

# Ispitivanje svojstava premaza na konzervatoru tipa C160780

---

**Matić, Denis**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:208503>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-20**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





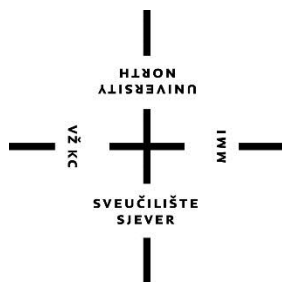
**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 237/PS/2017**

**Ispitivanje svojstava premaza na konzervatoru tipa  
C160780**

Denis Matić, 5607/601

Varaždin, listopad 2017. godine



**Sveučilište  
Sjever**

**Odjel za proizvodno strojarstvo**

*Završni rad br. 237/PS/2017*

**Ispitivanje svojstava premaza na konzervatoru tipa  
C160780**

**Student**

Denis Matić, 5607/601

**Mentor**

Veljko Kondić, mag.ing.mech

Varaždin, listopad 2017. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
PRISTUPNIK	Denis Matić	MATIČNI BROJ	5607/601
DATUM	05.10.2017.	KOLEGIJ	Mjerenja u proizvodnji
NASLOV RADA	Ispitivanje svojstava premaza na konzervatoru tipa C160780		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Coating properties testing on conservator C160780		
MENTOR	mag.ing.mech. Veljko Kondić	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Marko Horvat, dipl.ing., predavač		
	2. mag.ing.mech. Veljko Kondić, predavač		
	3. prof.dr.sc. Živko Kondić, redoviti profesor		
	4. prof.dr.sc. Vinko Višnjić, redoviti profesor		
	5. _____		

## Zadatak završnog rada

BROJ	237/PS/2017
OPIS	U Završnom radu je potrebno obraditi sljedeće točke: - korozija - premazi i njihova svojstva - predmet ispitivanja i zahtjevi kupca - ispitivanje premaza na konzervatoru tipa C160780 (mjerenje hrpavosti, ispitivanje debljine filma premaza, ispitivanje pronijivosti premaza) - analiza rezultata ispitivanja - zaključak - osvrt na temu Završnog rada

ZADATAK URUČEN

10. 10. 2017.



POTPIS MENTORA

*[Handwritten signature]*

# **PREDGOVOR**

Izjavljujem da sam završni rad „Ispitivanje svojstva premaza na konzervatoru C160780“ izradio samostalno uz stečena znanja tokom studija te korištenjem navedene literature.

Zahvaljujem se mentoru prof. mag.ing. mech Veljku Kondiću na uloženom vremenu te pomoći i usmjeravanju tokom izrade ovog rada.

Također se zahvaljujem i firmi Komet d.o.o. koja mi je omogućila izvedbu praktičnog djela ovog završnog rada te posebno kolegi Petru Posavcu koji mi je dao mnoštvo korisnih savjeta i naputaka.

I na kraju se zahvaljujem obitelji, prijateljima i svima onima koji su mi bili potpora tijekom studija i izrade ovog završnog rada.

## SAŽETAK

Ovaj završni rad opisuje proces nanošenja premaza na predmet te pojašnjuje mjerne metode kojima se cijeli proces mjeri i kontrolira.

Završni rad sastoji se od:

- Teorijskog djela
- Praktičnog djela.

U teorijskom djelu opisane su definicije i podjela korozije, metode ispitivanja korozije, te navedeni neki postupci kako se najbolje zaštititi od korozije. Fokus je naravno bio na zaštiti od korozije sa nanošenjem organskih tvari ili prevlaka. Definirano je što su to premazi, navedena svojstva premaza te komponente premaza. Način nanošenja premaza na površinu. Procesni potrebni za obradu površine prije nanošenja premaza te metode mjerenja premaza. Spomenuto je i što je to hrapavost i kako se mjeri te kojim operacijama se dobivaju željene hrapavosti.

U praktičnom djelu opisan je cijeli postupak nanošenja premaza na konzervator te kako se mjeri određeni sloj. Iz realnog primjera iz prakse predstavljeni su zahtjevi kupca za debljinu premaza. Nakon dobivenih rezultata mjerenjima, usporednom metodom su uspoređeni rezultati da se dobije uvid da li rezultati zadovoljavaju zahtjeve kupca.

Ključne riječi: korozija, premazi, hrapavost, mjerenje, površina, ispitivanje, mjerni uređaj, Elcometer 456, komparator

## **ABSTRACT**

This B.A. thesis describes the coating process and explains the measuring methods that are used to measure and control the entire process.

The thesis consists of:

- Theoretical part
- Practital part

In the theoretical part, the definitions and the divisions of corrosion are described. Some strategies on how to best prevent corrosion are mentioned. Of course, the focus is on the corrosion prevention by coating with organic substances. It defines what coating are and mentions their features and components. Methods of coating. Processes needed to preapre the surface before coating and the methods for measuring the coating. It also mentions what surface roughness is and how it is measured, as well as which methods are used to get the roughness needed.

Practical part describes the entire coating process of conservator and how to measure a specific layer. A practical, realistic example shows the customers demands for the thickness of coating layer. After the analysis of given measuring results, by comparing the results we got the idea of whether the results satisfy the customers.

Key words: corrosion, coatings, roughness, measurement, surface, examination, measuring device, Elcometer 456, comparator

## **KORIŠTENE KRATICE**

ISO - International Organization for Standardization

°C – celzijev stupanj

μm – mikrometar

Mpa – megapaskal

mm- milimetar

HRN – hrvatska norma

EN- European standard



# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	10
2.	OPĆENITO O KOROZIJI .....	11
2.1	Klasifikacija procesa korozije .....	13
2.2	Podjela korozije .....	14
2.2.1	Kemijska korozija.....	14
2.2.2	Elektrokemijska korozija.....	15
2.3	Zaštita konstrukcijskih materijala i objekata od korozije .....	15
2.3.1	Izbor materijala i konstrukcijske mjere .....	15
2.3.2	Elektrokemijske metode zaštite .....	16
2.3.3	Zaštita prevlakama i premazima .....	17
3.	PREMAZI .....	19
3.1	Komponente premaza .....	19
3.2	Sustav premaza .....	21
3.3	Klasifikacija premaza .....	22
3.4	Operacija obrade površine prije nanošenja premaza .....	23
3.4	Postupci nanošenja premaza .....	27
4.	SVOJSTVA PREMAZA .....	30
4.1	Hrapavost površine .....	30
4.1.1	Metode mjerenje hrapavosti .....	31
4.2	Debljina filma premaza .....	32
4.2.1	Metode mjerenje debljine mokrog filma premaza.....	33
4.2.2	Metode mjerenja debljine suhog filma premaza.....	33
4.3	Prionjivost premaza .....	34
5.	PRAKTIČNI DIO.....	36
5.1	O poduzeću i predmetu ispitivanja .....	36
5.2	Zahtjevi kupca uz premaz konzervatora C160780 .....	37
5.2.1	Zahtjev za hrapavost površine .....	38
5.2.2	Zahtjev za debljinu temeljnog sloja premaza .....	38

5.2.3	Zahtjev za debljinu međusloja premaza .....	38
5.2.4	Zahtjev za debljinu završnog sloja premaza .....	38
5.2.5	Kvaliteta korozivnosti .....	39
5.3	Ispitivanja premaza na konzervatoru C160780 .....	39
5.3.1	Ispitivanje debljine temeljnog sloja premaza .....	39
5.3.2	Ispitivanje debljine međusloja premaza .....	40
5.3.3	Ispitivanje debljine završnog sloja premaza .....	41
5.3.4	Ispitivanje prionjivosti premaza .....	42
5.4	Analiza rezultata ispitivanja .....	43
5.4.1	Analiza rezultata ispitivanja hrapavosti površine .....	43
5.4.2	Analiza rezultata ispitivanja debljine suhog filma premaza temeljne boje .....	44
5.4.3	Analiza rezultata ispitivanja debljine suhog filma premaza međusloja i završnog sloja.....	44
6.	ZAKLJUČAK .....	46
7.	LITERATURA .....	48
	POPIS SLIKA .....	49
	POPIS TABLICA.....	50

# 1. UVOD

Govoreći o zaštiti čeličnih konstrukcija od utjecaja korozije, zaštita organskim prevlakama najrašireniji je način zaštite od korozije. 75% svih metalnih površina se zaštićuju na taj način. Zaštita organskim prevlakama može biti:

- plastifikacijom,
- gumiranjem,
- bitumenizacijom,
- konzervacija mastima i uljima te
- premazivanje organskim premazima.

Od navedenih postupaka, zaštita nanošenjem premaza na čelične konstrukcije je najrašireniji način zaštite. Sama cijena premaza (koja je relativno niska u usporedbi sa ostalim metodama zaštite od korozije) jedan je od glavnih razloga za posezanjem te metode.

U ovom radu opisan je postupak nanošenja premaza na konkretnom primjeru iz prakse. Također opisane su metode ispitivanja svakog sloja premaza zasebno nakon nanošenja na konzervator, priprema površine prije nanošenja premaza te usporednom metodom dobiveni rezultati uspoređeni sa zahtjevima kupca.

Kako bi kupac bio siguran da zahtjevi koje je on postavio budu ispunjeni, potrebno je tijekom svake operacije provoditi mjerenja. Potrebne su sljedeće kontrole: kontrola hrapavosti površine, mjerenja temeljnog sloja, međusloja i završnog sloja te ostali zahtjevi koji nisu uključeni u ovaj rad.

Pravovremene kontrole svakog od tih postupaka rezultiraju pravovremenim saniranjem grešaka ako ih ima što je bitno za ispoštovanje roka isporuke. Saniranjem grešaka na mjestu tijekom svakog postupka sprječava možebitno kašnjenje (penali) ili ako se ne uoče na vrijeme, kvalitetu proizvoda.

