

# Zaštita čeličnih konstrukcija primjenom antikorozivnih zaštitnih premaza

---

Čerkez, Antonela

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:231:147910>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-01**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka University Studies, Centers and Services - RICENT Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**Studij politehnike**

Preddiplomskog sveučilišni studij politehnike

Antonela Čerkez

**Zaštita čeličnih konstrukcija  
primjenom antikorozivnih zaštitnih  
premaza  
Završni rad**

Mentor: Doc.dr.sc. Marko Fabić

Rijeka, 2023.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
**School of Polytechnics**

Undergraduate study of Polytechnics

Antonela Čerkez

**Protection of steel structures by anti-  
corrosion coatings**  
Bachelor thesis

Supervisor: Doc.dr.sc. Marko Fabić

Rijeka, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu uz stručno vodstvo mentora doc.dr.sc. Marka Fabića.

Zahvaljujem se svom mentoru doc.dr.sc. Marku Fabiću koji mi je bio na raspolaganju i stručno me savjetovao u izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem se svojoj obitelji i svim svojim prijateljima koji su me bodrili i podržavali tijekom studija.

Najviše od svega zahvaljujem se svome ocu koji je kroz čitav studij sjedio i učio kako bi mi mogao pomoći. Ova diploma je moja jednako kao što je i tvoja.

U Rijeci 1.9..2023.

Antonela Čerkez

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**Studij politehnike**  
Rijeka, datum

## Zadatak za završni rad

Pristupnik:

Naziv završnog rada:

Naziv završnog rada na eng. jeziku:

Sadržaj zadatka:

Mentor: (Ime i prezime)

---

(potpis mentora)

Voditelj za završne radove

---

Zadatak preuzet: datum

---

(potpis pristupnika)

## Sadržaj

Sadržaj .....	1
Popis slika .....	2
Popis tablica .....	3
1. Uvod .....	6
2. Konstrukcijski čelici i vrste korozije čelika.....	7
2.1. Rupičasta korozija .....	8
2.2. Galvanska korozija .....	8
2.3. Korozija naprezanja.....	9
2.4. Visokotemperaturna korozija .....	9
2.5. Bakterijska korozija.....	9
2.6. Interkristalna korozija .....	10
3. Opis postupaka antikorozivne zaštite .....	11
3.1 Zaštitni premazi.....	12
3.2 Metalni premazi.....	13
3.2.1 Galvansko premazivanje .....	14
3.2.2 Vruće uranjanje .....	14
3.2.3 Platiranje.....	14
3.3. Organski premazi .....	14
3.3.1 Emajliranje .....	15
3.3.2 Lakiranje.....	15
3.3.3 Bojanje .....	16
3.4 Praškasti premazi.....	16
4. Kvaliteta i tehnologija antikorozivne zaštite .....	18
4.1. ISO standard .....	19
4.1.1 Višenamjenski raspršivači.....	21
4.1.2 Vodoravni mlinovi .....	21
4.1.3 Industrijski stroj za miješanje praha.....	21
5. Strukturni učinci korozije čelika.....	22
5.1 Gubitak snage .....	22
5.1 Umor materijala.....	23
5.2 Smanjenje smičnog kapaciteta .....	23
5.3 Ograničena duktilnost .....	23
6. Ekonomski i ekološki osvrt na uporabu antikorozivnih zaštitnih premaza .....	25
6.1 Definiranje debljine zaštitnih slojeva premazima .....	26
7. Zaključak .....	29
Literatura .....	30

---

**Popis slika**

Slika 1. Propadanje granice zrna (interkristalna korozija).....5

Slika 2. Češljasti mjerač .....17

Slika 3. Krivulja naprezanje-deformacija.....18

Grafikon 1. Debljina premaza na čeličnim površinama galvaniziranjem.....14

---

**Popis tablica**

Tablica 1. Korozivni rizik.....20

Tablica 2. Kategorija korozivnosti C4 (7-15 godina).....28

Tablica 3. Kategorija korozivnosti C4 (15-25 godina).....29



**Sažetak**

Završni rad sastoji se od:

- Teorijskog dijela
- Praktičnog dijela

U teorijskom dijelu rada opisane su vrste korozije čelika te je objašnjena poveznica s konstrukcijskim čelicima. Prikazani su postupci antikorozivne zaštite, a posebno su naglašeni postupci premazivanja.

U praktičnom dijelu prikazana je kvaliteta antikorozivne zaštite i tehnologija koja se koristi za primjenu. Prikazan je ISO standard te korozivni rizik u odnosu na gubitak debljine niskougličnog čelika. Objašnjeni su i strukturni učinci korozije te ekonomski aspekt u funkciji definiranja debljine zaštitnih slojeva premaza antikorozivne zaštite.

Ključne riječi: korozija, zaštitni premazi, čelik, metal

---

**Summary**

The final work consists of:

- Theoretical part
- Practical part

In the theoretical part of the paper, the types of steel corrosion are described and the link with structural steels is explained. Anti-corrosion protection procedures are presented, and coating procedures are especially emphasized.

In the practical part, the quality of anti-corrosion protection and the technology used for application are presented. The ISO standard and the corrosion risk in relation to the loss of thickness of low-carbon steel are shown. The structural effects of corrosion and the economic aspect in the function of defining the thickness of the protective layers of the anti-corrosion protection coating are also explained.

Keywords: corrosion, protective coatings, steel, iron.

