

# Ispitivanje svojstava premaza šasije stroja MV-10

---

**Buhanec, Dino**

**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:122:721103>

*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. 213/PS/2017**

## **Ispitivanje svojstava premaza šasije stroja MV-10**

**Dino Buhanec, 0060/336**

Varaždin, srpanj 2017. godine



# Sveučilište Sjever

**Odjel za Proizvodno strojarstvo**

**Završni rad br. 213/PS/2017**

## **Ispitivanje svojstava premaza šasije stroja MV-10**

**Student**

Dino Buhaneć, 0060/336

**Mentor**

mag.ing.mech. Veljko Kondić

Varaždin, srpanj 2017. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
PRISTUPNIK	Dino Buhaneć	MATIČNI BROJ	0060/336
DATUM	30.05.2017.	KOLEGIJ	Mjerenja u proizvodnji
NASLOV RADA	Ispitivanje svojstava premaza šasije stroja MV-10		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Coating properties testing of machine chassis MV-10
-----------------------------	---

MENTOR	mag.ing.mech. Veljko Kondić	ZVANJE	predavač
--------	-----------------------------	--------	----------

ČLANOVI POVJERENSTVA	Marko Horvat, dipl.ing., predavač
1.	mag.ing.mech. Veljko Kondić, predavač
2.	prof.dr.sc. Živko Kondić, redoviti profesor
3.	prof.dr.sc. Vinko Višnjić, redoviti profesor
4.	
5.	

## Zadatak završnog rada

BROJ	213/PS/2017
------	-------------

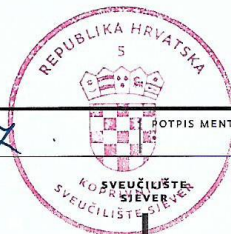
OPIS

U Završnom radu je potrebno obraditi sljedeće točke:

- premazi i njihova svojstva
- predmet ispitivanja i zahtjevi kupca
- ispitivanje premaza na šasiji stroja MV-10 (mjerenje hrapavosti, mjerenje viskoznosti, ispitivanje debljine filma premaza, ispitivanje prionjivosti premaza)
- analiza rezultata ispitivanja
- zaključak - osvrt na temu Završnog rada

ZADATAK URUČEN

28.06.2017



POTPIS MENTORA

*[Handwritten signature]*

## **Predgovor**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studiranja na Sveučilištu Sjever i uz navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svima koji su mi pomogli u izradi završnog rada, obitelji na podršci tijekom strudiranja, te mentoru mag.ing.mech. Veljku Kondiću na usmjeravanju prilikom izrade rada.

Također se zahvaljujem tvrtki MIDI d.o.o. i njihovim radnicima Matiji Kosu, Marku Šafariću i Dini Kusu na pomoći prilikom izrade praktičnog dijela rada.

## Sažetak

Završni rad sastoji se od dvije cjeline:

- Teorijskog dijela
- Praktičnog dijela

U teorijskom dijelu rada su obrađeni premazi, tj. komponente od kojih se oni sastoje, sustav koji svaki premaz čini, podjela odnosno klasifikacija premaza, načini pripreme površine prije nanošenja premaza, te postupci pomoću kojih se premazi nanose na površinu materijala. U posebnom poglavlju opisana su svojstva premaza, te metode pomoću kojih se ona mjere odnosno ispituju.

Praktični dio, rađen u tvrtci MIDI d.o.o., usredotočen je na ispitivanja svojstava premaza šasije stroja za razminiranje MV-10. Kupac šasije, tvrtka DOK-ING, zahtjeva da ona ima određeni nivo antikorozivne zaštite kako bi se stroj uspješno odupirao eksploatacijskim uvjetima. Kako bi se postigla tražena antikorozivna zaštita lakiranjem, potrebno je tijekom nanošenja iste provesti mjerenja i ispitivanja svojstava premaza. Provedeno je mjerenje hrapavosti površine prije nanošenja premaza, mjerenje viskoznosti boje, ispitivanje debljine mokrog i suhog filma premaza, te na kraju ispitivanje prionjivosti premaza. U konačnici napravljena je i analiza rezultata odnosno usporedba zahtjeva kupca i dobivenih rezultata, te su dani odgovori na pitanja što ako ti rezultati ne bi bili u skladu sa postavljenim zahtjevima.

**Ključne riječi:** antikorozivna zaštita premazom, svojstva, ispitivanja, šasija

## Popis korištenih kratica

<b>m<sup>2</sup>/dan</b>	Metara kvadratnih u danu
<b>MPa</b>	Megapaskal
<b>mm</b>	Milimetar
<b>Ra</b>	Srednje aritmetičko odstupanje profila
<b>Rz</b>	Maksimalna visina profila
<b>m<sup>2</sup>/s</b>	Metara kvadratnih u sekundi
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung – Njemački standard
<b>EN</b>	European Standard – Europski standard
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization – Međunarodna organizacija za standardizaciju
<b>°C</b>	Celzijev stupanj
<b>µm</b>	Mikrometar
<b>HRN</b>	Hrvatska norma
<b>m<sup>2</sup></b>	Metar kvadratni
<b>mm<sup>2</sup>/s</b>	Milimetara kvadratnih u sekundi
<b>ml</b>	Mililitar
<b>s</b>	sekunda

# Sadržaj

1.	Uvod.....	9
2.	Premazi.....	10
2.1.	Komponente premaza.....	11
2.2.	Sustav premaza.....	13
2.3.	Klasifikacija premaza.....	14
2.4.	Priprema površine prije nanošenja premaza.....	15
2.5.	Postupci nanošenja premaza na površinu materijala.....	16
2.5.1.	Nanošenje premaza kistom.....	17
2.5.2.	Nanošenje premaza valjkom.....	17
2.5.3.	Nanošenje premaza prskanjem.....	18
3.	Svojstva premaza.....	20
3.1.	Hrapavost površine prije nanošenja premaza.....	21
3.1.1.	Metode mjerenja hrapavosti.....	21
3.1.1.1.	Mjerni instrumenti koji rade na kontaktnom principu.....	21
3.2.	Viskoznost boje za određeni postupak nanošenja premaza.....	22
3.2.1.	Metode mjerenja viskoznosti.....	23
3.3.	Debljina filma premaza.....	24
3.3.1.	Metode mjerenja debljine mokrog filma premaza.....	24
3.3.2.	Metode mjerenja debljine suhog filma premaza.....	25
3.4.	Prionjivost premaza.....	26
3.4.1.	Metoda zarezivanja mrežice – Cross cut test.....	26
4.	Praktični dio.....	28
4.1.	O poduzeću i predmetu ispitivanja.....	28
4.2.	Zahtjevi kupca uz premaz šasije stroja MV-10.....	29
4.2.1.	Zahtjev za hrapavost površine.....	30
4.2.2.	Zahtjev za viskoznost boje.....	30
4.2.3.	Zahtjev za debljinu mokrog filma premaza.....	31
4.2.4.	Zahtjev za debljinu suhog filma premaza.....	31
4.2.5.	Zahtjev za prionjivost premaza.....	32
4.3.	Ispitivanja premaza na šasiji stroja MV-10.....	33
4.3.1.	Mjerenje hrapavosti.....	33
4.3.2.	Mjerenje viskoznosti.....	35



4.3.3.	Ispitivanje debljine fima premaza.....	36
4.3.3.1.	Ispitivanje debljine temeljnog filma premaza.....	37
4.3.3.2.	Ispitivanje debljine završnog filma premaza.....	40
4.3.4.	Ispitivanje prionjivosti premaza.....	42
4.4.	Analiza rezultata ispitivanja.....	45
4.4.1.	Analiza rezultata mjerenja hrapavosti površine.....	45
4.4.2.	Analiza rezultata mjerenja viskoznosti boje.....	45
4.4.3.	Analiza rezultata ispitivanja debljine filma premaza.....	46
4.4.4.	Analiza rezultata ispitivanja prionjivosti premaza.....	47
5.	Zaključak.....	48
6.	Literatura.....	50

## 1. Uvod

Zaštita premazima je najčešći oblik zaštite čeličnih konstrukcija. S obzirom na raznolike uvjete koji se javljaju u pojedinim eksploatacijskim okruženjima, često je osim zaštite od korozije potrebno osigurati da agresivne kemikalije ne prodru kroz zaštitni sloj i oštete osnovni materijal. U tu svrhu razvijeni su mnogi organski premazi, koji ovisno o sastavnim konstituentima osiguravaju da ne dođe do korozijskih procesa, te ostalih oštećenja uzrokovanih agresivnim kemijskim utjecajima. Antikorozivna zaštita metalnih konstrukcija premazima jedan je od najrasprostranjenijih postupaka zaštite u tehnici. Jedan je od osnovnih razloga za spomenuto sama cijena premaza, koja je relativno niska (ako ju se usporedi sa drugim oblicima mehanizama površinske i antikorozivne zaštite). Zbog tih razloga najčešće se poseže za ovim oblikom antikorozivne zaštite.

U radu su prikazana ispitivanja svojstava premaza na konkretnom primjeru iz prakse. Na šasiji stroja za razminiranje provedena su ispitivanja prije, tijekom i nakon nanošenja antikorozivne zaštite u obliku premaza. Kupac šasije kroz svoju tehnološku uputu zahtjeva da šasija zadovoljava određenu kategoriju atmosferske korozivnosti i vijek trajanja sustava premaza. Kako bi kupac bio siguran da je dobio zahtjevanu antikorozivnu zaštitu on nalaže kooperantu da provodi sljedeće testove i vodi zapisnik o provedenim ispitivanjima: mjerenje hrapavosti površine, mjerenje viskoznosti boje, ispitivanje debljine mokrog i suhog filma premaza, te ispitivanje prionjivosti.

Ukoliko rezultati ispitivanja nisu u okvirima zahtjeva potrebno je pravovremeno reagirati i napraviti određene korektivne mjere. Cilj samih ispitivanja je kontrola i izbjegavanje nepotrebnih troškova i kašnjenja sa rokovima isporuke.

## 2. Premazi

Nanošenje premaza jedna je od površinskih obrada nanošenjem organskih tvari, te je jedan od najčešće korištenih načina zaštite metalnih površina, a koristi se kao završni postupak prevlačenja materijala. 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 [1].

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 i da se 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 [2].

Osnovni cilj bojenja i lakiranja, tj. zaštite premazima metalnih površina, kao i kod ostalih površinskih obrada nanošenjem organskih tvari, je istodobno dobivanje korozijske zaštite i dekorativnosti. Na taj se način najčešće zaštićuju metalni materijali, posebice čelik, od atmosferske korozije [1].

Zaštita metalnih konstrukcija premazima jedan je od najrasprostranjenijih postupaka zaštite u tehnici (što bi, kvantificirano i konkretizirano, značilo da je čak 75 % metalnih površina zaštićeno premazima). Jedan je od osnovnih razloga za spomenuto sama cijena premaza, koja je relativno niska (ako ju se usporedi sa drugim oblicima mehanizama površinske i antikorozivne zaštite) [3].

Premazi se najčešće nanose višeslojno. Sustav zaštite premazima sastoji se, obično, od temeljnog sloja, jednog ili više međuslojnih slojeva te završnog sloja, od kojih svaki ima svoju ulogu. Sam će efekt premaza ovisiti o:

- prethodnom tretiranju površine metala,
- debljini premaza,
- svojstvima vezivnog sredstva, pigmenta i drugim aditivima.

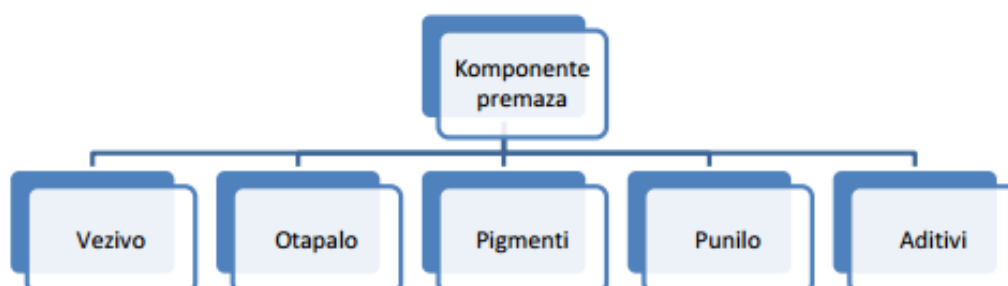
Svojstva dobrog premaza bila bi:

- odvaja materijal i okoliš,
- prionjivost,
- nije podložan napadu bakterija,
- nebi smio otpuštati korozijske produkte prilikom razgradnje,
- otporan je na abraziju, udar ili naprezanja u tlu,
- vodonepropusnost,
- otpornost na kapilarno upijanje,
- siguran je za upotrebu,
- ekološki je prihvatljiv,
- osigurava električnu izolaciju materijala [4].

U nastavku teksta biti će definirane komponente premaza, sustav premaza, prikazati će se moguće klasifikacije premaza, načini pripreme površine prije nanošenja premaza i postupci nanošenja premaza na površinu materijala.

## 2.1. Komponente premaza

Osnova svakog premaznog sredstva su vezivo (koje čini opnu prevlake) i otapalo/ razrjeđivač (koji otapa vezivo, a regulira viskoznost). Osim toga premazna sredstva mogu sadržavati i netopljive praškove (pigmente i punila, koji daju nijansu i čine premaze neporoznima), te različite dodatke (aditive). Osnovne komponente premaza prikazane su slikom 1.



Slika 1. Komponente premaza [5]

Vezivo (razne smjese na temelju sušivih ulja, poliplasta, prirodne i umjetne smole) čini neisparljivi dio medija boje. Uloga veziva je povezivanje svih komponenata premaznog sredstva. Nakon sušenja, veziva stvaraju tvrdi zaštitni sloj. 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 se sušenje temelji na reakciji atmosferskog kisika s uljem (nezasićene masne kiseline) iz veziva. Kondenzacijskom polimerizacijom stvaraju se filmovi kiselo otvrdnjavajućih lakova [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, asteri, ketoni, glikoli) [1].

Pigmenti (netopljivi anorganski oksidi, hidroksidi i soli) mogu biti dekorativni i dekorativno-antikorozijski. Oni selektivno apsorbiraju i reflektiraju svjetlost, daju 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, kemijsku i toplinsku postojanost i poboljšanje refleksije svjetlosti). Uloga pigmenta je i da premaz učine neprozirnim [1].