## 2. OPĆENITO O KOROZIJI

Korozija je proces nenamjernog razaranja materijala koji nastaje pod kemijskim, mehaničkim i biološkim djelovanjem okoliša. S termodinamičkog stajališta, to je prijelaz materijala u stabilnije stanje. U tom procesu kao reaktanti sudjeluju konstrukcijski materijal odnosno barem jedna njegova faza i barem jedna komponenta okoline koja je najčešće u tekućem stanju. Korozija je bitan čimbenik u svakoj proizvodnji te na taj proces treba obratiti pažnju jer štete do kojih dolazi zbog djelovanja korozije mogu biti direktne (posljedica korozijskih oštećenja na pojedinim postrojenjima) ili indirektne (nedostatak pojedinih proizvoda ili energije uzrokovanog prekidom proizvodnje do kojeg su dovele direktne štete). Korozija smanjuje upotrebnu vrijednost metala, smanjuje vijek trajanja konstrukcija, uzročnik je gubitaka u proizvodnji, do sada je izazvala i mnoge ekološke katastrofe u obliku havarija tankera što je rezultiralo zagađenjem okoliša. Kada se govori o koroziji, rijetko kada se spominje materijal, uobičajeno se misli na koroziju metala. A koridirati mogu i drugi materijali kao što su beton, keramika, staklo i ostali polimerni materijali. U današnje vrijeme vidimo sve više metalo-prerađivačkih postrojenja te se samim time sve više podiže svijest o kontroli i saniranju tog procesa što je više moguće.[1]

Produljivanje vijeka trajanja konstrukcijskog materijala, te tehnoloških procesa, postiže se slijedećim postupcima:

- analizom konstrukcijskih mjera,
- izborom materijala,
- izgradnjom različitih sustava zaštite od korozije te
- održavanjem tih sustava zaštite od korozije.

Sve postupke treba provesti tako da su zadovoljavaju neke uvjete:

- tehnološke,
- ekonomske te
- ekološke uvjete.[2]

Da bi u budućnosti utvrdili korozijska svojstva materijala, znali bolje izabrati konstrukcijski materijal te razvijali bolje metode zaštite od korozije potrebni su nam podaci koji ćemo dobiti korozijskim ispitivanjima.

Metode korozijskih ispitivanja mogu se svrstati u:

- vizualne,
- mikroskopske,
- optičke,
- praćenje promjena količina tvari što sudjeluju u korozijskom procesu,
- praćenje promjena dimenzija uzorka,
- praćenje promjena u okolišu,
- praćenje promjena mehaničkih svojstava,
- elektrokemijske,
- ispitivanja suho-mokro,
- ispitivanja uz kretanje (rotiranje) uzorka odnosno kretanje medija,
- ispitivanja otpornosti na zamor,
- ispitivanja u stvarnim uvjetima u tlu, moru i atmosferi,
- ispitivanja u uvjetima primjene, poluindustrijskim i industrijskim.[1]



*Slika 1. Pukotina nastala djelovanjem korozije na ugljičnom čeliku [13]*

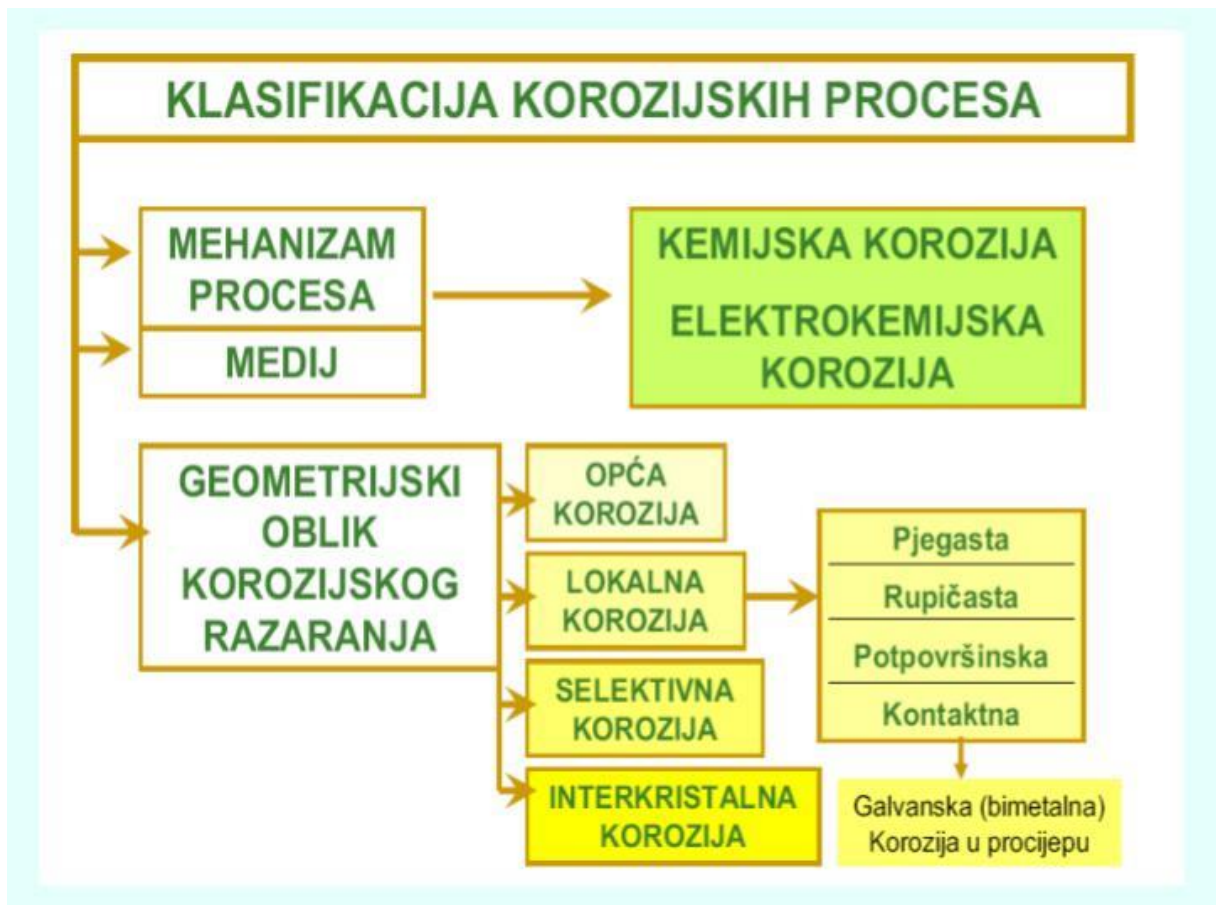
## 2.1 Klasifikacija procesa korozije

Spomenuli smo da osim metala korodiraju i nemetalni konstrukcijski materijali, klasifikacija procesa korozije je temeljna podjela na koroziju metala i koroziju nemetala.

Procesi korozije klasificiraju se prema:

- mehanizmu procesa,
- mediju u kojem se nalazi konstrukcijski materijal,
- materijalu koji korodira,
- industrijskoj grani ili vrsti postrojenja,
- odnosu između korozije i drugih štetnih procesa,
- geometrijskom obliku korozijskog razaranja.[5]

Klasifikacija korozijskih procesa prikazana je slikom 2.



Slika 2. Klasifikacija korozijskih procesa (5)

## 2.2 Podjela korozije

Korozija o ovisnosti o agresivnom mediju može biti:

- atmosferska,
- u tlu, uzrokovana vodom, tlom i mineralnim tvarima iz tla,
- u vodi i vodenim otopinama.

U odnosu na eksploatijske uvjete pojavljuje se:

- korozija zbog mehaničkog naprezanja, vibracija i korozijskog zamora,
- korozija nastala pod utjecajem lutajućih struja.

U odnosu na mehanizam procesa:

- kemijska korozija,
- elektrokemijska korozija.

U odnosu na geometrijski oblik korozijskog razaranja:

- opća korozija,
- lokalna korozija :
  - pjegasta korozija,
  - rupčasta korozija,
  - površinska korozija,
  - kontaktna korozija koja se dijeli na galvansku koroziju i koroziju u procjepu.
- selektivna korozija,
- interkristalna korozija.[3]

### 2.2.1 Kemijska korozija

Kemijska korozija metala zbiva se u neelektrolitima, odnosno u medijima koji ne provode električnu struju, pri čemu nastaju spojevi metala s nemetalnim elementima, najčešće su to oksidi nastali procesom oksidacije. Ako nije uspostavljeno stanje ravnoteže tada, zavisno od odnosa ravnotežnog i stvarnog tlaka, proces korozije napreduje ili dolazi do raspada oksida. Kod kemijske korozije najotporniji metali su visokolegirani čelici kromom i aluminijem a najlošiji su magnezij i njegove slitine. [2]

## 2.2.2 Elektrokemijska korozija

Elektrokemijsku koroziju uzrokuje djelovanje korozijskih galvanskih članaka nastalih na površini metala izloženoj elektrolitu. Neplemenitiji dijelovi površine pritom su anode, na kojima se metal troši ionizacijom, otapanjem u elektrolitu uz istodobno oslobađanje viška elektrona (elektrokemijska oksidacija), koji kroz metal putuju prema plemenitijim dijelovima površine, katodama, gdje se vežu s oksidansima (takozvanim depolarizatorima) iz okoline (elektrokemijska redukcija). U vodenim elektrolitima najčešći su oksidansi otopljeni kisik i vodikovi kationi. Na te primarne reakcije na elektrodama korozijskoga članka obično se nadovezuju sekundarne reakcije, koje često daju čvrste produkte, među kojima je najpoznatija hrđa, smjesa hidratiranih željeznih oksida. Neki čvrsti produkti (na primjer patina na bakru i njegovim slitinama), za razliku od hrđe, koče koroziju.[2]

## 2.3 Zaštita konstrukcijskih materijala i objekata od korozije

Metodama zaštite od korozije obično se istodobno koče ili sprečavaju pojave različitih vrsta i oblika korozijskih razaranja. Zaštita materijala od korozije provodi se: izborom materijala, elektrokemijskim metodama zaštite (anodna, katodna zaštita), zaštita prevlakama i premazima. [3]

### 2.3.1 Izbor materijala i konstrukcijske mjere

Bitno je poznavanje svojstava konstrukcijskog materijala za pravilno projektiranje, pri tome se mora voditi računa ne samo o ekonomskim faktorima, već i o mehaničkim svojstvima materijala i korozivnim svojstvima. Do smanjenja svojstava uvijek dolazi, ali kod projektiranja trebaju se koristiti materijali i konstrukcijska rješenja kojima će se osigurati njihova tehnološka upotrebljivost i ekonomska opravdanost.[2]

Podjela materijala otpornih na koroziju u grupe prikazni su slikom 3.



