

# Mjere za zaštitu od korozije prema normi HRN EN 1090-2

---

**Pongrac, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:754048>

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

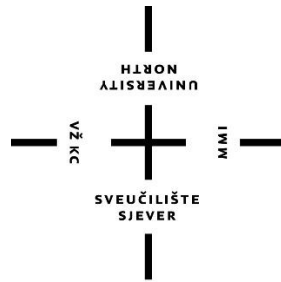
*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-31**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

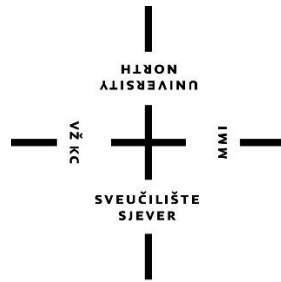
**Završni rad br. 277/PS/2018**

## **Mjere za zaštitu od korozije prema normi HRN EN 1090-2**

**Mateo Pongrac, 0915/336**

Varaždin, listopad 2018. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za strojarstvo

Završni rad br. 277/PS/2018

## Mjere za zaštitu od korozije prema normi HRN EN 1090-2

### Student

Mateo Pongrac, 0915/336

### Mentor

Marko Horvat, dipl. ing.

Varaždin, listopad 2018. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
PRISTUPNIK	Mateo Pongrac	MATIČNI BROJ	0915/336
DATUM	19.09.2018.	KOLEGIJ	Tehnologija III
NASLOV RADA	Mjere za zaštitu od korozije prema normi HRN EN 1090-2		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Corrosion protection measures according to standard HRN EN 1090-2		
-----------------------------	---	--	--

MENTOR	Marko Horvat, dipl. ing.	ZVANJE	predavač
--------	--------------------------	--------	----------

ČLANOVI POVJERENSTVA	1.	dr. sc. Zlatko Botak, viši predavač
	2.	Marko Horvat, dipl. ing., predavač
	3.	Veljko Kondić, mag. ing. mech., predavač
	4.	Katarina pisačić, dipl. ing., predavač
	5.	

## Zadatak završnog rada

BROJ	277/PS/2018
------	-------------

- OPIS
- U Završnom radu je potrebno:
- prikazati klasifikaciju korozijskih procesa uz sažeti opis istih
  - prikazati osnovne mjere (metode) zaštite od korozije strojarskih konstrukcija
  - detaljno opisati metodu zaštite strojarskih konstrukcija premazima
  - opisati zahtjeve norme HRN EN 1090-2 u pogledu zaštite konstrukcija od korozije s naglaskom na opis vezanih normi (HRN EN ISO 12944)
  - prikazati primjer odabira sustava premaza
  - u zaključku Završnog rada dati osvrt na zadanu temu

ZADATAK URUČEN

20. 9. 2018.



POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE  
SJEVER

## **Sažetak**

U završnom radu navodi se o koroziji, vrstama korozije, antikorozivnim zaštitama, premazima, načinu nanošenja adekvatnog premaza te sušenju. Također se razrađuju norme koje opisuju i koje su zadužene za kvalitetnu pripremu površine i po kojima se radi postupno da premaz bude kvalitetno odrađen, a to su ISO 12944, ISO EN 1090 i ISO 8501. Nadalje, prikazan je primjer kako odabrati odgovarajući sustav premaza, te metode za mjerenje debljine premaza.

Zahvaljujem se svojoj obitelji, djevojci i prijateljima na podršci i razumijevanju iskazanom tijekom mog trogodišnjeg studiranja. Zahvaljujem se i svojem mentoru dipl. ing. Marku Horvatu na savjetima, stečenom znanju iz kolegija koje nam je predavao i velikoj pomoći tijekom izrade ovog završnog rada.

**Ključne riječi: korozija, antikorozivna zaštita, zaštita premazima, ISO 12944, ISO EN 1090, ISO 8501, određivanje premaza**

## **Abstract**

The final work includes corrosion, types of corrosion, anti-corrosion protection, coatings, application of adequate coating and drying. The standards that describe and are responsible for the quality of surface preparation and the gradual processing of the coating are also elaborated, namely ISO 12944, ISO EN 1090 and ISO 8501. An example of how to choose the appropriate coating system, and methods for measuring the thickness of the coating.

I thank my family and friends for their support and understanding during my three year study. I would like to thank my mentor, dipl. ing. Marku Horvat on advice, gained the knowledge from the course he taught us and great help during this final work.

**Key words: corrosion, anti-corrosion protection, coating protection, ISO 12944, ISO EN 1090, ISO 8501, determination of coatings**

## Popis korištenih kratica

<b>VRP</b>	Vodorazrjedivi premaz
<b>VCI</b>	(engl. Volatile corrosion inhibitor) – hlapivi inhibitor korozije
<b>BO</b>	Baza otapala
<b>VB</b>	Vodena baza
<b>WJ</b>	(engl. Water jetting) – vodeno pjeskarenje
<b>HPWI</b>	(engl. High pressure water jetting) -vodeno pjeskarenje pod visokim pritiskom
<b>UPWI</b>	(engl. Ultra pressure water jetting) -vodeno pjeskarenje pod ultra visokim pritiskom
<b>SC</b>	(engl. Surface Clining) - čišćenje površine
<b>2-K</b>	Dvokomponentni
<b>Fe</b>	Željezo
<b>C</b>	Ugljik
<b>Cr</b>	Krom
<b>Cu</b>	Bakar
<b>S</b>	Sumpor
<b>Al</b>	Aluminij



# Sadržaj

1.	Uvod.....	10
2.	Klasifikacija korozivskih procesa.....	11
2.1.	Mehanizmi korozivskih procesa .....	11
2.1.1.	Kemijska korozija .....	11
2.1.2.	Elektrokemijska korozija .....	12
2.2.	Geometrijska klasifikacija korozije.....	12
2.2.1.	Opća korozija .....	13
2.2.2.	Lokalna korozija .....	13
3.	Zaštita strojarških konstrukcija od korozije.....	17
3.1.	Elektrokemijske metode zaštite.....	17
3.1.1.	Katodna zaštita.....	17
3.1.2.	Anodna zaštita.....	19
3.1.3.	Zaštita od korozije obradom korozivne sredine.....	19
3.2.	Zaštita oblikovanjem konstrukcijskim mjerama .....	20
3.3.	Zaštita odabirom korozivski postojanih materijala .....	22
3.4.	Zaštita prevlakama .....	23
4.	Zaštita premazima .....	28
4.1.	Komponente premaza.....	28
4.1.1.	Veziva .....	29
4.1.2.	Pigmenti .....	29
4.1.3.	Aditivi .....	29
4.1.4.	Otapala .....	30
4.2.	Tehnologija nanošenja premaza .....	30
4.2.1.	Odmašćivanje.....	31
4.2.2.	Odmašćivanje mlazom vodene pare .....	31
4.2.3.	Ručno mehaničko čišćenje.....	32
4.2.4.	Strojno mehaničko čišćenje .....	32
4.2.5.	Hidrodinamičko čišćenje .....	33
4.2.6.	Čišćenje mlazom abraziva .....	34
4.2.7.	Nanošenje premaznih sredstava.....	35
4.2.8.	Završna obrada (sušenje premaza).....	36
4.2.9.	Greške u premazima .....	36
4.3.	Mjerenje debljine premaza .....	38
4.3.1.	Mjerenje debljine mokrog filma .....	38
4.3.2.	Mjerenje debljine suhog filma .....	40
4.4.	Metode ispitivanja premaza.....	40
5.	Norma HRN EN 1090-2 .....	41
5.1.	Zahtjevi norme ISO EN 1090.....	41
5.2.	Zahtjevi kontrole propisanih u normama ISO EN 1090-2 .....	42
5.3.	Klase ozbiljnosti za posljedice norme .....	43
5.4.	Klase izvedbe .....	44

6. Norma ISO 12944 - korozivna zaštita čeličnih konstrukcija zaštitnim premaznim sistemima .....	45
6.1. ISO 12944-1 Generalna uputstva .....	45
6.2. ISO 12944-2 Klasifikacija medija.....	46
6.3. ISO 12944-3 Oblikovanje konstrukcija.....	47
6.4. ISO 12944-4 Tipovi površina i pripreme površine .....	47
6.5. ISO 12944-5 Zaštitni premazni sistemi za čelične konstrukcije .....	47
6.6. ISO 12944-6 Laboratorijsko ispitivanje svojstava .....	48
6.7. ISO 12944-7 Izvršavanje inspekcija postupaka premazivanja.....	48
6.8. ISO 12944-8 Razvoj i specificiranje projekata i održavanje.....	48
7. Standard ISO 8501, stupnjevi pripreme površine .....	49
8. Kako odabrati odgovarajući sustav premaza .....	51
8.1. Pojašnjenje naziva Hempelovih proizvoda .....	53
9. ZAKLJUČAK .....	55
10. LITERATURA .....	60

## 1. Uvod

Korozijski procesi s kojima se svakodnevno susrećemo i koji predstavljaju pretvaranje velikog broja korisnih metala u nekorisne spojeve ili komade. U suštini to su spontani procesi između metala i okoline.

Čelik je materijal koji se najviše upotrebljava kod izrade raznih konstrukcija, pa je njegovo korozijsko ponašanje i antikorozivnu zaštitu potrebno dobro poznavati, a i na čelik se primjenjuju većinom antikorozivne zaštite. Korozija smanjuje uporabnu vrijednost čelika, skraćuje vijek trajanja konstrukcija, poskupljuje njihovo održavanje, uzrokuje gubitke u proizvodnji, zastoje u radu, havarije, nesreće. Stvarnu štetu nastalu zbog korozije na čeličnim konstrukcijama je teško izračunati jer su velike i teško ih je sve staviti u cjelinu. Da bi došlo do pojave korozije, mora u promatranom sustavu postojati kemijska, mehanička, biološka ili neka druga pokretačka sila. Ona je uzrok štetne pojave ili procesa, a njezinu djelovanju se opiru fizikalni i kemijski otpori kao što su premazi i sl.. Korištenjem raznih tehnologija antikorozivne zaštite, upravo se ti otpori povećavaju i usporavaju tijekom korozijskih procesa [1, 2, 5].

Istraživanja pokazuju da se četvrtina šteta od korozije može spriječiti primjenom suvremenih tehnologija zaštite koje su danas lako dostupne. Najzastupljenija metoda zaštite čeličnih konstrukcija od korozije je primjenom premaza. Tehnologija zaštite primjenom premaza vrlo je zahtjevna i kompleksna te je potrebno poznavati sve korake koji su potrebni da premaz bude dobro nanesen, od pripreme površine, nanosa premaza pa zaključno sa sušenjem [2, 3, 16].

Postoje i neke norme koje se bave rješavanjem problema korozije i pravilne upotrebe određenih premaza o vrsti okoline u kojima će neka konstrukcija ili površina biti izložena, te norme govore i o kvalitetnoj pripremi površine i oblikovanju spojeva. To je navedeno u drugom djelu završnog rada.

Podaci o završnom radu su izvađeni iz raznih knjiga dolje navedenih, internetskih stranica, brošura proizvođača, nastavnih predavanja te vlastitog iskustva.



*Slika 1. Primjer vijka koji je pod djelovanjem korozije [43]*

## 2. Klasifikacija korozijskih procesa

Korozijski procesi su podijeljeni na dva dijela. Prema mehanizmu procesa korozije i prema pojavnom oblikom korozije. Korozija se javlja i kod metalnih i kod nemetalnih konstrukcijskih materijala, pa se koristi i podjela na koroziju metala i koroziju nemetala. Kako su danas u industriji strojarskih konstrukcija metali najviše korišteni materijali, potrebno je više pažnje posvetiti korozijskom ponašanju upravo njih. Prema mehanizmu procesa korozije metala, razlikujemo kemijsku i elektrokemijsku koroziju, a s obzirom na pojavni oblik korozija može biti opća, lokalna, selektivna i interkristalna [2].

### 2.1. Mehanizmi korozijskih procesa

#### 2.1.1. Kemijska korozija

Kemijska korozija metala zbiva se u neelektrolitima, tj. u medijima koji ne provode električnu struju, pri čemu nastaju spojevi metala s nemetalnim elementima (najčešće oksidi i sulfidi). Najčešći neelektroliti koji u praksi izazivaju kemijsku koroziju metala i nemetala su vrući plinovi i organske tekućine.

Kemijska korozija metala sastoji se u reakciji atoma metala iz kristalne rešetke s molekulama nekog elementa iz okoline, pri čemu izravno nastaju molekule spoja koji je korozijski produkt (hrđa). Prepoznaje se po vanjskoj promjeni izgleda i pojavi opne na površini metala. Ti se najčešće može vidjeti kod ventila i u ispušnim cijevima motora broda [2, 5].



*Slika 2. Kemijska korozija u ispušnoj cijevi [44]*

### 2.1.2. Elektrokemijska korozija

Elektrokemijska korozija metala zbiva se u elektrolitima, tj. u medijima s ionskom vodljivošću. Uzrokuje ju djelovanje korozivskih galvanskih članaka nastalih na površini metala izloženoj elektrolitu. Elektrokemijska korozija se odvija u prirodnoj i tehničkoj vodi, u vodenim otopinama kiselina, lužina, soli i drugih tvari, u vlažnom tlu, u sokovima biološkog porijekla, u talinama soli, oksida i hidroksida te u atmosferi. Elektrokemijska korozija je redoks proces u kojem nastaje oksidacija metala, s kojim se stvaraju elektroni, u slobodni metalni ion, te redukcija nekog depolizatora, onaj koji prima elektrone na sebe. Atmosferska se korozija zbiva uz oborine, tj. u vodenom kondenzatu koji zbog vlažnosti zraka nastaju na površini metala i imaju karakter elektrolita.

Elektrokemijska je korozija vrlo raširena jer ima puno metalnih konstrukcija i postrojenja izložen vodi ili otopinama, vlažnom tlu ili vlažnoj atmosferi. Posebno dobri uvjeti za razvoj ovih procesa za elektrokemijsku koroziju postoje u energetske i metalurške postrojenjima te u kemijskoj, prehrambenoj, tekstilnoj i metaloprerađivačkoj industriji [2, 5].