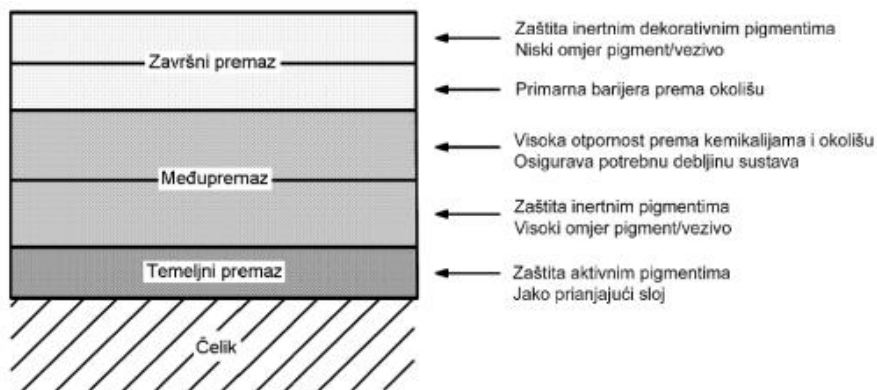
Punila su bijele ili slabo obojene anorganske tvari netopive u primjenjenom mediju. U premaze se dodaju zbog poboljšanja mehaničkih svojstava, mazivosti i svojstava tečenja, radi povišenja i sniženja sjaja te zbog poboljšanja svojstava barijere filma, odnosno zbog otpornosti filma prema difuziji vode ili agresivnih plinova [1].

Aditivi su tvari koje, uključene u formaciju premaza, unatoč malom udjelu, imaju značajan utjecaj na svojstva. Dodaju se kako bi se spriječili nedostaci u premazima (primjerice pjena, loše razlijevanje ili sedimentacija) ili da daju specifična svojstva (kao što su klizavost, vatrousparenje, svjetlostabilnost) koja se inače dosta teško postižu. Kod dodavanja aditiva, mora se paziti na njihovu koncentraciju. Najviše korišteni aditivi su: konzervansi, antipjenivači, katalizatori, svjetlosni stabilizatori itd [1].

## 2.2 Sustav premaza

Kod višeslojnog sustava (slika 2), premazi se, prema namjeni, dijele na:

- temeljne premaze,
- međupremaze,
- završne premaze.



Slika 2. Višeslojni sustav premaza [5]

Temeljni premazi se nanose izravno na metale, pri čemu moraju osigurati dobru prionjivost na podlogu te pružiti zaštitu od korozije. Temeljni premazi moraju biti kompatibilni sa velikim brojem pokrivnih premaza te omogućiti dugi vremenski interval premazivanja. Do nanošenja pokrivnog premaza može proći i nekoliko mjeseci, pa moraju biti otporni na atmosferlije. Značajke temeljnog premaza su:

- Prionjivost – jaka veza s podlogom,
- Elastičnost – da prati dilataciju podloge,
- Kohezija – velika čvrstoća sloja,
- Inertnost – jaka otpornost na koroziju i kemikalije,
- Vezivanje s međupremazom – jaka veza s međupremazom [5].

Međupremaz se može sastojati od jednog ili više slojeva, a predstavlja vezu između temeljnog i završnog premaza. Mora dobro prijanjati na temeljni premaz, a činiti dobru osnovu za prijanjanje završnog premaza. Međupremazi služe i kao povezni slojevi (eng. *tie coat*) između antikorozijskih premaza i premaza posebne namjene. Glavna svrha međupremaza je osigurati:

- potrebnu debljinu sustava premaza,
- jaku kemijsku otpornost,

- nepropusnost na vlagu,
- povećani električni otpor,
- jaku vezu između temeljnog i završnog sloja,
- jaku koheziju [5].

Završni premaz se nanosi na ranije nanesene slojeve i daje tražene karakteristike površine (kao što su nijansa boje, stupanj sjaja, izgled ili otpornost na vanjske utjecaje). Manje je debljine od međupremaza, ali zbog visokog udjela veziva ima veću gustoću i tvori čvrsti sloj. Osim zaštitne funkcije, završni premazi mogu imati i specijalnu namjenu kao što je sprečavanje širenja požara ili onemogućavanje sklizanja. Glavne funkcije završnog premaza su:

- osigurati otpornost sustava premaza,
- tvoriti prvu barijeru prema utjecajima okoline,
- osigurati otpornost na kemikalije, vodu i različite vremenske uvjete,
- osigurati otpornost na trošenje,
- osigurati lijep izgled [5].

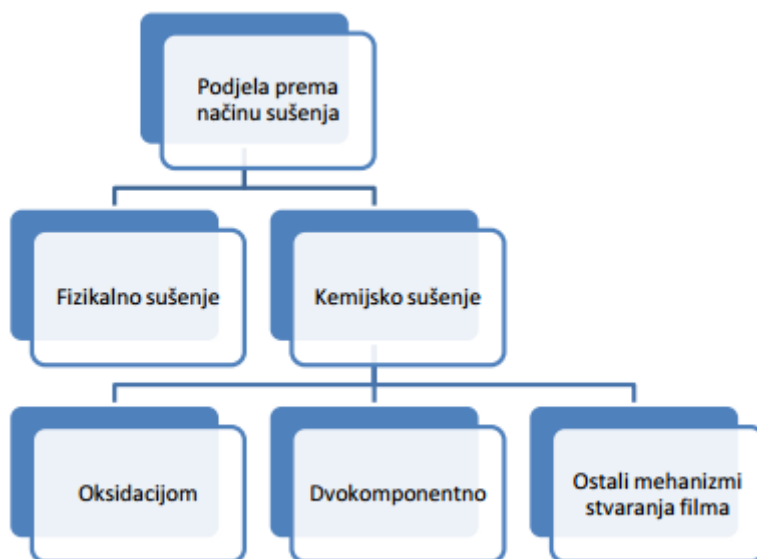
### **2.3. Klasifikacija premaza**

Glavni načini razvrstavanja premaznih sredstava:

- Prema sastavu, pri čemu se podjela obično zasniva na vrsti veziva (ali nekad i na vrsti pigmenta, odnosno razrjeđivača otapala),
- Prema osnovnoj svrsi (sredstva za zaštitu od korozije, od mehaničkih oštećenja, od požara, od biološkog obraštanja, za električnu izolaciju, sredstva za dekoraciju itd.),
- Prema izgledu (bezbojne i različito obojene, mutne i sjajne),
- Prema podlogama na koje se nanose (crni i obojeni metali, beton, drvo itd.),
- Prema broju sastojaka koji se miješaju prije nanošenja (jednokomponentna, dvokomponentna i višekomponentna premazna sredstva),
- Prema ulozi u premaznom sustavu (temeljna, međuslojna i završna premazna sredstva, kitovi itd.)

- Prema mehanizmu sušenja (fizikalno isparavanje razrjeđivača/ otapala, odnosno kemijsko otvrdnjavanje reakcijama u vezivu ili s vezivom) [5].

Sa tehničkog aspekta najzanimljivija podjela je ona prema mehanizmu sušenja prikazana slikom 3:



Slika 3. Podjela premaza prema načinu sušenja [5]

## 2.4. Priprema površine prije nanošenja premaza

Priprema površine prije bojanja i lakiranja je uobičajena (odmašćivanje, dekapiranje, ručno ili strojno brušenje, pjeskarenje, hidrodinamičko čišćenje ili „vodeno pjeskarenje“, čišćenje mlazom abraziva, a metali se mogu i tanko fosfatirati, odnosno kromatirati). Pripremom 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) [1].

Priprema površine ključna je za optimalni vijek trajanja premaza, jer nanošenje premaza na nepripremljenu podlogu rezultira nekvalitetnom zaštitom. Zanimljivo je spomenuti kako je, prema procjeni osiguravajućih društava, čak u 85 % slučajeva, razlog prijevremenog propadanja sustava zaštite loše pripremljena površina.

Za kvalitetnu pripremu površine (predobradu) potrebno je nekoliko operacija, što ovisi o odabranoj tehnologiji prevlačenja. Njihov izbor i redosljed primjene mogu znatno varirati ovisno o vrsti materijala, o postojećem stanju površine i o stanju površine koje treba postići te o fazi izrade neke konstrukcije. Predobrada se, načelno, sastoji od:



- Operacije odmašćivanja – Odmašćivanje služi za odstranjivanje bioloških i mineralnih masnih tvari (potječu od sredstava za hlađenje i podmazivanje pri mehaničkom oblikovanju obradka odvajanjem čestica, rukovanja golim rukama itd.) s površine metala. Neophodno je kod pripreme površine za nanošenje prevlaka kako bi prevlaka dobro prijanjala na metalnu površinu.,
- Mehaničkih operacija – U postupke mehaničkog čišćenja ubrajamo ručno mehaničko čišćenje, strojno mehaničko čišćenje, čišćenje vodenim mlazom i čišćenje mlazom abraziva. Ovi se postupci međusobno razlikuju prema području primjene i načinu provođenja, no polaze od istog principa – abrazivnog djelovanja (sa ili bez korištenja abrazivnih čestica) kojim se sa površine materijala uklanjaju neželjene supstance.,
- Kemijskih operacija – Najvažniji postupak kemijskog odstranjivanja korozijskih produkata je otapanje hrđe i okujine sa ugljičnog i niskolegiranog čelika te sa lijevanog željeza dekapiranjem (nagrizanjem). Kiselina otapa površinski porozni sloj korozijskih produkata no, čim dotakne željeznu osnovu, dolazi do nepoželjne reakcije, pri čemu oštećuje obratke smanjujući im dimenzije i hrapavi površinu. Postupak čišćenja se obično provodi poslije vrućeg oblikovanja, toplinske obrade ili zavarivanja, kako bi se sa površine uklonili nastali oksidni slojevi koji nisu otporni na koroziju.,
- Plamenog čišćenja – Plamenim se čišćenjem mogu ukloniti debeli slojevi okujine, hrđe i drugih produkata korozije te starih premaza. Radi se o postupku zagrijavanja površine predmeta plamenicima pri čemu se, zbog različitih koeficijenata termičke ekspanzije, slojevi onečišćenja i podloga različito rastežu, što rezultira velikom napetošću u slojevima koji, shodno tome, pucaju i ljušte se. Plameno čišćenje je zastarjeli postupak pripreme površine i danas se rijetko primjenjuje pošto nije moguće postići odgovarajuću kvalitetu podloge prije nanošenja premaza [5].

## **2.5. Postupci nanošenja premaza na površinu materijala**

Premazna sredstva najčešće se nanose kistovima, valjcima, te postupcima prskanja. Odabir odgovarajućeg postupka nanošenja boje ovisi o vrsti premaza, brzini rada, dostupnosti ventilacije, prihvatljivosti za okoliš te veličini, obliku i dostupnosti površine [5]. Produktivnost različitih postupaka nanošenja premaza prikazana je tablicom 1:

Postupak nanošenja	Površina [m <sup>2</sup> /dan]
kist	93
valjak	186 – 372
zračno prskanje	372 – 744
bezračno prskanje	744 – 1115

Tablica 1. Usporedba produktivnosti pojedinih postupaka nanošenja premaza [5]

### 2.5.1. Nanošenje premaza kistom

Nanošenje boje kistom (tzv. četkanje) je sporo i daje lokalnu neravnomjernost debljine sloja. Prednost četkanja je u tome što se nanošenje može provoditi bez dodatka razrjeđivača, gubici su neznatni i manje je onečišćenje okoliša. Nedostatak je taj da je nanošenje četkama dugotrajan, zahtjevan i skup proces. Danas se primjenjuje tek u prostorima gdje je otežana ventilacija ili postoji opasnost od požara ili eksplozije te na mjestima gdje se dodatno tzv. *stripe coating*-om zaštićuju zavari, rubovi i spojevi (slika 4) [1].



Slika 4. Stripe coating zavara kistom [6]

### 2.5.2 Nanošenje premaza valjkom

Valjak se najviše upotrebljava pri apliciranju boje na širokim i ravnim površinama (npr. limovi) te žičanim pregradama. Valjci, u usporedbi s četkama, lošije utrljavaju boju, ali je sloj glatkiji i ravnomjerniji. Gubici pri nanošenju su minimalni, a razrjeđivač uglavnom ne treba dodavati. Nedostatak primjene valjka je u tome što, bez obzira na sposobnost zaduženog radnika,

metoda ostavlja tanak i porozan sloj, zbog čega je penetracija vrlo slaba te je teško postići deblje premaze. Valjak se, zbog toga, ne preporučuje za nanošenje temeljnih premaza. Postupak je produktivniji od nanošenja premaza kistom, a uglavnom se upotrebljava za završno lokalno dotjerivanje [5]. Postupak nanošenja premaza valjkom prikazan je slikom 5:



*Slika 5. Nanošenje premaza valjkom [7]*

### **2.5.3 Nanošenje premaza prskanjem**

Prskanje ili štrcanje boje i lakova je postupak sa mnogim specifičnostima i prednostima pred ostalim postupcima. Nanošenje premaza prskanjem izvodi se pištoljima. Prskanje može biti zračno ili bezračno [1].

Za zračno prskanje služe pištolji u koje se uvodi zrak (pod tlakom od 0,12 do 0,5 MPa) i premazno sredstvo koje se zrakom raspršuje (slika 6). Premazno se sredstvo u pištolj nasisava iz spremnika koji je montiran ispod raspršivača. Stoga je, za razliku od nanošenja boje kistom ili valjcima, potrebno prilagoditi viskoznost boje (dodavanjem razrjeđivača) kako bi se omogućilo njeno kvalitetno raspršivanje [5].

Rad pri niskim tlakovima i s velikom količinom zraka za posljedicu ima gubitak boje u okolinu uslijed preprskanja (eng. *overspray*), koji iznosi od 20 – 50 %. Veliki utjecaj na gubitak boje ima i nepravilna tehnika nanošenja. Naime, udaljenost ušća pištolja od obradka trebala bi biti 150 – 200 mm, uz širinu mlaza od oko 300 mm [3].

Glavna prednost zračnog prskanja je ravnomjerna debljina prevlake, njen visoko estetski dojam i visoka produktivnost. Zbog toga se ovaj postupak uvelike primjenjuje u automobilskoj industriji.



*Slika 6. Nanošenje premaza zračnim štrcanjem [8]*

Kod bezračnog (eng. *airless*) postupka, mlaz premaznog sredstva nastaje u pištolju bez miješanja sa zrakom, tako da se boja snažno potjera kroz uzak otvor, mlaznicu, visokotračnim potiskivanjem zrakom (pneumatski) ili pumpom za boju (hidraulički) (slika 7). Tlak se kreće od 1 – 30 MPa. Najjednostavniji uređaji za bezračno prskanje su sprejevi [5].

Snažan mlaz pod visokim tlakom daje izvrsnu penetraciju, što je posebno važno pri nanošenju temeljnog premaza, ali otežava dobivanje potpuno glatkih prevlaka i smanjuje estetski dojam.



*Slika 7. Nanošenje premaza bezračnim štrcanjem [6]*

### 3. Svojstva premaza

Osnovni cilj nanošenja premaza jest razdvajanje podloge od njena okoliša, što znači da oni, u uvjetima eksploatacije, moraju biti dovoljno postojani i trajni. Ta je trajnost premaza upravo i njegovo najvažnije tehničko svojstvo. Pobjrojano, svojstva bi dobrog premaza bila:

- odvajanje materijala i okoliša,
- vodonepropusnost,
- nepodložnost napadu bakterija,
- sigurna uporaba,
- prionjivost,
- ekološka prihvatljivost,
- osiguravanje električne izolacije materijala,
- otpornost na abraziju, udar ili naprezanja u tlu,
- ne smije otpuštati korozijske produkte prilikom razgradnje [4].