Grupa A	Grupa B	Grupa C
ugljični čelici	inox 347 ili 321	titan-srebro
inox 304(18-8)	inox 430 (16 Cr)	tantal
inox 410(12 Cr)	inox (27 Cr)	zlat
inox 317(16-13-3)	hasteloid B	platina
legura bakar-nikal	bakar	organske prevlake
silicijska bronca	olovo	porculan
aluminijaska bronca	inconel	grafit
monel	nikal	ugljik
sivi liv	polivinil-klorid	silicijski liv 14%
aluminij 3S	kaučuk	jako legirani nerđajući čelici

Slika 3. Materijali otporni na koroziju [4]

Grupu A sačinjavaju jeftini materijali koji se lako dobiju na tržištu i lako ih je obrađivati.

Grupu B sačinjavaju materijali koji su skuplji i teže se obrađuju a nalaze se na tržištu.

Grupu C sačinjavaju materijali koji su skupi i jako rijetki te ih se teško obrađuje.[9]

### 2.3.2 Elektrokemijske metode zaštite

Elektrokemijskim metodama zaštite metal se održava ili u pasivnom stanju ili u imunom stanju (pri potencijalima nižim od ravnotežnih) kada ne korodira ili korodira, s tehnološkog stajališta prihvatljivom brzinom.

Ovisno o tome koju elektrodu predstavlja metal koji se zaštićuje razlikujemo anodnu i katodnu zaštitu.

- A) Katodna zaštita bazira se na činjenici da metal uključen u strujni krug kao katoda ne korodira. Katodna se zaštita postiže na dva načina. Električnim spajanjem metala s nekim neplemenitim metalom pri čemu nastane galvanski članak u kome je zaštićeni predmet katoda, a neplemeniti metal anoda. Metal se uključi kao katoda u krug struje iz vanjskog izvora, odnosno spoji se sa negativnim polom, dok se sa pozitivnim polom spaja pomoćna anoda.
- B) Anodna zaštita ostvaruje se spajanjem metalnih konstrukcija s pozitivnim polom izvora istosmjerne struje ili metalom čiji je elektrokemijski potencijal pozitivniji (platina, grafit) od potencijala metala koji se zaštićuje. [3]

### 2.3.3 Zaštita prevlakama i premazima

Prevlakama i premazima razdvaja se konstrukcijski materijal od agresivnog djelovanja okoliša. Najčešća vrsta zaštitnih prevlaka su organske prevlake. 75% svih metalnih zaštićenih površina zaštićuje se na taj način. Tu spadaju:

- plastifikacija,
- gumiranje,
- bitumenizacija
- konzervacija mastima i uljima,
- premazivanje organskim premazima.[1]

Organski premazi su najzastupljeniji način zaštite i nanose se na metalne površine u više slojeva koji čine sustav premaza.

Pasivna uloga premaza u koju spadaju (pigmenti i veziva) jest da odvajaju površine od utjecaja okoline. [1]

Aktivna uloga premaza:

- pasivizirajuće (stvaranje dodatnog pasivnog filma – oksida),
- inhibitorско (stvaranje inhibitora korozije reakcijom između pigmenta i veziva ili okoline),
- neutralizirajuće (pigment, neutralizira kiseline),
- katodno (sprečavanje galvanskih struja – propada premaz a ne površina).[10]

Osnovne značajke zaštite korozije premazima prikazane su na slici 4.



Slika 4. Zaštita metala od korozije organskim premazima [4]

Zaštita metala organskim premazima nije primjenjiva za složenije sklopove kao niti za povišene temperature jer mijenja dimenzija izratka zbog debljine nanesenih slojeva premaza te se trenjem lako može oštetiti. [3]

### **3. PREMAZI**

Organske se prevlake koriste radi povećanja korozijske otpornosti, zatim otpornosti na trošenje abrazijom i trenjem te za dekorativne svrhe. Prije provođenja postupka, nužna je odgovarajuća priprema površine da se poboljša adhezija i korozijska otpornost.

Primarna funkcija organskih prevlaka je da djeluju kao barijera između obrađenog predmeta i okružujuće sredine. Bitno je da dobivene prevlake osiguraju otpornost na transport iona, vode, kisika i naboja kroz zaštitni film supstrata. U slučaju da se i pojavi fizičko oštećenje prevlake važno je da ona ima značajke tzv. samozacjeljivanja. To se postiže prisutnošću inhibitora koji imaju sposobnost smanjivanja korozijskog procesa. Radi postizanja optimalne otpornosti na koroziju i trošenje nužno je korištenje višestrukih slojeva organskih prevlaka.[1]

Osnovni cilj bojenja i lakiranja, odnosno zaštite premazima metalnih površina je istodobno dobivanje korozijske zaštite i dekorativnosti. Na taj se način najčešće zaštićuju metalni materijali, posebice čelik, od atmosferske korozije. Ukupni zaštitni sloj se sastoji od temeljnog i završnog sloja.[1]

Za temeljni je premaz bitno da prijanja na osnovni metal, posjeduje antikorozijsko djelovanje i da je kompatibilan s pokrivnim premazom. Završni sloj treba biti korozijski stabilan, otporan na djelovanje ultraljubičastog svjetla, elastičan, tvrd, nepropustan te treba zadovoljiti i estetske kriterije. Boje i lakovi su organske tekuće tvari koje nakon sušenja na metalnoj površini stvaraju čvrsti zaštitni sloj.[1]

#### **3.1 Komponente premaza**

Prvo treba definirati razliku između boje i premaza. Premaz je općenitiji opis materijala koji je primjenjen na podlogu stvorio „suhi“ film. Izraz boja tradicionalno se koristi u ovom području za opis pigmentnih materijala kao drugačijih od bezbojnih filmova koje nazivamo lakovi.

Svaka boja ili premazno sredstvo je kompleksna multikomponentna smjesa koja se sastoji od sljedećih komponenti:

- veziva,
- pigmenti,
- aditiva,

- otapala.[1]

Svaka od navedenih komponenti premaza ima svoju ulogu u gotovom premazu i određuje konačnu kvalitetu i primjenu premaza.

Te će se u nastavku teksta svaka od komponenti pojasniti.

*Veziva* (razne smjese na temelju sušivih ulja, poliplasta, prirodne i umjetne smole) također su organske tvari (tekućem ili praškastom stanju) koje povezuju sve komponente premaznog sredstva. Nakon sušenja veziva stvaraju tvrdi zaštitni sloj.[1]

Različitom kombinacijom veziva u određenom premaznom sredstvu dobivaju se željena svojstva premaza. Prema načinu sušenja, tj. stvaranju filma, veziva se mogu sušiti fizikalno i kemijski (oksidacija, polikondenzacija itd.). Stvaranje filma fizikalnim sušenjem je posljedica isključivo isparavanja otapala. Oksidacijsko sušenje temelji na reakciji atmosferskog kisika s uljem (nezasićene masne kiseline) iz veziva. Kondenzacijskom polimerizacijom stvaraju se filmovi kiselo otvrdnjavajućih lakova.[1]

Podjela veziva prema sušenju:

- fizikalno sušenje,
- kemijsko sušenje
  - oksidacijom,
  - poliadicijom,
  - polikondenzacijom.[1]

*Pigmenti* (netopljivi anorganski oksidi, hidrooksidi i soli) mogu biti dekorativni i dekorativno-antikorozijski. Oni selektivno apsorbiraju i reflektiraju svjetlost, dajući premazima određeno obojenje. Pigmenti su tvari najčešće anorganskog porijekla (prirodne ili umjetne praškaste tvari), koje zaštitnom sloju daju boju i kvalitetu (povećavaju mehanička i zaštitna svojstva premaza, kemijska i toplinska postojanost i poboljšanje refleksije svjetlosti). Uloga pigmenta je i da premaz učine neprozirnim. Pigmenti (najčešće sadrže olovne i cinkove soli) mogu na zaštitna svojstva sloja djelovati pasivirajuće (stvaraju pasivni oksidni sloj), inhibitori (koče anodni dio korozijske reakcije), neutralizirajuće (lužnata svojstva pigmenta neutraliziraju kiselinu iz okoliša) i kao katodna zaštita (metalni pigmenti negativnijega elektrodnog potencijala od potencijala metala koji se štiti).[1]

*Otapala* (razrjeđivači) se koriste za postizanje potrebne viskoznosti zaštitnog sredstva radi lakšeg nanošenja na metalnu površinu. To su organske smjese kapljevina (najčešće aromatski i alifatski ugljikovodici: toulen, ksilen, benzini kao i jeftini alkoholi) u kojima se vezivo otapa, ali bez kemijskih promjena. Otapala mogu biti ugljikovodici (alifatski, aromatski) te derivati ugljikovodika s kisikom (alkoholi, esteri, ketoni, glikoli).[1]

*Aditivi* se dodaju premaznim sredstvima u malim udjelima (manje od 5% mas.%) s ciljem ubrzavanja oksidativne polimerizacije, umrežavanja (organski peroksidi), omekšanja veziva (povećavaju žilavost premaza) i inhibiranja korozije (soli organskih baza, tj. amina). Ostali aditivi su organska bojila topljiva u vezivu (za prozirne premaze), fungicidi (protiv pljenivosti), površinski aktivne tvari (za kvašenje podloge itd.)[1]

### **3.2 Sustav premaza**

Kod višeslojnog sustava premazi se prema namjeni dijele na:

- temeljne premaze,
- međupremaze,
- završne premaze.

S obzirom na redoslijed nanošenja, prvo se koriste temeljni premazi i oni se nanose izravno na metalnu površinu, pokrivni premazi u koje spadaju međupremazi i završni premazi nanose se na temeljne sloj te ga štite i daju ljepši izgled predmeta.

Nanesena prevlaka od temeljnog i pokrivnog premaza mora imati sljedeća svojstva, mora biti:

- nepropusna,
- tvrda,
- elastična,
- kemijski otporna,
- adhezivna

te je nužno da ima izolacijska svojstva prema električnoj struji.

