2. Vrsta površine koju treba zaštiti

Prilikom odabira sustava premaza u pravilu imamo posla s konstrukcijskim materijalima kao što je čelik, toplo-pocinčani čelik, metalizirani čelik, aluminij ili nehrđajući čelik. Priprema površine, premazni materijali koji se koriste (naročito temelj) i ukupna debljina filma uglavnom će ovisit o konstrukcijskim materijalima kojima je potrebna zaštita [17].

4.6.3. Tražena trajnost sustava

Vijek trajanja sustava premaza je pretpostavljeni vremenski protok od trenutka prvog nanošenja do prvog održavanja. ISO 12944 specificira tri vremenska okvira koji kategoriziraju trajnost (tablica 5) [17].

Tablica 5. Tablica vremenskih okvira trajnosti premaza [17]

NIZAK – L	2 – 5 godina
SREDNJI – M	5 – 15 godina
VISOK- H	više od 15 godina

4.6.4. Planiranje postupka nanošenja boje

Dinamika izgradnje i različite faze gradnje kod svakog projekta određuju kako i kada je potrebno nanositi sustav premaza. Potrebno je obratiti pažnju na materijale u fazi prije izgradnje, kada se sastavni dijelovi izrađuju izvan mjesta izvođenja radova i na gradilištu kad su faze izgradnje završene.

Potrebno je planirati posao kako bi se moglo voditi računa o pripremi površine te vremenu sušenja/otvrdnjavanja u odnosu na vrijednosti temperature i vlažnost zraka. Nadalje, ukoliko se jedna faza izgradnje vrši u zaštićenom okolišu radionice, a sljedeća faza se vrši na gradilištu, potrebno je uzeti u obzir vrijednosti za međupremazni interval [17].

5. EPOKSIDNI PREMAZI

Epoksidne smole su postale jako važan tehnološki materijal koji pronalazi svoju primjenu u području premaza, ljepila (adheziva) i plastike. U području premaza se koriste više od 60 godina, pri čemu gotovo polovica godišnje upotrebe epoksidnih smola odlazi u proizvodnju premaza.

Epoksidni premazi nude jedinstvenu kombinaciju dobrog prianjanja na površinu, kemijske postojanosti i fizičkih svojstava, čime pružaju izrazitu zaštitu u različitom korozijskom okolišu. Upravo zbog tih svojstava, premazi na bazi epoksida se uvelike koriste u rafinerijama, kemijskim postrojenjima, naftnim platformama, mostovima, trgovačkim brodovima, željezničkom transportu, auto i avio industriji te kao zaštita za limenke, pri čemu ne samo da čuvaju metal od korozije, nego i sadržaj unutar limenke na koji bi metal mogao negativno utjecati. 1990. godine na američkom tržištu pojavili su se epoksidni premazi koji se primjenjuju za zaštitu cijevi i spremnika za vodu za piće [18, 19].

5.1. Vrste i svojstva epoksidnih smola

Epoksidne smole su polieteri viševalentnih alkohola i fenola koji sadrže etilenoksidne (epoksidne ili oksiranske) prstene i slobodne OH- skupine, što omogućuje njihovo katalitičko ili termičko otvrdnjavanje daljnjim povećanjem i umrežavanjem makromolekula, pri čemu često sudjeluju i drugi fenoli, amini, poliamidi i poliuretani.

5.1.1. Bisfenol – A epoksidne smole

Bisfenol – A epoksidne smole dobivaju se iz bisfenolnog acetona i epiklorohidrina. Najčešće su primjenjivane u industriji, no upotreba bisfenol – F i novolac smole postupno se povećava posljednjih godina zbog njihove manje molekulske mase u usporedbi s bisfenol – A smolama. Ovisno o formulaciji mogu pružiti žilavost i otpornost na kemikalije i toplinu. Miješanje s fenolnim smolama daje im još bolju čvrstoću i temperaturnu otpornost [2, 9].

5.1.2. Bisfenol – F epoksidne smole

Bisfenol – F smole dobivene su iz bisfenolnog formaldehida i epiklorohidrina. Većinom su reaktivnije od bisfenol – A smola, neke od njih čak zahtijevaju niske temperature da bi se omogućilo umrežavanje molekula. Ove smole imaju bolju otpornost na temperature, otapala i kemikalije od bisfenol – A smola [2, 9].

5.1.3. Novolac smole

Novolac smole dobivene su modifikacijom bisfenol – F smole sa suviškom fenola. Ove smole su krutine pa se najčešće upotrebljavaju u praškastim premazima. Imaju vrlo visoku otpornost na temperaturu, otapala, kemijsku otpornost i vlagu [2, 20].