*Slika 3. Elektrokemijska korozija u spremniku s vodom [45]*

## 2.2. Geometrijska klasifikacija korozije

Prema geometrijskom obliku korozija se dijeli na opću, lokalnu, selektivnu i na interkristalnu.

### 2.2.1. Opća korozija

Opća korozija djeluje po čitavoj površini materijala. Takva ravnomjerna opća korozija tehnički je najmanje opasna jer se proces može lako pratiti i predvidjeti kada treba određeni dio ili površinu popraviti ili ga zamijeniti s novim. Neravnomjerna opća korozija je puno opasnija. Do opće korozije najlakše dođe kada je čitava površina materijala izložena nekoj vrsti agresivne sredine pod jednakim uvjetima s obzirom na unutrašnje i vanjske faktore korozije.

Pri odabiru materijala otpornih na opću koroziju, treba uzeti u obzir okolinu u kojoj će se pojedini metal nalaziti te njegovu podložnost općoj koroziji u predviđenim uvjetima [3, 5].



*Slika 4. Primjer opće korozije na spremniku[24]*

### 2.2.2. Lokalna korozija

Lokalna korozija nastaje samo na nekim dijelovima izložene površine, te je ujedno i najrašireniji pojavni oblik korozije. Lokalna korozija se može podijeliti na pjegastu, rupičastu, potpovršinsku i kontaktnu.

#### □ **Rupičasta korozija**

Rupičasta korozija je lokalizirani oblik korozije koji se događa kada medij koji uzrokuje koroziju napada materijal i uzrokuje nastajanje malih rupa. To se događa na mjestima gdje je zaštitna prevlaka probušena uslijed mehaničkog oštećenja. Rupičasta korozija je jedna od najopasnijih oblika korozije jer ju je vrlo teško predvidjeti i spriječiti da se pojavi, te dosta teško otkriti, događa se vrlo brzo te se zavuče u metal bez da uzrokuje vidljivi gubitak mase, a konstrukcija time jako slabi. Baš zbog toga se dešavaju havarije jer se teško uočava i neznatno gubi na masi. To se obično događa na konstrukcijama koje su mehanički opterećene.

Nehrđajući čelici su najviše podložni rupičastoj koroziji među metalima. Kod njega se rupice pojavljuju u morskoj vodi, te u okolišu koji sadrži visoke koncentracije otopina klora i broma.



Poliranjem površine nehrđajućeg čelika se može smanjiti pojava rupičaste korozije. Potrebno je ispravno odabrati materijal s kojim će se nešto raditi u tim uvjetima, jer odabirom adekvatnog materijala konstrukcija će biti manje podležna nastajanju rupičaste korozije. Jedan od načina za takvom provjerom odabranog materijala je testiranje, odnosno određeni materijal izložiti toj okolini i gledati kako će se ponašati [3].



*Slika 5. Primjeri rupičaste korozije [25,46]*

#### □ **Potpovršinska korozija**

Potpovršinska korozija se pojavljuje kada se žarišta rupičaste korozije šire u dubini materijala te ga raslojavaju. Najraširenija je u valjanim metalima u dodiru s morskom vodom ili kiselinama. Na površini materijala pri tome često nastaju mjehuri jer se u unutrašnjosti gomilaju čvrsti korozijski produkti kojima je volumen veći od volumena uništenoga materijala, a to se može vidjeti najčešće na starijim karoserijama od automobila [3, 5].

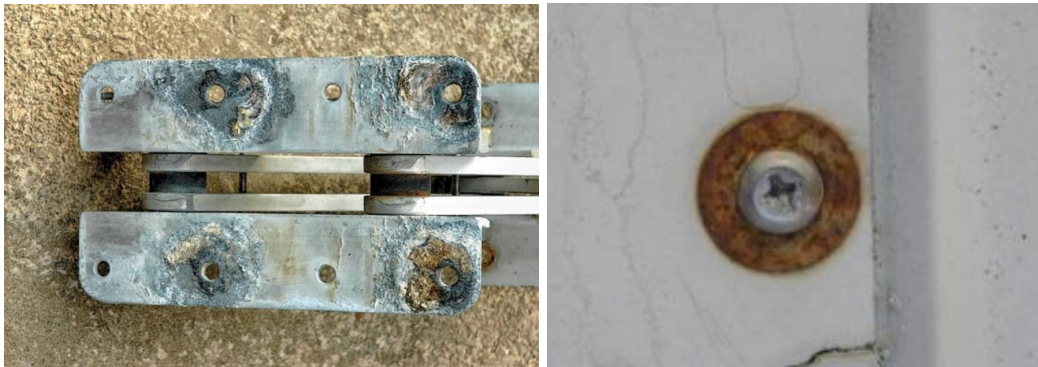


*Slika 6. Potpovršinska korozija na automobilu [26]*

#### □ **Kontaktna korozija**

Kontaktnu koroziju se može podijeliti na galvansku kontaktnu koroziju koja se javlja pri dodiru dvaju različitih metala te na pukotinsku kontaktnu koroziju pri dodiru dvaju dijelova od istoga metala ili metala i nemetala.

Galvanska korozija se javlja kada su dva metala sa različitim električnim potencijalima električno povezani. Ako su oni povezani, zadovoljavaju navedene uvjete, formirat će elektrokemijsku ćeliju koja će provoditi elektricitet. Inducirana električna energija tada odvlači elektrone od jednog metala koji glumi anodu, pa do drugog metala koji glumi katodu i prima elektrone. Galvanska korozija je najveća u blizini površine gdje se dva metala spajaju, gdje su u kontaktu [3].

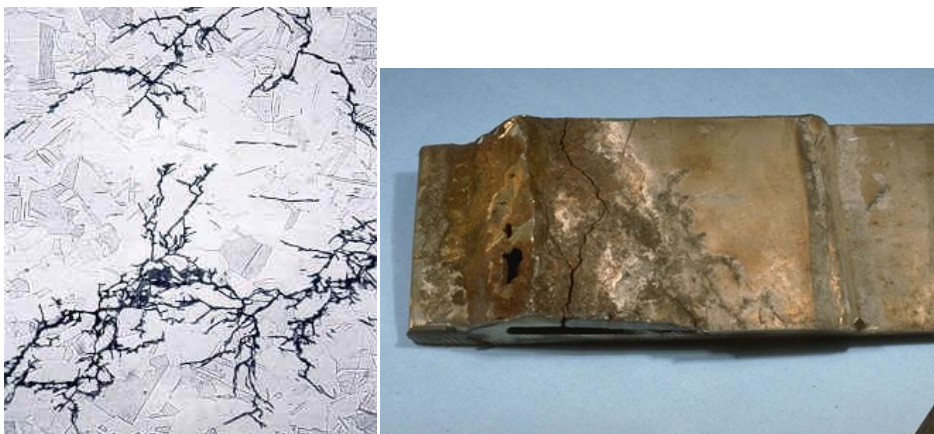


*Slika 7. Galvanska korozija okovnja, korozija ploške u spremniku [4, 27]*

#### □ **Napetosna korozija**

Napetosna korozija nastaje kada je površina istovremeno izložena djelovanju agresivnog medija i vlačnog naprezanja. Takva korozija nastupit će najčešće na hladno deformiranim lokalitetima, jer tamo se nalaze zaostala naprezanja. To su npr. hladno deformirana koljena cjevovoda. Također se takva korozija može pojaviti u okolini zavarenih mjesta gdje su povišena zaostala naprezanja.

Smanjenje sklonosti napetosnoj koroziji postiže se sniženjem vlačnog naprezanja toplinskom obradom, konstrukcijskim izmjenama, obradom mlazom i korištenjem inhibitora [3].

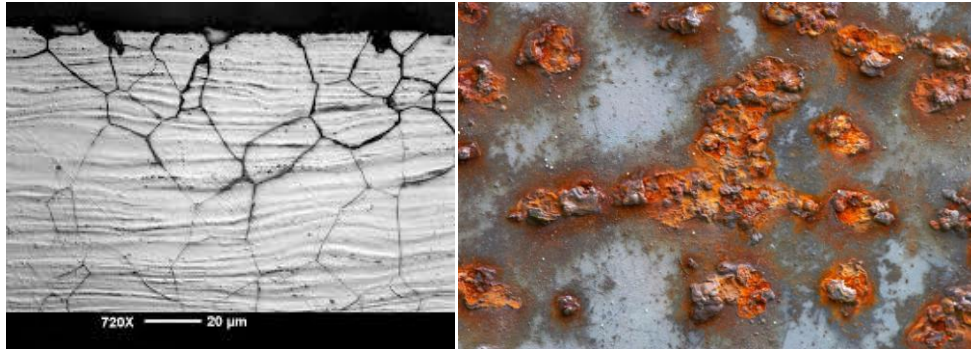


*Slika 8. Napetosna korozija [28, 29]*



### □ Interkristalna korozija

Interkristalna korozija razara materijal na granicama zrna šireći se u dubinu komada. Ta vrsta korozije najčešće se pojavljuje na legurama na bazi nikla i aluminija te na nehrđajućim čelicima. Interkristalna korozija je najopasniji oblik korozije jer može dugo ostati neprimjećena jer obično golim okom nije vidljiva, a naglo smanjuje čvrstoću i žilavost materijala. Konačna je posljedica interkristalne korozije lom ili čak raspad materijala u zrna [3].



*Slika 9. Interkristalna korozija pod mikroskopom i pod golim okom [30, 31]*

### □ Selektivna korozija

Selektivna korozija je rijedak slučaj korozije pri kojoj je zahvaćen jedan element metalne legure, te nastaje promijenjena struktura. Najčešći oblik selektivne korozije je decinkacija, kada je cink izvučen iz mjedenih legura ili bilo koje druge legure koja sadrži značajan sadržaj cinka. Kod tako novonastalih struktura nije došlo do značajne promjene dimenzija ali je legura oslabljena, porozna i krhka. Selektivna korozija je opasan oblik korozije jer pretvara čvrst i duktilan metal u slab i krhak te podložan lomu. Kako nema velikih promjena u dimenzijama, selektivna korozija može proći neopaženo te izazvati iznenadnu havariju najčešće na propelerima od brodova ili čamaca [3, 5].



*Slika 10. Selektivna korozija, decinkacija mjedi [47]*

### 3. Zaštita strojarskih konstrukcija od korozije

Strojarske konstrukcije mogu se zaštititi od procesa korozije različitim metodama. Najčešći načini zaštite su [5]:

- elektrokemijske metode zaštite
- zaštita od korozije obradom korozivne sredine
- oblikovanjem i konstrukcijskim mjerama
- zaštita odabirom korozijski postojanih materijala
- zaštita prevlakama

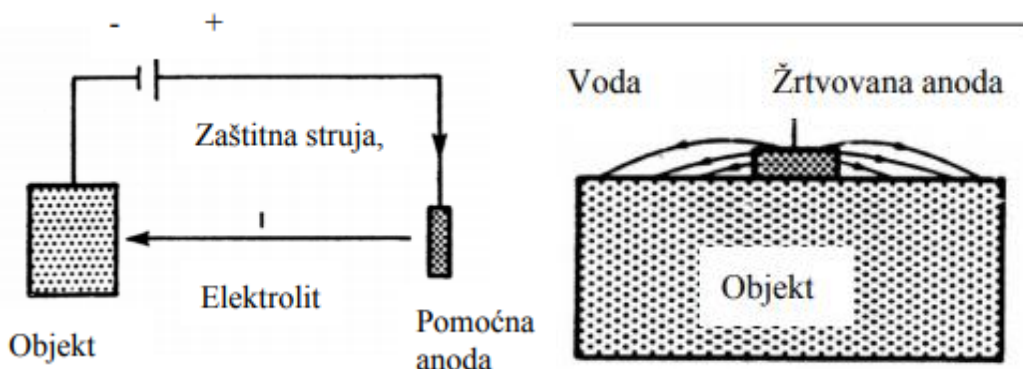
#### 3.1. Elektrokemijske metode zaštite

Metode se temelje na tome da se metal održava u pasivnom stanju ili u imunom stanju kada ne korodira. Elektrokemijske metode zaštite se upotrebljavaju kao antikorozivna zaštita čeličnih konstrukcija prvenstveno u konstrukcijama koje su ukopane i uronjene (cjevovodi, brodovi, lučka postrojenja, rezervoari, kondenzatori, izmjenjivači topline i dr.). Ovisno o načinu polarizacije elektrokemijska zaštita može biti katodna i anodna [6].

##### 3.1.1. Katodna zaštita

Katodna zaštita je jedna od najznačajnijih metoda zaštite od korozije u elektrolitima. Temelji se na usporavanju korozije katodnom polarizacijom metala tj. pomakom elektrokemijskog potencijala metala u negativnom smjeru. Katodna zaštita je najefikasnija metoda šticeđenja metala od korozije koji se nalaze u okruženju agresivnih medija: zemlja, rijeke, močvare, mora. U praksi su dva načina katodne zaštite [7]:

- Katodna zaštita vanjskim izvorom struje
- Katodna zaštita žrtvovanom anodom



Slika 11. Katodna zaštita strujom i žrtvovanom anodom pričvršćenom na objekt koji se štiti[7]

Anode za ovaj sustav zaštite mogu biti topljive i netopljive. Topljive su najčešće od konstrukcijskog ugljičnog čelika, a netopljive se izrađuju od grafita, ugljena magnetita, nikla, olova, itd. Potpuno su netopljive samo platinirane, dok se ostale, ipak, polako troše. Za zaštitu podzemnih konstrukcija s vanjskim izvorom struje, anode se redovito ukopavaju u ležišta punjena krupicom od ugljena ili grafita koja je dovoljno vodljiva da i sama sudjeluje u prijenosu struje na tlo, čime se bitno smanjuje potrošak anoda.