## **1. Uvod**

Svijet kakvog danas poznajemo temelji se na metalu. Zaštita čelika od korozije bila je jedna od prvih tema odbora Nacionalne akademije znanosti 1863.godine te su razmatrali metode zaštite dna željeznih brodova. Međutim, sama priroda metala uz sebe veže i mnogobrojne izazove. Onečišćenje okoliša događa se zbog korozije metala i zbog taloženja metala u atmosferi. Metali izrađeni od željeza ili željeznih legura prirodno će hrđati ako su izloženi kisiku ili vlazi što predstavlja veliki rizik za okoliš i ljude u njemu. Upotrebu različitih vrsta čelika nalazimo u stambenim zgradama, u automobilima, u mostovima i drugim industrijskim objektima. Metali su se kroz desetljeća prilagođavali te ih se pokušalo ukomponirati u razne značajke svakodnevice zbog dobrih mehaničkih svojstava i mogućnosti kombiniranja s ostalim materijalima. Nalazimo ih u raznim elektroničkim aplikacijama kao što su računalne komponente, a i njihova primjena se proširila na poboljšanje kvalitete života čovjeka pa ih se krenulo upotrebljavati i u medicinske i kirurške svrhe. Pitanje koje se postavlja tijekom cjelokupnog istraživanja i čovjekove borbe protiv korozije je može li se uvijek odrediti točan uzrok nastajanja korozije? U teorijskom djelu završnog rada obradit će se procesi nastajanja korozije i analiza različitih vrsta zaštitnih premaza. U praktičnom djelu rada objasnit će se određivanje debljine zaštitnih slojeva i materijala koji se nalaze u njima te koja je uloga kontrole kvalitete u samom procesu.

## 2. Konstrukcijski čelici i vrste korozije čelika

Konstrukcijski čelik nalazimo posvuda u samoj konstrukciji, od greda koje drže krovove do kostura čitavih zgrada te nakraju i u alatima koje svakodnevno koristimo. U osnovi, konstrukcijski čelik definiramo kao čelik koji se upotrebljava kod izgradnje zgrada. Razlikuje se od čelika koji se koristi za izradu alata ili nehrđajućeg čelika koji se, u novije vrijeme, koristi za kuhinjske površine i uređaje. Konstrukcijski čelik naziva se još i ugljični čelik zbog toga što mu je kemijski sastav sadržan od željeza i ugljika. Pod tu vrstu spada svaka kategorija čelika s udjelom ugljika do 2,1% ukupne težine. [1]

Što je veći sadržaj ugljika veća je granica razvlačenja komada čelika što označava manju duktilnost za sam čelik. Korozija je veliki problem posebno u građevinskoj industriji gdje se različiti materijali koriste u konstrukcijske svrhe. Generalno gledano, koroziju možemo podijeliti na generalnu koroziju i lokalnu koroziju. Generalizirana korozija, kako joj i ime govori, utječe na cijelu površinu predmeta. Može biti u obliku više ili manje ravnomjernog gubitka površinskog materijala ili općeg stanjivanja koje obuhvaća cijelu metalnu površinu. Generalizirana korozija je predvidljiva, izlječiva i lako se detektira. Metalne površine zahvaćene općom korozijom uglavnom prikazuju vidljive znakove zahvaćenosti i prije nego postanu strukturno ugrožene.[2] Lokalizirana korozija utječe na određeno mjesto na metalnoj površini. Budući da se lokalizirana korozija obično pojavljuje na područjima koja nisu jasno vidljiva često ju je teže otkriti. Obično je rezultat neuspješnog ili nepravilnog nanošenja zaštitnih premaza. Korozija se najčešće manifestira u blizini vodenih površina. Postoji mnogo različitih vrsta korozije od kojih se svaka može klasificirati prema uzroku kemijskog propadanja materijala.

## 2. 1. Rupičasta korozija

Rupičasta korozija nastaje kada se lokalizirane rupe ili šupljine formiraju na mjestima kvara u sustavu pasivne kontrole korozije. U usporedbi s generaliziranom korozijom, relativno mala područja karakteriziraju slučajeve rupičaste korozije što čine ovu vrstu korozije težom za uočiti i vjerojatnije je da će napredovati do točke ozbiljnog kvara. Rupičasta korozija utječe na metale i legure kao što željezo, aluminij i drugi oblici. Najčešće se javlja tamo gdje je pasivni sloj premaza oštećen ili kemijski napadnut. To stvara slabu točku gdje voda ili korozivne otopine napadaju podlogu. Najčešći uzroci rupičaste korozije su:

- Pukotine u zaštitnom premazu
- Ogrebotine
- Nejednako naprezanje
- Neodgovarajuća metalna površina
- Neujednačen zaštitni premaz

Rupičasta korozija može se pojaviti u raznim oblicima. Oblik jame uvelike ovisi o materijalu na koji utječe i na smjeru zrna unutar tog materijala. Rupičasta korozija smatra se autokatalitičkim procesom – jednom kada jamica (pit) nastane i pokrene se korozijski proces dolazi do znatnih promjena u mediju unutar jamice koji postaje osiromašen katodnim reaktantima (npr. otopljenim kisikom), obogaćen metalnim kationima i kloridima. [3]

Najčešće su pogođeni pasivni metali i legure, međutim, gotovo svaki metal ili materijal koji je osjetljiv na koroziju može biti pogođen.