5.2. Otvrdnjivači

Otvrdnjivači su druga komponenta epoksidnih premaza. To su polimeri koji otvrdnjuju s epoksidnim smolama preko epoksidne ili hidroksilne skupine. Epoksidi sušivi na zraku najčešće otvrdnjuju preko epoksidnih skupina reakcijom s poliaminskim otvrdnjivačima. Dvije komponente (epoksidna smola i otvrdnjivač) se miješaju neposredno prije primjene, a pri otvrdnuću tvore veliku makromolekulsku strukturu. Dužina trajanja procesa polimerizacije i otvrdnjavanja epoksidne smole ovisi o vrsti epoksidne smole i kopolimernog aditiva korištenog za postizanje otvrdnuća, temperaturi okoline, debljini sloja premaza te relativnoj vlazi zraka.

5.2.1. Poliamini

Poliamini su male molekule sa malom molekulskom masom u usporedbi sa epoksidima. Kada međusobno reagiraju, stvaraju jake veze te visoku kemijsku otpornost i postojanost na vlagu. Amini koji se nisu uspjeli povezati tijekom reakcije su istisnuti iz umreženog filma na površinu, stvarajući takozvani „amine blush“, maglovito bijelo obojenje na površini. Amine blush je reakcija amina i ugljikovog dioksida iz zraka stvarajući aminov karbonat. Ako je na završnom premazu, blush nije štetan te može ostati na površini kao takav iako ga je dobro očistiti prije nanošenja idućeg epoksidnog sloja. Kako bi se pokušala minimalizirati ova pojava, preporučuje se ostaviti smjesu 15-30 minuta nakon miješanja da odstoji. Epoksidi koji reagiraju sa aminima imaju najveću kemijsku otpornost i otpornost na otapala od ostalih vrsta epoksidnih premaza. Pokazuju izvrsnu otpornost na alkale, većinu organskih i anorganskih kiselina, vodu i slane vodene otopine. Na otapala i oksidirajuća sredstva su također otporni, ali samo ako nisu kontinuirano uronjeni. Izloženost UV svijetlu uzrokuje kredanje premaza [20].

5.2.2. Poliamidi

Poliamidni otvrdnjivači su kondenzacijski produkt masne kiseline sa poliaminom. Masna kiselina poboljšava fleksibilnost, nanošenje premaza na površinu, adheziju te izvrsnu otpornost na vodu. Također, odlikuju se boljim sjajem, otporniji su na kredanje, abraziju

te su prihvatljiviji kao završni premazi u odnosu na premaze otvrdnute poliaminima. S druge strane, imaju manju kemijsku otpornost te manju otpornost na otapala i alkale od poliamina [20].

5.3. Svojstva epoksidnih premaza

Epoksidni i epoksidno – esterski premazi podnose do 120 °C, a postojani su u atmosferi i vodi, u kiselim i lužnatim vodenim otopinama, u tlu i u organskim otapalima. Epoksidno – katranski premazi imaju slična svojstva, ali nisu postojani u aromatskim otapalima. Epoksidni premazi vrlo dobro prianjaju na sve podloge, čvrsti su i glatki. Dodatkom katrana povećava im se žilavost. Na suncu su epoksidni slojevi skloni kredanju, tj. površinskoj pojavi prašine zbog raspada veziva pod utjecajem ultraljubičastih zraka. Ta pojava kvari izgled prevlake, a i smanjuje otpornost na trošenje [4].

5.4. Epoksidni premazi bez otapala za zaštitu spremnika za vodu za piće

Ova vrsta epoksidnih premaza izvorno je nastala za rješavanje problema korozije na nosačima aviona. Nosači aviona su imali problema sa korozijom i erozijom u cijevima i spremnicima pitke i otpadne vode. Korozija je uzrokovala otpuštanje korozijskih produkata u vodu za piće. Većina cijevi je bila izrađena od olova te su ti produkti bili iznimno opasni za ljudsko zdravlje. Američka mornarica je izdala zahtjev da se stvori premaz koji će se moći koristiti za zaštitu balastnih spremnika, spremnika otpadnih voda, ali ujedno i spremnika i cijevi za vodu za piće. To je podrazumijevalo da premaz ne smije biti štetan za ljudsko zdravlje. Kako mali udjeli otapala uvijek ostanu zarobljeni ispod premaza, a to znači da bi otapalo moglo zagađivati vodu, drugi zahtjev je bio da se razvije premaz bez otapala, tj. epoksidni premaz sa stopostotnim udjelom suhe tvari. Na osnovu toga 1990. godine nastao je kemijski otporan, netoksičan epoksidni premaz za zaštitu spremnika i cijevi za vodu za piće poznat pod nazivom NRL 4C. Premaz ne sadrži otapala, suši se za 20 minuta, otporan je na trošenje, bezbojan, nema okusa ni mirisa i ne otpušta toksične tvari u vodu ili okoliš. Premazi se nanose u debelom sloju, bez temelja. Otvrdnjavanjem prerastaju u premaze koji su vrlo otporni na slatku vodu. Od 1995. godine svi američki ratni brodovi imaju spremnike i cijevi za vodu tvornički zaštićene ovom vrstom premaza. Da bi se smanjila kontaminacija olovom iz vodovodnih cijevi i ostalim materijalima koji nastaju korozijom istih danas se ovi premazi primjenjuju i za zaštitu vodovodnih cijevi u kućanstvima [19, 21].