Kod sustava katodne zaštite žrtvovanom anodom (protektorom), konstrukcija se spaja sa elektrodom od materijala koji je elektronegativniji nego što je materijal konstrukcije. Žrtvovana se anoda nakon spajanja počinje otapati, a na konstrukciji se uspostavlja elektrodni potencijal pri kojem se odvija katodna reakcija – površina konstrukcije postaje katoda. Prilikom rada ovakvog sustava, anode se troše te ih je potrebno povremeno mijenjati [23].



*Slika 12. Primjeri istrošenih anoda[32]*

Za zaštitu čeličnih konstrukcija rabe se protektori od cinka, magnezija, aluminijskih i njihovih legura.

Prednosti ove metode su:

- neovisnost o izvoru struje
- jednostavnost ugradnje [23]

Nedostaci metode su:

- nepovratni gubitak materijala anode i potreba za povremenim mijenjanjem
- zagađivanje okoliša od strane produkata korozije anoda
- neprimjenjivost u sredinama sa većim otporom [23]

Protektorima se uspješno štite cjevovodi (vanjske strane), ukopani rezervoari, i cisterne za gorivo, rashladni uređaji, tankovi za naftu s morskom vodom kao balastom, bušotinske cijevi na naftnim poljima, podvodni dijelovi broda, podvodni stupovi, lučki uređaji itd.



*Slika 13. Primjeri katodne zaštite cinkovim protektora[7]*

### **3.1.2. Anodna zaštita**

Anodna zaštita ostvaruje se spajanjem metalnih konstrukcija sa pozitivnim polom izvora istosmjerne struje ili sa metalom čiji je elektrokemijski potencijal pozitivniji od potencijala metala koji se zaštićuje (protektor).

Kod anodne zaštite istosmjernom strujom korozija čelika se može smanjiti održavanjem u području pasiviranja (otapanja metala). Taj period pasiviranja mora biti kraći što je više moguće da se što prije stvori zaštitni sloj. Pri je izvedbi najvažnije određivanje područja potencijala u kojem se metal nalazi u pasivnom stanju jer anodna zaštita djeluje baš u tom ograničenom području.

Dobre karakteristike anodne zaštite su potrebna mala gustoća struje ( $15-100 \text{ mA/m}^2$ ) i smanjenje brzine korozije, no zbog svojih ograničenja s obzirom na sklonost metala pasivaciji i skupe instalacije, upotrebljavaju se rijetko [3, 7].

### **3.1.3. Zaštita od korozije obradom korozivne sredine**

Brzina korozije metalnih konstrukcija u otopinama koje se ne obnavljaju ili se samo povremeno obnavljaju, može se smanjiti obradom korozivne sredine. Takve metode primjenjuju se najviše za zaštitu izmjenjivača topline, parnih kotlova, kondenzatora, te raznih cisterni namijenjenih za transport raznih agresivnih otopina [8].

Povećanje otpornosti korozije vanjske sredine koja djeluje na metale i legure može se izvršiti na dva načina:

- uklanjanjem aktivatora korozije iz agresivne sredine
- uvođenjem inhibitora korozije u agresivnu sredinu

Inhibitori su tvari anorganskog ili organskog porijekla koje u vrlo malim koncentracijama imaju veliko djelovanje te smanjuju brzinu korozije do tehnološki prihvatljivih vrijednosti. Prema mehanizmu djelovanja dijele se na:

- anodne
- katodne
- mješovite

**Anodni inhibitori** sprečavaju ionizaciju metala odnosno na anodnim mjestima stvaraju filmove oksida ili slabo topljivih soli i tako čine barijeru koja izolira temeljni metal. Takvi inhibitori su opasni jer uz nedovoljnu koncentraciju ne pasiviraju čitavu metalnu površinu i onda nastaje jamičasta korozija. Primjenjuju se za zaštitu od korozije konstrukcija koje se nalaze u slabo kiselim, neutralnim i slabo lužnatim sredinama [8].

**Katodni inhibitori** izravno zaustavljaju katodnu reakciju (redukciju kisika) ili djeluju kao taložni inhibitori, te tvore na lokalnim katodama netopljive produkte. Najčešće se koriste u slabo kiselim, neutralnim i lužnatim otopinama u kojima je katodna reakcija korozijskog procesa redukcija kisika ili vodika apsorbiranog iz zraka. Katodni inhibitori nisu opasni [8].

**Mješovite** tj. anodno-katodne inhibitore čine organski spojevi koji teže gomilanju na metalnoj površini. Najpoznatiji su želatina, agar-agar, škrob, tanin i K-glukonat. Tu još spadaju spojevi sa sumporom, soli organskih kiselina itd.. Najveći stupnjevi inhibicije postižu se sumpornim i fosfornim spojevima, ali su oni otrovniji od ostalih, pa ih se treba koristiti sa povećanim oprezom [8].

#### □ **Primjena inhibitora u gospodarstvu**

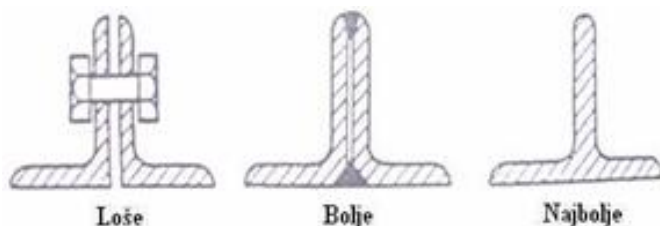
Inhibitori se koriste tamo gdje se druge metode zaštite od korozije nisu pokazale uspješnim. Tako se koriste u sustavima grijanja i hlađenja, parnim kotlovima, za zaštitu čelika u betonu, u kemijskoj industriji, pri dobivanju i preradi nafte i plina, zaštita električkih sklopova i upravljačkih kutija, zaštita oružja i opreme u vojsci.

### **3.2. Zaštita oblikovanjem konstrukcijskim mjerama**

Pokretanje mnogih korozijskih procesa moguće je ukloniti ili barem usporiti pravilnim oblikovanjem čeličnih konstrukcija, raznim projektnim rješenjima i tehnologijom izrade. Ovim mjerama može se znatno utjecati prvenstveno na koroziju u procjepu i napetosnu koroziju. Ako se gleda iz ekonomskog stajališta, onda se može pravilnim oblikovanjem konstrukcija uštedjeti i puno novca.

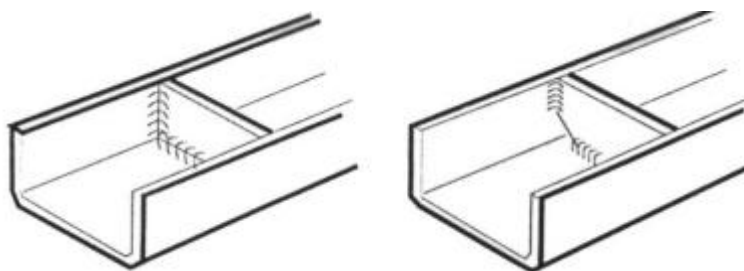
Kod konstruiranja je preporučljivo pridržavati se sljedećih smjernica [9]:

- Završeni spojevi, ako u dobro izvedeni, imaju prvenstvo pred vijčanim spojevima ili zakovičnim kod kojih je česta pojava korozije u procjepu.



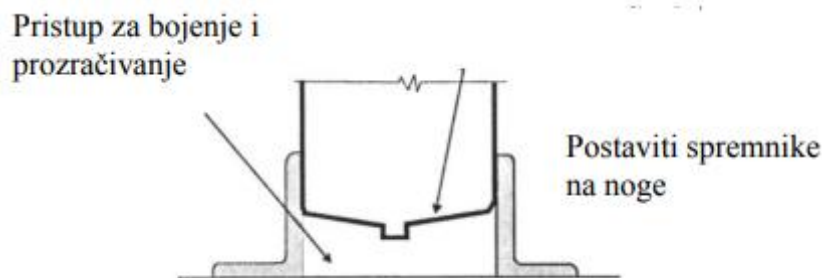
Slika 14. Primjer pravilnog oblikovanja spoja [22]

- Konstrukciju treba oblikovati tako da se na njoj ne zadržava voda, odnosno treba osigurati otjecanje vode.



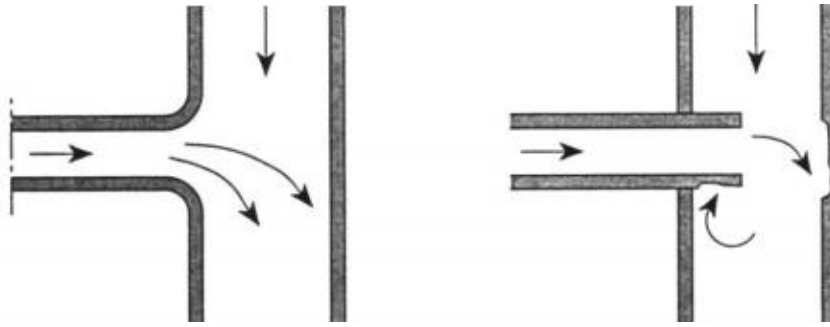
Slika 15. Primjer pravilnog konstruiranja [22]

- Kod konstrukcije treba birati materijale koji su korozijski što otporniji u predviđenim uvjetima.
- Rezervoari, spremnici i dr. trebaju se tako konstruirati da se lako prazne i čiste.



Slika 16. Primjer pravilnog postavljanja spremnika [22]

- Projektnim rješenjima osigurati jednostavno, učinkovito i jeftino održavanje.
- Osigurati da se komponente u sustavu kod kojih se očekuje brža korozija daju lako i jednostavno zamijeniti.
- Izbjegavati mehanička naprezanja zbog smanjenja opasnosti od napetosne korozije.
- Izbjegavati oštre zavoje u cjevovodnim sustavima radi smanjenja opasnosti od erozijske korozije.



Slika 17. Pravilno konstruiranje cjevovoda [22]

- Izbjegavati dodir različitih metala udaljenih u galvanskom nizu radi sprečavanja galvanske korozije.
- Izbjegavati lokalna intenzivna zagrijavanja jer se korozija jako ubrzava porastom temperature
- Izbjegavati kontakt s agresivnim česticama kad god je to moguće.

Sve navedene konstrukcijske mjere treba koristiti što je moguće više u cilju usporavanja korozivskih procesa i produžavanja vijeka trajanja konstrukcija, te postizanje projektirane korozivske postojanosti.

### 3.3. Zaštita odabirom korozivski postojanih materijala

Pri projektiranju nekog objekta potrebno je uzeti u obzir sve čimbenike od kojih će ovisiti njegova predviđena trajnost i upotrebna vrijednost. Primjenom korozivski postojanih materijala nastoji se smanjiti afinitet za nastajanje korozije. Izbor odgovarajućeg materijala ovisi o nizu faktora, kao što su: mehanička svojstva, očekivani vijek trajanja, estetski izgled, korozivska postojanost i cijena.

Najčešće primjenjivani korozivski postojani materijali koji se koriste kod strojarskih konstrukcija su [9]:

- polimerni materijali i njihovi kompoziti
- titan i njegove legure
- aluminij i njegove legure
- bakar i njegove legure
- nikal i njegove legure
- plemeniti metali ili legure
- visokolegirani plemeniti čelici i željezni ljevovi
- porculan
- staklo
- beton



- emajl
- tehnička keramika

Relativna otpornost na koroziju nekih nezaštićenih materijala ovisno o atmosferi u kojoj se konstrukcija nalazi tokom eksploatacije prikazana je u tablici 1.

Tablica 1: Ocjene otpornosti na koroziju nekih nezaštićenih materijala [9]

Ocjene: 1 = slaba – brzi napad; 2 = osrednja – privremena upotreba; 3 = dobra - umjereno korištenje; 4 = vrlo dobra – pouzdano korištenje; 5 = izvrsna – neograničeno korištenje

Vrsta materijala	Industrijska atmosfera	Slatka voda	Morska voda	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (5...15%)	Lužina (8%)
Niskougljični čelik	1	1	1	1	5
Galvanizirani čelik	4	2	4	1	1
Sivi lijev	4	1	1	1	4
Čelik s 4...6 % Cr	3	3	3	1	4
18 % Cr i 8% Ni nehrđajući čelik	5	5	4	2	5
18 % Cr i 35% Ni nehrđajući čelik	5	5	4	4	4
"monel" (70% Ni i 30 % Cu)	4	5	5	4	5
Nikal	4	5	5	4	5
Bakar	4	4	4	3	3
Mjed (85% Cu i 15 % Zn)	4	3	4	3	1
Al- bronca	4	4	4	3	3
Novo srebro (65% Cu, 18% Ni i 17% Zn)	4	4	4	4	4
Aluminij	4	2	1	3	1
Al-Cu legura	3	1	1	2	1

### 3.4. Zaštita prevlakama

Nanošenje prevlaka na površinu čeličnih konstrukcija najraširenija je metoda zaštite od korozije. Pritom je potrebno osigurati takvu tehnologiju koja omogućuje dovoljnu postojanost same prevlake, njenu trajnost i pouzdanost. Primarna zadaća nanošenja prevlaka na čelične konstrukcije je zaštita od korozije, a sekundarna može biti npr. popravljjanje estetskog dojma, postizanje određenih fizikalnih svojstava.

Osnovna podjela prevlaka je na anorganske i organske. Anorganske mogu biti metalne i nemetalne, a organske su nemetalne. Metalne anorganske prevlake se prema zaštitnim svojstvima mogu podijeliti na katodne i anodne [16].



Katodne prevlake su od nikla, kroma, kositra, olova na ugljičnom i niskolegiranom čeliku. Katodne prevlake zaštićuju metal mehanički, a dobre su samo ako su kompaktne. Korozijski produkti mogu začepiti pore i tako smanjiti električnu vodljivost elektrolita u porama (slika 18.)



Slika 18. Katodna prevlaka nikla na čeliku[9]



Slika 19. Kemijski poniklani predmeti[51]

Anodne prevlake imaju negativniji elektroodni potencijal od elektroodnog potencijala čelika.