## 2.2. Galvanska korozija

Galvanska korozija odnosi se na oštećenje od korozije izazvano spajanjem dvaju različitih materijala u korozivnom elektrolitu. Do nje dolazi kada dva ili više različitih metala dođu u električni kontakt pod vodom. Kada se formira galvanski par, jedan od metala u paru postaje anoda i korodira brže nego što bi samostalno dok drugi postaje katoda i korodira sporije nego što bi inače. Pokretačka sila za koroziju je razlika potencijala između različitih materijala. Galvanska struja je koncentrirana na malo anodno područje. Pod ovim uvjetima dolazi do brzog gubitka debljine otapajuće anode. Problem galvanske korozije potrebno je riješiti u fazi projektiranja kako bi se izbjegli veći problemi.

### **2.3. Korozija naprezanja**

Korozija naprezanja je još jedan oblik korozije koji je važan za mnoga područja, uključujući građevinske objekte. U napetom stanju (pri statičkim napreznjima) i zaostalim napetostima, pojavljuje se napetosna korozija na materijalu, ako mehanički utjecaji ubrzavaju korozijski proces [4]. Nastaje kada materijal postoji u relativno inertnom okruženju, ali korodira zbog primijenjenog naprezanja. Vrlo je složena pojava podložna utjecajima brojnih čimbenika, a napreduje transkristalno ili interkristalno i nastupit će najčešće na hladno deformiranim lokalitetima, jer tamo zaostaju naprezanja ili u okolini zavarenih spojeva gdje su veća zaostala naprezanja i strukturne promjene. [4] Naprezanja mogu biti vanjska ili zaostala u materijalu.

### **2.4. Visokotemperaturna korozija**

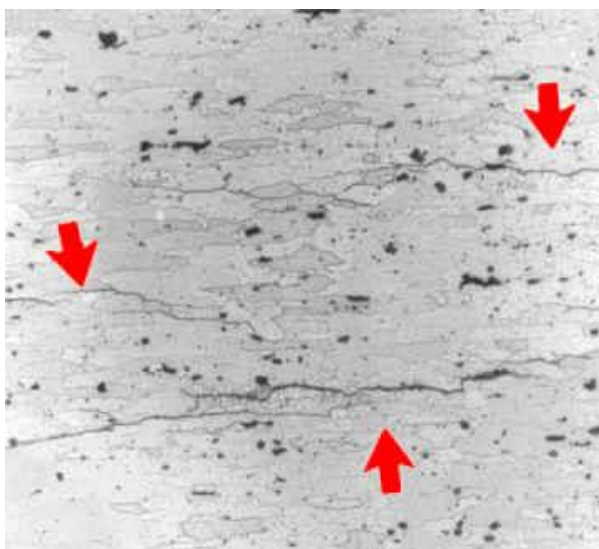
Visokotemperaturna korozija se odnosi se na kemijski napad plinova, krutih ili rastaljenih tijela i rastaljenih metala obično na temperaturama iznad 400 °C. Ovaj oblik korozije se odvija kada plinske turbine, dizel motori ili drugi strojevi dođu u dodir s vrućim plinom koji sadrži određene onečišćivače. Gorivo ponekad sadrži vanadijeve spojeve ili sulfate koji mogu stvarati spojeve tijekom izgaranja s niskim talištem. Tekućine otopljene soli su jako korozivne za nehrđajući čelik i druge legure koje su inače inertne na koroziju i visoke temperature.

### **2.5. Bakterijska korozija**

Mikrobna korozija se ne odnosi na jednu vrstu korozije već umjesto toga opisuje proces koji potiče i ubrzava druge oblike korozije. Čimbenici uključeni u širenje i proliferaciju mikrobne korozije uobičajeni su u nizu industrija u slatkovodnim i slanim vodama i drugim okruženjima koja mogu potaknuti rast mikroba. Bakterijska korozija je opći proces u kojem prisutnost bioloških organizama ili mikroorganizama dovodi do korozije. Iako sama po sebi nije oblik korozije bakterijska korozija može ubrzati niz drugih procesa korozije kao što su galvanska korozija, rupičasta korozija i korozija naprezanja. U mnogim slučajevima bakterijska korozija uključuje različite bakterije koje podržavaju jedna drugu. Takvo stanje može otežati prevenciju i borbu protiv bakterija pa rano otkrivanje i liječenje čini velik dio procesa ublažavanja rizika i štete.

## 2.6. Interkristalna korozija

Mikrostruktura metala i legura se sastoji od zrna međusobno odvojenih granicama zrna. Interkristalna korozija je lokalizirani napad duž granice zrna ili neposredno uz granicu zrna dok većina zrna ostaje uglavnom nepromijenjena. Ovaj oblik korozije obično je povezan s učinkom kemijske segregacije ili specifične faze istaložene na granicama zrna. Može dovesti do zone smanjenja otpornosti na koroziju u neposrednoj blizini. Napad obično napreduje duž uske staze granice zrna, a u ozbiljnijim slučajevima korozije i na samoj granici zrna. Takvo stanje rezultira pomicanjem zrna te dolazi do potpunog propadanja njihovih granica. Na slici 1. vidimo primjer propadanja granica zrna koji je uzet s aluminijske komponente neuspjelog zrakoplova:



Slika 1. Propadanje granice zrna

Mnoge legure na bazi aluminija podložne su interkristalnoj koroziji zbog toga što su anodne faze prema aluminiju prisutne duž granice zrna.