Procedura nanošenja premaza vrši se u tri koraka:

1. Inspekcija cijevi i spremnika te potrebni popravci prije nanošenja premaza.
2. Priprema površine mlazom abraziva pomoću kompromiranog zraka.
3. Nanošenje premaza.

Cijevi se isprazne od vode te se ispituju da li su podobne za nanošenje premaza. Da bi se premaz mogao nanijeti cijevi moraju imati barem 50 % od originalne debljine stjenke. Debljina stjenke cijevi mjeri se ultrazvučnim uređajima, te ukoliko je debljina stjenke cijevi manja ona se mora zamijeniti. Nakon toga kroz cijevi se pomoću velikih spremnika kompromiranog zraka pušta mlaz abraziva. Time se dobije hrapava površina koja je pogodna za nanošenje premaza. Poslije ispiranja čestica, nečistoća i prašine nastalih obradom mlazom abraziva nanosi se premaz. Premaz se upuhuje u cijevi pomoću istih velikih spremnika kompromiranog zraka te se nakon 20 minuta suši. Ovaj postupak se ponavlja dva do tri puta u različitim smjerovima kako bi se u potpunosti popunila sva oštećenja stjenke cijevi. Debljina suhog premaza iznosi oko 300 mikrometara. U cijevi se 12 sati upuhuje topli zrak kako bi premaz čim prije postao suh. Zatim se cijevi sastave, ispiru vodom i testiraju na pad tlaka. Ovim premazom se također popunjavaju sitne rupice te se tako sprečava curenje vode. Cijevi su spremne za upotrebu 48 sati nakon reparacije [19, 21].

Ova vrsta premaza ima nekoliko nedostataka [21]:

- Temperatura eksploatacije ne smije prelaziti 45 °C.
- Nakon nanošenja premaza ne smiju se primjenjivati postupci zavarivanja ni ostali postupci sa visokim unosom topline, iznimka su postupci lemljenja.
- Premaz je čvrst i tvrd, ali se može uništiti namjernim dugotrajnim mehaničkim oštećivanjem.

Epoksidni premazi za zaštitu spremnika za vodu za piće u Europi i Americi se koriste zadnja dva desetljeća. Do sada nije dokazano da imaju štetne posljedice za ljudsko zdravlje, te su relativno sigurni za zaštitu od korozije spremnika vode za piće [19].

6. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu zadatka provedena su ispitivanja sustava zaštite od korozije epoksidnog premaza bez otapala, tvrtke HEMPEL, naziva HEMPADUR 35560, na uzorcima od općeg konstrukcijskog čelika S235JRG2 (Č 0361). Ova vrsta premaza nanešena je unutar filtra za vodu za piće i trebala bi pružiti zaštitu filtra sljedećih 5 – 15 godina. Premaz je bez otapala, tako da ne zagađuje vodu niti ispušta bilo kakve štetne tvari, te je samim time siguran za upotrebu u spremnicima za vodu za piće. Vanjski izgled filtra za vodu za piće prikazan je na slici 12, dok je unutrašnjost filtra nakon nanošenja premaza prikazana na slici 13.



Slika 12. Vanjski izgled filtra za vodu za piće [22]



Slika 13. Unutrašnjost filtra za vodu za piće [22]

Priprema površine provedena je pjeskarenjem na kvalitetu Sa 2,5 sukladno normi HRN EN ISO 8501-1, hrapavost 60 - 100 µm.

U eksperimentalnom dijelu rada ispitana je otpornost premaza prema koroziji u agresivnim uvjetima u vlažnoj i slanoj komori prema normama HRN EN ISO 6270-2 i HRN EN ISO 9227.

Nakon ispitivanja u komorama određena su fizikalna i mehanička svojstva premaza.

6.1. Mjerenje debljine sloja premaza

Debljina sloja mjerodavna je za zaštitno djelovanje, trajnost zaštite, tvrdoću i elastičnost prevlake. Pretanki sloj zbog mogućih pora ili nedovoljne pokrivenosti površine najčešće ne daje zadovoljavajuće zaštitno djelovanje dok predebeli sloj može dovesti do pogrešaka u prevlaci. Zbog toga je potrebno izvršiti mjerenje debljine sloja prevlake. Pri ocjenjivanju zaštitne prevlake treba mjeriti njenu lokalnu debljinu i to na onim mjestima gdje se očekuje najmanja debljina, jer je kvaliteta prevlake definirana upravo tom minimalnom debljinom.