Nanošenje boja i lakova najčešće se provodi višeslojno nakon potpunoga ili djelomičnog sušenja prethodnog sloja. Za dobru kvalitetu premaza potrebna je kompatibilnost komponenti (veziva, razrjeđivača, pigmenata itd.). Tehnologija nanošenja premaza obuhvaća pripremu

površine (čišćenje i kondicioniranje stanja površine), samo nanošenje boja i lakova te završnu obradbu (sušenje/otvrdnjavanje premaza).[1]

Priprema površine prije bojanja i lakiranja je uobičajena (odmašćivanje, dekapiranje, ručno ili strojno brušenje, hidrodinamičko čišćenje ili vodeno pjeskarenje). Detaljnije ćemo pripremu površine prije nanošenja premaza objasniti tokom rada.[1]

### 3.3 Klasifikacija premaza

Razvrstavanje premaza može se provesti prema nekim osnovnim različitim kriterijima:

- broju komponenata,
- trajnosti,
- načinu sušenja,
- generičkim tipovima.

Prema broju komponenti premazi mogu biti jednokomponentni (1K) ili dvokomponentni (2K).

Prema normi ISO 12944-5, zavisno od trajnosti zaštite premazi mogu biti:

- kratkotrajni (do 5 godina),
- srednje trajni (od 5 – 10 godina),
- dugotrajni (od 10 – 20 godina).[4]

Obzirom na način očvršćivanja (sušenja premaza), možemo ih podijeliti na konvertibilne i nekonvertibilne.

Konvertibilni premazi su premazi koji se očvršćuju oksidacijom ili polimerizacijom. Oba su načina nepovrativa jer je nastali sloj umrežen i netopljiv u originalnom otapalu.[5]

Nekonvertibilni premazi su premazi koji se suše isparavanjem otapala i koji nakon nanošenja ne prolaze kroz neke znatnije kemijske promjene.[5]

Zaštitni premazi se dijele na slijedeće generičke tipove:

- premazi koji se suše fizikalnim procesom i oksidacijom,
- premazi koji se suše fizikalnim procesom i
- premazi koji se očvršćuju kemijskom reakcijom.

*Premazi koji se suše na zraku* su premazi koji otvrdnjuju isparavanjem otapala i reakcijom s kisikom iz zraka. To su npr. premazi čija su veziva alkidi, uretan – alkidi, epoksidesteri i njihove modifikacije. Vrijeme sušenja ovisi o temperaturi. Proces se odvija pri temperaturama višim od 0°C.

*Premazi koji se suše fizikalnim procesom* isparavanja sadrže organsko otapalo ili vodu. Premazi na osnovi organskog otapala su premazi koji očvršćuju hlapljenjem otapala. Proces je povrativ, odnosno suhi sloj ostaje uvijek topljiv u svome otapalu. U ovoj su skupini npr. premazi čija su veziva klorkaučuk, kopolimeri polivinil klorida, akrili i modificirani akrili, ugljikovodične smole i bitumen. Ovaj tip ima odličnu prionjivost između slojeva i ne zahtijeva nikakvu dodatnu obradu površine prethodnog sloja prije nanošenja slijedećeg. Vrijeme sušenja ovisi o temperaturi, i može se odvijati pri temperaturama višim od -10°C.[2]

Premazi koji se očvršćuju kemijskom reakcijom su premazi koji se općenito sastoje od osnovne komponente i očvršćivača (2K). Premaz očvršćuje isparavanjem otapala i kemijskom reakcijom između osnove i očvršćivača. Ova grupa premaza obuhvaća 2K epoksidne i 2K poliuretanske premaze. Kod 2K epoksidnih premaza reakcija otvrdnjavanja odvija se pri temperaturama višim od +5°C dok se kod poliuretanskih premaza reakcija otvrdnjavanja odvija pri temperaturama višim od -10°C.[2]

### **3.4 Operacija obrade površine prije nanošenja premaza**

Priprema površine prije bojanja i lakiranja je uobičajena, neke operacije obrade površine prije nanošenja premaza su:

- odmašćivanje,
- dekapiranje,
- mehaničko čišćenje,
- hidrodinamičko čišćenje ili vodeno pjeskarenje,
- čišćenje mlazom abraziva,

a metali se mogu tanko fosfatirati, odnosno kromatirati.[6]

Pripremom površine je nužno postići i optimalnu hrapavost površine (prionjivost je slaba na potpuno glatkoj površini, a prevelika hrapavost otežava popunjavanje udubina i prekrivanje izbočina temeljnim premazom).

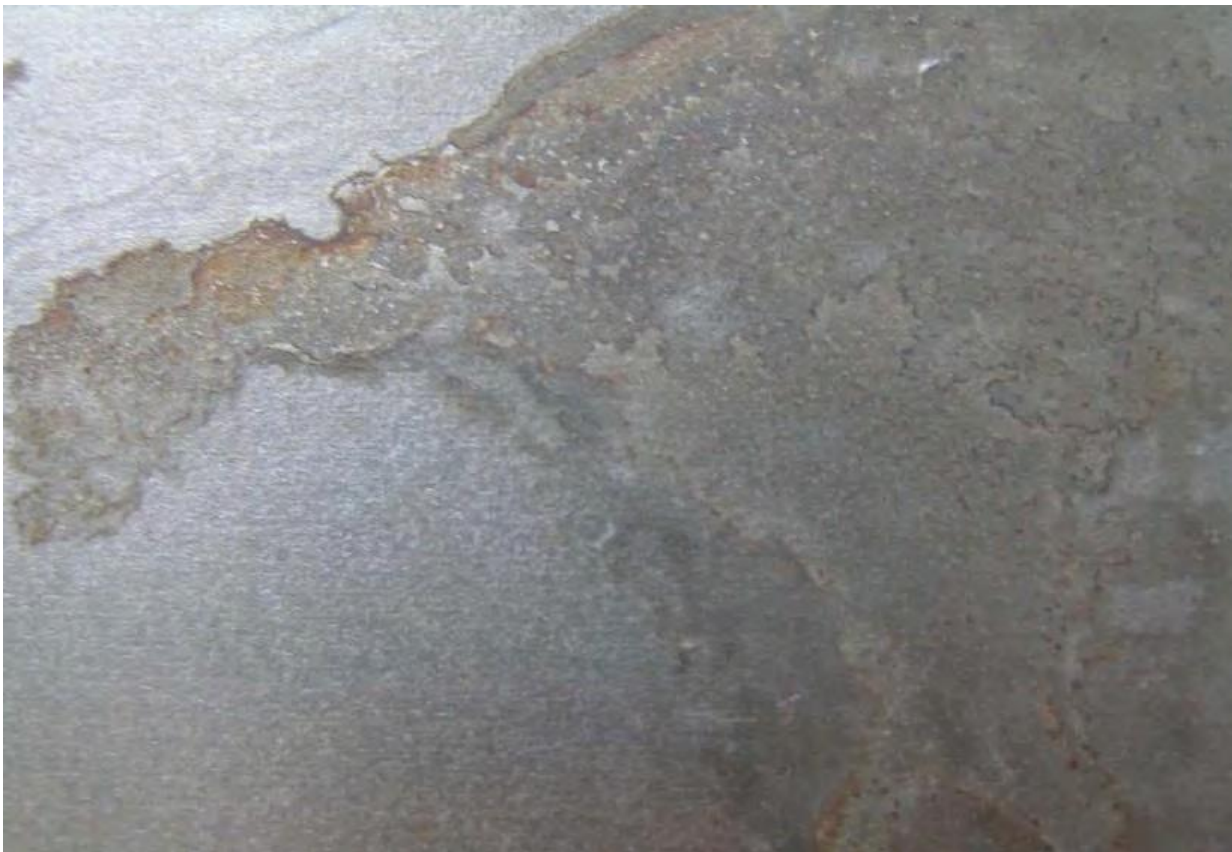


*Odmašćivanje* je skidanje ulja, masti i drugih nečistoća s površina. Provodi se parama organskih otapala, uranjanjem u organska otapala ili ručnim pranjem s komadima čiste tkanine natopljene otapalom.

*Dekapiranje* ili *nagrivanje* je kemijsko-tehnološka operacija pri kojoj se metalni predmeti uranjaju u tekućine kako bi se očistili od oksidnih slojeva nastalih korozijom (hrđa) ili pri valjanju (okujina). Kao sredstva za nagrivanje metala upotrebljavaju se uglavnom solna i sumporna kiselina različitih koncentracija, zatim fosforna, fluorovodična i druge kiseline. Kako bi se spriječilo prekomjerno otapanje metalne površine, kupeljima za močenje dodaju se zaštitna sredstva (inhibitori). [6]

*Mehaničko čišćenje* se može obaviti četkanjem i struganjem, brušenjem, poliranjem i mlazom abraziva.

Slikom 5. Prikazana je površina čeličnog lima prije mehaničkog čišćenja.



*Slika 5. Početna neobrađena korozija dekapiranog čeličnog lima*

Slikom 6 prikazani je mehanički očišćeni čelični lim.



*Slika 6. Mehanički očišćeni dekapirani čelični lim*

*Hidrodinamičko čišćenje ili vodeno pjeskarenje* operacija kod koje voda (hladna ili topla) pod velikom tlakom udara u obrađivanu površinu i uklanja naslage korozivskih produkata, staru boju, kamenac, produkte oksidacije itd. [6]

Niskotlačno pranje čistom vodom prema NACE - LPWC (Low pressure water cleaning < 350 bar).

Visokotlačno pranje čistom vodom prema NACE - HPWC (High pressure water cleaning 350 – 700 bar).