### 3. Opis postupaka antikorozivne zaštite

Metode zaštite od korozije odnose se na niz strategija i tehnika koje su osmišljene za smanjenje ili sprječavanje propadanja materijala uzrokovanog kemijskim reakcijama s okolinom. Cilj im je minimizirati ili eliminirati štetne učinke korozije primjenom različitih mjera za zaštitu materijala od korozivnih agenasa. Korozija smanjuje uporabnu vrijednost metala, skraćuje vijek trajanja konstrukcija, poskupljuje njihovo održavanje, uzrokuje gubitke u proizvodnji, zastoje u radu, havarije i nesreće, ugroženost zdravlja ljudi, ekološke katastrofe, propadanje kulturne baštine i dr. Stoga se sljedećim metodama zaštite od korozije pokušava nastala šteta svesti na minimum [5]. Odabir pojedine zaštite od korozije ovisi o vrsti materijala, okolini u kojoj će se koristiti i mogućim izvorima korozije. Uobičajene metode zaštite od korozije uključuju zaštitne premaze, katodnu zaštitu, inhibitore korozije, izbor materijala, modifikacije okoline, izmjene dizajna i redovito održavanje. Učinkovitost metode zaštite od korozije ovisi od nekoliko čimbenika, uključujući kvalitetu zaštitnog sloja, uvjete okoline i kvalitetu upotrijebljenih materijala. Industrije, posebno one koje su izložene najjačim korozivnim agensima kao što su slana voda i tlo mogu imati velike koristi od kvalitetnih usluga zaštite od korozije. Kvalitetna zaštita od korozije može produžiti životni vijek materijala i do 250%. Smanjuje se potreba za dodatnim troškovima popravaka. Zaštićena oprema ili dijelovi mogu izbjeći prekide usluga i kvarove u radu. Korozija je prirodni proces koji se događa kada su ispunjena tri uvjeta: prisutnost vlage, metalna površina i postojanje oksidansa.[6] Korozija čeličnih konstrukcija je neizbježna i često se javlja zbog međudjelovanja okoline što uzrokuje degeneraciju čeličnih konstrukcija, katastrofalne nesreće i velike ekonomske gubitke. Za učinkovitu zaštitu čelika osmišljeni su razni premazi i različiti predtretmani. Međutim, tradicionalni predtretmani prije nanošenja premaza uključuju tretmane kromatom ili fosfatom što može uzrokovati onečišćenje okoliša i zdravstveni rizik pa je naglašena potreba za razvijanjem tretmana koji će biti ekološki prihvatljiviji. Metali od kojih su izgrađene građevinske konstrukcije imaju značajan utjecaj na trajanje ovih konstrukcija, a time i otpornost na koroziju. Takvi se metali razlikuju po: sastavu, strukturi, kemijskim i fizikalnim svojstvima, mehaničkim svojstvima i primjeni. Metali za građevinske konstrukcije uključuju čelik, lijevano željezo, cink, aluminij i nikal [6]. Svaka vrsta antikorozivne zaštite čelične konstrukcije ima svoje specifičnosti destruktivne prirode tijekom vremena.