Kako bi se osigurala potrebna svojstva premaza potrebno je osigurati odgovarajuću:

- hrapavost površine prije nanošenja premaza,
- viskoznost boje za određeni postupak nanošenja premaza,
- debljinu filma premaza svih slojeva,
- prionjivost premaza.

Parametre hrapavosti površine, viskoznosti boje, debljine filma premaza i prionjivosti premaza potrebno je kontrolirati, odnosno mjeriti pomoću odgovarajućih mjernih instrumenata i pomagala, onako kako to norma propisuje.

### **3.1. Hrapavost površine prije nanošenja premaza**

Profil površine ima velik utjecaj na kvalitetu površinske zaštite. Visina profila (mjereno od najniže udoline do najvišeg vrha) određuje parametre, kao što su prijanjanje, pokrivenost i potrošnja zaštitnog premaza. Ako je profil površine prevelik, za zadovoljivu pokrivenost se troši više boje i javlja se opasnost da vrhovi ostanu nepokriveni, što će prouzročiti pojavu hrđe oko tih vrhova. Ako je profil premalen, to može biti jedan od uzroka za slabo prijanjanje boje, što opet prouzroči ljuštenje, pucanje ili otpadanje prevlake. Odgovarajuća priprema površine osigurava optimalna svojstva površinske zaštite i optimizira potrošnju materijala [9].

#### **3.1.1. Metode mjerenja hrapavosti**

Hrapavost se mjeri pomoću uređaja za mjerenje hrapavosti. Ti uređaji mogu mjeriti razne parametre hrapavosti kao što su srednje aritmetičko odstupanje  $R_a$ , srednja visina neravnina  $R_z$ , najveća visina neravnina i druge. Ti podaci se mogu nakon toga obrađivati, pohranjivati i uspoređivati sa nekim podacima izmjerenim na nekim sličnim strojnim dijelovima ili na nekoj dugoj seriji istog proizvoda.

Hrapavost površina određuje se na osnovu nekoliko metoda:

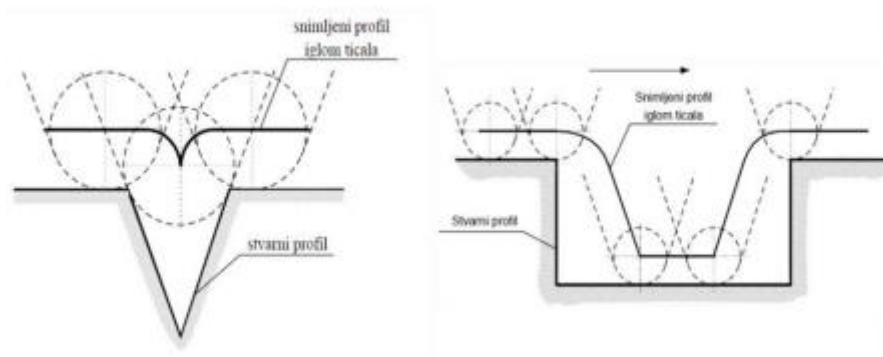
- Direktnim ili kontaktnim metodama,
- Tehnikama uspoređivanja,
- Bez kontaktnim metodama,
- Metodama mjerenja profila.

##### ***3.1.1.1. Mjerni instrumenti koji rade na kontaktnom principu***

Kontaktne mjerni instrumenti dodiruju površinu profila u točkama čiji se položaj registrira. Profil se dodiruje pomoću ticala koje predstavlja jedini dio instrumenta koji je u kontaktu sa predmetom mjerenja. Važno je da su dimenzije i oblik ticala izabrani na odgovarajući način kako bi se izbjegli negativni utjecaji na rezultate mjerenja. Idealno ticalo je konusnog oblika sa kutom od 60 ili 90° i završava sa sfernim vrhom. Ticalo negativno 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 (slika 8),

- Kada sferno ticalo prelazi preko uzvišenja na površini ono je u kontaktu sa vrhovima što za efekt daje zaokruživanje vrhova uzvišenja,
- Kada ne može mjeriti udubljenja koja su iskrivljena [10].



Slika 8. Utjecaj radijusa igle ticala na snimljeni profil [10]

### 3.2. Viskoznost boje za određeni postupak nanošenja premaza

Kada se dva sloja tekućine gibaju relativnom brzinom jedan prema drugome, javljaju se sile koje nastoje spriječiti ovo relativno gibanje. Te sile, slične trenju (jer djeluju suprotno od smjera gibanja tekućine i usporavaju njeno gibanje), zovu se sile viskoznosti. Viskoznost je, dakle, otpor tekućine prema tečenju. Uzrok tih sila jesu međumolekularne sile kojima se molekule tekućine međusobno privlače i time opiru smicanju susjednih slojeva [11].

Postoje dvije vrste viskoznosti, dinamička i kinematička. Kod premaza bitnija je ova potonja, kinematička. Kinematička viskoznost predstavlja omjer dinamičke viskoznosti i gustoće fluida:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left[ \frac{m^2}{s} \right] \quad (1)$$

Viskoznost ima važnu ulogu kod odabira tehnike aplikacije premaza na površinu. Premala viskoznost može dovesti do otjecanja boje s površine (curenje boje), dok prevelika viskoznost može stvoriti probleme sa nanošenjem premaza. Za razliku od nanošenja boje kistom ili valjcima, kod nanošenja boje zračnim i bezračnim štrcanjem, potrebno je prilagoditi viskoznost boje (dodavanjem razrjeđivača) kako bi se omogućilo njeno kvalitetno raspršivanje.

### 3.2.1. Metode mjerenja viskoznosti

Budući da za mnoge primjene boje i lakova nije nužno potreban podatak apsolutne viskoznosti, koriste se posude, kojima se određuje vrijeme istjecanja. To je relativna metoda, koja međusobno uspoređuje ispitivane materijale.

Postoji nekoliko tipova posuda, ali su one vrlo slične i rezultati se mogu međusobno uspoređivati. Posude su u obliku pehara, određenog volumena s otvorom na dnu. Najčešći je otvor od 4 mm, ali postoje i pehari s otvorom od 2, 3, 5, 6 i 8 mm. Najpoznatiji su pehari (slika 9) po:

- a) DIN-u 53211,
- b) Fordu,
- c) DIN EN ISO 2431 [12].



*Slika 9. Pehari kojima se određuje vrijeme istjecanja [13]*

Pehari se koriste na sljedeći način. Pehar se napuni materijalom koji se ispituje i prazni se kroz otvor slobodnim istjecanjem, a pri tom se zapornim satom mjeri vrijeme istjecanja. Završetkom se smatra pojava prvog prekida strujnog toka. Rezultat je očitano vrijeme u sekundama. Budući, ponašanje tekućina ovisi o temperaturi, važno je da se mjerenje provodi uvijek kod određene temperature (20°C), pa je potrebno uzorke termostatirati. Usprkos ograničenjima ti se pehari vrlo mnogo koriste, a razlozi su: jednostavan i brz rad, lako čišćenje, niska cijena [12].



### 3.3. 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 [12].

Ispitivanja izlazne kontrole stoga se moraju provoditi u nekim propisanim granicama debljine filma. Zato instrumenti za određivanje debljine filma spadaju među najosnovnije u industriji boja i lakova [12].

Razlikujemo mjerenje suhog i mokrog filma, a njihov odnos je slijedeći:

$$\text{Suhi film} = \text{Mokri film} \times \% \text{suhe tvari} \quad (2)$$

#### 3.3.1. Metode mjerenja debljine mokrog filma premaza

Najpoznatija metoda mjerenja debljine mokrog filma premaza je češalj (koristi se još i mjerenje pomoću kotačića). 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 [14]. Primjer češlja prikazan je slikom 10:



Slika 10. Šesterokutni češalj za mjerenje mokrog filma premaza [14]

### 3.3.2. Metode mjerenja debljine suhog filma premaza

Kod određivanja debljine suhog filma razlikujemo destruktivne i nedestruktivne metode. Danas su u uporabi elektronski mjerači debljine s digitalnim kazalom. Ti mjerači mogu mjeriti debljinu na neželjeznim (obojeni metali) i željeznim podlogama. Mjerenja se baziraju na dva različita principa:

- a) **na principu magnetske indukcije (na željeznim podlogama)** – metoda je izravna, tj. vrh sonde dodiruje dio koji se mjeri. Kada je sonda pozicionirana, mjeri se linearna udaljenost između vrha sonde koja dodiruje kontaktnu površinu i osnovnog metala. Instrumenti za mjerenje debljine prevlake magnetskom metodom mjere silu magnetske privlačnosti između permanentnog magneta i osnovnog metala, na koji je prevlaka nanescena ili magnetskog otpora koji se javlja pri prolasku kroz prevlaku i osnovni metal.
- b) **na principu vrtložnih struja (na podlogama obojenih metala)** – mjerenje debljine prevlaka temelji se na razlici u električnoj vodljivosti između prevlake i podloge. Metoda je posebno primjenjiva za mjerenja debljine većine oksidiranih prevlaka. Iako se teoretski metoda može koristiti za mjerenje debljine prevlaka na magnetskim osnovnim materijalima, njezina primjena za takve osnovne materijale nije preporučljiva. U takvim slučajevima preporučuje se magnetska metoda [12].

### 3.4. Prionjivost premaza

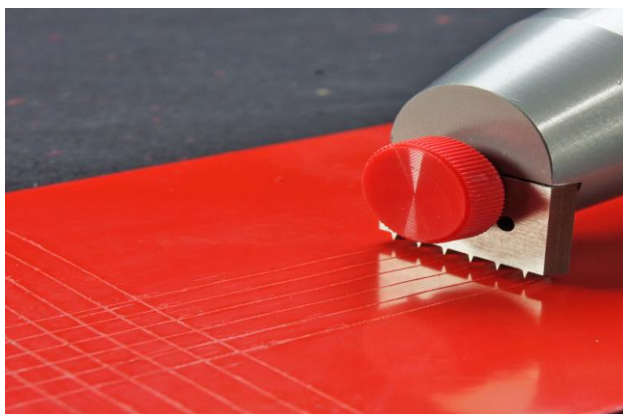
Prionjivost se definira kao svojstvo nekog premaza ili prevlake da prione (prilijepi se) na metalnu podlogu, a ona nastaje kad se dvije površine međusobno približe jedna drugoj da bi stvorile vezu djelovanjem fizikalnih i kemijskih sila. Na prionjivost premaza uvelike utječe površinska napetost kapljevitoz premaza i podloge. Što je površinska napetost premaza manja to će biti bolji kut kvašenja odnosno da će kap tekućine stvarati oblik polukugle koja ima veliku dodirnu površinu s podlogom. Od premaza se zahtijeva da ima manju površinsku napetost od podloge kako bi se osiguralo što bolje razlijevanje po površini i penetracija u neravnine. Dobra prionjivost premaza na površinu je nužna za ostvarivanje zaštitnih svojstava premaza, dok će loša prionjivost rezultirati ranijim propadanjem premaza [15].

Prianjanje (adheziju) prevlake na podlogu nije jednostavno mjeriti. Zato se u proizvodnji većinom određuju neka mehanička svojstva povezana s adhezijom, pri čemu se uzorak s prevlakom redovito razara, tj. metode određivanja prionjivosti premaza su destruktivne metode:

- Metoda povlačenjem premaza (eng. *Pull-off test*),
- Metoda zarezivanja mrežice (eng. *Cross-cut test*) [16].

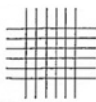
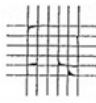
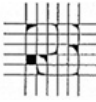

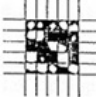
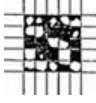
#### 3.4.1. Metoda zarezivanja mrežice – Cross cut test

Metoda zarezivanja mrežica (eng. *Cross-cut test*) najčešće je korištena metoda ispitivanja prionjivosti premaza. Sastoji se u zarezivanju mrežice pomoću specijalnog uređaja koji sadrži više usporednih noževa međusobno podjednako udaljenih jedan od drugog (slika 11). Njihova udaljenost ovisi o debljini suhog sloja premaza, tako da se za debljine premaza do 60 µm koriste noževi čija je međusobna udaljenost 1 mm; za premaze debljine do 120 µm međusobna udaljenost je 2 mm; dok za premaze preko 120 µm udaljenost noževa je 3 mm.



Slika 11. Nož za izvođenje cross cut testa [14]

Ova ispitivanja obavljaju se u skladu s normom HRN EN ISO 2409. Koristi se i adhezivna ljepljiva traka, 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°). 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 kvalificira prema normi ISO 2409, kao što je prikazano tablicom 2:

	Opis	Izgled rešetke
0	Tragovi rezova su potpuno glatki, nijedan kvadratić mrežice nije okinut	
1	Nešto premaza je oljušteno na sjecištima u mrežici; manje od 5% površine je oštećeno	
2	Dio premaza je oljušten na rubovima i sjecištima u mrežici; 5 do 15% površine je oštećeno	
3	Premaz je oljušten duž rubova i unutar kvadratića mrežice; 15 do 35% površine je oštećeno	
4	Premaz je oljušten duž rubova, neki kvadratići su potpuno oljušteni; 35 do 65% površine je oštećeno	
5	Više od 65% površine je oštećeno	

Tablica 2. Ocjena prionjivosti premaza prema normi HRN EN 2409 [17]

## 4. Praktični dio

### 4.1. O poduzeću i predmetu ispitivanja

Ispitivanja izvršena u radu provedena su u poduzeću Midi d.o.o. Ivanovec koje se bavi izradom i montažom čeličnih konstrukcija, metalne opreme, strojeva, dijelova strojeva, industrijskih postrojenja i opreme prema narudžbi, pretežito za kupce iz Europske unije. MIDI d.o.o. Ivanovec, trenutno zapošljava 130 djelatnika na ukupno 11.000 m<sup>2</sup> proizvodnog prostora. 100%-tni su izvoznik na tržišta Savezne Republike Njemačke, Austrije i Italije. Raspoložu najmodernijom tehnologijom rezanja, savijanja, zavarivanja i lakiranja. Izrađuju specijalna savijanja profila, kvadratnih i okruglih cijevi [19].

Predmet ispitivanja je šasija stroja za razminiranje oznake MV-10 (slika 12) koju poduzeće Midi d.o.o radi za tvрку DOK-ING Razminiranje d.o.o. koja se bavi proizvodnjom robota i opreme za posebne namjene. Stroj za razminiranje MV-10 dizajniran je za čišćenje raznih vrsta terena koji su pogodeni minama. Glavna zadaća stroja je detoniranje ili uništavanje mina i eksplozivnih naprava. Svoju zadaću ostvaruje pomoću dva alata koja također izrađuje poduzeće MIDI. Primarni alat, rotirajuće mlatilice, je dizajniran za aktiviranje i uništavanje mina, a sekundarni, rotirajuća freza, služi za sekundarno čišćenje i održavanje dubine kopanja konstantnom [20].