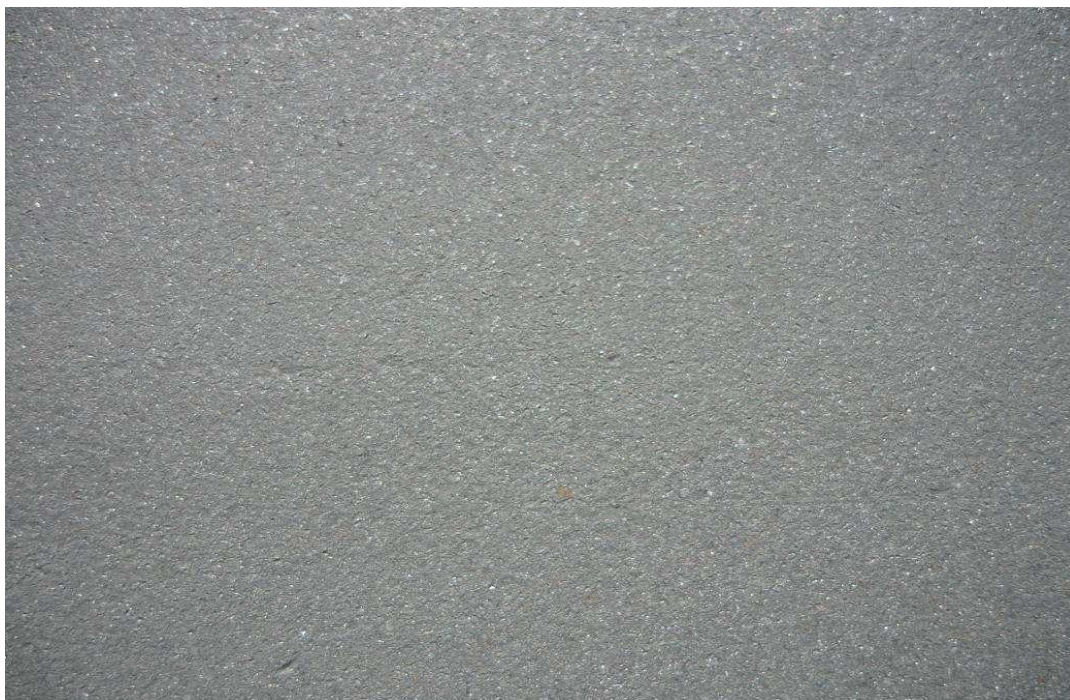




*Slika 7. Vodeno pjeskarenje vanjske površine broda*

Čišćenje mlazom abraziva je detaljno čišćenje površine mlazom abraziva ( pijesak ili sačma ) pod pritiskom. Te operacije se nazivaju „sačmarenje“ i „pjeskarenje“. Površina mora biti potpuno očišćena od ulja, masnoća, okujine (cunder), korozije, premaza i ostalih nečistoća te mora imati jednoličan hrapavi srebrnkasti izgled. Pri pripremi površine mlazom abraziva (za suhi postupak veličina čestica je 0.2 - 0.3 mm, a za mokri je minimalno 3  $\mu\text{m}$ ) ne dolazi samo do čišćenja, nego i do promjene hrapavosti obrađivanog predmeta. Za tu se namjenu koriste čestice kremenog pijeska, zrnca koruda, karbida silicija, bora, volframa itd.[6]

Obrada mlazom čestica može biti pneumatska (sa stlačenim zrakom, pod tlakom 0.3 – 0.7 Mpa) suhim ili mokrim postupkom, centrifugalnim (sredstva se raspršuju u kotaču s lopaticom koji rotira brzinom 60 – 80 m/s) i hidraulički (sredstva za obradu se uvode u brzu struju vode). Slikom 8. prikazana je površina pjeskarenog čelika.



*Slika 8. Pjeskareni čelik*



*Slika 9. Sačmareni čelik*

### **3.4 Postupci nanošenja premaza**

Boje i lakovi se nanose:

- četkama,
- lopaticama,
- valjcima,
- prskanjem,
- uranjanjem,
- prelijavanjem i
- elektroforezom.

*Nanošenje valjcima* (od vune ili drugih vlakana) je prikladno za prevlačenje limenih ploča i traka, a dobiveni sloj je glađi i ravnomjerniji nego četkanjem. Može se ličiti i strojevima s nekoliko metaljnih valjaka, posebice u proizvodnji limene ambalaže. (slika 10.)[7]





*Slika 10. Nanošenje premaza valjcima*

Nanošenje boja i lakova *prskanjem* izvodi se stlačenim zrakom (pištoljima u koje se uvodi zrak pod tlakom 0.12 – 0.5 Mpa), nezračnim i elektrostatičkim postupkom. [7]

Zračno prskanje može biti na hladno (viskoznost premaza je potrebno smanjiti dodatkom razrjeđivača) i na vruće (35 – 80 °C). Premazno se sredstvo usisava iz spremnika. Postupak prskanja se provodi u kabinama s ventilacijom i vodenom zavjesom. Osnovna je prednost visoka produktivnost, ravnomjerna debljina i estetski dojam prevlake. (slika 11.)[8]

Postupak nezračnog prskanja se provodi pneumatski (mlaz premaza nastaje u pištolju bez miješanja sa zrakom, a pneumatski se potiskuje samo zrakom ili nekim drugim plinom) i hidraulički (potiskivanje hidrauličkom pumpom za boju i lak). Vrijednost tlaka je 1 – 30 Mpa. Dobivene prevlake su deblje, a ovim se postupkom nanošenja izbjegavaju drugi nedostaci zračnog prskanja. (posebice ako se premaz grije).[7]



*Slika 11. Nanošenje premaza prskanjem [15]*

## 4. SVOJSTVA PREMAZA

Osnovni zadatak nanošenja premaza na obrađene površine je odvajanje površine od okoliša. Da bi to uspješno zadovoljili, premazi moraju poštivati neke kriterije i zadovoljavati neka svojstva, osnovna svojstva premaza bi bila:

- odvajanje materijala i okoliša,
- vodonepropusnost,
- sigurna uporaba,
- prionjivost,
- ekološka prihvatljivost,
- osiguravanje električne izolacija materijala,
- otpornost na abraziju, udar ili naprezanju u tlu,
- ne smije otpuštati korozijske produkte prilikom razgradnje.[7]

Kako bi premaz zadovoljio svojstva, prije samog nanošenja moraju se zadovoljiti neki kriteriji što smo ranije spomenuli:

- zadovoljena hrapavost površine operacijama obrade materijala,
- zadovoljavajuća viskoznost boje,
- debljina filma podređena zahtjevima kupca,
- prionjivost premaza za površinu.[8]

Navedene kriterije tokom procesa potrebno je kontrolirati i mjeriti kako bi zadovoljavali zahtjeve kupca.

### 4.1 Hrapavost površine

Pripremom površine je nužno postići i optimalnu hrapavost, na potpuno glatkoj površini prionjivost premaza je slaba a kod prevelike hrapavosti, otežavajuće je popunjavanje udubina i prekrivanje izbočina temeljnim premazom.

#### 4.1.1 Metode mjerenje hrapavosti

Hrapavost površina može se mjeriti na osnovu nekoliko metoda:

- kontaktnim metodama,
- tehnikama uspoređivanja,
- bez kontaktnim metodama.[9]

*Kontaktne* mjerni instrumenti dodiruju površinu profila u točkama čiji položaj se registrira. Profil se dodiruje pomoću ticala koje predstavlja jedini dio instrumenta koji je u kontaktu sa mjernim komadom, odnosno koji ga mjeri. Važno je da su dimenzije i oblik ticala izabrani na odgovarajući način kako bi se izbjegli negativni utjecaji na rezultate mjerenja. Ticalo utječe na rezultat mjerenja na nekoliko načina:

- ticalo većeg promjera vrha ne prodire u udubljenja i ne mjeri njihovu visinu, pa se mora izabrati ticalo odgovarajućeg promjera,
- kada sferno ticalo prelazi preko uzvišenja na površini ono je u kontaktu sa vrhovima i efekt je ukrućivanje vrhova uzvišenja i kada ne može mjeriti udubljenja koja su iskrivljena.[9]

Slikom 12. prikazan je kontaktni mjerni instrument za mjerenje hrapavosti.



*Slika 12. Uređaj za mjerenje hrapavosti Elcometer 7061 [14]*

Uspoređivanje sa uzorcima površina je uobičajena metoda koja se koristi za određivanje stanja hrapavosti površina. Postupak je manje točan od direktnih metoda mjerenja. Prilikom uspoređivanja zahtijeva se pažnja izvršitelja, pošto se radi o subjektivnoj metodi, pa se za istu



površinu mogu dobiti različiti rezultati ako ih tumače različiti izvršitelji. Poslije uspoređivanja treba dati numeričku vrijednost rezultata što se radi odgovarajućom opremom za direktno mjerenje hrapavosti. Slikom 13. prikazan je instrument za usporedno mjerenje hrapavosti.[10]



*Slika 13. Usporedna pločica – komparator*

## 4.2 Debljina filma premaza

Poznavanje debljine sloja je neophodan preduvjet da bi garantirali tražena funkcionalna svojstva slojeva premaza. Sa mjerenjem debljine sloja se ispituje potrebna homogenost, odnosno tražena najmanja vrijednost na ispitivanom mjestu. U mnogobrojnim slučajevima debljina sloja se prikazuje kao veličina kvalitete sloja, npr. u slučaju prevlačenja radi zaštite od korozije i trošenja. Daljnji razlog za ispitivanje debljine sloja leži u traženju točnih mjera prevučenog dijela, te uklanjanja nepotrebnog povećanja debljine, što bi vodilo ka poskupljenju materijala i procesa izrade. Kod primjene boja i lakova kao i kod kontrolnih ispitivanja izuzetno je važna debljina filma. Pogreške u debljini filma odgovorne su za nepotrebno trošenje vremena, materijala i novca. Ako je film pretanak, pokrivna moć i sposobnost zaštite su neadekvatni, pa se gubi vrijeme na dodatno nanošenje boje ili laka. Suprotno, ako je film predebeo može doći do pucanja, ljuštenja i dugotrajnog sušenja.[7]

#### 4.2.1 Metode mjerenje debljine mokrog filma premaza

Urezani mjerači (češljevi) su jednostavni i jeftini uređaji za mjerenje debljine vlažnog filma premaza koji se koriste u slučajevima kada zadovoljavaju aproksimativne vrijednosti debljine. Mogu biti izrađeni od različitog materijala kao što su nehrđajući čelik, aluminij i plastika te mogu biti različitih oblika: kvadratni, pravokutni, trokutasti, šesterokutni itd. Postupak mjerenja debljine mokrog sloja premaza sastoji se u okomitom postavljanju mjerača na površinu na koju je nanoseno premazno sredstvo, tako da se dva krajnja zuba mjerača oslone na podlogu na kojoj se vrši mjerenje. Očitavanje debljine mokrog sloja premaza odnosi se na vrijednost očitane između prvog nižeg zuba koji nije uprljan bojom i prvog višeg uprljanog bojom.