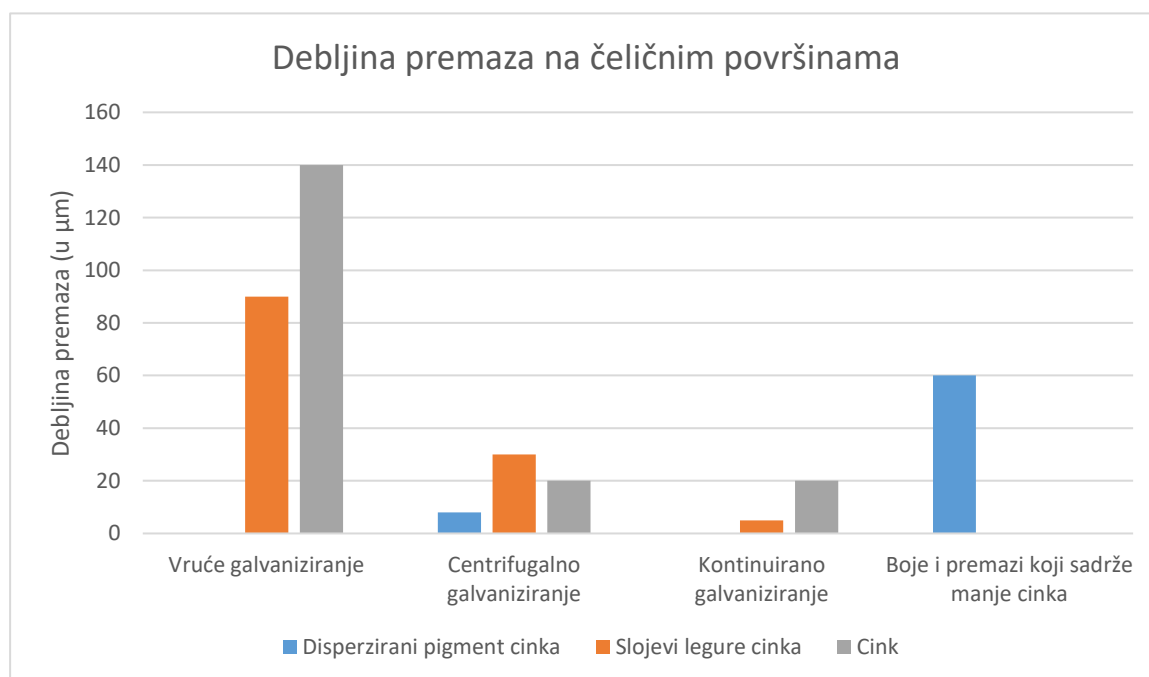
### 3.1 Zaštitni premazi

Zaštitni premaz je sloj materijala koji se nanosi na podlogu kako bi se spriječilo njeno oštećenje čimbenicima iz okoline kao što su korozija, abrazija i trošenje. Premazi djeluju tako što blokiraju vanjska okruženja da se spoje i započnu proces korozije, sprječavaju pojavu elektrokemijske reakcije ili usmjeravaju proces korozije u smjeru koji neće oštetiti imovinu. Primarna funkcija svih prevlaka je zaštita od korozije. Sekundarna funkcija može biti postizanje određenih fizikalnih svojstava površine, zaštita od mehaničkog trošenja, postizanje estetskog dojma, povećanje dimenzija istrošenih dijelova, odnosno popravak loših proizvoda, itd. [7] Zaštitni premazi mogu biti od izrađeni od raznih materijala uključujući polimere, keramiku, metale i kompozite i obično se koriste u industrijama kao što su automobilska industrija, zrakoplovna industrija, pomorstvo i građevinarstvo. Jedan od načina da se prekine elektrokemijska reakcija je stvaranje barijere. Načelno je to prepreka vlazi i/ili kisiku sprječavajući stvaranje održive elektrokemijske ćelije. To se može postići korištenjem premaza izrađenih od visokokristalnih polimernih veziva koji sprječavaju difuziju ovih komponenti kroz sloj filma na podlogu. Ugradnja lamelarnih pigmenata također može stvoriti prepreku za kisik i vodu prekidajući protok elektrona i sprječavajući nastavak korozije. Dvije dobro poznate vrste polimernih veziva koja se koriste u zaštitnim premazima su epoksidne smole i halogenirani kopolimeri. Takvi sustavi stvaraju filmove s visokom otpornošću na prijenos vode, vodene pare i kisika. Sprječavanje prodora vode na površinu sprječava formiranje vodljivog puta elektrolita, gdje elektroni teku od anode do katode. Ako kisik ne može doći do površine metala nema akceptora (katode) za elektrone iz metala i korozija se ne može nastaviti. Ako dizajn ne zahtjeva debljinu premaza, debljina premaza čelične konstrukcije trebala bi biti 150 mikrometara na otvorenom i 125 mikrometara u zatvorenom prostoru.

### 3.2 Metalni premazi

Metalni premaz tvori zaštitni sloj otporan na koroziju koji može izdržati teške okolinske uvjete na način da mijenja površinska svojstva materijala na koji se nanosi. Od velike su važnosti za primjenu u vanjskoj opremi, kao što su plovila, teška oprema, automobili, vlakovi i zrakoplovi. Svi ovi predmeti izloženi su različitim agensima, kao što su goriva, ulja i maziva koji mogu biti poprilično štetni za radno okruženje. Metalne prevlake sa stanovišta zaštite od korozije mogu biti plemenite prevlake (katodne) ili žrtvovane prevlake (anodne). Plemenite prevlake su metalne prevlake čiji je elektrodni potencijal pozitivniji od elektrodnog potencijala metala kojeg se zaštićuje. U ovu skupinu spadaju npr. prevlake od kroma, cinka, nikla, srebra, olova i bakra na čeliku. Prevlake metala čiji je elektrodni potencijal u promatranim uvjetima negativniji od elektrodnog potencijala metala kojeg se zaštićuje nazivaju se žrtvovane prevlake. To su npr. prevlake cinka, aluminija i kadmija na čeliku. [8]

Metalni premazi sprječavaju oksidaciju i hrđanje. Bez zaštitnih premaza metalni dijelovi vlaka ili automobila brzo bi se oštetili zbog raznih tekućina i kemikalija kojima su redovito izloženi. Primjena metalnih premaza rasprostranjena je i na sredstva za podmazivanje i zakretne momente. Razne vrste vijaka i metalnih sitnih dijelova su često tretirani metalnim premazima kako bi se lakše odvrtali ili zavrtali. Na grafikonu 1. vidimo koliko debljina cinčanih premaza može varirati ovisno o udjelu i vrsti cinka koji se upotrebljava:



Grafikon 1. Debljina premaza na čeličnim površinama galvaniziranjem.

Vrući galvanizirani premazi ponekad se definiraju težinom cinka po jedinici površine. Na primjer, premaz od 85 mikrometara je ekvivalentan 610 g/m na kvadrat. Važno za napomenuti je da kada su težine premaza navedene za čelični lim težine uključuju obje strane lima tako da je životni vijek premaza upola manji od ekvivalente težine premaza navedene u standardu.

### 3.2.1 Galvansko premazivanje

Galvansko premazivanje je proces koji se odnosi na taloženje metala ili metalne legure pomoću elektrolize. Tijekom elektrolize, električna energija koja se razvila unutar sustava se pretvara u kemijsku energiju što dovodi do niza reakcija redukcije oksida. Galvanske prevlake su bogate cinkom koji osigurava površinsku i katodnu zaštitu željeznih površina. Izložen kisiku, cink reagira na način da stvara cinkov oksid koji, nadalje, reagira s molekulama vode u zraku pa se stvara cinkov hidroksid. Cinkov hidroksid zatim stvara reakciju s ugljičnim dioksidom u atmosferi te se tako stvara tanak nepropustan sloj cinka koji prianja uz površinu i štiti od korozije.

### 3.2.2 Vruće uranjanje

Vruće uranjanje je proces uranjanja izrađenog čelika ili željeza u kotao rastaljenog cinka.

Vruće uranjanje otporno je na koroziju zbog toga što pruža zaštitnu barijeru i katodnu zaštitu.[9]

Jedan metal tipično se istiskuje metalnim ionima koji ima niže razine oksidacijskog potencijala. Koristi se za poboljšanje električnih svojstava materijala, ali i poboljšava vezivanje organskih premaza i ljepljivih premaza za podlogu.