*Slika 12. Šasija stroja za razminiranje MV-10 nakon pjeskarenja*

## 4.2. Zahtjevi kupca uz premaz šasije stroja MV-10

Kupac šasije zahtjeva da šasija ima određeni nivo antikorozivne zaštite. Nivo antikorozivne zaštite mora biti u skladu sa eksploatacijskim uvjetima u kojima će se šasija koristiti i pretpostavljenim vijekom trajanja premaza od prvog nanošenja do prvog održavanja [20].

Zahtjevana kategorija atmosferske korozivnosti je C4, odnosno visoka kategorija korozivnosti, što znači da antikorozivna zaštita mora podnositi vanjske uvjete kao što su industrijska i priobalna područja srednjeg saliniteta, te unutarnje uvjete kao što su kemijske tvornice, bazeni i remontna brodogradilišta (slika 13) [20].

Kategorija korozivnosti	Primjeri okoliša	
	Vanjski	Unutarnji
<b>C1</b> jako niska	-	Grijane zgrade sa čistom atmosferom, poput ureda, dućana, škola, hotela
<b>C2</b> niska	Lagano onečišćena atmosfera, uglavnom ruralna područja	Negrijane zgrade u kojima može doći do pojave kondenzacije, npr. spremišta, sportske dvorane
<b>C3</b> 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, mliječare
<b>C4</b> visoka	Industrijska i priobalna područja srednjeg saliniteta	Kemijske tvornice, bazeni, remontna brodogradilišta
<b>C5-I</b> jako visoka (industrijska)	Industrijska područja s vrlo visokom vlažnošću i agresivnom atmosferom	Zgrade i površine sa gotovo konstantnom kondenzacijom i visokom razinom onečišćenja
<b>C5-M</b> jako visoka (morski okoliš)	Priobalje i pučina s visokom razinom saliniteta	Zgrade i površine sa gotovo konstantnom kondenzacijom i visokom razinom onečišćenja

Slika 13. Kategorije atmosferske korozivnosti prema standardu ISO 12944-1 [20]

Vijek trajanja sustava premaza je pretpostavljeni vremenski protok od trenutka prvog nanošenja do prvog održavanja. Norma ISO 12944-2 specificira tri vremenska okvira koja kategoriziraju trajnost [20]:

<b>NIZAK - L</b>	2 do 5 godina
<b>SREDNJI - M</b>	5 do 15 godina
<b>VISOK - H</b>	više od 15 godina

Slika 14. Kategorije vijeka trajanja sustava prema standardu ISO 12944-2 [20]

Zahtjevana kategorija korozivnosti je C4, a vijek trajanja sustava je srednji – M .

Kako bi se zadovoljila zahtjevana kvaliteta sustava antikorozivne zaštite potrebno je voditi računa o sljedećim faktorima:

1. vrsta premaza;
2. debljina premaza;
3. priprema površine prije nanošenja premaza;
4. temperatura i relativna vlaga pri aplikaciji;
5. postupak nanošenja
6. vrijeme sušenja;
7. vještina radnika [20].

Ispunjavanjem ovih sedam propisanih faktora trebali bismo dobiti zahtjevanu kvalitetu antikorozivne zaštite. Kako bi kupac bio siguran da je dobio zahtjevanu antikorozivnu zaštitu on nalaže kooperantu da provodi sljedeće testove i vodi zapisnik o provedenim ispitivanjima:

- Mjerenje hrapavosti površine,
- Mjerenje viskoznosti boje,
- Ispitivanje debljine mokrog filma premaza,
- Ispitivanje debljine suhog filma premaza,
- Ispitivanje prionjivosti [20].

#### **4.2.1. Zahtjev za hrapavost površine**

Mjerenje hrapavosti površine vrši se prema normi ISO 8503 pomoću ISO komparatora na kojem se očitava srednja hrapavost Ra. Hrapavost metalnih površina važan je parametar koji pri aplikaciji premaza utječe na nesenu debljinu premaza, prionjivost premaza i utrošak premaza. Zahtjevana srednja hrapavost Ra nakon pjeskarenja iznosi [20]:

$$Ra = 50 - 100 \mu m$$

#### **4.2.2. Zahtjev za viskoznost boje**

Mjerenje viskoznosti boje vrši pomoću Fordovog viskozimetra – čaše sa lijevkom za uronjavanje sukladno normi HRN EN ISO 2431:1999. Viskoznost ima važnu ulogu kod odabira tehnike aplikacije premaza na površinu. Premala viskoznost može dovesti do otjecanja premaza s površine (curenje boje). Zahtjevana viskoznost iznosi [20]:

$$\nu = 245 - 270 \text{ mm}^2/\text{s}$$

#### 4.2.3. Zahtjev za debljinu mokrog filma premaza

Ispitivanje debljine mokrog filma premaza vrši se pomoću instrumenta naziva „češalj“ koji ima niz zubaca s rastućim razmacima od referentne površine. Ispitivanje se vrši sukladno standardu HRN EN ISO 2808:2004. Debljina mokrog filma premaza predstavlja debljinu premaza neposredno nakon nanošenja na metalnu površinu. Potrebno je napraviti dva ispitivanja debljine mokrog filma premaza, pošto se prvo nanosi temeljni sloj, a nakon toga završni sloj. Zahtjevane debljine mokrog filma premaza iznose [20]:

$$b_{\text{temeljni mokri film}} = 260 - 320 \mu\text{m}$$

$$b_{\text{završni mokri film}} = 130 - 160 \mu\text{m}$$

#### 4.2.4. Zahtjev za debljinu suhog filma premaza

Ispitivanje debljine suhog filma premaza može se vršiti pomoću uređaja sa magnetno-induktivnim principom rada ili uređajem koji radi na principu vrtložne struje. Korozijska otpornost kod većine premaza raste s povećanjem debljine premaza. Također sa debljinom premaza rastu i proizvodni troškovi pa je pouzdano poznavanje minimalne vrijednosti debljine premaza potrebno i iz ekonomskih razloga. Prema normi HRN EN ISO 12944-7 primjenjuje se pravilo 80-20 koje kaže da izmjerena debljina premaza nigdje ne smije biti manja od 80% specificirane debljine suhog filma premaza, a najviše 20% mjerenja može biti ispod specificirane debljine suhog filma premaza. Potrebno je napraviti dva ispitivanja debljine suhog filma premaza, pošto se prvo nanosi temeljni sloj, a nakon toga završni sloj. Zahtjevane debljine suhog filma premaza iznose [20]:

$$b_{\text{temeljni suhi film}} = 160 - 200 \mu\text{m}$$

$$b_{\text{završni suhi film}} = 240 - 300 \mu\text{m}$$

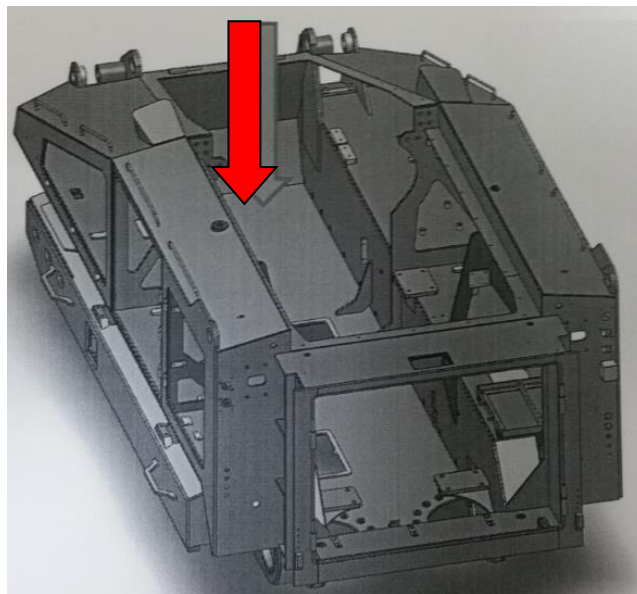


#### 4.2.5. Zahtjev za prionjivost premaza

Ispitivanje prionjivosti provodi se tzv. cross-cut testom prema normi ISO 2409:1999. Prionjivost je svojstvo nekog premaza da prione na prethodni premaz ili podlogu, a ovisi o nizu parametara: svojstvima premaza, stanju podloge, debljini sloja premaza i uvjetima aplikacije. Napravom koja ima noževe u obliku mrežice, pod pravim kutem zarezuje se premaz, pri čemu noževi prodiru do podloge, a na premazu zaostaje urezana mrežica. Vizualno se određuje oštećenje mrežice, a stupanj prianjanja se uspoređuje sa zadanim standarnim oštećenjima i ocjenjuje s ocjenom od 0-5. Zahtjevana kvaliteta prianjanja [20]:

$$\textit{kvaliteta prianjanja} = 0 - 1$$

Cross-cut test potrebno je izvesti na podnici šasije – u prednjem djelu šasije prema slici 15:



*Slika 15. Mjesto izvođenja cross-cut testa [20]*

### 4.3. Ispitivanja premaza na šasiji stroja MV-10

#### 4.3.1. Mjerenje hrapavosti

Hrapavost metalnih površina važan je parametar koji pri aplikaciji premaza utječe na nanesenu debljinu premaza, prionjivost premaza i utrošak premaza. Mjerenje hrapavosti nakon pjeskarenja vrši se prema normi ISO 8503 koja nalaže da se mjerenje hrapavosti provodi na način da je na površini 1m<sup>2</sup> potrebno napraviti 5 mjerenja. Pošto predmet mjerenja, šasija stroja MV-10, ima površinu od  $\approx 20 \text{ m}^2$  potrebno je napraviti ukupno 100 mjerenja po cijeloj šasiji.

Uređaj koji je korišten u mjerenju hrapavosti je PosiTector SPG (slika 16). Uređaj se sastoji od 2 dijela: dijela na kojem je ekran i dijela na kojem je ticalo. Uređaj radi na principu kontaktne metode. Na zaslonu uređaja pojave se rezultati mjerenja kada uređaj dođe u kontakt sa površinom koja se mjeri. Kako bi se dobile reprezentativne izmjere potrebno je uređaj staviti okomito na površinu. Izmjereni podaci spremaju se u memoriju, te se nakon završenog mjerenja mogu prenijeti na računalo.



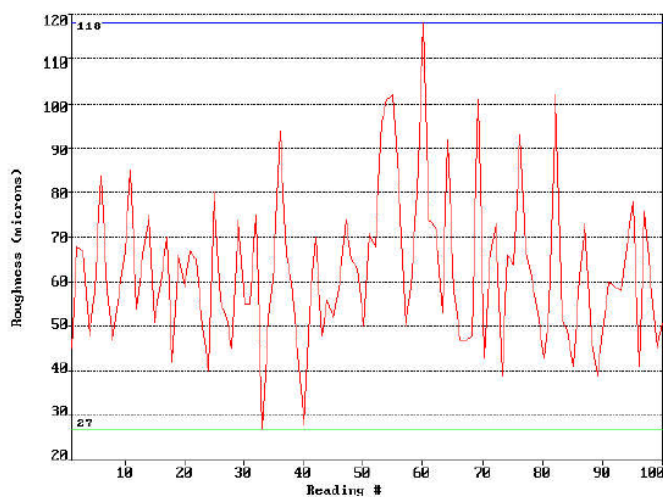
Slika 16. Uređaj za mjerenje hrapavosti PosiTector SPG

Mjerni uređaj je kalibriran kod ovlaštenog umjeravatelja. Prije mjerenja mjeritelj može provjeriti umjerenost uređaja pomoću staklene površine (slika 17). Uređaj se stavlja na staklenu površinu, a hrapavost mora iznositi 0. Nakon toga mjeritelj može biti siguran da će rezultati mjerenja biti ispravni.



Slika 17. Umjeravanje uređaja i mjerenje hrapavosti na šasiji MV-10

Rezultati mjerenja hrapavosti tijekom 100 mjerenja, odnosno 5 mjerenja na svakom metru kvadratnome šasije stroja MV-10 prikazani su dijagramom, a podaci o mjerenju u prilogu 1:



Slika 18. Dijagram rezultata mjerenja hrapavosti na šasiji stroja MV-10

Konačni rezultati mjerenja hrapavosti na šasiji stroja MV-10 prikazani su tablicom 3:

	Aritmetička sredina, $\bar{x}$	Standardna devijacija, $\sigma$	Min. izmjerena vrijednost	Max. izmjerena vrijednost
Hrapavost [ $\mu\text{m}$ ]	<b>62,2</b>	16,8	27	118

Tablica 3. Rezultati mjerenja hrapavosti na šasiji MV-10

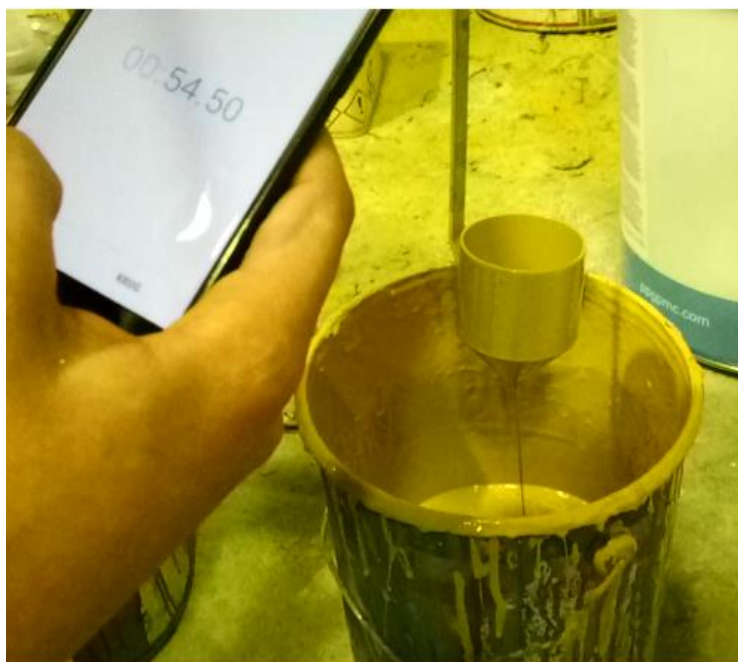
### 4.3.2. Mjerenje viskoznosti

Viskoznost ima važnu ulogu kod odabira tehnike aplikacije premaza na površinu. Premala viskoznost može dovesti do otjecanja boje s površine (curenje boje), dok prevelika viskoznost može stvoriti probleme sa nanošenjem premaza, pošto se premaz nanosi zračnim štrcanjem pomoću zračnog pištolja koji obavlja štrcanje pod određenim tlakom. Viskoznost se mjeri Fordovim viskozimetrom (slika 19) – čaša sa lijevkom za uronjavanje sukladno normi HRN EN ISO 2431:1999.