Koristi se za provjeru debljine mokre boje, emajla, arhitektonskih premaza, lakova, u kemijskoj industriji, ili neki drugi premaz koji je nanešen na glatku površinu.[10]

Slikom 14. prikazan je primjer češlja za mjerenje debljine mokrog filma premaza.



Slika 14. SR 2000, češalj za mjerenje debljine mokrog filma premaza [10]

#### 4.2.2 Metode mjerenja debljine suhog filma premaza

Za mjerenje debljine suhog filma premaza danas se najviše koriste digitalni uređaji. Takvi tipovi digitalnih uređaja mogu mjeriti debljinu sloja na neželjeznim (metalima koji su obojeni) i željeznim podlogama. Postoje dva različita principa na kojima se baziraju mjerenja:

- na principu magnetske indukcije (željezna podloga),

- na principu vrtložnih struja (na podlogama obojenih metala).

Slika 15. Prikazuje metodu mjerenja debljine suhog filma premaza mjernim uređajem Elcometer 224.[11]



*Slika 15. Elcometer 224 koji mjeri debljinu suhog filma premaza i radi na principu vrtložnih struja [14]*

### **4.3 Prionjivost premaza**

Ispitivanje prionjivosti premaza je metoda kojom se ispituje prionjivost, a to je jedno od najvažnijih svojstava premaza, koje ovisi o kvaliteti pripreme površine i o sukladnosti (kompatibilnosti) premaznih sredstava. U slučaju 2-K (dvokomponentnih) premaza ovisi o odnosu korištenih komponenti. Čvrstoću prianjanja (adheziju) prevlake na podlogu nije jednostavno izravno mjeriti. Zato se u proizvodnji većinom određuju neka mehanička svojstva povezana s adhezijom, pri čemu se uzorak s prevlakom redovito razara, to jest metode određivanja prionjivosti premaza su destruktivne metode.

Metode ispitivanja prionjivosti premaza:

- metoda povlačenjem premaza,
- metoda zarezivanja mrežice.

Metoda povlačenjem premaza jedna od metoda za određivanje prionjivosti ili adhezije premaza (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. U trenutku odvajanja valjka s površine moguće je očitati brojčanu vrijednost adhezije izraženu kao vrijednost sile u  $\text{N/mm}^2$  potrebne za uklanjanje valjka. Mjerenje se provodi u skladu s normama ISO 4624, ASTM D451 te BS EN 24624.

Metoda zarezivanje mrežice je druga metoda koja se koristi za određivanje prionjivosti premaza sastoji se u zarezivanju mrežice pomoću specijalnog uređaja koji sadrži više usporednih noževa međusobno podjednako udaljenih jedan od drugog. Njihova udaljenost ovisi o debljini suhog sloja premaza, tako da se za debljine premaza do  $60\ \mu\text{m}$  koriste noževi čija je međusobna udaljenost 1 mm; za premaze debljine do  $120\ \mu\text{m}$  međusobna udaljenost je 2 mm, dok je za premaze preko  $120\ \mu\text{m}$  udaljenost noževa je 3 mm. Ova ispitivanja obavljaju se u skladu s normom HRN EN ISO 2409. Može se koristiti i adhezivna ljepljiva traka, u skladu s normom ASTM D 1000, koja se nalijepi preko urezane mrežice i naglo povuče te se promatra kvaliteta mrežnih očica nakon skidanja ljepljive trake. Ispitivanje se provodi na način da se noževima uređaja urežu dva reda linija međusobno okomitih ( $90^\circ$ ). Dubina zarezivanja kvadrata mora biti takva da noževi prolaze kroz sloj premaza do metalne podloge. Nakon zarezivanja mrežice promatra se u kojoj mjeri je došlo do odvajanja premaza od podloge te se nalaz klasificira prema ocjeni adhezije premaza prema normi ISO 2409. [12]

## 5. PRAKTIČNI DIO

### 5.1 O poduzeću i predmetu ispitivanja

Mjerenja i ispitivanja izvršena u radu održavala su se u firmi Komet d.o.o. iz Preloga. „Komet“ d.o.o. je osnovan 1992. i bavi se proizvodnjom metalnih konstrukcija, kućišta transformatora, pocinčanih gazišta, strojeva za obradu granita i mramora, cjevovoda, metalnih kalupa, izmjenjivača topline, prigušivača zvuka, iskrohvatača, rezervoara za gorivo i dr. „Komet“ d.o.o. posjeduje certifikate ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, ISO 18001:2007, ISO 3834-3 i AD 2000.

Poduzeće se prostire na 25 000 m<sup>2</sup> prostora od čega 9 000 m<sup>2</sup> proizvodnih prostora i 2 000 m<sup>2</sup> skladišnog prostora. Vlasništvo je 100% privatno.

„Komet“ d.o.o. trenutno zapošljava oko 200 radnika. Velika pažnja posvećuje se razvoju, kupovini suvremene opreme i izgradnji proizvodnih objekata, sve u cilju povećanja kvalitete, produktivnosti i plaća radnika.

Predmet ispitivanja je konzervator, koji je jedna od komponenti transformatorskog kotla. Konzervator služi za prikupljanje ulja tijekom toplinske diletacije ulja u transformatoru i te služi kao spremnik ulja. (slika 16)



*Slika 16. Konzervator modela C160780*

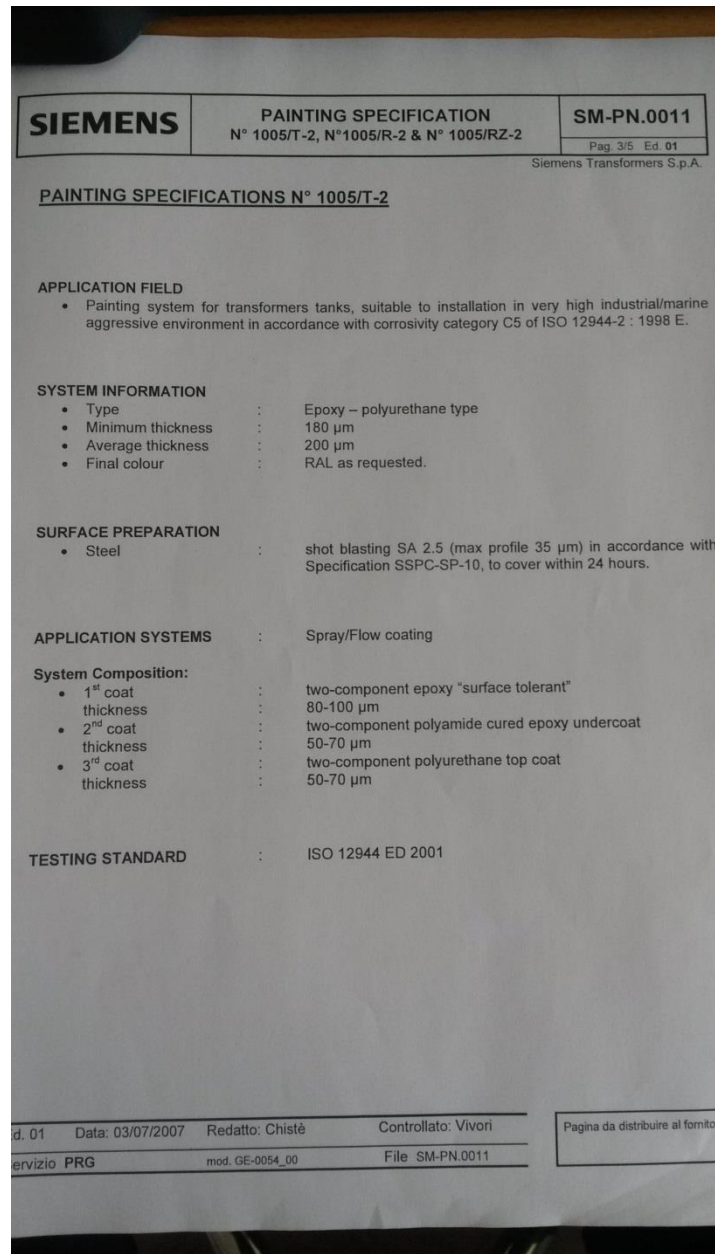


## 5.2 Zahtjevi kupca uz premaz konzervatora C160780

Firma Komet d.o.o. dobiva neke zahtjeve kupaca što se tiče antikorozivne zaštite te ćemo te zahtjeve opisati u praktičnom djelu.

Nivo antikorozivne zaštite mora biti u granicama dobivenih gabarita od kupca te se slijedom toga nakon svake operacije mora kontrolirati i mjeriti.

Zahtjevi kupca prikazini su slikom 17.



Slika 17. Zahtjevi kupca

### 5.2.1 Zahtjev za hrapavost površine

Mjerenje hrapavosti površine vrši se usporednom metodom pomoću komparatora prema ISO 8503 te da se ne izmjerava kod svakog proizvoda tek ako kupac baš ima neki poseban zahtjev i gdje bi hrapavost površine znatnije utjecala na proizvod. U ovom slučaju hrapavost površine nije se mjerila digitalnim mjernim uređajem već je iskustveno dokazano da pjeskarenjem 24 sata nakon sastavljanja konzervatora se postiže zadovoljavajuća hrapavost. Maksimalna hrapavost morala bi iznositi 35 $\mu$ m, ali je rečeno od kolege kontrolora da se tolerira odstupanje 5% u negativnom smjeru te da im se još nije dogodilo da je površina bila prehrapava. Zadano je još da površina mora biti pjeskarena unutar 24 sata od kada se konzervator sastavi.

### 5.2.2 Zahtjev za debljinu temeljnog sloja premaza

Kupac zahtjeva da debljina temeljnog sloja premaza bude 80-100 $\mu$ m prema ISO 2808:2004. Pošto se ne mjeri posebno mokri film temeljnog premaza i suhi film temeljnog premaza, kad se premaz posuši, sa uređajem Elcometar 456 se na kraju izmjeri debljina temeljnoga sloja premaza zajedno. Zahtjev je i da premaz mora biti dvokomponentni.

### 5.2.3 Zahtjev za debljinu međusloja premaza

Kupac zahtjeva također dvokomponentnu polimeriziranu prevlaku da debljina međusloja bude 50-70 $\mu$ m. Također, debljina međusloja mjeri se uređajem Elcometar 456 nakon što se boja posuši.