Korozijska otpornost raste kod većine prevlaka povećanjem debljine, ali također rastu i proizvodni troškovi pa je stoga poznavanje minimalne vrijednosti potrebno iz ekonomskih razloga.

Sukladno normi HRN EN ISO 2808 provedeno je mjerenje debljine suhog filma prevlake na svim uzorcima prije korozijskih ispitivanja.

Provedeno je po 10 mjerenja za svaki uzorak uređajem „Elcometer 456“ (slika 14.). Uređaj je prije mjerenja umjeren korištenjem priloženog etalona. Dobiveni rezultati mjerenja se pohranjuju u blokove. U ovom ispitivanju blok se sastoji od 10 mjerenja. Kada se uređaj spoji na računalo, uz pomoć programa „ElcoMaster 2.0“ dobivaju se statistički podaci o debljini prevlake.



Slika 14. Uređaj „Elcometer 456“ za mjerenje debljine prevlake

U tablici 6 su prikazani rezultati mjerenja debljine suhog filma epoksidnog premaza bez otapala.

Tablica 6. Rezultati mjerenja suhog filma epoksidnog premaza bez otapala

UZORAK	Minimum [μm]	Maksimum [μm]	Prosjek [μm]	Standardna devijacija
1	518,0	766,0	605,80	86,38
2	255,0	446,0	353,20	56,59
3	316,0	764,0	538,50	144,85
4	347,0	433,0	396,20	30,96
5	425,0	605,0	536,50	65,18
6	313,0	523,0	398,70	72,39
7	474,0	642,0	570,80	52,52
8	520,0	712,0	604,80	61,02

6.2. Ispitivanje u vlažnoj komori

Ispitivanje je provedeno s ciljem utvrđivanja svojstva antikorozivne zaštite epoksidnog premaza bez otapala u vlažnoj sredini.

Provodi se prema normi DIN EN ISO 6270-2 gdje su opisani opći uvjeti koji se moraju poštivati prilikom ispitivanja na uzorcima. Za ispitivanje u vlažno-toploj atmosferi korištena je ručno izrađena vlažna komora (slika 15), a uzorci za ispitivanje prikazani su na slici 16.



Slika 15. Vlažna komora, Laboratorij za zaštitu materijala

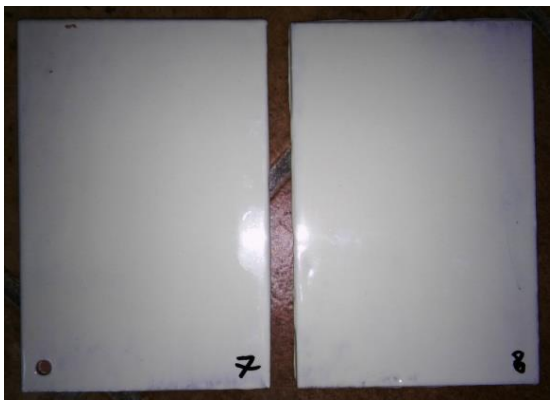
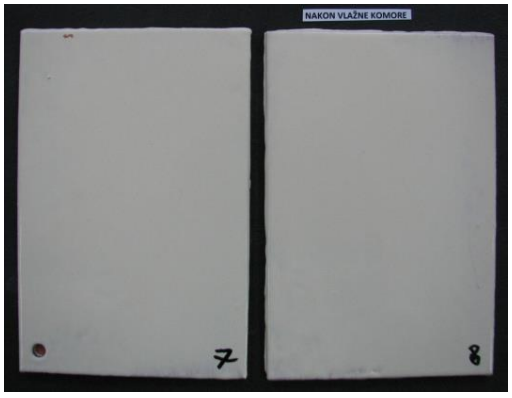
Vlažna komora ima podnu tavu za prihvat vode koja se zagrijava te na taj način temperira prostor za ispitivanje. Temperatura pri kojoj se ispituje iznosi 40±3 °C, a relativna vlažnost zraka iznosi oko 100 % s orošavanjem uzoraka. Ispitivanje je izvršeno u trajanju od 10 dana (240 h).

U tablici 7. su prikazani uzorci prije i nakon ispitivanja u vlažnoj komori.



Slika 16. Uzorci 7 i 8 u vlažnoj komori

Tablica 7. Uzorci 7 i 8 prije i nakon ispitivanja u vlažnoj komori

UZORAK	Prije ispitivanja	Nakon 240h ispitivanja
7 i 8		

Na ispitanim uzorcima nakon ispitivanja u vlažnoj komori u trajanju od 10 dana (240h) nisu utvrđene nikakve promjene.