*Slika 19. Fordov viskozimetar*

Postupak se provodi na način da se najprije Fordov viskozimetar, volumena 100 ml, napuni mješavinom koja se sastoji od boje i 5-10 % razrjeđivača. Viskozimetar se prazni kroz otvor definiranog promjera slobodnim istjecanjem, a pritom se zapornim satom (štoperica) mjeri vrijeme istjecanja (slika 20). Završetkom se smatra pojava prvog prekida strujnog toka. Rezultat je očitano vrijeme u sekundama. Budući, ponašanje tekućina ovisi o temperaturi, važno je da se mjerenje provodi kod određene temperature (sobna temperatura, 20°C).



Slika 20. Postupak mjerenja viskoznosti

Proračun kinematičke viskoznosti na temelju izmjerene vremena istjecanja  $t = 74 \text{ s}$  :

$$v [\text{mm}^2/\text{s}] = 3,85 \times (t [\text{s}] - 4,49 [\text{s}]) \quad (3)$$

$$v = 3,85 \times (74 - 4,49)$$

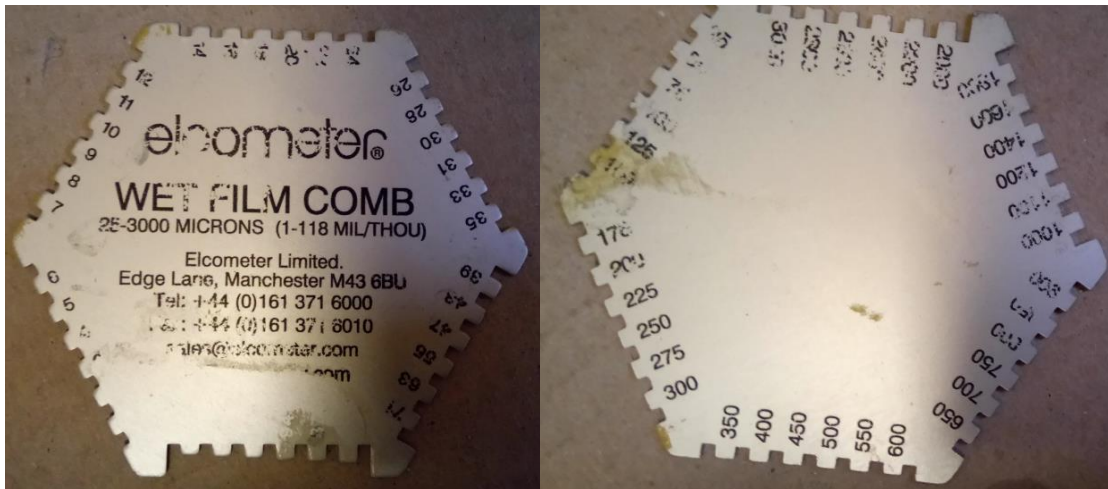
$$v = 267,6 [\text{mm}^2/\text{s}]$$

#### 4.3.3. Ispitivanje debljine filma premaza

Kupac zahtjeva da nakon nanošenja dva sloja premaza, temeljnog i završnog, šasija ima debljinu suhog filma premaza od minimalno  $240 \mu\text{m}$ . Premaz se sastoji od mješavine dviju tvari koje imaju određeni volumni udio: suhe tvari sa volumnim udjelom od  $65 \pm 2 \%$  i mokre tvari koja čini preostalih  $35 \pm 2 \%$  udjela u mješavini. Nakon što se nanese premaz osuši, ostane samo  $65 \%$  suhe tvari. Zato dok se želi postići neka debljina suhog premaza potrebno je nanjeti mokri premaz uvećan za postotak mokre tvari.

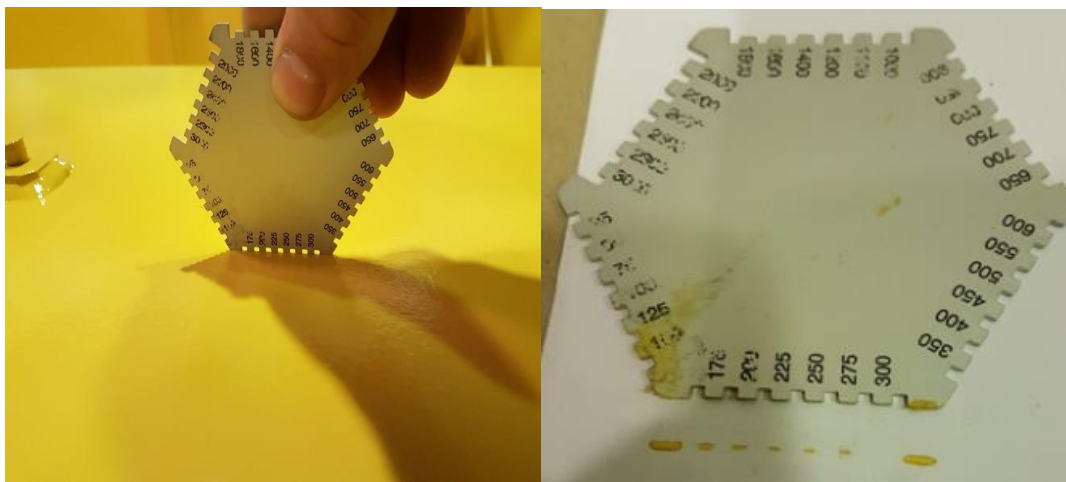
#### 4.3.3.1. Ispitivanje debljine temeljnog filma premaza

Na šasiju, zračnim pištoljem uz pritisak od 3 – 4 bara i otvorom mlaznice 1,5 – 3 mm, prvotno je nanesen temeljni sloj žute nijanse minimalne debljine 260  $\mu\text{m}$ . Debljinu mokrog filma premaza vrlo je nezgodno kontrolirati iz razloga nepraktičnog mjernog pomagala. Mjerno pomagalo koje se koristi za ispitivanje mokrog filma premaza je češalj. Češalj korišten za ispitivanje mokrog filma premaza prikazan je slikom 21.



Slika 21. Češalj za ispitivanje mokrog filma premaza

Postupak mjerenja se provodi provlačenjem češlja okomito na film, koristeći mjernu skalu koja odgovara očekivanoj debljini. Češalj se zatim uklanja i otisne na papir kako bi se očitala debljina (slika 22). Češalj koristi osoba koja nanosi premaz tijekom nanošenja premaza kako bi kontrolirala debljinu nanesenog premaza. Iz tog razloga podaci o mjerenju mokrog filma premaza ne bilježe se.



Slika 22. Ispitivanje debljine mokrog filma temeljnog premaza i otisak češlja

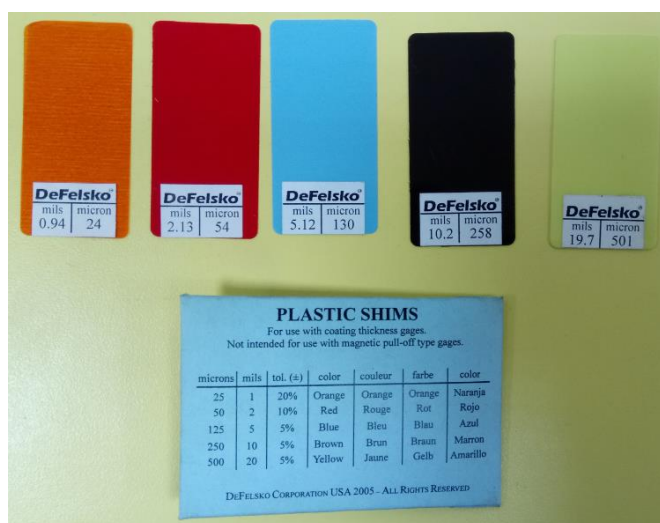


Nakon nanošenja temeljnog sloja premaza, potrebna su 3 sata da se on osuši. Nakon sušenja potrebno je provesti ispitivanje debljine suhog temeljnog filma premaza. Mjerenje debljine suhog temeljnog filma premaza rađeno je pomoću mjernog uređaja naziva Elcometer 456. Mjerni uređaj sastoji se od dva dijela: dijela na kojem je ekran i kabla kojim je povezana sonda za mjerenje. Uređaj radi na principu magnetske metode, te se sonda mora postaviti okomito na površinu kako bi se dobile reprezentativne izmjere. Na zaslonu uređaja pojave se rezultati mjerenja kada sonda dođe u kontakt sa površinom koja se mjeri. Izmjereni podaci spremaju se u memoriju, te se nakon završenog mjerenja mogu prenijeti na računalo. Uređaj je prikazan slikom 23.



Slika 23. Uređaj za mjerenje debljine suhog filma premaza Elcometer 456

Elcometer 456 se kalibrira pomoću etalonskih listića prikazanih slikom 24. Etalonski listići su različitih debljina, a napravljeni su od plastičnih folija. Za kalibraciju se koristi listić čija debljina približno odgovara očekivanoj ili nazivnoj debljini premaza.



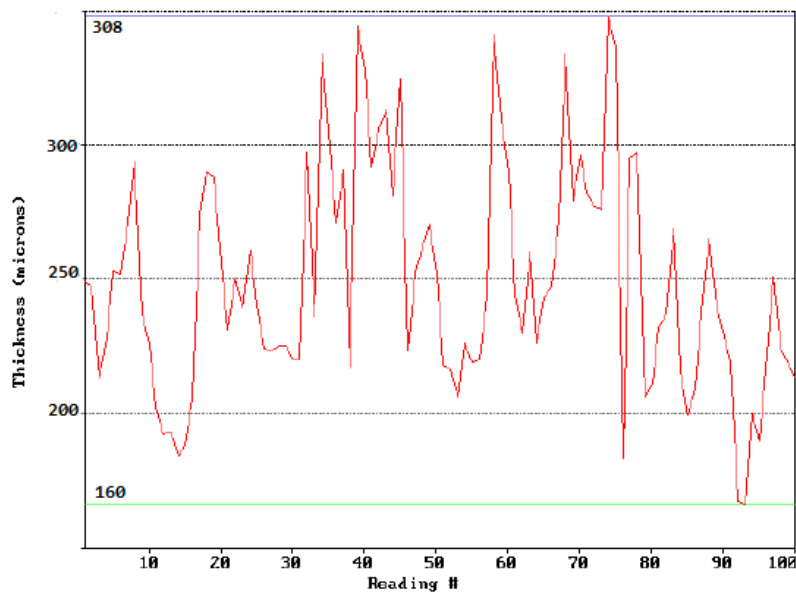
Slika 24. Etalonski listići za kalibriranje uređaja Elcometer 456

Nakon umjeravanja uređaja isti je spreman za mjerenje. Postupak mjerenja vrlo je jednostavan, te se jedino mora paziti da se sonda postavlja okomito na površinu mjerenja. Mjerenje debljine suhog filma temeljnog premaza prikazano je slikom 25.



Slika 25. Mjerenje debljine suhog filma temeljnog premaza na šasiji MV-10

Rezultati mjerenja debljine suhog temeljnog premaza tijekom 100 mjerenja, odnosno 5 mjerenja na svakom metru kvadratnome prikazani su dijagramom, a podaci o mjerenju u prilogu 2:



Slika 26. Dijagram rezultata mjerenja debljine suhog filma temeljnog premaza na šasiji stroja MV-10



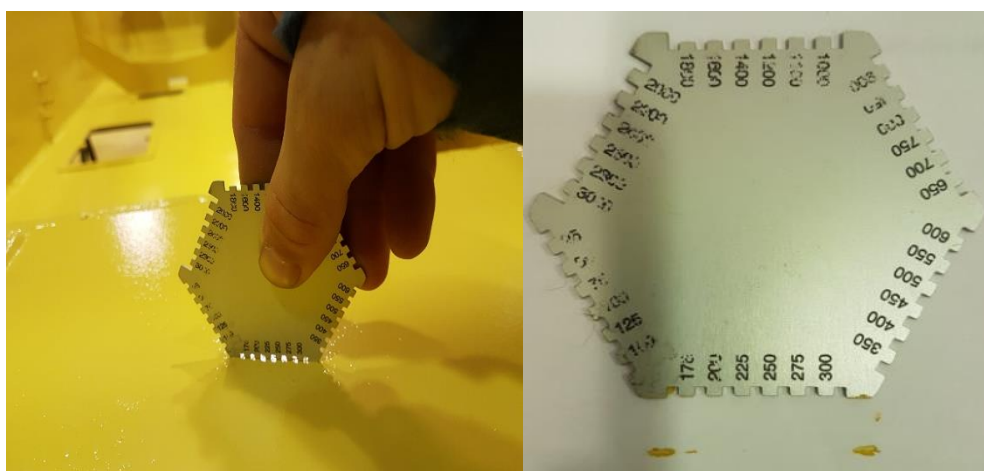
Konačni rezultati mjerenja debljine suhog filma temeljnog premaza prikazani su tablicom 4:

	Aritmetička sredina, $\bar{x}$	Standardna devijacija, $\sigma$	Min. izmjerena vrijednost	Max. izmjerena vrijednost
Debljina [ $\mu\text{m}$ ]	274,3	79,2	160	308

Tablica 4. Rezultati mjerenja debljine suhog filma temeljnog premaza na šasiji stroja MV-10

#### 4.3.3.2. Ispitivanje debljine završnog filma premaza

Na šasiju se, nakon što se je osušio temeljni sloj žute nijanse, zračnim štrcanjem nanosi završni sloj nijanse pustinjski pjesak minimalne debljine 130  $\mu\text{m}$ . Kao i kod nanošenja temeljnog premaza, debljina mokrog filma završnog premaza kontrolira se pomoću češlja. Kontrola je prikazana slikom 27.



Slika 27. Ispitivanje debljine mokrog filma završnog premaza i otisak češlja

Nakon nanošenja završnog sloja, opet je potrebno čekati 3 sata da se isti osuši. Nakon sušenja potrebno je provesti ispitivanje debljine suhog filma premaza. Uređaj za mjerenje debljine u ovom slučaju, kad se naknadno nanese još jedan sloj premaza, mjeri debljinu suhog filma temeljnog sloja i završnog sloja. Mjerenje je izvršeno pomoću uređaja PosiTector 6000 (slika 28) koji radi na istom principu kao i Elcometer 456, te se umjerava na identičan način.



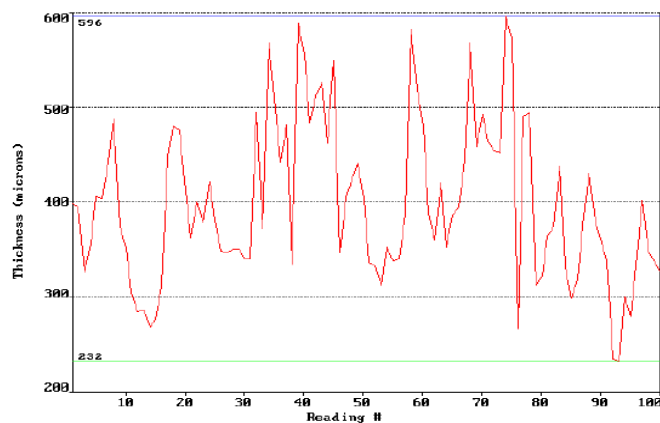
*Slika 28. Uređaj za mjerenje debljine suhog filma premaza PosiTector 6000*

Postupak mjerenja identičan je onom za mjerenje debljine temeljnog filma premaza, te se jedino mora paziti da se sonda postavlja okomito na površinu mjerenja. Mjerenje debljine suhog filma završnog premaza prikazano je slikom 29.