### 5.2.4 Zahtjev za debljinu završnog sloja premaza

Za završni sloj premaza kupac zahtjeva dvokomponentnu poliuretansku boju da debljina završnog sloja bude također 50-70 $\mu$ m. Također se debljina završnog sloja mjeri sa istim uređajem Elcometar 456 kad se boja posuši.

Valja spomenuti da je također definirano nanošenje boje. Na konzervator se boji nanosi štrcanjem.

## 5.2.5 Kvaliteta korozivnosti

Corrosion class	Typical environments examples (informative)	
	Exterior	Interior
C1 very low	-	heated spaces with low relative humidity and unpolluted atmosphere, for example offices, shops, schools, hotels
C2 low	environments with low pollution, for example rural areas, small towns ( $\text{SO}_2 < 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	unheated spaces which may condense, for example warehouses, gyms (swimming pools exclusive)
C3 medium	urban and industrial environments with moderate pollution ( $\text{SO}_2 : 12 \dots 14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) or coastal areas with low concentration of chlorides	manufacturing spaces with high humidity and low air pollution, for example swimming pools, chemical plants
C4 high	industrial environments with moderate pollution ( $\text{SO}_2 : 40 \dots 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) or coastal areas with moderate concentration of chlorides	manufacturing spaces with high humidity and high air pollution, for example swimming pools, chemical plants
C5-I very high (industrial)	industrial environments with high humidity and high pollution ( $\text{SO}_2 : 90 \dots 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	buildings or permanent condense and high pollution areas
C5-M very high (marine)	coastal and marine areas with high concentration of chlorides	buildings or permanent condense and high pollution areas

Tablica 1. ISO 12944-2 kategorija korozivnosti [16]

Zahtjev kupca za kategorijom korozivnosti je C5 po ISO normi 12944-2 što znači vrlo visoka kvaliteta zaštite od korozije.

## 5.3 Ispitivanja premaza na konzervatoru C160780

### 5.3.1 Ispitivanje debljine temeljnog sloja premaza

Nakon nanošenja temeljnog sloja štrcanjem, čeka se do dva sata da se temeljni sloj osuši da bi se mogla napraviti kontrola debljine sloja.

Izmjere temeljnog sloja mjerene su digitalnim uređajem Elcometar 456 te su prikazane na sljedećim slikama.

Elcometer 456 je digitalni uređaj koji služi za mjerenje suhog filma debljine premaza. Sastoji se od dva dijela, jedan dio je digitalni zaslon a drugi je sonda za mjerenje koja je povezana sa digitalnim zaslonom preko kabla. Mjerenje debljine temeljnog sloja premaza prikazano je slikom 18.





*Slika 18. Mjerenje debljine suhog filma temeljnog sloja premaza*

Postupak mjerenja vrlo je jednostavan. Sonda se postavi okomito na površinu i rezultat je vidljiv na digitalnom zaslonu.

Rezultati mjerenja debljine suhog filma temeljnog sloja nakon deset mjerenja vidljivi su u tablici 2:

Debljina [ $\mu\text{m}$ ]	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
	101.8	13.3	87	124

Tablica 2. Prikaz rezultata mjerenja temeljnog sloja

### 5.3.2 Ispitivanje debljine međusloja premaza

Nakon kontrole temeljnog sloja premaza. Slijed nanošenje međusloja premaza štrcanjem, i postavljeni su gabariti debljine 50-70 $\mu\text{m}$ .

Mjerenje međusloja, suhog filma premaza, također se mjeri uređajem Elcometar 456, te je metoda mjerenja identična kao i kod mjerenje temeljnog sloja.

Mjerenje debljine međusloja premaza prikazano je slikom 19.



*Slika 19. Mjerenje debljine suhog filma međusloja premaza*

Rezultati mjerenja debljine suhog filma međusloja premaza nakon deset mjerenja vidljivi su u tablici 3:

Debljina [ $\mu\text{m}$ ]	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
	188	22	165	226

Tablica 3. Prikaz rezultata mjerenja međusloja

### 5.3.3 Ispitivanje debljine završnog sloja premaza

Nakon kontrole i izmjere međusloja premaza, slijedi naštrcavanje završnog sloja premaza. Također su postavljeni gabariti od 50-70 $\mu\text{m}$ .

Mjerenje je indentično kao i mjerenje prijašnjih slojeva te se također za mjerenje koristi uređaj Elcometer 456.

Ispitivanje debljine završnog sloja premaza prikazano je slikom 20.



Slika 20. Mjerenje debljine suhog filma završnog sloja

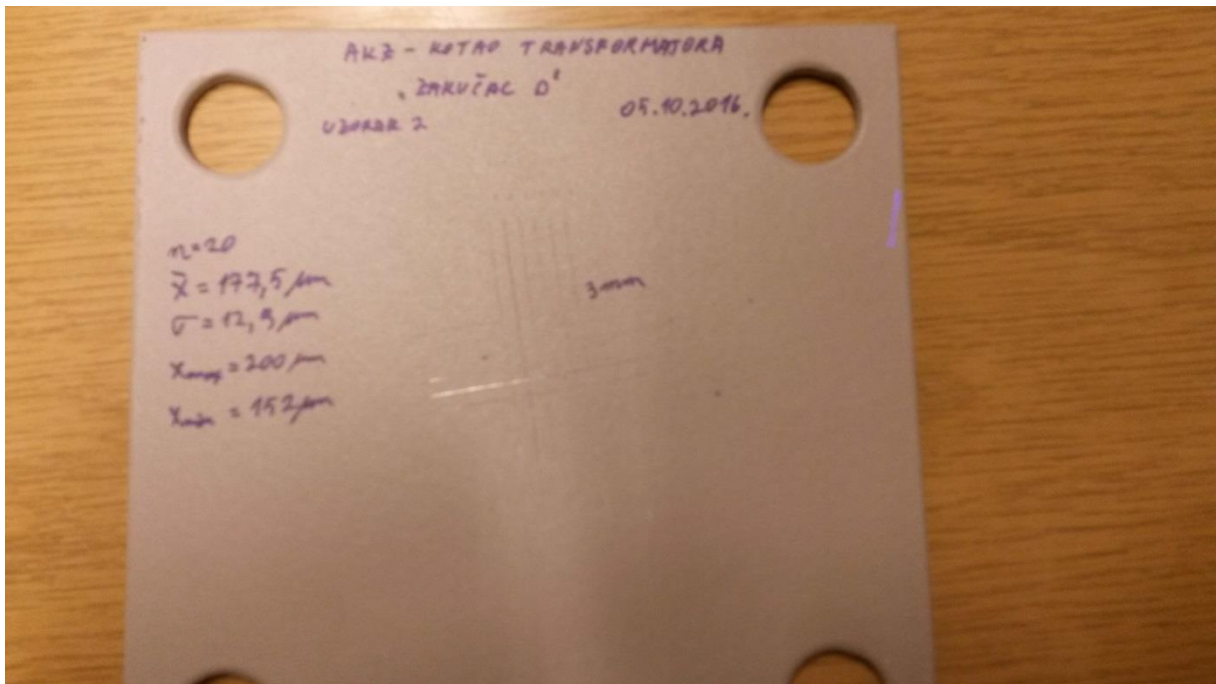
Rezultati mjerenja debljine suhog filma premaza završnog sloja prikazni su u tablici 4:

Debljina [ $\mu\text{m}$ ]	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
	231	30	195	290

Tablica 4. Prikaz rezultata mjerenja završnog sloja

#### 5.3.4 Ispitivanje prionjivosti premaza

U ovom slučaju ispitivanja konzervatora, firma Komet d.o.o. nije imala potrebe i zahtjev od kupca za ispitivanjem prionjivosti premaza. Međutim, pošto je to jedno od osnovnijih ispitivanja te je obrađena prionjivost u teoretskom djelu. Zamoljeno je da se prezentira ako su ikad ispitivali i imali zahtjeve kupca za tim. Dobivena je informacija da jesu te je slika ispitivanja priložena u nastavku. Na ovom primjeru korištena je metoda zarezivanja mrežice pomoću posebnih noževa koji su podjednako udaljeni jedan od drugoga. Njihova udaljenost ovisi o debljini suhog sloja premaza, tako da se za debljine premaza do 60  $\mu\text{m}$  koriste noževi čija je međusobna udaljenost 1 mm. Za premaze debljine do 120  $\mu\text{m}$  međusobna udaljenost je 2 mm, dok je za premaze preko 120  $\mu\text{m}$  udaljenost noževa je 3 mm. Ova ispitivanja obavljaju se u skladu s normom HRN EN ISO 2409. Slika 21. Prikazuje premaze preko 120  $\mu\text{m}$  jer je udaljenost noževa 3mm.



Slika 21. Ispitivanje prionjivosti premaza na pločici

## 5.4 Analiza rezultata ispitivanja

U ovom poglavlju, usporedit će se dobiveni rezultati sa zahtjevima kupca te objasniti što bi bilo kad bi rezultati bili manji ili veći od zahtjeva i postavljenih gabarita.

### 5.4.1 Analiza rezultata ispitivanja hrapavosti površine

Zahtjevi kupca	Rezultat mjerenja
Pjeskarenje unutar 24 sata od sastavljanja konzervatora Ra 35µm	Zadovoljeno

Tablica 5. Usporedba rezultata zahtjeva kupca za hrapavosti sa rezultatima mjerenja

Kod ovog predmeta hrapavost se nije mjerila digitalnim uređajem. Subjektivno je određeno vizualnom metodom šefa kontrole da hrapavost površine zadovoljava uvjete koje je kupac nametnuo. Isto tako, ako bi hrapavost površine bila preglatka, te boja nebi prianjala za površinu, predmet bi se još jednom poslao na pjeskarenje. Ako bi površina bila previše hrapava to bi pridonijelo većem utrošku boju nego je potrebno, time bi se i povećali troškovi

izrade. Međutim, dobivena je informacija da se još nije dogodilo da bi površina bila previše hrapava.