Anodne prevlake zaštićuju od korozije temeljni metal ne samo mehanički, već i elektrokemijski. Mehanizam zaštite je jednak mehanizmu katodne zaštite anodnim protektorom. Korozija temeljnog materijala prestaje pri uspostavljanju potencijala koji je negativniji od potencijala temeljnog metala. Primjer su prevlake cinka na čeliku gdje se u porama ne otapa temeljni metal nego anodna prevlaka (Slika 20.)



Slika 20. Anodna prevlaka cinka na željezu[9]



Slika 21. Pocinčani vijci[33]

Metalne prevlake se nanose fizikalnim, kemijskim i elektrokemijskim putem odnosno postupcima.

Fizikalni postupci nanošenja su:

- vruće uranjanje
- metalizacija prskanjem
- platiranje
- nataljivanje
- navarivanje
- oblaganje
- lemljenje, lijepljenje

Kemijski postupci su:

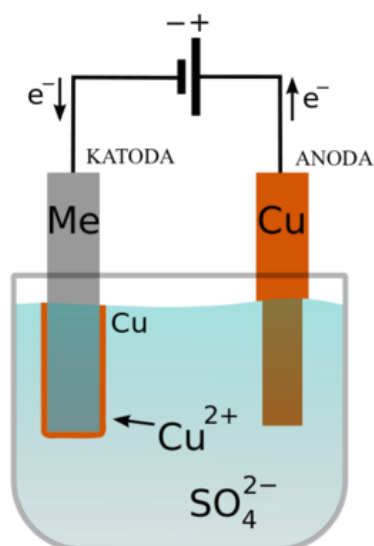
- ionska zamjena
- katalitička redukcija

Elektrokemijski postupak je:

- galvanizacija [9]

**Galvanizacija ili elektroplatiniranje** je najrašireniji postupak nanošenja metalnih prevlaka. Prevlaka se dobije vrućim uranjanjem i prskanjem metala. Prednosti elektroplatiniranja su ekonomičnost, mogućnost spajanja metala različitih mehaničkih svojstava, jednostavnost reguliranja procesa, visoka čistoća prevlaka, niske temperature obrade. Nedostaci su nejednolika debljina prevlake na profiliranim površinama, slaba mikroraspodjela, mehaničke napetosti, galvanski piting koji izaziva poroznost tanjih prevlaka [9].

Postupak se temelji na obradi metalnih predmeta u elektrolitu uz primjenu električne struje. Predmeti na koje se želi nanijeti prevlaka, spajaju se sa negativnim polom istosmjerne struje, tj. kao katode. S pozitivnim polom izvora istosmjerne struje spaja se druga elektroda (anoda), koja može biti topljiva ili netopljiva. Kao anoda najčešće se koristi metal koji tvori metalnu prevlaku. Proces je simbolično prikazan na slici 22.



Slika 22. Skica postupka galvanizacije (bakrenje)[10]

**Dobivanje metalne prevlake vrućim uranjanjem** je postupak koji se temelji na kratkotrajnom držanju predmeta u talini nekog metala. Postupak se primjenjuje za dobivanje prevlaka metalima relativnog niskog tališta: cinkom (420 °C), kositrom (232 °C), olovom (327 °C), te u zadnje vrijeme i aluminijem (720 °C). Prevlake dobivene ovim postupkom su deblje od prevlaka koje se dobiju galvanizacijom, pa se i koriste kada je potrebna deblja prevlaka, jer je galvanizacija u tom slučaju neekonomična [9].

Postupak vrućeg pocinčavanja provodi se u kadi (slika 16.) koja u ulaznom dijelu iznad taline cinka ima sloj fluksa ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) za otklanjanje ostataka oksidnog sloja.



*Slika 23. Kade u cinčaonicama[11, 54]*

Temperatura metalne taline približno je  $480\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Predmet se u talini drži oko 2 minute. Kod postupka je bitna adekvatna temperatura taline, jer se kod preniske dobivaju nejednolike i predebele prevlake, a kod previsoke prevlaka slabo prijanja ili opće ne prijanja.

Prednost vrućeg pocinčavanja je što se velikom brzinom mogu obraditi velike količine robe i dobiti prevlake dobre površinske zaštitne moći i povoljnih mehaničkih svojstava. Nedostatak je veliki gubitak rastaljenog metala i mogućnost izobličenja predmeta zbog visoke temperature u postupku [11].

**Fosfatiranje** je proces obrade metala u otopinama fosfata i fosforne kiseline radi povećanja otpornost prema atmosferskoj koroziji ili predobrade za bojenje i lakiranje. Fosfatiranje može biti kemijsko i elektrokemijsko. Elektrokemijsko nema veću primjenu jer je skupo, a ne daje kvalitetne prevlake. Kemijski postupci fosfatiranja se provode ili potapanjem u otopini ili raspršivanjem. Mogu biti vrući i hladni, a primjer fosfatiranja se primjenjuje na oružje, dijelove automobilske karoserije itd. [11].

## 4. Zaštita premazima

Zaštita metalnih površina organskim prevlakama jedan je od najrasprostranjenijih postupaka u tehnici. Takvi se slojevi dobiju nanošenjem organskih premazanih sredstava (bojanjem i lakiranjem), uobičajenim podmazivanjem plastifikacijom (prevlačenjem plastičnim masama), gumiranjem i bitumenizacijom [16].

Najvažnija i najraširenija je primjena boja i lakova za zaštitu metala, najčešće čelika, od atmosfere korozije. Zaštitni sustav se sastoji od temeljnog i pokrivnog premaza. Karakteristike temeljnog premaza su prijanjanje na osnovni metal i antikorozijsko djelovanje. Pokrivni premaz mora biti korozijski stabilan, otporan na djelovanje ultraljubičastog svjetla, elastičan, tvrd, nepropustan, a mora zadovoljiti i estetske zahtjeve.

Temeljni i pokrivni premaz u nekoliko nanesenih slojeva jesu kompatibilan sustav za zaštitu metala. Antikorozivno djelovanje sloja boje ili laka zasniva se na izolaciji metala od okoline. Što je zaštitni sloj manje porozan, nepropusniji i deblji, to je zaštitni efekt bolji [12].

Premazna sredstva se mogu razvrstavati prema [12, 16, 10]:

- sastavu (podjela prema vrsti veziva ili pigmenta)
- osnovnoj svrsi (sredstva za zaštitu od korozije, od mehaničkog oštećivanja, od požara, od biološkog obraštanja, za dekoraciju)
- izgledu ( bezbojne i obojene, prozirne i neprozirne, mutne i sjajne itd.)
- broju sastojaka koji se miješaju prije nanošenja (jedno, dvo i višekomponentna)
- ulozi u premaznom sredstvu (temeljna, međuslojna i pokrivna)
- načinu skrućivanja sloja (fizičko isparavanje razrjeđivača/otapala, odnosno kemijsko otvrdnjavanje)
- podlogama na koje se nanose (crni i obojeni metali, građevinski materijali, drvo itd.)

### 4.1. Komponente premaza

Svaka boja se sastoji od slijedećih komponenti:

- veziva
- pigmenta
- punila
- aditiva
- otapala

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

#### **4.1.1. Veziva**

Veziva su osnovni sastavi premaza koji povezuju sve komponente u jednu homogenu cjelinu. Kao veziva za boje i lakove koriste se neisparljive organske tvari u obliku viskoznih kapljevina ili smola. Različitom kombinacijom veziva u određenom premaznom sredstvu dobivaju se željena svojstva premaza. Bitno je istaknuti da se vezivo premaznog sredstva bitno razlikuje od tvari koja čine opnu prevlake ako ona nastaje kemijskim otvrdnjivanjem.

Važna su veziva na osnovi sušivih masnih ulja, poliplasta, derivata celuloze, prirodnih smola i prirodnog ili sintetičkog kaučuka.

Više je mogućnosti podjele veziva, no najčešća je podjela prema načinu sušenja [13].

Podjela veziva prema načinu sušenja:

- Fizikalno sušenje
- Kemijsko sušenje koje se dijeli još na sušenje oksidacijom, poliadacijom i polikondenzacijom

#### **4.1.2. Pigmenti**

Pigmenti su prirodne ili umjetne praškaste tvari najčešće anorganskog porijekla, koje se ne otapaju u vezivu i zaštitnom sloju daju boju. Uloga pigmenata je da premaze učine neprozirnim, da povećaju mehanička i zaštitna svojstva premaza, te njihovu kemijsku i termičku postojanost i da poboljšaju refleksiju svjetlosti, a time smanjenje zagrijavanja. Zaštitno djelovanje pigmenata može biti pasivizirajuće, inhibitorsko, neutralizirajući i djelovanje katodnom zaštitom.

Jeftini pigmenti zovu se punilima. Također to su praškaste tvari anorganskog podrijetla koje smanjuju poroznost ali i cijenu finalnom proizvodu. Služe i za postizanje boljih optičkih i mehaničkih svojstava (sjaj, čvrstoća, prijanjanja, otpornost na trošenje i sl.). Najpoznatija punila su barit, kreda i silikati [13].

#### **4.1.3. Aditivi**

Aditivima smatramo one tvari koje se dodaju da bi se spriječili nedostaci u premazima ili da daju specifična svojstva koja se inače teško postižu u svrhu dodatnog poboljšanja premaza.

Dijele se prema nedostatku na koji djeluju [13]:

- Okvašivači i disperzanti
- reološki aditivi

- antipjeniči
- aditivi za poboljšanje izgleda površine
- sušila i katalizatori
- konzervansi
- svjetlosni stabilizatori
- korozijski inhibitori

#### **4.1.4. Otapala**

Otapala (razrjeđivači) su organski spojevi u kojima se vezivo otapa, ali pritom ne dolazi do kemijskih promjena. Upotrebljavaju se za postizanje određene viskoznosti zaštitnih sredstava, tako da se ona mogu lakše nanijeti na metalnu površinu. Najznačajnija su otapala neki aromatski ugljikovodici (toluen, ksilen, benzini) i jeftini alkoholi [13].

## **4.2. Tehnologija nanošenja premaza**

Od suhog naličja premaza očekuju se slijedeća svojstva [14]:

- prionjivost na podlogu
- otpornost na trošenje
- otpornost na mehaničke utjecaje
- otpornost na vremenske utjecaje
- elastičnost
- nepropustljivost za korozijske čimbenike
- kompaktnost
- minimalna apsorpcija
- dekorativnost

Da bi boja zadovoljila sve ove gore navedene zahtjeve, potrebno je poznavati tehnologiju njenog nanošenja. Treba uvijek imati na umu da je i najbolje odabran i najskuplji premazni sustav lako upropastiti nepažljivim postupcima prije, za vrijeme i poslije nanošenja [14].

Tehnologija nanošenja premaza obuhvaća:

- pripremu podloge
- nanošenje premaznih sredstava
- sušenje premaza

Ako ta 3 čimbenika nisu zadovoljena i ako ih se ne kontrolira prilikom izvršenja onda se ne može postići željeni zaštitni učinak. Stoga je nužno odabrati i optimalni postupak, nabaviti adekvatnu opremu za njegovo provođenje i adekvatnom kontrolom osigurati tehnološku disciplinu. Slaba zaštitna moć premaza često je posljedica nekvalitetne pripreme površine. Ako naprezanja nadvladaju adheziju i koheziju premaza, on puca i odvaja se od podloge gdje onda može lako doći do pojava korozije. Da zaštitni učinak bude što bolji, potrebno je ukloniti sve masne tvari, vodu, produkte korozije i prašinu s metalne površine. Isto tako predobradom se treba postići optimalna hrapavost jer nije dobro kad je površina prehrapava. Premaz onda nema taj efekt za koji je specificiran.

Postupci koji se upotrebljavaju za pripremu površine su [14]:

- odmašćivanje
- odmašćivanje mlazom vodene pare
- ručno mehaničko čišćenje
- strojno čišćenje
- vodeno pjeskarenje
- čišćenje mlazom abraziva

#### **4.2.1. Odmašćivanje**

Odmašćivanje služi za odstranjivanje bioloških i mineralnih masnih tvari koje se nakupljaju na površinama čeličnih komada. Do nakupljanja dolazi prilikom rukovanja komadima uvijek masnim rukama. Odmašćivanje čeličnih konstrukcija se provodi fizikalnim otapanjem u hlapivim organskim otapalima. Najčešće se primjenjuju lančani ugljikovodici (npr. benzin, petrolej).

Za odmašćivanje se upotrebljavaju i razrjeđivači, a to su smjese hlapivih organskih kapljevina (ugljikovodici, alkohol). Razrjeđivači su također zapaljivi i ne miješaju se s vodom [15].

#### **4.2.2. Odmašćivanje mlazom vodene pare**

Za grubo odmašćivanje često se služimo mlazom vodene pare i vode, koja se proizvodi grijanjem vode na temperaturu iznad 150 °C. Postupak čišćenja se temelji na mehaničkom učinku kapljica koje iz mlaza pri sudaru sa masnom površinom odstranjuju eventualne nečistoće koje su se pojavile na površini. Uslijed toga dolazi do cijedenja masnih tvari i vode sa obradaka. Postupak je prikladan za čišćenje vrlo prljavih predmeta na čijim su plohamasne tvari [15].





*Slika 24. Uređaj za odmašćivanje mlazom vodene pare [34]*

### **4.2.3. Ručno mehaničko čišćenje**

Ručno mehaničko čišćenje se primjenjuje samo za uklanjanje boje, hrđe ili kamenca koji labavo prijanjaju na podlogu. Međutim, ručnim mehaničkim čišćenjem je spora pa se zato koristi za čišćenje nekih manjih određenih mjesta. Za velike površine nije prikladan postupak. Pod ručnim alatom se podrazumijevaju strugala, žičane četke, čekići za lomljenje i sl.. Za čišćenje nelegiranih ili niskolegiranih čelika koriste se četke od ugljičnog čelika, a za visokolegirane čelike koriste se četke od nehrđajućeg čelika. Bitno je naglasiti da se četkanjem ne može dobiti jako glatka površina te da je to jedan od najjednostavnijih i najjeftinijih postupaka. Četkanje je predobrada za neku drugu finiju obradu površine [5].