*Slika 29. Mjerenje debljine suhog filma završnog premaza na šasiji MV-10*

Rezultati mjerenja debljine suhog završnog premaza tijekom 100 mjerenja, odnosno 5 mjerenja na svakom metru kvadratnome šasije stroja MV-10 prikazani su dijagramom, a podaci o mjerenju u prilogu 3:



Slika 30. Dijagram rezultata mjerenja debljine suhog filma završnog premaza na šasiji stroja MV-10

Konačni rezultati mjerenja debljine suhog filma završnog premaza prikazani su tablicom 5:

	Aritmetička sredina, $\bar{x}$	Standardna devijacija, $\sigma$	Min. izmjerena vrijednost	Max. izmjerena vrijednost
Debljina [ $\mu\text{m}$ ]	<b>398,7</b>	84,2	232	596

Tablica 5. Rezultati mjerenja debljine suhog filma završnog premaza na šasiji stroja MV-10

#### 4.3.4. Ispitivanje prionjivosti premaza

Prionjivost je svojstvo premaza da prione na prethodni premaz ili podlogu. Prionjivost premaza izravno utječe na kvalitetu njegova zaštitnog djelovanja na površini na koju je nanesen kao i dužinu vijeka tranja zaštite. Ispitivanje prionjivosti provodi se tzv. cross-cut testom (metoda zarezivanja mrežice) prema normi ISO 2409:1999. Opremu potrebnu za izvođenje cross-cut testa obuhvaćaju: noževi za tri različite debljine premaza, kist, povećalo, te selotejp traka (slika 31).



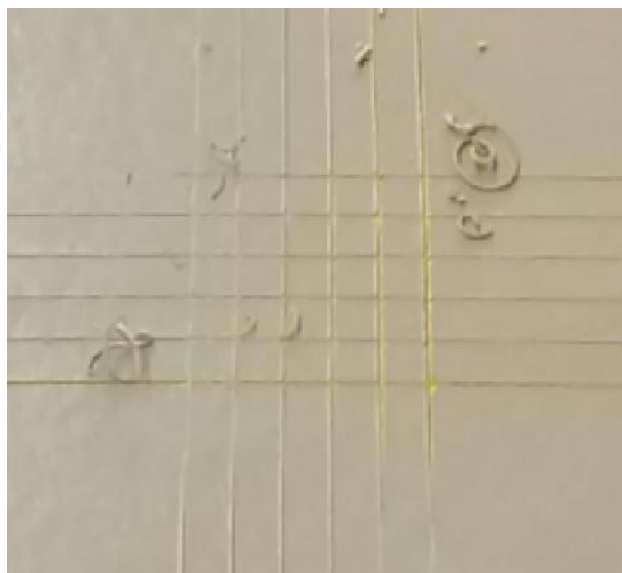
Slika 31. Oprema potrebna za izvođenje cross-cut testa

Cross-cut test provodi se na način da se najprije odabere odgovarajući uređaj sa noževima za rezanje premaza. Uređaj sa noževima se odabire prema debljini nanesenog premaza, u ovom slučaju to će biti noževi za debljinu od 121 - 250  $\mu\text{m}$  (slika 32). Taj uređaj ima udaljenost između noževa 3 mm. Udaljenost između noževa ovisi o debljini suhog sloja premaza, tako da za debljine premaza do 60  $\mu\text{m}$  koriste noževi čija je međusobna udaljenost 1 mm, za premaze debljne do 120  $\mu\text{m}$  međusobna udaljenost je 2 mm, dok za premaze preko 120  $\mu\text{m}$  udaljenost noževa je 3 mm.



*Slika 32. Uređaj sa noževima za debljinu premaza od 121 - 250  $\mu\text{m}$*

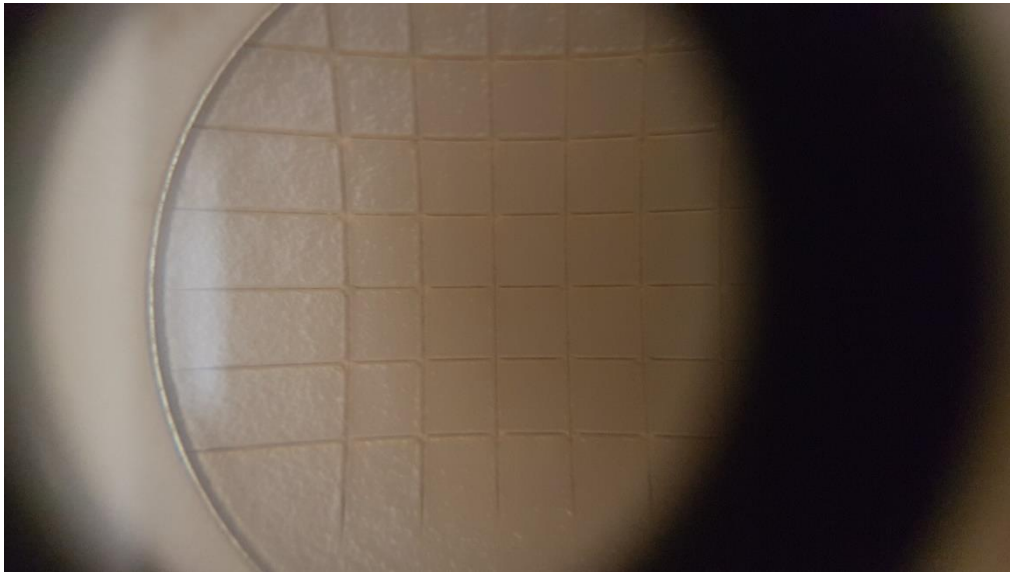
Sljedeći korak je urezivanje dva reda linija međusobno okomitih ( $90^\circ$ ) (slika 33). Dubina zarezivanja kvadrata mora biti takva da noževi prolaze kroz sloj premaza do metalne podloge.



*Slika 33. Izgled mrežice neposredno nakon zarezivanja na šasiji MV-10*


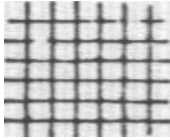
Nakon zarezivanja, kistom se očisti područje testa, te se naljepi adhezivna ljepljiva traka (selotejp) preko urezane mrežice i naglo povuće. Na kraju testa, pomoću povećala se promatra izrezana

mrežica (slika 34), odnosno u kojoj mjeri je došlo do odvajanja premaza od podloge te se nalaz klasicifica prema ocjeni adhezije prema normi ISO 2409.



*Slika 34. Izgled mrežice pod povećalom*

Rezultati ispitivanja prionjivosti cross-cut testom na šasiji stroja MV-10 prikazani su tablicom 6:

Slika uzorka:	Ocjena prema normi ISO 2409
	<b>1</b>
	Oljušten je mali dio filma pri zasjecanju; oljuštena površina nije veća od 5 %
	

*Tablica 6. Rezultat ispitivanja prionjivosti na šasiji stroja MV-10*

#### 4.4. Analiza rezultata ispitivanja

U analizi rezultata ispitivanja napravljena je usporedba rezultata dobivenih ispitivanjima i mjerenjima sa zahtjevima kupca. U ovoj točki dani su i odgovori na pitanja što ako bi rezultati ispitivanja bili manji ili veći od zahtjevanih.

##### 4.4.1. Analiza rezultata mjerenja hrapavosti površine

Mjerenje hrapavosti površine:

Zahtjev kupca	Rezultat mjerenja
$Ra = 50 - 100 \mu m$	$Ra = 62,2 \mu m$
ZADOVOLJAVA	

Tablica 7. Usporedba rezultata mjerenja hrapavosti sa zahtjevima

Rezultati mjerenja hrapavosti površine zadovoljavaju zahtjev kupca što znači da je šasija stroja MV-10 spremna za nanošenje premaza. Ako bi hrapavost bila manja od zahtjevane to može uzrokovati slabo prijanjanje boje, što opet prouzroči ljuštenje, pucanje ili otpadanje prevlake. U tom slučaju šasija bi se vratila na dodatno pjeskarenje, kako bi se dobila veća hrapavost. Ako bi pak hrapavost bila veća od zahtjevane to bi rezultiralo većem utrošku boje i javljanje opasnosti da vrhovi ostanu nepokriveni, što bi dovelo do pojave hrđe oko tih vrhova. U tom slučaju hrapavost se može smanjiti brušenjem.

##### 4.4.2. Analiza rezultata mjerenja viskoznosti boje

Mjerenje viskoznosti boje:

Zahtjev kupca	Rezultat mjerenja
$\nu = 267,6 [mm^2/s]$	$\nu = 245 - 270 mm^2/s$
ZADOVOLJAVA	

Tablica 8. Usporedba rezultata mjerenja viskoznosti boje sa zahtjevima

Izmjerena viskoznost boje zadovoljava zahtjev kupca što znači da je boja spremna za nanošenje na šasiju. Ako se radi u propisanim uvjetima tada viskoznost boje ovisi samo o postotku dodanog razrjeđivača. U slučaju da se doda manje od propisanih 5-10 % razrjeđivača tada će viskoznost biti prevelika i lakikeri neće moći boju nanositi zračnim štrcanjem kako to kupac zahtjeva. U

slučaju da se doda više od propisanih 5-10 % razrjeđivača tada će viskoznost biti mala, te će se i dalje boja moći nanositi zračnim štrcanjem, ali može doći do pojave otjecanja premaza sa površine (curenje boje).

#### 4.4.3. Analiza rezultata ispitivanja debljine filma premaza

Kod ispitivanja debljine mokrog filma premaza nisu se bilježili podaci o mjerenju, ali se zadovoljavanje zahtjeva kupca može provjeriti kroz rezultate ispitivanja suhog filma premaza. Jer ako rezultati ispitivanja suhog filma zadovoljavaju zahtjeve kupca tada zadovoljavaju i debljina mokrog filma.

Ispitivanje debljine suhog filma temeljnog premaza :

Zahtjev kupca	Rezultat ispitivanja
$b_{\text{temeljni suhi film}} = 160 - 200 \mu\text{m}$	$b_{\text{temeljni suhi film}} = 274,3 \mu\text{m}$
ZADOVOLJAVA	

Tablica 9. Usporedba rezultata ispitivanja debljine temeljnog premaza sa zahtjevima

Iako su rezultati ispitivanja debljine temeljnog suhog filma premaza veći od zahtjeva kupca, norma HRN EN ISO 12944-7 dozvoljava da je debljina jedan puta veća od zahtjevanje, tako da su rezultati ispitivanja prihvatljivi. Ukoliko bi debljina suhog filma bila manja od zahtjevanje može se dodati još jedan sloj kako bi se zadovoljila minimalna zahtjevana debljina. Debljina suhog filma bitna je jer korozivna otpornost raste s povećanjem debljine. Ali debljina također ne bi smjela biti prevelika jer sa debljinom premaza rastu i proizvodni troškovi pa je pouzdano poznavanje maksimalne vrijednosti debljine premaza potrebno i iz ekonomskih razloga. Ukoliko bi debljina suhog filma bila veća od zahtjevanje površina se može pobrusiti. Iako do grešaka debljine suhog sloja ne bi smjelo doći zbog ispitivanja debljine mokrog filma premaza kod nanošenja premaza.

Ispitivanje debljine suhog filma završnog premaza :

Zahtjev kupca	Rezultat ispitivanja
$b_{\text{završni suhi film}} = 240 - 300 \mu\text{m}$	$b_{\text{temeljni suhi film}} = 398,7 \mu\text{m}$
ZADOVOLJAVA	

Tablica 10. Usporedba rezultata ispitivanja debljine završnog premaza sa zahtjevima

Iako su rezultati ispitivanja debljine završnog suhog filma premaza veći od zahtjeva kupca, norma HRN EN ISO 12944-7 dozvoljava da je debljina jedan puta veća od zahtjevane, tako da su rezultati ispitivanja prihvatljivi. Ukoliko bi debljina suhog filma bila manja od zahtjevane može se dodati još jedan sloj kako bi se zadovoljila minimalna zahtjevana debljina. A u slučaju da bi debljina suhog filma bila veća od zahtjevane površina se može pobrusiti. Iako do grešaka debljine suhog sloja ne bi smjelo doći zbog ispitivanja debljine mokrog filma premaza kod nanošenja premaza.

#### 4.4.4. Analiza rezultata ispitivanja prionjivosti premaza

Ispitivanje prionjivosti cross-cut testom :

Zahtjev kupca	Rezultat ispitivanja
<i>kvaliteta prijanjanja = 0 – 1</i>	<i>kvaliteta prijanjanja = 1</i>
ZADOVOLJAVA	

*Tablica 11. Usporedba rezultata ispitivanja prionjivosti sa zahtjevima*

Ocjena prionjivosti premaza nakon izvršenog cross-cut testa je u skladu sa zahtjevom kupca. Prionjivost ovisi o nizu parametara: svojstvima premaza, stanju podloge, debljini sloja premaza, uvjetima aplikacije. Ukoliko su ti parametri zadovoljeni prionjivost će biti dobra. Ako bi prionjivost bila lošija od zahtjevane najbolji način poboljšanja bio bi brušenje na minimalnu zahtjevanu debljinu suhog premaza. Ako taj korak ne bi dao poboljšanje, tada trebala u potpunosti ukloniti premaz, te ponovno pjeskariti površina kako bi se ponovno nanio premaz koji bi zadovoljavao zahtjeve kupca.



## 5. Zaključak

Nanošenje premaza jedna je od površinskih obrada nanošenjem organskih tvari, te je jedan je od najčešće korištenih načina zaštite metalnih površina, a koristi se kao završni postupak prevlačenja materijala. Organske se prevlake koriste radi povećanja korozijske otpornosti, zatim otpornosti na trošenje abrazijom i trenjem te za dekorativne svrhe. Osnovne komponente svakog premaznog sredstva su vezivo (koje čini opnu prevlake) i otapalo/ razrjeđivač (koji otapa vezivo, a regulira viskoznost). Sustav premaza čine temeljni premaz, međupremaz i završni premaz. Premazi se klasificiraju prema sastavu, osnovnoj svrsi, izgledu, podlogama na koje se nanose, broju sastojaka koji se miješaju prije nanošenja itd. Površina prije nanošenja premaza priprema se pomoću operacije odmašćivanja, mehaničkih operacija, kemijskih operacija i plamenog čišćenja. U postupke nanošenja premaza ubrajaju se: nanošenje premaza kistom, valjkom, zračnim i bezračnim prskanjem itd.