### 3.2.3 Platiranje

Platiranje je proces galvanizacije gdje se metalni zaštitni sloj nanosi električnim taloženjem. Platiranje uključuje lijepljenje metalnog premaza na površinu spojnog elementa što znači da se sloj nanosen električnim taloženjem spaja s postojećim proizvodom. Proces platiranja omogućava dobru zaštitu od korozije te se može nanositi u kontroliranoj debljini.

## 3.3. Organski premazi

Organski premazi su vrsta premaza kod kojih su primarni sastojci izvedeni od biljnih ili životinjskih tvari ili od spojeva bogatih ugljikom. Takvi se premazi primarno koriste za postizanje aditivnih završnih obrada materijala na koji se nanose. Organski premazi mogu biti monolitni (od samo jednog sloja) ili se mogu sastojati od dvaju ili više slojeva. Epoksidni premazi zbog svojih otpornih svojstava svoju primjenu pronalaze u industrijama i vrlo agresivnim, zagađenim okolinama. Formiraju čvrste i tvrde premaze koji u slabije korozivnim

uvjetima mogu imati vrlo dugi vijek trajanja. Postojani su u atmosferi i vodi, kiselim i lužnatim vodenim otopinama, u tlu i u organskim otapalima, imaju dobra mehanička svojstva i slabu vodopropusnost. Pri djelovanju ultraljubičastih zraka (izloženost suncu) dolazi do rastvaranja veziva zbog čega su skloni kredanju.[10] Djeluju kao zaštitna barijera protiv korozije i oksidacije. To su trajni premazi koji se nanose na podlogu zbog svojih dekorativnih ili specifičnih tehničkih svojstava. Prvenstveno ovise o svojoj kemijskoj inertnosti i nepropusnosti. Dostupne su različite vrste premaza industrijske svrhe uključujući temeljne premaze, ljepljive premaze, ljepljive cementne premaze i završne premaze kao što su emajl, lak i razne boje. Lako se nanose na površine pomoću četka, sprejeva, valjaka, umakanjem ili elektrostatičkim sredstvima. Premaz se stvrdnjava ili suši isparavanjem ili gubitkom otapala, polimerizacijom ili oksidacijom.

### 3.3.1 Emajliranje

Emajliranje je postupak prosijavanja sitnih čestica na metalne površine. Može se koristiti i u tekućem stanju u obliku paste ili tekućine koja se stvara dodavanjem veziva kao što je organska guma koja se zatim može nanijeti finim kistom. U prvom koraku se priprema površina na način da se osigura što bolja hrapavost. To je ključni čimbenik u osiguravanju dobrog prijanjanja cakline na materijal. Čestice se moraju samljeti do vrlo fine konzistencije i temeljito isprati destiliranom vodom u redovitim intervalima kako bi sve ostalo skrupulozno čisto. Važno je napraviti ravnomjeran premaz kako bi se sljedeći sloj dobro prijanjao uz samu površinu osnovnog materijala.

### 3.3.2 Lakiranje

Poliuretanski lak je vodootporna tekuća tvar na bazi ulja koja se koristi za izradu površinskih boja. Nanosi se kao zaštitni premaz na metalne površine koje su sklone korozije te na drvo i druge materijale. Izuzetno je izdržljiv i otporan na kemikalije i fizičke utjecaje koji bi inače uzrokovali habanje materijala. Među glavnim karakteristikama lakova za metal razlikujemo sljedeće:

- Inertnost na negativne učinke okoliša
- Toplinska otpornost
- Otpornost na vlagu i sposobnost zaštite metalnih površina od stvaranja hrđe

Prikladan je za površine od lijevanog željeza, bakra, aluminija i čelika te stvara proziran sloj. Vrlo se lako nanosi i može se izlagati na temperature od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $60^{\circ}\text{C}$ . [11]

### 3.3.3 Bojanje

Boja je najčešće korišten materijal za zaštitu čelika. Kod rada s metalom i drugim korodirajućim metalima bojanje se koristi u svrhu zaštite površinskog sloja materijala. Tradicionalno bojanje sastoji se od nekoliko kemikalija koje će s vremenom puštati zagađivače u zrak. Bojanje čeličnih konstrukcija razvijalo se tijekom godina kako bi se ostalo u skladu s industrijskim zakonodavstvom i zaštitom okoliša. Sustav zaštitnih boja obično se sastoji od temeljnog premaza i završnih obrada. Boje se nanose na čelične površine u mnogim metodama, ali u svakom slučaju rezultira stvaranjem tankog filma na površini materijala. Debljina filma može se izmjeriti prije nego što otapalo ispari pomoću češljastog mjerača:



Slika 2. Češljasti mjerač

Odnos između nanosene debljine sloja filma i konačne debljine filma određen je postotkom volumena krutine boje pomnoženog s postotkom čvrste tvari. [12]

### 3.4 Praškasti premazi

Premazivanje prahom jedna je od najboljih i najučinkovitijih metoda brtvljenja metalnih površina od kontakata s vlagom, kisikom i korozivnim kemikalijama. Praškasti premazi pružaju visoke razine izdržljivosti, vrlo su otporni na ogrebotine te pružaju dugotrajan sjaj materijalima na koji se nanose. Posebno su korisni za premazivanje konstrukcijskih dijelova koji su izloženi teškim i ekstremnim vremenskim uvjetima. Za razliku od načelnog premazivanja dijelova općenito, praškasti antikorozivni premazi nanose se elektrostatički te se takvi suše pod toplinom. Dijelovi se prethodno pripremaju pjeskarenjem ili drugom dodatnom obradom površine kako bi se uklonile sve postojeće korozivne ili štetne kemikalije koje su nastale tijekom procesa proizvodnje.