*Slika 25. Žičana četka[35]*

### **4.2.4. Strojno mehaničko čišćenje**

Strojno mehaničko čišćenje je brže od ručnog. Postoje električni ili pneumatski uređaji za strojno čišćenje. Kod četkanja se koriste suhi i mokri postupak. Mokar postupak se provodi uz dodatak otopine sapuna. Rotacijske četke uređaja mogu biti u obliku kolutova (brusnih papira) i u obliku kistova koji rotiraju oko svoje osi. Kod obrade većih metalnih ploha se koristi valjkasta četka većih gabarita i čisti se u jednom prolazu po cijeloj dužini [5].



*Slika 26. Uređaj za strojno mehaničko čišćenje[36]*

#### **4.2.5. Hidrodinamičko čišćenje**

Hidrodinamičko čišćenje ili "vodeno pjeskarenje" je tehnika čišćenja koja se temelji na energiji vode koja pri udaru po površini skida sve nečistoće i prljavštine. Kod ovog postupka se ne upotrebljavaju abrazivna sredstva, pa je ekološki prihvatljiv i puno je u primjeni. Postoje dva tipa hidropjeskarenja koja se razlikuju po jačini tlaka koji se koristi za provođenje postupaka. Jedan tip se provodi pod tlakom višim od 700 bara (HPWI), a drugi pod ultra visokim tlakom višim od 1700 bara (UPWI). Kod vodenog pjeskarenja može se koristiti topla ili hladna voda. Vodenim pjeskarenjem se otklanjaju luskave naslage hrđe, stare boje, kamenac, okujina, ljevačke kore i druge nečistoće sa površina. Postupak je relativno brz i pogodan za velike površine [15].

Nedostatak pripreme površine vodenim mlazom je korodiranje obrađene površine, budući da je čelik za izradu konstrukcija neotporan na vodu. Zbog toga se u vodu za čišćenje dozira inhibitor koji sprječava korodiranje površine kod čišćenja. Inhibitor čini vodu neagresivnim za očišćenu čeličnu površinu. Nakon dobro pripremljene očišćene površine zaštićuje se specificiranim ili preporučenim sustavom premaza [5].



*Slika 27. Priprema površine vodenim mlazom [52, 53]*

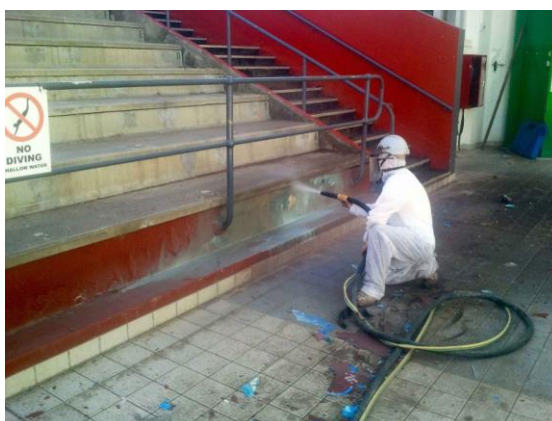
#### 4.2.6. Čišćenje mlazom abraziva

Čišćenje površine mlazom abraziva mijenja se hrapavost na obracima. Postupak se može provesti suhim ili mokrim mlazom čestica čija se kinetička energija u trenutku sudara pretvara u mehanički učinak pa se čestice premaza odvajaju od površine i tako ostaje "gola" površina. Čestice koje mogu biti tvrde ili mekše od obrađivanog materijala mehanički uklanjaju rahla onečišćenja s površine. Za obradu mlazom abraziva koriste se najčešće čestice od kremenog pijeska, zrnca elektrokorunda i silicijeva, borova te volframova karbida, sačma od ugljičnog ili nehrđajućeg čelika i bijelog ili kovkastog lijeva. Obrada mlazom pijeska naziva se pjeskarenje ili sačmarenje što je više u primjeni na našim područjima [5].



*Slika 28. Priprema površine pjeskarenjem [37, 38]*

Uređaji za mokri postupak su najčešće konstruirani tako da rabljenu suspenziju automatski vraćaju u proces, tako da je potrošnja sredstava za obradu manja kod mokrog postupka u odnosu na suhi. Razlika od suhog postupka i prednost mokre obrade je i što kod nje praktički uopće ne nastaje prašina zbog dodavanja vode i ne deformira se mehanički osjetljivi predmeti.



*Slika 29. Pjeskarenje mokrim postupkom [39]*

#### 4.2.7. Nanošenje premaznih sredstava

Premazna sredstva se mogu nanositi na čelične konstrukcije četkama, lopaticama, valjcima te prskanjem, uranjanjem i prelijevanjem.

Kod nanošenja boje četkama gubici premaznog sredstva su minimalni, a premaz se dobro utrljava u podlogu. Posebno su pogodni za bojanje rubova, kutova i sličnih manjih područja. Prednost četkanja je i što se može raditi bez razrjeđivača, jer proizvođači uglavnom proizvode boje koje imaju viskoznost prilagođenu ovoj vrsti nanošenja. Loša je strana četkanja je to što je postupak spor, niska je produktivnost, te moguća pojava tragova (pruga) od kista, kao i neujednačenost debljine premaza [15].

**Valjci** za nanošenje boje su puno brži od četkanja i naročito pogodni za nanošenje boja na čelične ploče i trake. Valjci su najčešće izrađeni od vune ili drugih vlakana različite dužine. Dužina vlakana na valjcima se razlikuje ovisno o vrsti boja koje nanosimo i o efektu koji želimo postići njime.

**Prskanje ili štrcanje** boja i lakova je vrlo promjenjiv postupak sa mnogim specifičnostima i prednostima pred ostalim. Prskanje se može obavljati komprimiranim zrakom ili elektrostatičkim postupkom. Nedostatak ovog postupka je veliki gubitak boje koji iznosi od 20 do 50 % jer sva boja koja izađe iz pištolja ne ostaje na površini na koju se nanosi. Glavna je prednost zračnog prskanja ravnomjerna debljina prevlake, njen visoko estetski dojam i visoka produktivnost. Nedostatak ovog postupka je što nije primjenjiv za višekomponentne boje i što zbog visoke temperature na koju se grije boja u posebnom spremniku postoji opasnost od požara [15].



*Slika 30. Uređaji za prskanje komprimiranim zrakom [12]*

**Uranjanjem** se boje nanose prvenstveno na male predmete jednostavnog oblika. Boja se razrjeđuje i naknadno ocjeđuje višak sa obradka. Prednost uranjanja su minimalni gubici boje. Nedostatak takvog postupka je nemogućnost da se dobije jednolika debljina premaza na kompliciranim oblicima predmeta.

Kod nanošenja boja vrlo bitan parametar je temperatura pri kojoj se nanosi.

#### 4.2.8. Završna obrada (sušenje premaza)

Da bi se dobila suha i čvrsta prevlaka iz mokrog sloja premaznog sredstva koje je nanoseno potreban je proces sušenja.

Sušenje može teći:

- isparavanjem otapala na temperaturi okoliša ili uz grijanje
- oksidacijskom polimerizacijom
- kombinacijom isparavanja i drugih spomenutih kemijskih procesa [16].

Temperatura zraka okoline je optimalna ako se kreće pri nanošenju od 15-20 °C. Niže temperature obično produžuju vrijeme sušenja, odnosno stvrdnjavanja dvokomponentnih premaznih (2-K) sredstava. Kod visokih temperatura problem je što se dvokomponentna premazna sredstva vrlo brzo suše i dolazi do brzog stvrdnjavanja zbog čega je potrebno voditi računa o maksimalnom propisanom vremenu premazivanja. Također kod vanjskih temperatura viših od 30°C mogući su problemi u prijanjanju za podlogu jer dolazi do prijevremenog ishlapljivanja otapala iz premaznog sredstva [16].

Za temperaturu površine vrijedi pravilo da treba biti bar 4 °C viša od temperature rosišta u određenim vremenskim prilikama i ne preporuča se nanošenje premaznog sredstva na površinu koja ima temperaturu veću od 40 °C u trenutku nanošenja. Temperatura premaznog sredstva treba biti 15-20°C jer kod niže temperature dolazi do problema sa razrjeđivačem (otapalom)[16].

#### 4.2.9. Greške u premazima

Pod greškama u premazima podrazumijevaju se različiti nedostaci i oblici propadanja premaza. Najčešći uzroci grešaka u premazima su [17]:

- pogrešan izbor premaza
- sastav premaza
- nanošenje u neodgovarajućim uvjetima
- loše nanošenje premaza
- nedostatak nadzora i kontrole kvalitete

Pogrešan način nanošenja premaza je uzrok čije se posljedice u vidu grešaka najbrže uočavaju. Neki tipični defekti koji nastaju prilikom lošeg nanošenja su: neodgovarajuća debljina, "ubodi igle" (pinholes), "overspray", nebojene površine, krateri ("riblje oči") i pojava "curaka". Skoro sve greške uslijed lošeg nanošenja mogu se dogoditi zbog neobučenosti radnika koji premaze nanose.



"Ubodi igle" (eng. pinholes) su male (vidljive) rupe u premazu koje najčešće nastaju kao posljedica držanja pištolja za raspršivanje previše blizu površine tako da dolazi do stvaranja ovog defekta [17].



*Slika 31. "Ubodi igle" u bojanju [17]*

"Overspray" nastaje kada se pištolj za raspršivanje drži previše daleko od površine. Premaz se osuši prije nego što stigne na podlogu. Posljedica je hrapava površina koja slična sloju prašine i slabo je vezana za već premazani sloj tako da predstavlja lošu podlogu za nanošenje sljedećeg sloja u sustavu [17].



*Slika 32. "Overspray" u bojanju [17]*

Krateri (riblje oči) su mala ljevjkasta udubljenja nasumično raspoređena po površini. Nastaju kao posljedica nanošenja premaza na površinu zaprljanu uljima ili zaprljanosti pištolja za raspršivanje [17].



*Slika 33. "Riblje oči" u bojanju [17]*

"Curci" nastaju nanošenjem sloja premaza u debljini mnogo većoj od propisane. Za vrijeme sušenja nastaje karakterističan izgled zavjese, a debljina filma je neujednačena [17].



*Slika 34. "Curci" na metalnoj površini[17]*

### **4.3. Mjerenje debljine premaza**

Mjerenje debljine premaza je jako bitno jer debljina premaza utječe na postojanost i kvalitetu konstrukcije ili nekog obradka na koji se nanosi. Za svaku okolinu u kojoj se nalazi konstrukcija potrebna je različita debljina, a i broj premaza. Što je deblji premaz, to je korozijska postojanost sve veća. Nije isto nalazili li se konstrukcija pokraj mora ili negdje gdje je vlažan zrak. Zbog nepravilnog nanošenja premaza može doći i do povećanih proizvodnih troškova, pa treba to gledati i s ekonomske strane. Samim time produljuje se i vrijeme sušenja što opet utječe na kvalitetu. Naravno tu je bitan i ljudski faktor tj. vještina ličilaca.

Tako postoji mjerenje mokrog filma i mjerenje suhog filma.

#### **4.3.1. Mjerenje debljine mokrog filma**

Mjerenje debljine mokrog filma provodi se neposredno kad se premaz nanese na površinu. Debljinu mokrog filma treba kontrolirati jer sušenjem se on smanjuje tj. on je preduvjet za postizanje minimalne debljine suhog filma koji se zna koliko mora biti po izračunima. Za debljinu mokrog filma postoji formula po kojoj se to da lako izračunati[48].

$$DMF (\mu m) = \frac{DSF (\mu m) \cdot 100}{VS (\%)}$$

[48]

DMF - debljina mokrog filma

DSF - debljina suhog filma

VS - volumen suhe tvari

Za brzo računanje je najjednostavnije

$$DMF (\mu m) = \frac{DSF (\mu m)}{0.69}$$

[48]

S obzirom kolika je debljina mokrog filma tako se i primjenjuje određena vrsta nanošenja ili prilagodi broj slojeva.

Za mjerenje debljine mokrog filma (DMF) koristi se "češalj" koji po svojim stranicama ima urezane zupce s rastućim razmacima od površine na koju se nanosi premaz i pored svakog zupca napisano koliko je udaljen od vrha. "Češalj" se pritisne o površinu i lako se vidi do kojeg zupca je došao premaz te se tako iščita debljina premaza [48].



Slika 35. Primjer jedne vrste "češlja"[40]



### 4.3.2. Mjerenje debljine suhog filma

Za mjerenje debljine suhog filma koriste se elektronski uređaji koji rade na principu vrtložnih struja. Vrsta uređaja ovisi o magnetičnosti podloge na kojoj je nanesen premaz. To su nerazorne metode mjerenja te se može na gotovom predmetu provoditi.



Slika 36. Uređaj za mjerenje debljine suhog filma[41]

### 4.4. Metode ispitivanja premaza

Najpoznatija metoda za ispitivanje prionjivosti premaza je metoda povlačenjem premaza (eng. Pull-off test). Ta metoda se bazira na mjerenju sile koja je potrebna za odvajanje metalnog valjčića koji se zalijepi na površinu, specijalnim ljepilom, kojoj želimo odrediti adhezijsku silu koja je potrebna za odvajanje sloja premaza. Kada je valjak pričvršćen za suhi premaz, postupno se povećava sila kako bi se odvojio od površine. Rezultat se očituje u trenutku kada se valjak odvoji od površine i ta sila koja u tom trenutku djeluje je adhezija u  $\text{N/mm}^2$  [49].



Slika 37. Slika sprave za ispitivanje kvalitete premaza[42]

## 5. Norma HRN EN 1090-2

### 5.1. Zahtjevi norme ISO EN 1090

Norma ISO EN 1090 se odnosi na zahtjeve za ocjenjivanje sukladnosti konstrukcijskih komponenata prilikom izvedbe čeličnih i aluminijskih konstrukcija. Ova norma definira zahtjeve za kvalitetom koje proizvođač mora ispuniti prilikom dizajniranja, proizvodnje, ispitivanja i testiranja čeličnih i aluminijskih konstrukcija. Ova norma se odnosi na one sastavne dijelove ili komponente, koje se trajno instaliraju i ugrađuju u građevinske objekte i čija svojstva imaju utjecaj na bitna obilježja.