6.3. Ispitivanje u slanoj komori

Ispitivanje u slanoj komori provedeno je prema normi HRN EN ISO 9227. Za ispitivanje se koristila 5%-tna otopina NaCl, a temperatura u komori je iznosila 35 °C. Ispitivanje je trajalo 20 dana (480 h) u slanoj komori Ascott, model S450 (slika 17). Prikaz uzoraka u slanoj komori neposredno prije ispitivanja dan je slikom 18.



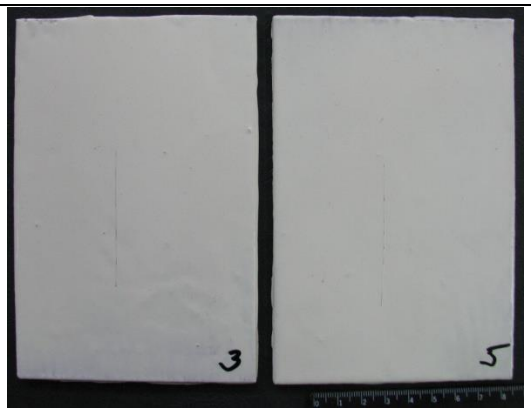
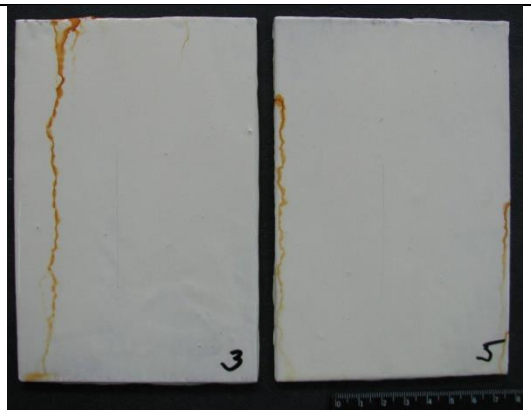
Slika 17. Slana komora Ascott, Laboratorij za zaštitu materijala



Slika 18. Uzorci 3 i 5 u slanoj komori

Na uzorcima je prije ispitivanja napravljen urez da bi se simuliralo oštećenje premaza i ocijenilo širenje korozije ispod premaza. U tablici 8 su prikazani uzorci premaza prije i nakon ispitivanja u slanoj komori.

Tablica 8. Uzorci 3 i 5 prije i nakon ispitivanja u slanoj komori

UZORAK	Prije isptivanja	Nakon 480h ispitivanja
3 i 5		

Nakon 20 dana (480h) ispitivanja u slanoj komori, nisu uočena oštećenja premaza u obliku mjehuranja, ljuštenja i pucanja, te nije došlo do pojave korozije po urezu.

Korozijski produkti su vidljivi samo na rubovima ispitnih uzoraka, a koji se ne uzimaju u razmatranje.

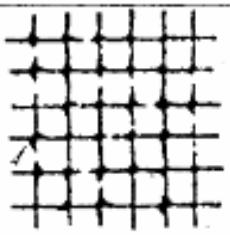
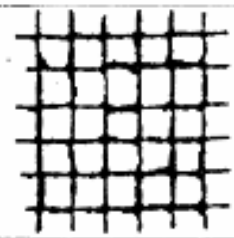
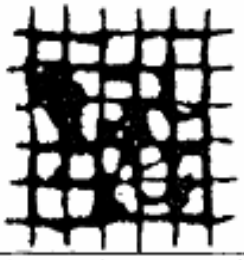
6.4. Ispitivanje prionjivosti metodom mrežice

Prianjanje sloja epoksidnog premaza na podlogu određeno je metodom mrežice (Cross-cut test) prema normi HRN EN ISO 2409.

Ispitivanje se provodi tako da se na ispitnoj površini urežu zarezi u horizontalnom i vertikalnom smjeru te tako urezani čine kvadratnu mrežu.

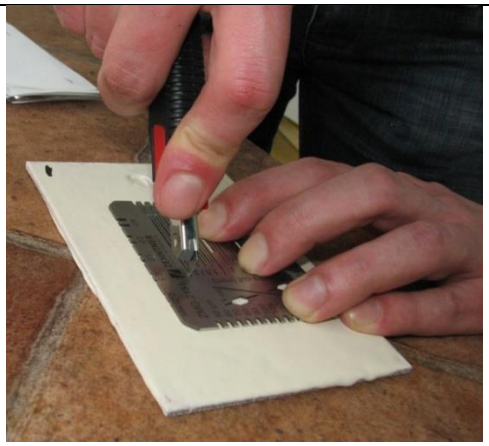
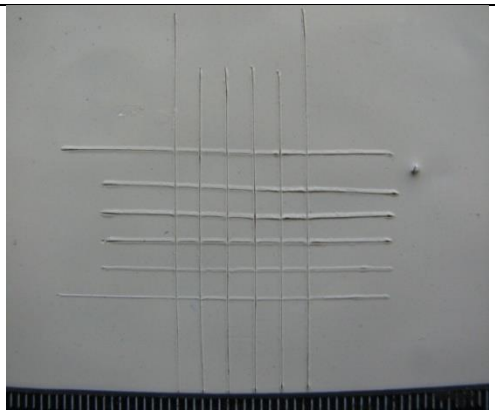
Stupanj prianjanja određuje se promatranjem kvadratića epoksidne prevlake koji su ostali između horizontalnih i vertikalnih ureza nakon priljepljivanja i otkidanja vrpce (tablica 9).