Praškasti premazi se nanose u raznim vrstama. Svaki sistem smole ima jedinstvene kvalitete koje se mogu koristiti za bolje ispunjavanje zahtjeva različitih situacija. Epoksidni premazi u prahu, poliesterski premazi u prahu i hibridni premazi u prahu su neki od najčešćih oblika praškastih premaza. [13]

Praškasti premazi imaju daleko manji utjecaj na planet tijekom vremena. Slojevi su postavljeni i zapečaćeni te neće ispuštati kemikalije u atmosferu. Budući da praškasti premazi ne sadrže otapala, emisije hlapljivih organskih spojeva su vrlo male ili nikakve. Postoje dvije osnovne vrste praškastih premaza, a to su termoplastični premazi i duroplastični premazi. Termoplastični premazi, kada se peku, reagiraju s postojećim kemijskim skupinama prisutnim u prahu kako bi se podvrgnuli polimerizaciji. Termoplastični tip premaza ne uključuje dodatne radnje tijekom procesa pečenja, samo se ulijeva u nastali premaz. Najčešće korištene vrste polimera za praškaste premaze su:

- Poliuretan
- Poliester
- Epoksi
- Fuzijski epoksi
- Hibridni epoksi
- Poliesterski epoksi

Ovi sastojci se rastope, ohlade i samelju do konzistencije slične brašnu za pečenje. Primjena praškastih premaza se odvija u tri jednostavna koraka. Prvi korak čini predtretman ili priprema površine. U drugom koraku se odvija nanošenje praškastog premaza na površinu i zadnji proces je proces stvrdnjavanja. Učinkovitost premaza temelji se na formulaciji i okruženju u kojem se nalazi. Premazivanje je proces koji se primjenjuje u tvornicama te se može ograničiti veličinom kabine za prskanje ili peći za sušenje.

#### 4. Kvaliteta i tehnologija antikorozivne zaštite

Kontrola kvalitete je proces kojim se proizvodi ili usluge testiraju i mjere kako bi se osiguralo zadovoljavanje propisanog standarda. Primarni cilj kontrole kvalitete je identificirati i ispraviti odstupanja od utvrđenih standarda.

Postoji mnogo načina za održavanje ili čak uklanjanje korozije, a mogu se postići uz pomoć protokola za antikorozivnu inspekciju koje većina današnjih industrija slijedi. Za uspješnu primjenu neke od tehnologija zaštite od korozije, moraju se provesti i ispitivanja ponašanja neke tehnologije na pojedinom materijalu koji se njome štiti. Testovi se mogu provoditi u laboratoriju, na terenu i u eksploatacijskim uvjetima. [14]

Smjernice se provode kako bi se osigurala učinkovita kontrola potencijalne korozije čeličnih konstrukcija koje se koriste za brodove, tankove za ulje i teretne tankove kako bi se osigurao produljeni životni vijek i smanjili svi mogući kvarovi koji mogu biti posljedica korozije. Smjernice koje se moraju ispuniti su sljedeće:

- Antikorozivna inspekcija dizajna
- Antikorozivna inspekcija konstrukcije
- Inspekcija antikorozivnog premaza
- Katodna zaštitna inspekcija

Antikorozivna inspekcija dizajna obuhvaća provjeru i prijavu svih neuobičajenih aktivnosti u vezi s čeličnom konstrukcijom. Inspekcija konstrukcije osigurava pravilan položaj konstrukcije svake jedinice kako bi se osiguralo da su antikorozivni materijali pravilno postavljeni. Inspekcija antikorozivnih premaza provjerava jesu li odabrane zaštitne prevlake odgovarajuće za uvjete u kojima će se nalaziti te jesu li pravilno nanesene. Na posljednjem mjestu je katodna zaštitna provjera koja se provodi kako bi se osiguralo da su uređaji koji se koriste tijekom ispitivanja (anode, potenciometri, referentne i pomoćne elektrode) odobreni kako bi se osigurala pouzdanost i funkcionalnost proizvoda. [18]

Površinski premazi pojednostavljuju nam svakodnevni život na način da optimiziraju komponente u smislu vijeka trajanja, ponašanja i izgleda. Činjenica da zaštitne prevlake koje čine vrlo mali udjel u ukupnom volumenu cijele konstrukcije čuvaju njezin integritet i osiguravaju mogućnost neometane eksploatacije dovoljno govori o njihovoj važnosti [15]. Tradicionalni industrijski premazi rade na principu zadržavanja vode dalje od površine stvaranjem vodootporne barijere. Problem stvara to što niti jedna barijera nije nepropusna, a polimerne barijere imaju tendenciju postajati sve slabije s vremenom što rezultira

dospijevanjem vode do metalnih površina i stvaranjem hrđe. Iz tog razloga patentirana je formula koja štiti površine kemijskim vezivanjem čelika te stvaranjem legiranog sloja koji je inertan pa ako tekućina i dođe do metala neće se ništa dogoditi. Čelik se na taj način može zaštititi sam od sebe umjesto da računa na barijeru. Dodatno, preko ovakvog zaštitnog sloja stavlja se još dodatno debeli sloj od fosfata ili silikata kako bi se u ,slučaju oštećenja, mogao zamijeniti sloj. Lagani metali postali su glavni izbor u širokom rasponu industrija. Metali kao što su aluminij, titan i novije magnezij postali su od vitalne važnosti u automobilskoj i zrakoplovnoj industriji te na mnogim drugim mjestima. Kombinacija njihove brojnosti, iznimnih omjera snage i težina te svestranosti znači da su izbor za proizvodne inženjere diljem svijeta. Odabir prave metode otpornosti na koroziju ključan je za uspješan dizajn i proizvodnju komponenti. Svaka metoda ima jedinstven skup prednosti i potencijalnih problema.