Najveći primjer su tu građevinski objekti koji mogu utjecati na neke ili sve od bitnih karakteristika kao što su mehanička otpornost i stabilnost, sigurnost u slučaju požara, higijena, zdravlje i okoliš, sigurnost i pristupačnost pri korištenju, zaštita od buke te ušteda energije i očuvanje topline [18].

Certifikacija sustava prema ISO EN 1090 je specifična aktivnost koja zahtjeva ovlaštenog auditora. Nakon dostavljenog upitnika za predstavljanje tvrtke, definira se Plan audita sa svim fazama certifikacija tvrtke kroz službe prema organizacijskoj shemi tvrtke. Certifikacijski postupak je prikazan u sljedećem dijagramu tijeka (Slika 38.).



Slika 38. Certifikacijski postupak [9]

ISO EN 1090 dijeli se na tri djela:

- EN 1090-1 Izvedba čeličnih i aluminijskih konstrukcija
  - 1. dio: Zahtjevi za ocjenjivanje sukladnosti konstrukcijskih komponenata
- EN 1090-2 Izvedba čeličnih i aluminijskih konstrukcija
  - 2. dio: Tehnički zahtjevi za čelične konstrukcije
- EN 1090-3 Izvedba čeličnih i aluminijskih konstrukcija
  - 3. dio: Tehnički zahtjevi za aluminijske konstrukcije

## 5.2. Zahtjevi kontrole propisanih u normama ISO EN 1090-2

ISO EN 1090-2 je zato što je ona za čelične konstrukcije, a i samim time na čelične konstrukcije se djeluje antikorozivnim mjerama što je smisao rada jer je bolje podložan koroziji, dok se ISO EN 1090-1 bavi za tehničke zahtjeve izrađene od aluminija koji je korozijski puno stabilniji. Kako bi se ispunili svi traženi zahtjevi i dokumenti, potrebno se pridržavati samih normi, te propisanih točki procesa tijekom same izrade konstrukcije. Za čelične konstrukcije propisane su norme ISO EN 1090-2. Navedene su neke od važnijih koraka kontrole.

Norma ISO EN 1090-2 ima 12 glavnih poglavlja te 11 dodataka [18]:

### **-12 glavnih poglavlja:**

1. Područje primjena
2. Veze s normama
3. Izrazi i definicije
4. Specifikacije i dokumentacija
5. Sastavni proizvodi
6. Priprema i montaža
7. Zavarivanje
8. Vezna sredstva
9. Montaža
10. Priprema površine
11. Geometrijske tolerancije
12. Kontrola, testiranje i popravci

### **-11 dodataka:**

- A : Dodatne informacije, popis mogućnosti i zahtjeva, povezanih s izvedbenim klasama
- B : Upute za odabir izvedbene klase
- C : Kontrolni popis sadržaja plana kvalitete
- D : Geometrijske tolerancije
- E : Zavareni spojevi šupljih profila
- F : Antikorozivna zaštita
- G : Test za određivanje koeficijenta trenja
- H : Kalibracijski test prednapetih vijaka pod uvjetima na gradilištu
- J: Primjena tlačnih indikatorskih podložaka
- K: Injekcijski vijci s šesterokutnom glavom
- M: Usporedna metoda za kontrolu veznih sredstva

### 5.3. Klase ozbiljnosti za posljedice norme

Cilj kategorizacije klasama je da kod građenja nekog objekta odredimo kojoj vrsti rizika je izložen spomenuti objekt. Na taj način i slijedi daljnje projektiranje i građenje objekta. Nije isti rizik kod poljoprivredne građevine ili neke šupe od stadiona na koji ide do 60 000 ljudi. Građevina može sadržavati dijelove s različitim klasama ozbiljnosti [19].

CC3 - Veliki rizik - visoko značajne posljedice za gubitak ljudskih života ili troškova posljedicama za socijalno ili okolišno okruženje (stadioni, javne zgrade, koncertne dvorane)

CC2 - Prihvatljivi rizik - srednje značajne posljedice za gubitak ljudskih života ili troškova posljedicama za socijalno ili okolišno okruženje (stambeni i uredski prostori, javne zgrade kod kojih su posljedice loma srednje )

CC1 - Malen ili neznatan rizik- nisko značajne posljedice za gubitak ljudskih života ili troškova posljedicama za socijalno ili okolišno okruženje (poljoprivredne zgrade u kojima ljudi uobičajeno ne borave (skladišta, farme, staklenici))

Tablica 2. Građevine s klasama posljedica[19]

Klasa ozbiljnosti za posljedice	Vrsta građevine i popunjenosti
CC1	Kuće koje ne prelaze 4 katova Poljoprivredne građevine Zgrade u kojima ljudi rijetko borave
CC2	Hoteli, stanovi, apartmani i druge stambrene zgrade do 15 katova Uredi, industrijske zgrade, obrazovne zgrade, trgovački centri do 15 katova Bolnice do 3 kata Sve građevine javne upotrebe površine od 2000 m <sup>2</sup> do 5000 m <sup>2</sup> po etaži Parkirališta do 6 katova
CC3	Sve građevine definirane u CC2 koje prelaze granice površina ili broja katova Stadioni koji primaju više od 5000 gledatelja Zgrade koje sadrže opasne tvari

## 5.4. Klase izvedbe

Osim klase ozbiljnosti ISO EN 1090-2 sadrži i klase izvedbe koji se također treba striktno pridržavati. Ima ih 4, označene su s EXC1 pa do EXC4 pri čemu je najstrože EXC4. Može se odnositi na pojedini dio konstrukcije ili na cjelokupnu čeličnu konstrukciju [19].

Klasa izvedbe EXC 1 obuhvaća sve nosive konstrukcije do čelika S275 i strukturne komponente izrađene od aluminijskih legura koje su pretežito pod statičkim opterećenjem, a to su najčešće uključuje stepenice u stambenim zgradama, grede savijene do 5 m dužine, poljoprivredne zgrade, zimske vrtove u sklopu stambenih zgrada, samostojeće zgrade do 2 kata i sl.

Klasa izvedbe EXC 2 obuhvaća sve nosive konstrukcije do čelika čvrstoće S700 i aluminijskih legura koje nisu pretežito statički opterećene i koje se ne mogu svrstati u ostale tri klase. To su obično zgrade s 2 do 15 katova.

Klasa izvedbe EXC 3 obuhvaća sve nosive konstrukcije do čelika čvrstoće S700 i aluminijskih legura koje nisu pretežito statički opterećene i koje se ne mogu svrstati u klasu izvedbe EXC1. Tipični primjeri su zgrade s više od 15 katova, velike krovne konstrukcije, mjesta javnog okupljanja, stadione, cestovne i pješačke, biciklističke, cestovne i željezničke mostove, jarbole, stupove, čelične dimnjake i sl.

Klasa izvedbe EXC 4 obuhvaća sve strukturne komponente koje utječu na okoliš i ljude u slučaju havarije, a to se odnosi na mostove i prometne objekte iznad gusto naseljenih područja, industrijska postrojenja sa visokim stupnjem sigurnosnog rizika, konstrukcije i komponente nuklearnih postrojenja [50].

## **6. Norma ISO 12944 - korozijska zaštita čeličnih konstrukcija zaštitnim premaznim sistemima**

Prilikom odabira premaznog sistema potrebno je odgovoriti na pitanja kao što su:

- kakvi će biti uvjeti kojima će premaz biti izložen
- na koji način treba pripremiti površinu
- kakvi će biti okolišni uvjeti prilikom nanošenja premaza
- može li se odabrati premaz manje opasan za okoliš i čovjeka
- kolika je cijena premaza

Pomoć u odabiru premaznog sistema može se naći u standardu ISO 12944 koji povezuje oblikovanje konstrukcija i klasifikaciju medija sa odgovarajućim premaznim sistemom [20].

Norma ISO 12944 sastoji se od:

- ISO 12944-1; Generalna uputstva
- ISO 12944-2; Klasifikacija medija
- ISO 12944-3; Oblikovanje konstrukcija
- ISO 12944-4; Tipovi površina i priprema površine
- ISO 12944-5; Zaštitni premazni sistemi za čelične konstrukcije
- ISO 12944-6; Laboratorijsko ispitivanje svojstava
- ISO 12944-7; Izvršavanje i inspekcija postupka premazivanja
- ISO 12944-8; Razvoj i specificiranje projekata i održavanje

### **6.1. ISO 12944-1 Generalna uputstva**

Opisuje opća pravila po kojima standard pokriva samo korozijsku zaštitu čeličnih konstrukcija zaštitnim premaznim sistemima, a premazni sistemi su boje koje se suše pri okolišnim uvjetima [20].

Standardom su pokriveni sljedeći tipovi površina:

- neprevučene nelegirane i niskolegirane površine
- naštrcane površine
- vruće pocinčane površine
- galvanski pocinčane čelične površine

Taj dio norme se bavi zaštitom protiv mikroorganizama, kemikalija, mehaničkih radnji, čeličnih komada debljine manje od 3 mm, armiranog betona i betona.

## 6.2. ISO 12944-2 Klasifikacija medija

Norma opisuje utjecaj atmosferskih prilika te utjecaj različitih tipova voda i soli na širenje korozije.

Tablica 3. Kategorije atmosferske korozivnosti prema standardu ISO 12944 [10]

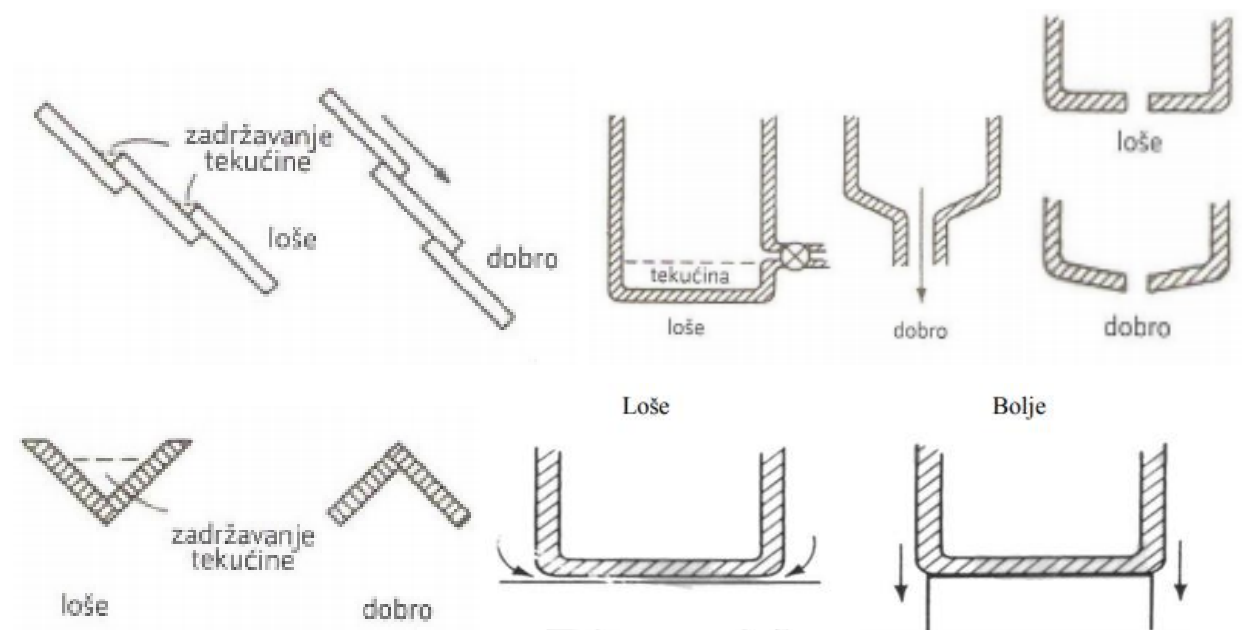
Kategorija korozivnosti	Primjeri tipičnog okruženja	
	Vanjsko	Unutarnje
C1: jako mala	-	Grijanje zgrade sa čistom atmosferom, poput ureda, dućana, škola, hotela
C2: mala	Lagano onečišćena atmosfera, uglavnom ruralna područja	Negrijane zgrade u kojima može doći do pojave kondenzacije, npr. spremišta,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

Tablica 4. Kategorije vode i tla u skladu s normom 12944 [10]

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

### 6.3. ISO 12944-3 Oblikovanje konstrukcija

Ovaj dio norme opisuje pravila po kojima se pravilno konstruiraju konstrukcije i konstrukcijski spojevi za što veću korozijsku postojanost. U standardu se vide dobro i loše dizajniranje konstrukcije te u kojim kombinacijama konstrukcije se može pojaviti problem prilikom nanošenja premaznog sistema i daljnjem održavanja. Dolje su navedeni neki primjeri dobrog i lošeg oblikovanja konstrukcija, a ima ih puno više [20].



Slika 39. Primjeri dobrog i lošeg dizajniranja[22]

### 6.4. ISO 12944-4 Tipovi površina i pripreme površine

Norma opisuje različite tipove površina koje se zaštićuju i daje informacije o adekvatnim metodama pripreme površina kao što su mehaničko, kemijsko i toplinsko čišćenje. Opisuje kvalitete pripremljenih površina, hrapavost, trenutnu zaštitu pripremljenih površina za daljnje prevlačenje i pripremu postojećih metalnih prevlaka. Standard se povezuje što je više moguće sa standardom o pripremi površina prije nanošenja premaza ISO 8501-1 i u tom standardu je objašnjeno sve u detalje. Od hrapavosti do potrebnog izgleda pripremljene površine [20].

### 6.5. ISO 12944-5 Zaštitni premazni sistemi za čelične konstrukcije

Norma opisuje različite vrste premaza i sličnih proizvoda na bazi njihovog kemijskog sastava i tipu filma koji nastaje.