Tablica 9. Ocjenjivanje prionjivosti premaza prema normi HRN EN ISO 2409

OPIS	IZGLED POVRŠINE	ISO 2409 i DIN 53151
Tragovi rezova su potpuno glatki, nijedan kavdratić mrežice nije otkinut		0
Nešto premaza je oljušteno na sjecištima u mrežici, manje od 5% površine je oštećeno		1
Dio premaza je oljušten na rubovima i sjecištima u mrežici. 5 do 15% površinc je oštećeno.		2
Premaz je oljušten duž rubova i unutar kvadratića mrežice. 15 do 35% površine je oštećeno.		3
Premaz je oljušten duž rubova cijelog reza, neki kvadratići su potouno oljušteni. 35 do 65% površine je oštećeno.		4
Više od 65 % površine je oljušteno.	Oštećenje veće od 65 %.	5

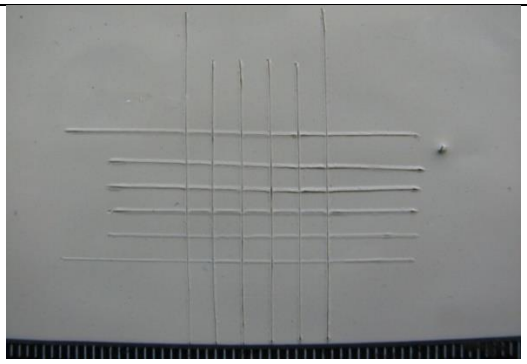
Redoslijed ispitivanja prikazan je u tablici 10.

Tablica 10. Redoslijed ispitivanja uzoraka metodom Cross – cut

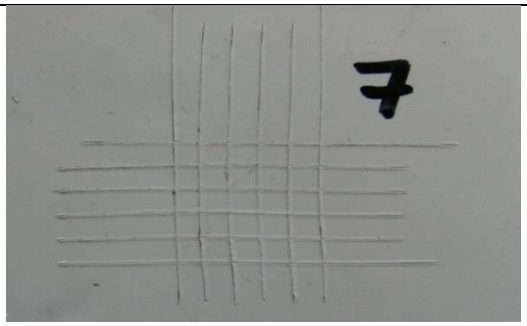
	
1. urezivanje šest horizontalnih te šest vertikalnih zareza u epoksidnu prevlaku	2. odstranjivanje čestica prevlake četkom nastalih urezivanjem zareza
	
3. priljepljivanje ljepljive vrpce na urezanu kvadratnu mrežu	4. nakon otkidanja vrpce određuje se stupanj prianjanja prevlake na podlogu

Stupanj prianjanja određuje se promatranjem kvadratića epoksidne prevlake koji su ostali između horizontalnih i vertikalnih ureza nakon priljepljivanja i otkidanja vrpce. Rezultati i ocjene prionjivosti prije i nakon ispitivanja u komorama priloženi su u tablicama 11, 12 i 13.

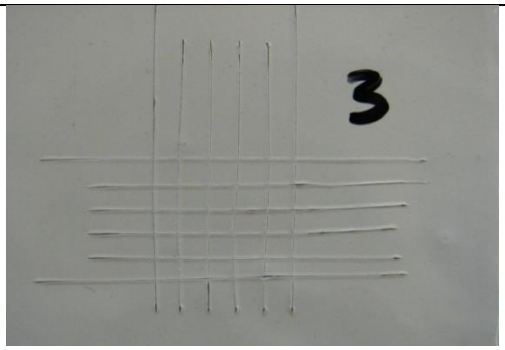
Tablica 11. Ocjena prionjivosti prije ispitivanja u komorama