Kupac šasije stroja za razminiranje oznake MV-10 zahtjeva da ona ima određeni nivo antikorozivne zaštite. Nivo antikorozivne zaštite mora biti u skladu sa eksploatacijskim uvjetima u kojima će se šasija koristiti i pretpostavljenim vijekom trajanja premaza od prvog nanošenja do prvog održavanja. Ispitivanja svojstava premaza šasije provedena su u skladu sa normama prema kojima se ona izvode. Za ispitivanja korišteni su odgovarajući mjerni instrumenti i pomagala čija je namjena upravo u tu svrhu. Kao što je to kupac zahtjevao, vođen je zapisnik o provedenim ispitivanjima, te su rezultati prikazani dijagramom i tablično.

Kod mjerenja hrapavosti pjeskarene površine pije nanošenja premaza korišten je mjerni uređaj PosiTector SPG koji radi na principu kontaktne metode. Za potrebe mjerenja viskoznosti korišten je Fordov viskozimetar – čaša sa lijevkom za uronjavanje. Debljina mokrog filma premaza ispitivana je pomoću šesterokutnog češlja, a debljina suhog filma premaza pomoću uređaja Elcometer 456 i PosiTector 6000 koji rade na principu magnetske metode. Posljednje ispitivanje, ispitivanje prionjivosti cross-cut testom provodi se sa opremom koju čine: noževi za tri različite debljine premaza, kist, povećalo, te selotejp traka.

U analizi rezultata ispitivanja napravljena je usporedba rezultata dobivenih ispitivanjima i mjerenjima sa zahtjevima kupca. Rezultati svih ispitivanja u skladu su sa zahtjevima što znači da je šasija spremna za isporuku. U tom poglavlju dani su i odgovori na pitanja što ako bi rezultati ispitivanja bili manji ili veći od zahtjevanih. Ukoliko rezultati nisu u okvirima zahtjeva potrebno je pravovremeno reagirati i napraviti određene korektivne radnje kako bi se spriječili nepotrebni troškovi i zakašnjenje sa rokom isporuke.

Dino Buhaneć

U Varaždinu, \_\_\_\_\_



**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.

Ja, Dino Buhanec pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Ispitivanje svojstava premaza šasije stroja MV-10 te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:  
Dino Buhanec

Buhanec

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.

Ja, Dino Buhanec neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom Ispitivanje svojstava premaza šasije stroja MV-10 čiji sam autor.

Student:  
Dino Buhanec

Buhanec

## 6. Literatura

- [1] Prof.dr.sc. M. Gojić: Površinska obrada materijala, Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Sisak, 2010.
- [2] J.E.Gray, B.Luan: Protective coatings on magnesium nad its alloys-a critical review, Journal of Alloys and Compounds 336 (2002) 88-113.
- [3] [http://repositorij.fsb.hr/2368/1/11\\_07\\_2013\\_T.\\_Gersic-\\_Uloga\\_premaza\\_u\\_zastiti\\_od\\_buke%2C\\_Zavrzni\\_rad%2C\\_FSB%2C\\_Zagreb%2C\\_2013..pdf](http://repositorij.fsb.hr/2368/1/11_07_2013_T._Gersic-_Uloga_premaza_u_zastiti_od_buke%2C_Zavrzni_rad%2C_FSB%2C_Zagreb%2C_2013..pdf), dostupno 21.5.2017.
- [4] D. Bjegović: Zaštita metala od korozije, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2011.
- [5] I. Stojanović: Utjecaj tehnoloških parametara na zaštitna svojstva vodorazrjedivih premaza, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2011.
- [6] <http://core-spec.com/painting%20&%20coatings%20inspection.htm>, dostupno 22.5.2017.
- [7] <http://www.hempelyacht.hr/hr-HR/how-to/General-Painting-Advice/Antifouling-application/paint-below-the-waterline---1component-system>, dostupno 22.5.2017.
- [8] <http://jgpc.in/spraypainting.html>, dostupno 22.5.2017
- [9] [http://pjeskarenje.hr/proizvodi/mjerni\\_instrumenti\\_elcometer/profil\\_povrsine\\_hrapavost/](http://pjeskarenje.hr/proizvodi/mjerni_instrumenti_elcometer/profil_povrsine_hrapavost/), dostupno 23.5.2017.
- [10] <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A970/datastream/PDF/view>, dostupno 23.5.2017.
- [11] [http://www.fizika.unios.hr/pof1/wp-content/uploads/sites/43/2011/02/Viskoznost\\_2014.pdf](http://www.fizika.unios.hr/pof1/wp-content/uploads/sites/43/2011/02/Viskoznost_2014.pdf), dostupno 2.6.2017.
- [12] Mr.sc. N. Rački: Boje i lakovi – jučer danas sutra, Chromos boje i lakovi d.d., Zagreb, 2004.
- [13] <http://www.nationalcoloursupplies.com/index.php?route=product%2Fsearch&search=cup>, dostupno 2.6.2017.
- [14] <http://www.probus.hr/ispitivanje-materijala/debljina-slojeva/sr2000-cesalj-za-debljinu-mokrog-premaza-detalji.html>, dostupno 2.6.2017.
- [15] [http://repositorij.fsb.hr/2492/1/18\\_09\\_2013\\_ZAVRSNI\\_Josip\\_Tadic.pdf](http://repositorij.fsb.hr/2492/1/18_09_2013_ZAVRSNI_Josip_Tadic.pdf), dostupno 6.6.2017.
- [16] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Ispitivanje\\_prionjivosti\\_premaza](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ispitivanje_prionjivosti_premaza), dostupno 6.6.2017.
- [17] <http://brod.sfsb.hr/~saracic/Diplomski/Nova%20mapa/PREDAVANJA/vjezbe/POVRSINSKA%20ZASTITA%20-%20vjezbe2.ppt>, dostupno 6.6.2017.
- [18] <https://www.tqc.eu/en/product/cross-cut-adhesion-test-kit-cc2000-en/>, dostupno 7.6.2017.

[19] [www.midi.hr](http://www.midi.hr), dostupno 3.5.2017.

[20] <https://intranet.dok-ing.corp> , dostupno 3.5.2017.

## Popis slika

Slika 1. Komponente premaza [5].....	11
Slika 2. Višeslojni sustav premaza [5].....	13
Slika 3. Podjela premaza prema načinu sušenja [5].....	15
Slika 4. Stripe coating zavara kistom [6].....	17
Slika 5. Nanošenje premaza valjkom [7].....	18
Slika 6. Nanošenje premaza zračnim štrcanjem [8].....	19
Slika 7. Nanošenje premaza bezračnim štrcanjem [6].....	19
Slika 8. Utjecaj radijusa igle ticala na snimljeni profil [10].....	22
Slika 9. Pehari kojima se određuje vrijeme istjecanja [13].....	23
Slika 10. Šesterokutni češalj za mjerenje mokrog filma premaza [14].....	25
Slika 11. Nož za izvođenje cross cut testa [14].....	26
Slika 12. Šasija stroja za razminiranje MV-10 nakon pjeskarenja.....	28
Slika 13. Kategorije atmosferske korozivnosti prema standardu ISO 12944-1 [20].....	29
Slika 14. Kategorije vijeka trajanja sustava prema standardu ISO 12944-2 [20].....	29
Slika 15. Mjesto izvođenja cross-cut testa [20].....	32
Slika 16. Uređaj za mjerenje hrapavosti PosiTector SPG.....	33
Slika 17. Umjeravanje uređaja i mjerenje hrapavosti na šasiji MV-10.....	34
Slika 18. Dijagram rezultata mjerenja hrapavosti na šasiji stroja MV-10.....	34
Slika 19. Fordov viskozimetar.....	35
Slika 20. Postupak mjerenja viskoznosti.....	36
Slika 21. Češalj za ispitivanje mokrog filma premaza.....	37
Slika 22. Ispitivanje debljine mokrog filma temeljnog premaza i otisak češlja.....	37
Slika 23. Uređaj za mjerenje debljine suhog filma premaza Elcometer 456.....	38
Slika 24. Etalonski listići za kalibriranje uređaja Elcometer 456.....	38
Slika 25. Mjerenje debljine suhog filma temeljnog premaza na šasiji MV-10.....	39
Slika 26. Dijagram rezultata mjerenja debljine suhog temeljnog premaza na šasiji MV-10.....	39
Slika 27. Ispitivanje debljine mokrog filma završnog premaza i otisak češlja.....	40
Slika 28. Uređaj za mjerenje debljine suhog filma premaza PosiTector 6000.....	41
Slika 29. Mjerenje debljine suhog filma završnog premaza na šasiji MV-10.....	41
Slika 30. Dijagram rezultata mjerenja debljine suhog završnog premaza na šasiji MV-10.....	42
Slika 31. Oprema potrebna za izvođenje cross-cut testa.....	42

Slika 32. Uređaj sa noževima za debljinu premaza od 121 - 250 $\mu\text{m}$ .....	43
Slika 33. Izgled mrežice neposredno nakon zarezivanja na šasiji MV-10.....	43
Slika 34. Izgled mrežice pod povećalom.....	44

## Popis tablica

Tablica 1. Usporedba produktivnosti pojedinih postupaka nanošenja premaza [5].....	17
Tablica 2. Ocjena prionjivosti premaza prema normi HRN EN 2409 [17].....	27
Tablica 3. Rezultati mjerenja hrapavosti na šasiji stroja MV-10.....	34
Tablica 4. Rezultati mjerenja debljine suhog filma temeljnog premaza na šasiji stroja MV-10.....	40
Tablica 5. Rezultati mjerenja debljine suhog filma završnog premaza na šasiji stroja MV-10.....	42
Tablica 6. Rezultat ispitivanja prionjivosti na šasiji stroja MV-10.....	44
Tablica 7. Usporedba rezultata mjerenja hrapavosti sa zahtjevima.....	45
Tablica 8. Usporedba rezultata mjerenja viskoznosti boje sa zahtjevima.....	45
Tablica 9. Usporedba rezultata ispitivanja debljine temeljnog premaza sa zahtjevima.....	46
Tablica 10. Usporedba rezultata ispitivanja debljine završnog premaza sa zahtjevima.....	46
Tablica 11. Usporedba rezultata ispitivanja prionjivosti sa zahtjevima.....	47

## **Prilozi**

- 1) Mjerenje hrapavosti površine
- 2) Ispitivanje debljine temeljnog suhog filma premaza
- 3) Ispitivanje debljine završnog suhog filma premaza



# DeFelsko®





## PosiTector

### Ispitivanje hrapavosti površine

#### Informacije

Created:	2017-04-28 06:24:58
Gage S/N:	789814
Probe Type:	SPG
Probe S/N:	280434

#### Sazetak

				
Hrapavost (microns)	62.2	16.8	27	118

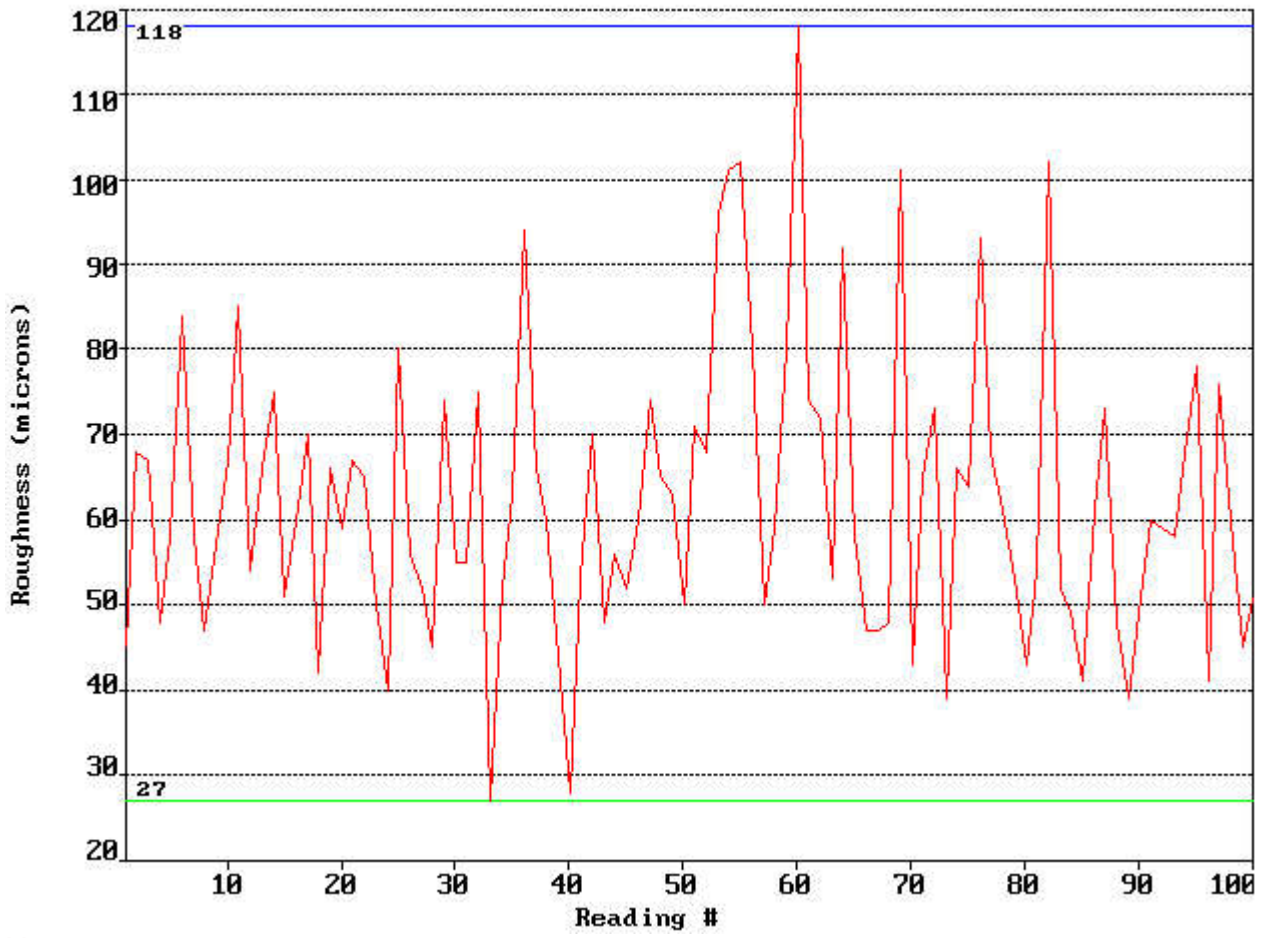
#### Izmjere

#	Hrapavost (microns)	
1	45	2017-04-28 06:25:17
2	68	06:25:18
3	67	06:25:20
4	48	06:25:21
5	58	06:25:24
6	84	06:25:25
7	58	06:25:28
8	47	06:25:29
9	57	06:25:31
10	67	06:25:32
11	85	06:25:35
12	54	06:25:36
13	66	06:25:37
14	75	06:25:38
15	51	06:25:40
16	60	06:25:42
17	70	06:25:43
18	42	06:25:44
19	66	06:25:46
20	59	06:25:47
21	67	06:25:49
22	65	06:25:50
23	50	06:25:51
24	40	06:25:52
25	80	06:25:54