Daje primjere različitih premaznih sistema koji su se pokazali odgovarajućima za konstrukcije izložene korozijskim procesima i korozijskim sredinama prema ISO 12944-2.



Premaznih sistema ima mnogo i svaki proizvođač ima svoje specifične i preporučene vrste premaza za konstrukcije izložene različitim atmosferskim uvjetima i vremenskim periodima [20]. Jedan od takvih proizvođača je Hempel.

## **6.6. ISO 12944-6 Laboratorijsko ispitivanje svojstava**

Laboratorijski testovi se upotrebljavaju kako bi se utvrdila svojstva premaznih sistema. Pokriva testiranje premaznih sistema na čelicima pripremljenim mehaničkim čišćenjem, vrućim pocinčavanjem i naštrcanim metalnim prevlakama. Vijek trajanja sustava premaza je pretpostavljeni, na temelju iskustva, vremenski protok od trenutka prvog nanošenja do prvog održavanja [20].

ISO 12944 specificira tri vremenska okvira koji kategoriziraju trajnost [20]:

Klase trajnosti:           MALA (L) – 2-5 godina,  
                                  SREDNJA (M) – 5-15 godina,  
                                  VISOKA (H) – više od 15 godina

Klase trajnosti nisu garancija da će premaz izdržati navedeno vrijeme nego pretpostavljeni vremenski periodi u kojima će konstrukcija biti izložena određenoj okolnosti i koji mogu poslužiti za planiranje održavanja postojećeg objekta.

## **6.7. ISO 12944-7 Izvršavanje inspekcija postupaka premazivanja**

Opisuje metode primjene zaštitnih premaza u radionici i na terenu. Rukovanje i skladištenje premaza prije primjene i inspekcija obuhvaćeno je ovim standardom jer je potrebno prije svega premaze držati i čuvati na njima adekvatnim mjestima. Temperatura okoline bitno utječe na kvalitetu premaza te gube svoju funkciju za koju su namijenjeni [20].

## **6.8. ISO 12944-8 Razvoj i specificiranje projekata i održavanje**

Ovaj dio standarda je vodič koji govori kako treba pripremiti tehničku dokumentaciju opisujući svaki pogled koji treba uzeti u obzir kada se neka konstrukcija štiti od korozije tj. taj dio standarda vodi do pravilnog nanošenja antikorozivnog premaza. ISO 12944-8 povezuje specifikacije projekta, specifikacije premaznog sistema, specifikacije postupka nanošenja, specifikacije inspekcije i testiranja. Ostali dijelovi norme ISO 12944 su bazni dijelovi za ISO 12944-8 [20].

## 7. Standard ISO 8501, stupnjevi pripreme površine

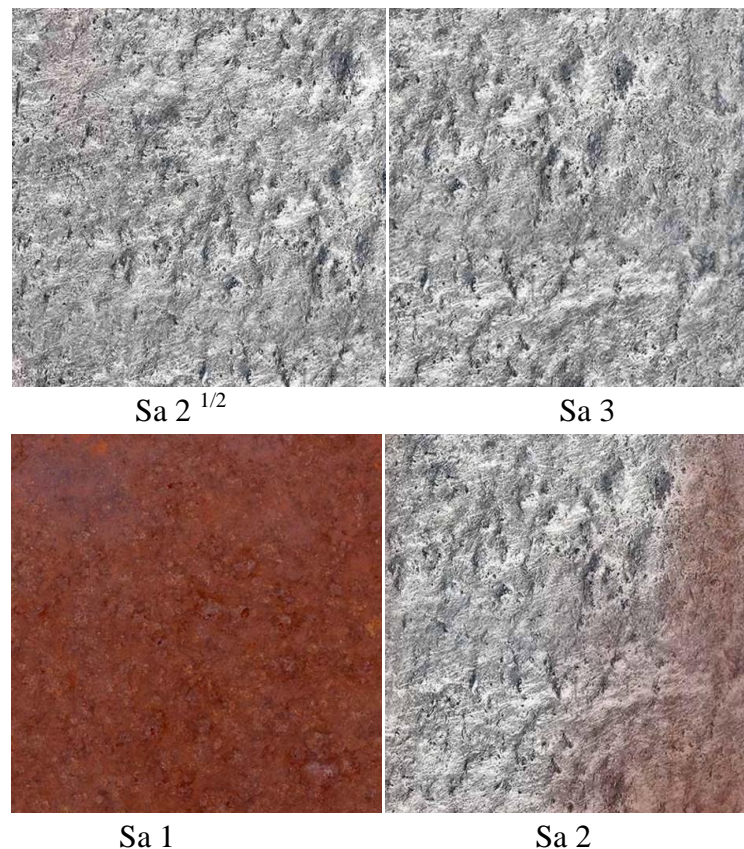
Standard koji opisuje izgled površine prije pripreme površine metodom abrazivnog čišćenja i stupnjeve pripreme površine čeličnih materijala je HRN ISO 8501-1. Stanje površine prije pripreme u tom standardu je stupnjevano na slijedeći način [21]:

- **Bijeli metal** (Sa 3) - potpuno odstranjenje sve vidljive hrđe, okujine, premaza i strane tvari. U praksi se rabi samo za visoke tlakove, visoke temperature i korozivne sredine te kada katastrofalne posljedice neuspjeha premazivanja opravdavaju dodatni trošak , kao što su nuklearni reaktori, turbine i podmornice.

- **Skoro bijeli metal** (Sa 2½) - čišćenje pjeskarenjem do skoro bijelo-sive metalne površine dok nije očišćeno najmanje 95% površine od vidljivih ostataka; okujina, korozija. Specificira se za premaze od visokih performansi čelika koji su izloženi teškim uvjetima okoline poput kemijskih prolijevanja i dima, visoke vlažnosti i blizine slanoj vodi

Standard Sa 2½ je isključivo u uporabi u brodograđevnoj praksi.

- **Komercijalno** (Sa 2) - određuje da sve čvrsto prijanjajuće tvari moraju ići. Sjene, pruge i mrlje mogu ostati na do 33% površine. Komercijalno je navedeno kada je visoka, ali ne i savršena, razina čistoće. Uobičajeno je za premazivanje proizvoda koji služe u nekorozivnim sredinama i atmosferama, kao što su spremnici i mostovi.



Slika 40. Prikaz četiri stupnja čišćenja površine substrata[21]

Standard ISO 8501-1 identificira i 4 početna stanja na čeliku [21]:

- A – Čelična površina znatno pokrivena okujinom koja dobro prijanja uz podlogu, uz malo ili nikakvo prisustvo hrđe.
- B – Čelična površina koja je počela hrđati i sa koje se okujina počela ljuskati.
- C – Čelična površina na kojoj je okujina zahrđala do te mjere da je otpala ili se da skinuti struganjem žičanom četkom, ali koja pokazuje vrlo blagu rupičastu koroziju vidljivu golim okom
- D – Čelična površina na kojoj je okujina zahrđala i otpala i na kojoj je općenito moguće zamijetiti rupičastu koroziju golim okom.



A



B



C



D

*Slika 41. Stupnjevi stanja površine prije čišćenja[21]*

## 8. Kako odabrati odgovarajući sustav premaza

Na temelju istraživanja i čitanja raznih literatura utvrđeno je da se vrlo jednostavno može izabrati adekvatan premaz za razne okoline okruženja. Pravilan premaz jako je bitan u zaštiti od korozije jer on mora biti definirane minimalne debljine, te sama vrsta premaza mora biti prilagođena okolini u kojoj će se nalaziti. Svaki proizvođač boja predlaže svoje sustave sa premazima te minimalnu debljinu suhog filma premaza.

U "Hempel"-ovom katalogu također se nalazi kako pravilno odrediti debljinu suhog filma za konstrukcije u različitim okolišnim uvjetima. Uz to potrebno je odrediti za koji vremenski period će biti željena konstrukcija u funkciji i upotrebi. 3 su kategorije: 2-5 godina, 5-15 godina, više od 15 godina. Pokazani je primjer za sve tri kategorije. Ako je zadano da je kategorija korozivnosti C3, znači u industrijskoj i urbanoj atmosferi s prosječnom razinom onečišćenja sumpornim oksidom, onda se iz tablica vidi koja mora biti minimalna debljina suhog filma za tu okolinu i za određeni vremenski period. I tako postoje tablice za svaku kategoriju korozivnosti s minimalnim debljinama suhog filma i preporučenim bojama ali uzeti je ovdje samo jedan primjer [10].

Tablica 5. Ako je konstrukcija za 1. kategoriju 2-5 godina[10]

BO = na bazi otapala, VB = na vodenoj bazi

Vijek trajanja	Broj sustava	Vrsta boje	Primjeri Hempelovih sustava boja	Debljina (mikrometri)
0-5 godina	1	Modificirani alkid / epoksi ester BO	1x HEMPEL'S UNI-PRIMER 13140**	80
		Alkid BO	1x HEMPALIN ENAMEL 52140	40
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		
	2	Alkid VB	1x HEMULIN PRIMER 18310	80
		Alkid VB	1x HEMULIN ENAMEL 58380	40
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		
	3	Epoksidi BO	1x HEMPADUR MASTIC 45880/W	120
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		
	4	Poliuretan BO	1x HEMPATHANE HS 55610	120
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		

Tablica 6. Ako je konstrukcija za 2. kategoriju 5-15 godina[10]

Vijek trajanja	Broj sustava	Vrsta boje	Primjeri Hempelovih sustava boja	Debljina (mikrometri)
5-15 godina	1	Akril VB	1x HEMUCRYL PRIMER HB 18032	80
		Akril VB	1x HEMUCRYL ENAMEL HB 58030	80
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		
	2	Epoksidi BO	1x HEMPADUR QUATTRO 17634/ HEMPADUR 17410	100
		Poliuretan BO	1x HEMPADUR HS 55610	60
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		
	3	Epoksi VB	1x HEMUDUR 18500	100
		Poliuretan VB	1x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		

Tablica 7. Ako je konstrukcija za 3. kategoriju više od 15 godina[10]

Vijek trajanja	Broj sustava	Vrsta boje	Primjeri Hempelovih sustava boja	Debljina (mikrometri)
Više od 15 godina	1	Akril VB	2x HEMUCRYL PRIMER HB 18032	160
		Akril VB	1x HEMUCRYL ENAMEL HB 58030	40
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		
	2	Epoksidi BO	1x HEMPADUR QUATTRO 17634/ HEMPADUR 17410	140
		Poliuretan BO	1x HEMPADUR HS 55610	60
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		
	3	Cink-epoksi BO	1x HEMPADUR ZINC 17360	40
		Epoksi BO	1x HEMPADUR QUATTRO 17634/ HEMPADUR 17410	80
		Poliuretan BO	1x HEMPADUR HS 55610	60
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		
	4	Epoksi VB	2x HEMUDUR 18500	160
		Poliuretan VB	1x HEMUTHANE ENAMEL 58510	40
		<b>Ukupna debljina suhog filma</b>		

Da bi odredili koliko litra boje pokriva metre kvadratne postoji formula koja glasi:

$$\frac{\text{Volumni sadržaj suhe tvari (VS)\%} \cdot 10}{\text{Debljina suhog filma } (\mu\text{m})} = m^2/\text{litra} \quad [10]$$

gdje je VS omjer debljina suhog i mokrog filma, a debljine se dobe mjernim metodama. Pomoću prije navedene formule se može lako izračunati potrebna količina boje za bojanje nekog određenog objekta [10].

$$VS = \frac{\text{debljina suhog filma}}{\text{debljina mokrog filma}} \quad [10]$$

### 8.1. Pojašnjenje naziva Hempel-ovih proizvoda

Gore u tablici je navedeno da li je ta vrsta boje na bazi otapala ili na vodenoj bazi, ali u nastavku se koristi i broj koji će sada biti objašnjen. To je peteroznamenasti broj koji identificira preostala svojstva proizvoda. Prve dvije znamenke opisuju za koju su osnovnu funkciju i generički tip, dok su treća i četvrta znamenka serijske brojke. Peta znamenka definira specifične formulacije istog proizvoda kao što je temperaturama na kojoj će se odvijati otvrdnjavanje (niske, srednje ili visoke temperature) i sukladnost lokalnom zakonodavstvu. Dakle iz toga proizlazi da se korisniku bitne prve četiri znamenke, a peta je za logističke svrhe [10,11].

Tablica 8. Značenje prve znamenke serijskog broja boje [10]

Prva znamenka	Funkcija:
0 - - - -	Proziran lak, razrjeđivač
1 - - - -	Temelj za čelik i ostale metale
2 - - - -	Temelj za podloge od nemetala
3 - - - -	Proizvod u obliku paste, materijal sa visokim sadržajem suhe tvari
4 - - - -	Međupremaz, premaz za nanošenje u debelom sloju za upotrebu sa/bez temelja i završnog premaza
5 - - - -	Završni premaz
6 - - - -	Razno
7 - - - -	Antivegetativna boja
8 - - - -	Razno
9 - - - -	Razno

Tablica 9. Značenje druge znamenke serijskog broja boje[10]

Druga znamenka	Generički tip:
- 0 - - -	Asfalt, katran, bitumen
- 1 - - -	Ulje, uljani lak, dugouljni alkid
- 2 - - -	Srednji do dugouljni alkid
- 3 - - -	Kratkotrajni alkid, epoksiester, silikonski alkid, uretanski alkid
- 4 - - -	Razno
- 5 - - -	Reaktivno vezivo (neoksidativno), jedno- ili dvokomponentno
- 6 - - -	Vezivo koje se suši fizikalnim putem (na bazi otapala)
- 7 - - -	Razno (uključujući epoksidge)
- 8 - - -	Vodenasta disperzija, razrjeđivač
- 9 - - -	Razno



## 9. ZAKLJUČAK

Danas se u strojarstvu jako puno pažnje obraća baš na koroziju i mjere koje su potrebne za sprečavanje iste. Zaštita koja se koristi jako je važna i bitno je pravilno i dobro pripremiti površinu koju će se premazati. Premaz može biti skup i najbolji, ali ako nema dobre pripreme površine onda to ne vrijedi ništa. Također svaki premaz treba predvidjeti u kojem će okruženju biti te pravilno odabrati metodu kojom će se neki spremnik, konstrukcija ili sl. zaštititi.