UZORAK	Prije ispitivanja	Ocjena prionjivosti prema normi HRN EN ISO 2409
1		0

Tablica 12. Ocjena prionjivosti nakon ispitivanja u vlažnoj komori

UZORAK	Nakon ispitivanja	Ocjena prionjivosti prema normi HRN EN ISO 2409
7		0

Tablica 13. Ocjena prionjivosti nakon ispitivanja u slanoj komori

UZORAK	Nakon ispitivanja	Ocjena prionjivosti prema normi HRN EN ISO 2409
3		0

6.5. Ispitivanje prionjivosti metodom povlačenja

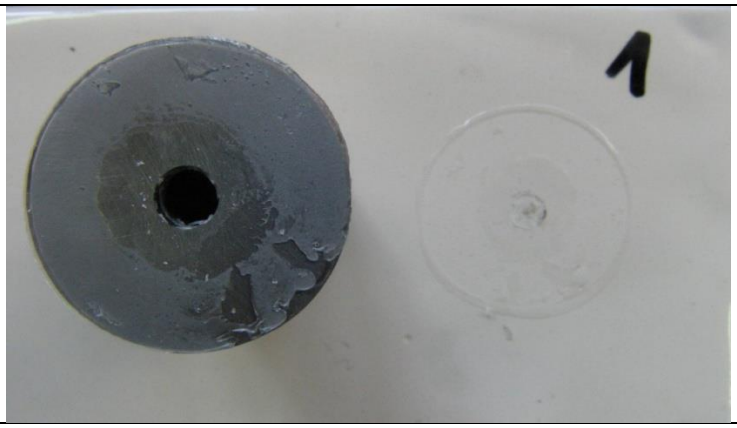
Metoda povlačenjem premaza ili eng. *Pull-off test* je mjerenje sile koja je potrebna za odvajanje metalnog valjčića koji se specijalnim ljepilom zalijepi za površinu na kojoj se nalazi premaz kojem želimo odrediti adheziju. Valjak na površini ostaje zalijepljen određeno vrijeme, a zatim se primjenjuje sila kako bi se odvojio od površine (slika 19). U trenutku odvajanja valjka s površine moguće je očitati brojčanu vrijednost adhezije izraženu kao vrijednost sile u N/mm^2 potrebne za uklanjanje valjka. Mjerenje se provodi u skladu s normom HRN EN ISO 4624.



Slika 19. Ispitivanje prionjivosti metodom povlačenja

Tablice 14, 15 i 16 prikazuju rezultate Pull – off testa prije ispitivanja u komorama te nakon ispitivanja u vlažnoj i slanoj komori.

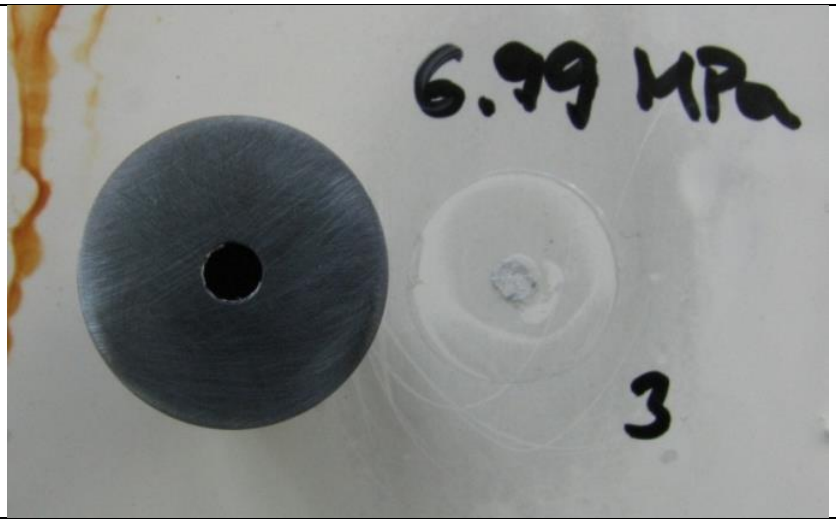
Tablica 14. Rezultati Pull – off testa prije ispitivanja u komorama

UZORAK	Prije ispitivanja	Vrijednost sile odvajanja prema normi HRN EN ISO 4624
1		6,68 MPa

Tablica 15. Rezultati Pull – off testa nakon ispitivanja u vlažnoj komori

UZORAK	Nakon ispitivanja	Vrijednost sile odvajanja prema normi HRN EN ISO 4624
8		5,30 MPa

Tablica 16. Rezultati pull – off testa nakon ispitivanja u slanoj komori

UZORAK	Nakon ispitivanja	Vrijednost sile odvajanja prema normi HRN EN ISO 4624
3		6,99 MPa

Nakon izvršenih mjerenja utvrđeno je da ni na jednom od ispitanih uzoraka 1, 8 i 3 nije došlo do odvajanja premaza od podloge, a izmjerena prionjivost je veća od 5 MPa, što je minimalna prihvatljiva vrijednost prema normi ISO 12944-6. Došlo je do pucanja u ljepilu što ukazuje na to da je prionjivost premaza puno veća.