26	56	06:25:55
27	52	06:25:57
28	45	06:25:59
29	74	06:26:06
30	55	06:26:07
31	55	06:26:09
32	75	06:26:16
33	27	06:26:18
34	52	06:26:19
35	63	06:26:20
36	94	06:26:23
37	66	06:26:24
38	60	06:26:27
39	44	06:26:29
40	28	06:26:30
41	53	06:26:31
42	70	06:26:33
43	48	06:26:34
44	56	06:26:36
45	52	06:26:47
46	60	06:26:52
47	74	06:26:55
48	65	06:26:57
49	63	06:26:58
50	50	06:27:00
51	71	06:27:03
52	68	06:27:05
53	96	06:27:11
54	101	06:27:12
55	102	06:27:14
56	80	06:27:16
57	50	06:27:23
58	59	06:27:34
59	80	06:27:40
60	118	06:27:42
61	74	06:27:44
62	72	06:27:45
63	53	06:27:46
64	92	06:27:48
65	58	06:27:49
66	47	06:27:57
67	47	06:27:58
68	48	06:27:59
69	101	06:28:01
70	43	06:28:06
71	65	06:28:08
72	73	06:28:14
73	39	06:28:16
74	66	06:28:18
75	64	06:28:21
76	93	06:28:23
77	68	06:28:24

78	61	06:28:26
79	53	06:28:27
80	43	06:28:33
81	54	06:28:35
82	102	06:28:38
83	52	06:28:40
84	49	06:28:42
85	41	06:28:43
86	61	06:28:44
87	73	06:28:46
88	48	06:28:47
89	39	06:28:50
90	51	06:28:52
91	60	06:28:54
92	59	06:28:56
93	58	06:28:57
94	68	06:28:59
95	78	06:29:00
96	41	06:29:02
97	76	06:29:03
98	60	06:29:05
99	45	06:29:06
100	52	06:29:08

# Dijagram



[Home](#)

# PosiTector

## Ispitivanje debljine temeljnog suhog filma premaza

### Informacije

Created:	2017-05-04 06:26:19
Gage S/N:	789814
Probe Type:	FRS
Probe S/N:	277929
CAL:	Cal 1

### Sazetak

	$\bar{x}$	$\sigma$	$\downarrow$	$\uparrow$
Debljina (microns)	274.3	79.2	160	308

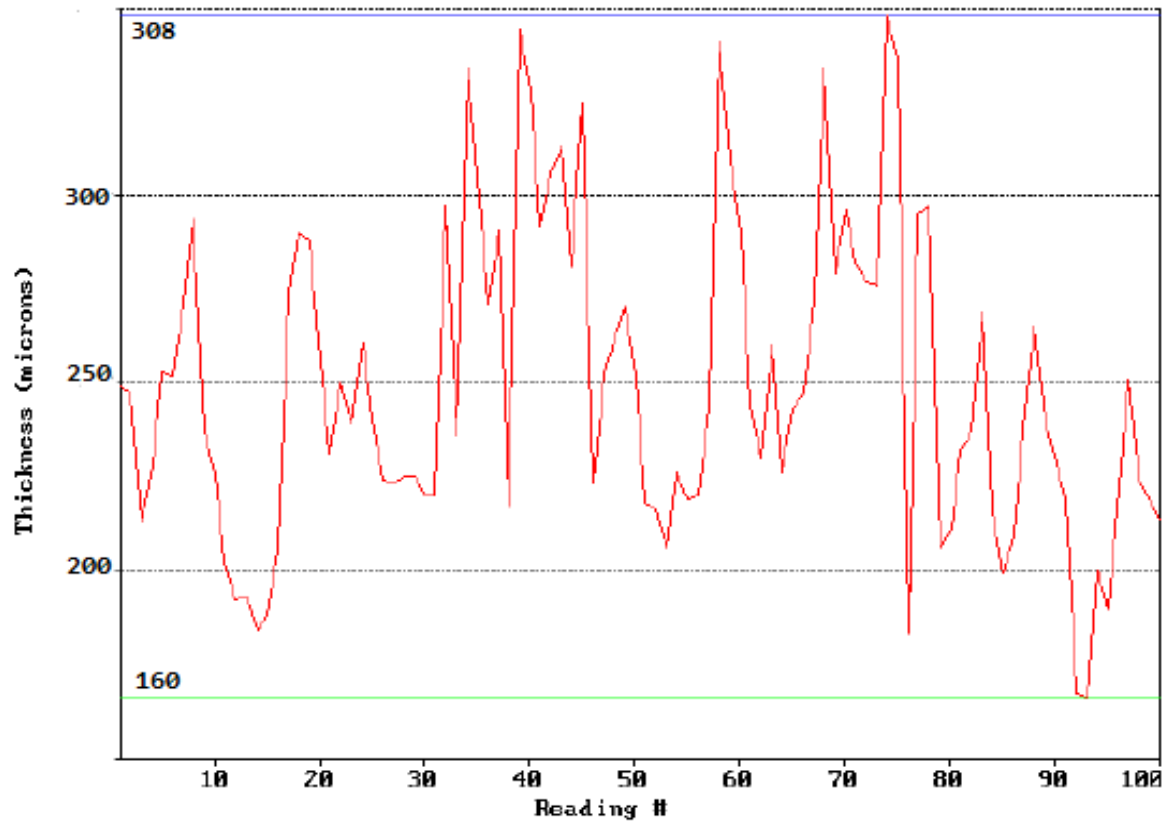
### Izmjere

#	Debljina (microns)	
1	204	2017-05-04 06:46:11
2	232	06:46:41
3	265	06:46:55
4	198	06:46:57
5	267	06:47:04
6	298	06:47:07
7	294	06:47:11
8	190	06:47:13
9	194	06:47:17
10	199	06:47:20
11	203	06:47:22
12	231	06:47:25
13	185	06:47:27
14	191	06:47:29
15	186	06:47:32
16	200	06:47:34
17	211	06:47:37
18	221	06:47:39
19	202	06:47:41
20	294	06:47:44
21	254	06:47:46
22	197	06:47:48

23	276	06:47:53
24	203	06:47:55
25	293	06:47:57
26	274	06:47:59
27	283	06:48:01
28	291	06:48:03
29	295	06:48:07
30	279	06:48:09
31	259	06:48:11
32	271	06:48:14
33	289	06:48:17
34	308	06:48:21
35	284	06:48:24
36	242	06:48:27
37	382	06:48:35
38	234	06:48:37
39	301	06:48:47
40	256	06:48:51
41	284	06:48:53
42	212	06:48:55
43	226	06:48:59
44	262	06:49:01
45	250	06:49:03
46	246	06:49:06
47	206	06:49:12
48	222	06:49:15
49	240	06:49:19
50	204	06:49:22
51	236	06:49:25
52	194	06:49:27
53	162	06:49:30
54	198	06:49:32
55	202	06:49:36
56	211	06:49:39
57	231	06:49:44
58	182	06:49:47
59	220	06:49:49
60	280	06:49:52
61	188	06:49:56
62	160	06:49:59
63	220	06:50:02
64	162	06:50:06
65	286	06:50:09
66	294	06:50:21
67	244	06:50:24
68	268	06:50:27
69	258	06:50:31
70	292	06:50:33
71	298	06:50:36
72	254	06:50:40

73	252	06:50:42
74	246	06:50:45
75	172	06:50:51
76	266	06:50:54
77	190	06:50:57
78	194	06:50:59
79	212	06:51:02
80	222	06:51:05
81	264	06:51:08
82	274	06:51:11
83	338	06:51:14
84	232	06:51:21
85	198	06:51:26
86	168	06:51:28
87	176	06:51:31
88	230	06:51:33
89	180	06:51:35
90	258	06:51:37
91	238	06:51:39
92	184	06:51:42
93	189	06:51:45
94	200	06:51:51
95	200	06:51:54
96	184	06:51:56
97	202	06:52:03
98	248	06:52:06
99	236	06:52:08
100	226	06:52:10

Dijagram



[Home](#)



# PosiTector

## Ispitivanje debljine završnog suhog filma premaza

### Informacije

Created:	2017-05-05 06:26:19
Gage S/N:	789814
Probe Type:	FRS
Probe S/N:	277929
CAL:	Cal 1

### Sazetak

	$\bar{x}$	$\sigma$	↓	↑
Debljina (microns)	398.7	84.2	232	596

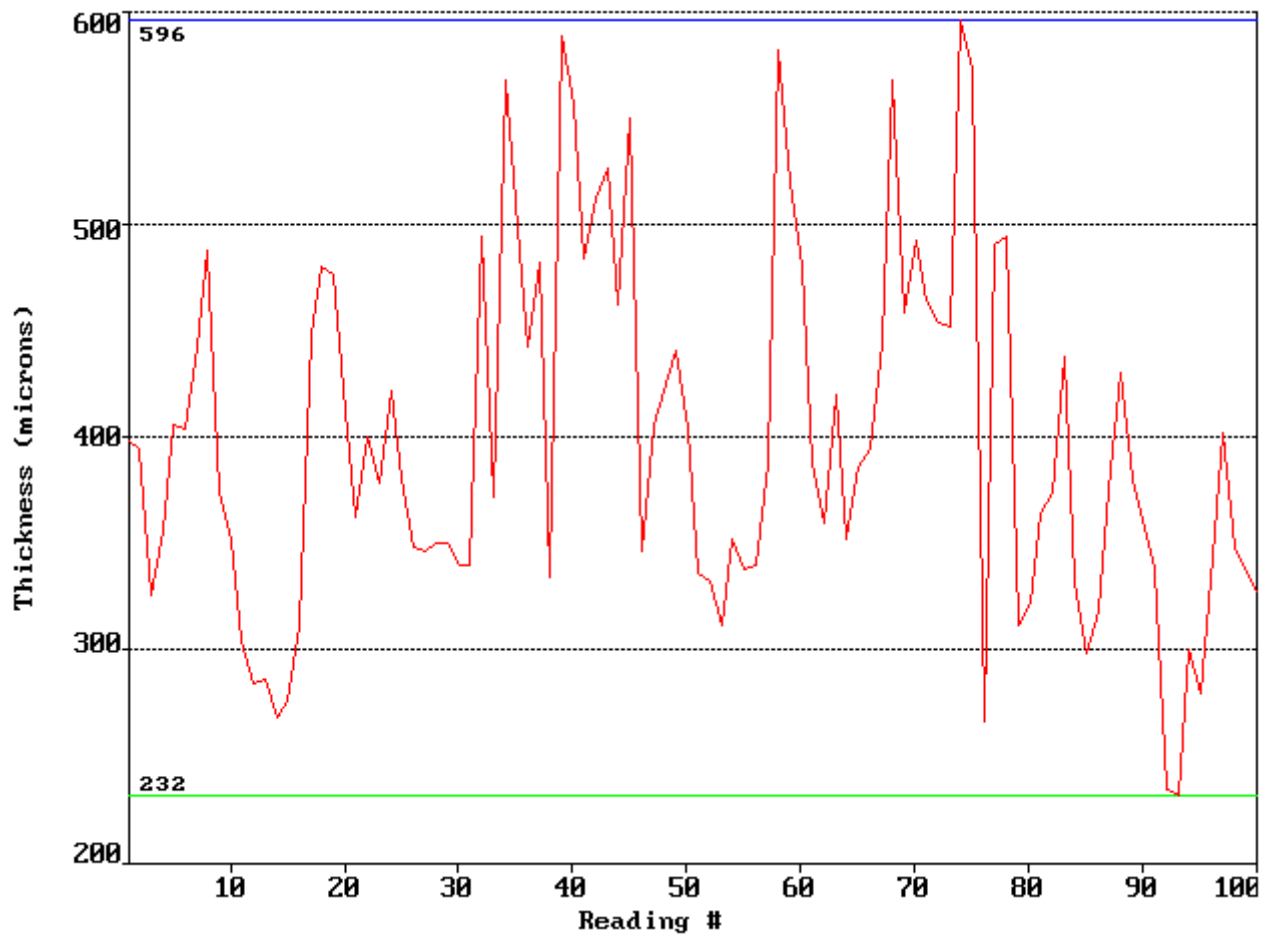
### Izmjere

#	Debljina (microns)	
1	398	2017-05-05 06:26:32
2	394	06:26:51
3	326	06:26:55
4	356	06:26:57
5	406	06:27:04
6	404	06:27:07
7	442	06:27:11
8	488	06:27:13
9	374	06:27:17
10	352	06:27:20
11	304	06:27:22
12	284	06:27:25
13	286	06:27:27
14	268	06:27:29
15	276	06:27:32
16	312	06:27:34
17	448	06:27:37
18	480	06:27:39
19	476	06:27:41
20	412	06:27:44
21	362	06:27:46
22	400	06:27:48

23	378	06:27:53
24	422	06:27:55
25	380	06:27:57
26	348	06:27:59
27	346	06:28:01
28	350	06:28:03
29	350	06:28:07
30	340	06:28:09
31	340	06:28:11
32	494	06:28:14
33	372	06:28:17
34	568	06:28:21
35	510	06:28:24
36	442	06:28:27
37	482	06:28:35
38	334	06:28:37
39	588	06:28:47
40	556	06:28:51
41	484	06:28:53
42	512	06:28:55
43	526	06:28:59
44	462	06:29:01
45	550	06:29:03
46	346	06:29:06
47	406	06:29:12
48	422	06:29:15
49	440	06:29:19
50	404	06:29:22
51	336	06:29:25
52	332	06:29:27
53	312	06:29:30
54	352	06:29:32
55	338	06:29:36
56	340	06:29:39
57	388	06:29:44
58	582	06:29:47
59	520	06:29:49
60	480	06:29:52
61	388	06:29:56
62	360	06:29:59
63	420	06:30:02
64	352	06:30:06
65	386	06:30:09
66	394	06:30:21
67	444	06:30:24
68	568	06:30:27
69	458	06:30:31
70	492	06:30:33
71	464	06:30:36
72	454	06:30:40

73	452	06:30:42
74	596	06:30:45
75	572	06:30:51
76	266	06:30:54
77	490	06:30:57
78	494	06:30:59
79	312	06:31:02
80	322	06:31:05
81	364	06:31:08
82	374	06:31:11
83	438	06:31:14
84	332	06:31:21
85	298	06:31:26
86	318	06:31:28
87	376	06:31:31
88	430	06:31:33
89	380	06:31:35
90	358	06:31:37
91	338	06:31:39
92	234	06:31:42
93	232	06:31:45
94	300	06:31:51
95	280	06:31:54
96	344	06:31:56
97	402	06:32:03
98	348	06:32:06
99	336	06:32:08
100	326	06:32:10

Dijagram



[Home](#)