#### 5.4.2 Analiza rezultata ispitivanja debljine suhog filma premaza temeljne boje

Zahtjev kupca	Rezultat mjerenja
80-100 $\mu\text{m}$	101 $\mu\text{m}$
ZADOVOLJAVA UVJET	

Tablica 6. Usporedba vrijednosti zadanih od kupca sa dobivenim rezultatima mjerenja temeljnog sloja

Analizom rezultata zaključili smo da rezultat mjerenja odgovara zahtjevu kupca. Ako bi debljina sloja bila manja od minimalne dopuštene, to se može ispraviti nanošenjem još jednog sloja. A ako bi debljina sloja bila veća ništa posebno nebi bilo potrebno ispravljati jer povećanjem debljine sloje raste korozivna otpornost, te bi samo sa ekonomske strane konzervator bio malo skuplji.

#### 5.4.3 Analiza rezultata ispitivanja debljine suhog filma premaza međusloja i završnog sloja

Zahtjev kupca	Rezultat mjerenja
50-70 $\mu\text{m}$	188 $\mu\text{m}$
ZADOVOLJOVA UVJET	

Tablica 7. Usporedba vrijednosti zadanih od kupca sa dobivenim rezultatima mjerenja međusloja

Zahtjev kupca	Rezultat mjerenja
50-70 $\mu\text{m}$	231 $\mu\text{m}$
ZADOVOLJOVA UVJET	

Tablica 8. Usporedba vrijednosti zadanih od kupca sa dobivenim rezultatima mjerenja završnog sloja

Iako se čini da izmjerene vrijednosti odudaraju mnogo od zahtjeva kupca, dobivena je informacija da je tolerancija na ukupnu debljinu boje čak i do 400-500%. Što znači da kupac u svom zahtjevu iznosi da ukupna debljina boje u prosjeku iznosi 200 $\mu\text{m}$ .

U sljedećoj tablici je uspoređena ukupna debljina premaza u kojoj je zbrojeno: temeljni sloj, međusloj te završni sloj.

Zahtjev kupca	Ukupna debljina boje
180-200 $\mu\text{m}$	520 $\mu\text{m}$
ZADOVOLJAVA UVJET	

Tablica 9. Usporedba vrijednosti zadanih od kupaca debljine ukupnog sloja sa dobivenim rezultatima mjerenja ukupnog sloja

Ako bi izmjerena debljina bila manja 5% od minimalne vrijednosti koju je zadao kupac, a to je 180 $\mu\text{m}$ , problem bi se riješio nanošenjem još jednog sloja premaza. Rečeno je da do 400-500% više od maksimalne vrijednosti kupac tolerira. Ako bi debljina premašila i veće vrijednosti od toga, počele bi se javljati tehničke poteškoće te bi se premaz kod nekih procesa ili operacija koje radi konzervator u sklopu sa kotlom počeo ljuštiti i pucati te bi firma na svoje troškove morala sanirati problem. Ukoliko sloj odstupa više od 400-500% od gornje vrijednosti, problem se može riješiti brušenjem.

## 6. ZAKLJUČAK

Zaštita konstrukcijskih materijala prevlakama i premazima je najzastupljeniji način zaštite površine materijala od korozije, i upotrebljava se u čak 75% slučajeva. Organske se prevlake koriste radi povećanja korozijske otpornosti, zatim otpornosti na trošenje abrazijom i trenjem te za dekorativne svrhe. Prije provođenja postupka, nužna je odgovarajuća priprema površine da se poboljša adhezija i korozijska otpornost. Osnovni cilj bojenja i lakiranja, odnosno zaštite premazima metalnih površina je istodobno dobivanje korozijske zaštite i dekorativnosti. Na taj se način najčešće zaštićuju metalni materijali, posebice čelik, od atmosferske korozije. Ukupni zaštitni sloj se sastoji od temeljnog i završnog sloja. Svaka boja ili premazno sredstvo je kompleksna multikomponentna smjesa koja se sastoji od sljedećih komponenti: veziva, pigmenti, aditiva, otapala. Razvrstavanje premaza može se provesti prema nekim osnovnim različitim kriterijima: broju komponenata, trajnosti, načinu sušenja, generičkim tipovima. Priprema površine prije bojanja i lakiranja je uobičajena, neke operacije obrade površine prije nanošenja premaza su: odmašćivanje, dekapiranje, mehaničko čišćenje, hidrodinamičko čišćenje ili vodeno pjeskarenje, čišćenje mlazom abraziva. Postupci nanošenja premaza su: četkama, lopaticama, valjcima, prskanjem, uranjanjem, prelijavanjem i elektroforezom.

Kupac konzervatora C160780 priložio je svoje zahtjeve te su tijekom izrade tog konzervatora ti zahtjevi morali biti poštivani. Da bi to bilo sigurno, tijekom izrade i nanošenja premaza svaki postupak se tijekom obrade morao kontrolirati.

Kod mjerenja hrapavosti površine, hrapavost površine utvrđena je vizualnom metodom te nije bilo potrebe za daljnja mjerenja pomoću digitalnog uređaja. Debljina temeljnog sloja, međusloja te završnog sloja mjerena je pomoću uređaja Elcometer 456 te je mjeran suhi film premaza nakon sušenja. Dobiveni rezultati su zapisani te je slijedila analiza rezultata.

Analizom rezultata utvrđeno je da hrapavost površine zadovoljava zahtjeve kupca isto kao i debljine svih nanešenih slojeva. Iako su izmjerene vrijednosti dosta odstupale od zahtjeva kupca, u dogovoru sa kupcem, i taj uvjet je bio zadovoljen. Ukoliko bi dobiveni rezultati previše odstupali od tolerancije kupca, potrebno bi bilo na vrijeme sanirati pogreške tijekom izrade da se nebi kasnilo sa rokom isporuke i da nebi bilo nepotrebnih dodatnih troškova.

Denis Matić

U Varaždinu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



IZJAVU  
AUTORSTVA

Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SIEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ia, DENIS MATIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom IZJAVU O AUTORSTVU (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica: DENIS MATIĆ  
(upisati ime i prezime)

[Potpis]  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ia, DENIS MATIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom IZJAVU O AUTORSTVU (upisati naslov) čiji sam autor/ica. TIPA C160780

Student/ica: DENIS MATIĆ  
(upisati ime i prezime)

[Potpis]  
(vlastoručni potpis)



## 7. LITERATURA

- [1] Prof.dr.sc. M. Gojić: Površinska obradba materijala, Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Sisak, 2010.
- [2] Ivan Esih, Zvonimir Dugi: Tehnologija zaštite od korozije, Sveučilište u Zagrebu, 1989.
- [3] <http://www.slideserve.com/tillie/elektrokemijska-korozija> (17.09.2017)
- [4] <http://www.slideserve.com/lucine/metode-za-tite-od-korozije-iv-organske-prevlake-premazi> (17.09.2017)
- [5] <http://www.slideserve.com/verda/klasifikacija-korozije> (17.09.2017)
- [6] <http://komet.hr/> (20.09.2017)
- [7] <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A1412/datastream/PDF/view> (20.09.2017)
- [8] Sanja Martinez, Ivica Štern: Korozija i zaštita – eksperimentalne metode, Zagreb, 1999.
- [9] [http://repozitorij.fsb.hr/691/1/15\\_07\\_2009\\_Microsoft\\_Word\\_-\\_zavrzni\\_rad\\_davor\\_babic.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/691/1/15_07_2009_Microsoft_Word_-_zavrzni_rad_davor_babic.pdf) (20.09.2017)
- [10] <http://www.probus.hr/ispitivanje-materijala/debljina-slojeva/sr2000-cesalj-za-debljinu-mokrog-premaza-detalji.html> (26.09.2017)
- [11] <http://www.probus.hr/ispitivanje-materijala/debljina-slojeva/> (28.09.2017)
- [12] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Ispitivanje\\_prionjivosti\\_premaza](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ispitivanje_prionjivosti_premaza) (28.09.2017)
- [13] <http://sa.lt/metalu-korozija-priezastys-ir-apsaugos-budai/> (28.09.2017)
- [14] <http://www.gracotechgrupa.hr/gracotech-proizvod-detalj/elcomater-456> (28.09.2017)
- [15] <http://repairrs.com/hr/pages/703135> (28.09.2017)
- [16] <http://www.rotarex.ro/en/durability> (28.09.2017)

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Pukotina nastala djelovanjem korozije na ugljičnom čeliku

Slika 2. Klasifikacija korozijskih procesa

Slika 3. Materijali otporni na koroziju

Slika 4. Zaštita metala od korozije organskim premazima

Slika 5. Početna neobrađena korozija dekapiranog čeličnog lima

Slika 6. Mehanički očišćeni dekapirani čelični lim

Slika 7. Vodeno pjeskarenje vanjske površine broda

Slika 8. Pjeskareni čelik

Slika 9. Sačmareni čelik

Slika 10. Nanošenje premaza valjcima

Slika 11. Nanošenje premaza prskanjem

Slika 12. Uređaj za mjerenje hrapavosti Elcometer 7061

Slika 13. Usporedna pločica – komparator

Slika 14. SR 2000, češalj za mjerenje debljine mokrog filma premaza

Slika 15. Elcometer 224 koji mjeri debljinu suhog filma premaza i radi na principu vrtložnih struja

Slika 16. Konzervator modela C160780

Slika 17. Zahtjevi kupca

Slika 18. Mjerenje debljine suhog filma temeljnog sloja premaza

Slika 19. Mjerenje debljine suhog filma međusloja premaza

Slika 20. Mjerenje debljine suhog filma završnog sloja

Slika 21. Ispitivanje prionjivosti premaza na pločici

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. ISO 12944-2 kategorija korozivnosti

Tablica 2. Prikaz rezultata mjerenja temeljnog sloja

Tablica 3. Prikaz rezultata mjerenja međusloja

Tablica 4. Prikaz rezultata mjerenja završnog sloja

Tablica 5. Usporedba rezultata zahtjeva kupca za hrapavosti sa rezultatima mjerenja

Tablica 6. Usporedba vrijednosti zadanih od kupca sa dobivenim rezultatima mjerenja temeljnog sloja

Tablica 7. Usporedba vrijednosti zadanih od kupca sa dobivenim rezultatima mjerenja međusloja

Tablica 8. Usporedba vrijednosti zadanih od kupca sa dobivenim rezultatima mjerenja završnog sloja

Tablica 9. Usporedba vrijednosti zadanih od kupca debljine ukupnog sloja sa dobivenim rezultatima mjerenja ukupnog sloja