7. ZAKLJUČAK

Procese korozije je nemoguće u potpunosti izbjeći jer je poznato da su sveprisutni. Iz toga je potrebno nositi se s korozijskim oštećenjima nadograđujući već poznata znanja i iskustva. Problemu korozije treba pristupiti jako ozbiljno i stručno jer se jedino tako mogu postići željeni rezultati u sprečavanju ove neželjene pojave. Nedovoljna tehnološka disciplina kod provođenja pripreme površine može rezultirati lošim zaštitnim svojstvima čak i pomno odabranog zaštitnog sredstva visokog cjenovnog razreda.

Zaštita od korozije organskim prevlakama najzastupljenija je i s njom se ljudi najviše susreću u životu. Konkretno misli se na tekuće premaze koji se svojom jednostavnošću već desetljećima nameću kao najčešće odabrano zaštitno sredstvo. Cijena i lakoća upotrebe samo su neke od njihovih prednosti.

Na temelju provedenih ispitivanja zaštite ugljičnog čelika epoksidnim premazima bez otapala utvrđeno je da isti imaju izvrsna svojstva prionjivosti i otpornosti na korozijske procese u različitim okolišnim uvjetima (atmosferama). Svi uzorci na kojima su vršena ispitivanja su pokazali iznimna svojstva prionjivosti i otpornosti na koroziju. Mjerenja su pokazala izvrsna svojstva premaza HEMPADUR 35560 koji po specifikacijama mora izdržati 5 – 15 godina uronjen u slatkoj vodi, bez pojave korozije. Iz ispitivanja se može zaključiti da će premaz biti dovoljno dobar za korištenje u filtrima za vodu za piće.

LITERATURA

[1] Ivan Esih, Zvonimir Dugi: Tehnologija zaštite od korozije II, FSB, Zagreb, 1992.

[2] Ivan Juraga, Vesna Alar, Ivan Stojanović: Korozija i zaštita premazima, FSB, Zagreb, 2014.

[3] Zvonko Gulišija, Časlav Lačnjevac: Korozija i zaštita materijala, ITNMS*IDK, Beograd, 2012.

[4] Ivan Esih: Osnove površinske zaštite, FSB, Zagreb, 2003.

[5] Ema Stupnišek Lisac: Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala, FKIT, Zagreb, 2007.

[6] Slobodna Nikolov: Industrija premaznih sredstava – ekologija i pravci razvoja, Zbornik radova, XIX Simpozijum o koroziji i zaštiti materijala s međunarodnim učešćem, TARA, Šabac, 2004.

[7] Nada Rački – Weihnacht: Boje i lakovi jučer danas sutra, Chromos boje i lakovi d.d., Zagreb, 2004.

[8] Jotun Paints: Coating manual – more than paint, Sandefjord, Norway, 2001.

[9] Louis. D. Vincent: The protective coating user' s handbook 2nd edition, NACE International, Houston, Texas, 2010.

[10] Dostupno na: https://www.bosch-do-it.de/media/media/diy/diymedia/199914/23909/23909_anwendungsbild/303634.png, 12.2.2016.

[11] Dostupno na: http://www.mr-integrated-services.com/images/Hydroblast.jpg, 12.2.2016.

[12] Dostupno na: http://www.timemachine.hr/wp-content/uploads/2015/10/Pjeskarenje-plovila.jpg, 12.2.2016.

[13] Dostupno na: www.pfst.unist.hr/uploads/KZMpredavanje_10.ppt, 12.2.2016.

[14] Dostupno na: http://tkojetko.irb.hr/documents/8305_1659.pdf, 14.2.2016.

[15] Hempel: Priručnik za bojenje, Umag, 2012.

[16] Dostupno na: http://www.dino-power.com/pic/1%20air%20spray%20guns/air%20spray%20guns%20kit/DP6308-HVLP-sprayguns-set.jpg, 14.2.2016.

[17] Hempel: Odabir odgovarajućeg sustava premaza – smjernice za zaštitu u skladu sa ISO 12944; www.hempel.hr, dostupno 12.2.2016.

[18] J. V. Koleske: Paint and coating testing manual: fourteenth edition of the Gardner-Sward handbook, American society for testing and materials, Philadelphia,1995.

[19] EPP rapid research, Rehabilitating Home Water Pipes with Epoxy Coatings,

Homeowner's Association (Anonymous Request), www.pprc.org, 2008.

[20] ASM handbook: Corrosion: Fundamentals, Testing and Protection, ASM International, Ohio, SAD, 2003.

[21] Robert F. Brady, Jr.: Restoration of drinking Water Piping with Nontoxic Epoxy Linings, part of: Proceedings of the Tri-Service Environmental Technology Workshop, "Enhancing Readiness Through Environmental Quality Technology", Hershey, 1996.

[22] Arhiva Katedre za zaštitu materijala, FSB, 2016.