Nadalje, danas se sve vrti oko ekologije i bitno je da svi ti postupci od obrade pa do premaza budu ekološki prihvatljivi te da ne zagađujemo okoliš. Zato se danas sve više koriste vodorazrjedivi premazi koji su ekološki prihvatljivi.

Korozija je strojarstvu najveći neprijatelj i puno se ulaže u to da se korozija spriječi što je više moguće. Proces korozije je gotovo nemoguće zaustaviti, ali se može taj proces usporiti. Premazi protiv korozije su do dana današnjeg jako napredovali i proizvođači pokušavaju iz dana u dan pronaći formulu za još bolja svojstva premaza (prionjivost, tvrdoća, sjaj, otpornost na trošenje) da štite konstrukciju ili neku površinu što je dulje moguće.



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 privajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MATEO PONGRAC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom MJERE ZA ZAŠTITU OD KOROZIJE PREMA NORMI HRN EN 1030-2 (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Mateo Pongrac  
(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.

Ja, MATEO PONGRAC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom MJERE ZA ZAŠTITU OD KOROZIJE PREMA NORMI (upisati naslov) čiji sam autor/ica. HRN EN 1030-2

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Mateo Pongrac  
(vlastoručni potpis)

## POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer vijka koji je pod djelovanjem korozije [43] .....	10
Slika 2. Kemijska korozija u ispušnoj cijevi [44].....	11
Slika 3. Elektrokemijska korozija u spremniku s vodom [45].....	12
Slika 4. Primjer opće korozije na spremniku[24] .....	13
Slika 5. Primjeri rupičaste korozije [25,46].....	14
Slika 6. Potpovršinska korozija na automobilu [26].....	14
Slika 7. Galvanska korozija okovnja, korozija ploške u spremniku [4, 27] .....	15
Slika 8. Napetosna korozija [28, 29] .....	15
Slika 9. Interkristalna korozija pod mikroskopom i pod golim okom [30, 31] .....	16
Slika 10. Selektivna korozija, decinkacija mjedi [47] .....	16
Slika 11. Katodna zaštita strujom i žrtvovanom anodom pričvršćenom na objekt koji se štiti[7] 17	
Slika 12. Primjeri istrošenih anoda[32] .....	18
Slika 13. Primjeri katodne zaštite cinkovim protektora[7] .....	19
Slika 14. Primjer pravilnog oblikovanja spoja [22].....	21
Slika 15. Primjer pravilnog konstruiranja [22] .....	21
Slika 16. Primjer pravilnog postavljanja spremnika[22] .....	21
Slika 17. Pravilno konstruiranje cjevovoda [22] .....	22
Slika 18. Katodna prevlaka nikla na čeliku[9] .....	24
Slika 19. Kemijski poniklani predmeti[51] .....	24
Slika 20. Anodna prevlaka cinka na željezu[9] .....	25
Slika 21. Pocinčani vijci[33] .....	25
Slika 22. Skica postupka galvanizacije (bakrenje)[10].....	26
Slika 23. Kade u cinčaonicama[11, 54].....	27
Slika 24. Uređaj za odmašćivanje mlazom vodene pare [34].....	32
Slika 25. Žičana četka[35] .....	32
Slika 26. Uređaj za strojno mehaničko čišćenje[36] .....	33
Slika 27. Priprema površine vodenim mlazom [52, 53] .....	33
Slika 28. Priprema površine pjeskarenjem[37, 38].....	34
Slika 29. Pjeskarenje mokrim postupkom [39] .....	34
Slika 30. Uređaji za prskanje komprimiranim zrakom [12] .....	35
Slika 31. "Ubodi igle" u bojanju[17] .....	37
Slika 32. "Overspray" u bojanju [17] .....	37
Slika 33. "Riblje oči" u bojanju [17] .....	37

Slika 34. "Curci" na metalnoj površini[17] .....	38
Slika 35. Primjer jedne vrste "češlja"[40].....	39
Slika 36. Uređaj za mjerenje debljine suhog filma[41] .....	40
Slika 37. Slika sprave za ispitivanje kvalitete premaza[42] .....	40
Slika 38. Certifikacijski postupak [9] .....	41
Slika 39. Primjeri dobrog i lošeg dizajniranja[22] .....	47
Slika 40. Prikaz četiri stupnja čišćenja površine substrata[21].....	49
Slika 41. Stupnjevi stanja površine prije čišćenja[21].....	50

## POPIS TABLICA

Tablica 1: Ocjene otpornosti na koroziju nekih nezaštićenih materijala [9] .....	23
Tablica 2. Građevine s klasama posljedica[19] .....	43
Tablica 3. Kategorije atmosferske korozivnosti prema standardu ISO 12944 [10] .....	46
Tablica 4. Kategorije vode i tla u skladu s normom 12944 [10] .....	46
Tablica 5. Ako je konstrukcija za 1. kategoriju 2-5 godina[10] .....	51
Tablica 6. Ako je konstrukcija za 2. kategoriju 5-15 godina[10] .....	52
Tablica 7. Ako je konstrukcija za 3. kategoriju više od 15 godina[10] .....	52
Tablica 8. Značenje prve znamenke serijskog broja boje [10] .....	53
Tablica 9. Značenje druge znamenke serijskog broja boje[10] .....	54

## 10. LITERATURA

- [1] Esih I., Dugi Z., Tehnologija zaštite od korozije I, Školska knjiga, Zagreb, 1990
- [2] Juraga I., Alar V., Stojanović I., Šimunović V.: Korozija i metode zaštite od korozije, skripta, FSB Zagreb
- [3] Stupnišek-Lisac E.: Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala, FKIT, Zagreb, 2007
- [4] [https://www.google.hr/search?biw=824&bih=886&tbm=isch&sa=1&ei=UWCRW4GJKsL5wQL7toSwDw&q=korozija&oq=korozija&gs\\_l=img.3..0i67k1j0l2j0i5i30k1j0i30k1j0i24k115.99400.100316.0.100358.8.8.0.0.0.199.862.0j6.6.0...0...1c.1.64.img..2.6.862....0.xpfksPaYNqI](https://www.google.hr/search?biw=824&bih=886&tbm=isch&sa=1&ei=UWCRW4GJKsL5wQL7toSwDw&q=korozija&oq=korozija&gs_l=img.3..0i67k1j0l2j0i5i30k1j0i30k1j0i24k115.99400.100316.0.100358.8.8.0.0.0.199.862.0j6.6.0...0...1c.1.64.img..2.6.862....0.xpfksPaYNqI) dostupno: 20.8.2018.
- [5] Esih I. , Dugi Z.: Osnove površinske zaštite, FSB Zagreb, 2003.
- [6] <https://www.hdki.hr/download/repository/KIO-EI7.pdf> preuzeto 3.9.2018
- [7] <http://www.pa-el.hr/hr/katodna-zastita/> dostupno: 20.8.2018.
- [8] <http://www.inhibitor.hr/i/256/proizvodi/vci-proizvodi-za-ciscenje-metala/> dostupno: 3.9.2018.
- [9] Diplomski rad, Tomislav Levanić, FSB, Zagreb, 2009.
- [10] <http://www.hempel.hr/> dostupno: 3.9.2018.
- [11] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Cin%C4%8Danje> dostupno: 2.9.2018.
- [12] <https://www.omniscolor.hr/images/hempel/HEMPEL-Prirucnik-za-bojenje-2016.pdf> preuzeto 3.9.2018
- [13] <https://www.basf.com/hr/hr/products-and-industries/paint-coating-industry.html> dostupno: 3.9.2018.
- [14] <http://www.ivje.hr/index.php/tehnologija/nanosenje-mokrih-premaza> dostupno: 20.8.2018.
- [15] <http://www.ivje.hr> dostupno: 15.9.2018.
- [16] Esih I.: Uloga premaza u zaštiti materijala od korozije, Seminar-Zaštita od korozije primjenom premaza, FSB, Zagreb, 2007.
- [17] <http://architectboy.com/types-of-paint-failure-causes/> dostupno: 2.9.2018.
- [18] [https://kupdf.net/download/bs-en-1090-2\\_58babaefe12e89d714add377\\_pdf](https://kupdf.net/download/bs-en-1090-2_58babaefe12e89d714add377_pdf) preuzeto 26.8.2018.
- [19] <http://www.e-glasnik.tuv-croatia.hr/tehnicka-inspekcija/item/15-certifikacijasustava-tvornicke-kontrole-proizvodnje-prema-en-1090> dostupno: 19.8.2018.
- [20] [48954-Standards-Spec-Brochure ME WE.pdf](https://www.tuv.com/48954-Standards-Spec-Brochure_ME_WE.pdf) preuzeto 3.9.2018.
- [21] <http://www.graco.com/us/en/products/surface-preparation/blasting-basics/surface-preparation-standards-comparison.html> dostupno: 20.8.2018.
- [22] <https://www.slideserve.com/kali/za-tita-od-korozije> dostupno: 20.8.2018.
- [23] <https://www.corrosioncollege.com/white-paper.cfm> dostupno: 15.9.2018.
- [24] <https://www.abfad.co.uk/editorial/pitting-corrosion-and-storage-tank-failure/> dostupno: 15.9.2018.
- [25] <https://www.comsol.com/blogs/modeling-corrosion-for-automotive-applications/> dostupno: 15.9.2018.
- [26] <http://coxeng.co.uk/metallurgy/crevice-corrosion/> dostupno: 15.9.2018.
- [27] [http://www.cdcorrosion.com/mode\\_corrosion/stress\\_corrosion\\_cracking.htm](http://www.cdcorrosion.com/mode_corrosion/stress_corrosion_cracking.htm) dostupno: 15.9.2018.
- [28] [http://www.cdcorrosion.com/mode\\_corrosion/stress\\_corrosion\\_cracking.htm](http://www.cdcorrosion.com/mode_corrosion/stress_corrosion_cracking.htm) dostupno: 15.9.2018.

- [29] [https://www.nace.org/Corrosion-Central/Corrosion-101/Stress-Corrosion-Cracking-\(SCC\)/](https://www.nace.org/Corrosion-Central/Corrosion-101/Stress-Corrosion-Cracking-(SCC)/) dostupno: 15.9.2018.
- [30] [https://en.wikipedia.org/wiki/Intergranular\\_corrosion](https://en.wikipedia.org/wiki/Intergranular_corrosion) dostupno: 15.9.2018.
- [31] <https://steelfabservices.com.au/a-guide-to-intergranular-corrosion-how-to-treat-it/> dostupno: 15.9.2018.
- [32] <https://mgduff.co.uk/yachts-and-powerboats/products/hull-anodes/bolt-on-anodes> dostupno: 15.9.2018.
- [33] <http://www.surtec-eurosjaj.com/bs/article/27/galvansko-alkalno-sjajno-cincanje-u-bubnjevima> dostupno: 15.9.2018.
- [34] <http://www.sinowaterjet.com/products/86.html> dostupno: 15.9.2018.
- [35] <http://www.da-da.hr/hr/alati-i-pribor-za-bojanje/ostalo/zicane-cetke/> dostupno: 15.9.2018.
- [36] <https://www.alatimilic.hr/shop/Rupes-brusilica-ekscentarska-pneumatska-RA150A> dostupno: 15.9.2018.
- [37] <https://www.neumanncontractors.com.au/projects/abrasive-blasting/sandblasting-neumann-contractors-gold-coast> dostupno: 15.9.2018.
- [38] <http://www.conradpc.com/sandblasting.html> dostupno: 15.9.2018.
- [39] <https://quillfalconaustralia.blogspot.com/2017/05/its-cut-and-dry-why-wet-abrasive.html> dostupno: 15.9.2018.
- [40] <http://www.edurashop.com/proizvodi/ispitivanje-materijala-1027/debljina-slojeva-1028/sr2000-cesalj-za-debljinu-mokrog-premaza-3114-detail.html> dostupno: 15.9.2018.
- [41] <https://www.ideal.hr/mjeraci-debljine-premaza> dostupno: 15.9.2018.
- [42] <http://www.safeenvironments.com.au/adhesion-pull-off-testing/> dostupno: 15.9.2018.
- [43] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Korozija> dostupno: 15.9.2018.
- [44] <https://blackpowdersolutions.com/2017/04/04/chemical-corrosion-in-pipelines/> dostupno: 15.9.2018.
- [45] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Korozija> dostupno: 15.9.2018.
- [46] <https://www.abfad.co.uk/editorial/pitting-corrosion-and-storage-tank-failure/> dostupno: 15.9.2018.
- [47] [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm12/pfcm12\\_4\\_10.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm12/pfcm12_4_10.html) dostupno: 15.9.2018.
- [48] <https://www.promat-see.com/hr-HR/download/file/hr/f78db7aaeab344e58864a9030091d710/reaktivni-protupozarni-premaz-promapaintsc3-upute-za-nanosenje-promat?rev=82a081b6-3bd5-4cb3-be8c-138e334afd9b> dostupno: 15.9.2018.
- [49] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Ispitivanje\\_prionjivosti\\_premaza](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ispitivanje_prionjivosti_premaza) dostupno: 6.9.2018.
- [50] [http://www.linde-gas.com/en/industries/metal\\_fabrication/en1090/execution\\_classes/index.html](http://www.linde-gas.com/en/industries/metal_fabrication/en1090/execution_classes/index.html) dostupno: 9.9.2018.
- [51] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Niklanje> dostupno: 15.9.2018.
- [52] <https://www.njuskalo.hr/ostale-gradevinske-usluge/vodeno-pjeskarenje-sacmarenje-brusenje-poliranje-povrsina-oglas-15454293> dostupno: 15.9.2018.
- [53] <https://www.youtube.com/watch?v=8g8ZGB-HUv0> dostupno: 15.9.2018.
- [54] <http://www.dalekovod-proizvodnja.com/cincanje.aspx> dostupno: 15.9.2018.