#### **4.1. ISO standard**

ISO 12944 je globalno priznata norma koja postavlja pravila i smjernice za zaštitu imovine od korozije korištenjem sustava premaza i boja. Prvi put uveden kao standard od osam dijelova 1998.godine ISO 12944 je ažuriran po drugi put 2018.godine s nekim značajnim izmjenama i dodacima. Postavljeni su standardi za premaze za čelične konstrukcije u atmosferskim, uronjenim i ukopanim okruženjima pa sada ISO 12944 ima devet dijelova. Norma pokriva tri čimbenika kada se radi o zaštiti čeličnih konstrukcija od korozije, a to su sljedeće:

- Korozivnost
- Izdržljivost
- Specifikacije sustava premaza

Pod korozivnost spada mogućnost okoliša da uzrokuje na koroziju. Kako bi se to postiglo standard klasificira okoliš u kategorije koje se ocjenjuju prema njihovoj sposobnosti da nagriza nezaštićeni čelik. Izdržljivost označava očekivani životni vijek sustava premaza do njegovog prvog većeg održavanja. Norma također naglašava da se inspekcija i manja održavanja trebaju očekivati tijekom životnog vijeka strukture. Na temelju korozivnosti okoliša i trajnosti potrebne zaštite od korozije, ISO 12944 služi kao vodič za odabir sustava premaza potrebnog za čeličnu konstrukciju koju treba zaštititi. U tablici 1. prikazan je korozivni rizik u odnosu na gubitak debljine niskougličnog čelika te kako utječe na različite uvjete.



<b>Korozivna kategorija i rizik</b>	<b>Gubitak debljine niskougljičnog čelika</b>	<b>Vanjski uvjeti</b>	<b>Unutarnji uvjeti</b>
<i>C1</i> <i>Vrlo nizak</i>	$\leq 1.3$		Prostorije s čistom atmosferom(uređi, škole, restorani )
<i>C2</i> <i>Nizak</i>	>1.3 do 25	Ruralna područja	Negrijane prostorije s kondenzacijom(sportske dvorane)
<i>C3</i> <i>Srednji</i>	>25 do 50	Urbana i industrijska atmosfera	Prostorije s visokom vlagom i umjerenim zagađenjem zraka(prehramvene tvornice)
<i>C4</i> <i>Visok</i>	>50 do 80	Industrijska i obalna područja s umjerenim salinitetom	Obalni brodovi, bazeni, Kemijske industrije
<i>C5-I</i> <i>Vrlo visok</i>	>80 do 200	Industrijska područja s velikom vlagom	Prostorije i zgrade s konstantnom kondenzacijom i zagađenjem zraka
<i>C5-M</i> <i>Vrlo visok(pomorski)</i>	>80 do 200	Obalna područja s visokim salinitetom	Prostorije i zgrade s konstantnom kondenzacijom i zagađenjem zraka

Tablica 1. Korozivna kategorija i rizik

Brzina kojom proces korozije napreduje ovisi o brojnim čimbenicima koji se odnose na mikro-klimu koja neposredno okružuje samu strukturu: vrijeme prisutnosti vlage i razina atmosferskog onečišćenja. [15]

#### **4.1.1 Višenamjenski raspršivači**

Višenamjenski raspršivači su miješalice s dvije osovine koje u sebi sadrže strugač i raspršivač velike brzine, dvije miješalice koje rade istovremeno tako da se materijali brzo miješaju pod djelovanjem snažne sile smicanja i gnječenja. Na miješalici se nalazi strugač koji prijanja uz posudu i neprestano struže materijale sa stijenke. Unutarnja stijenka spremnika je precizno strugana, a zatim zrcalno polirana kako bi se osiguralo da strugač može sastrugati sve materijale koji se zalijepe za stijenku. Različite miješalice dostupne su ovisno o različitim vrstama materijala, viskoznosti, specifičnim težinama i tehnologijama proizvodnje.

#### **4.1.2 Vodoravni mlinovi**

Horizontalni mlinovi dizajnirani su tako da zatvaraju šupljine za mljevenje s ekscentričnim diskom. Ploča za mljevenje se zatim postavlja na osovinu za miješanje. Nakon toga materijal ulazi u komoru za mljevenje pod djelovanjem dovodne pumpe. Ekscentrični disk radi velikom brzinom te se mješavina materijala i abrazivnih medija odvija u vrlo učinkovitom kretanju što nakraju rezultira učinkovitim raspršivanjem i smicanjem krutih tvari materijala.

#### **4.1.3 Industrijski stroj za miješanje praha**

Industrijski stroj za miješanje praha ili miješalica za prah je oblik opreme koja se koristi u raznim industrijama za kombiniranje i homogeniziranje suhih prahova ili granula. Glavna svrha je osigurati jednoliku raspodjelu različitih komponenti u smjesi. Postizanje homogenog miješanja pospješuje poboljšanje kvalitete proizvoda, konzistentnosti i ukupne učinkovitosti procesa proizvodnje. Industrijske miješalice za prah dolaze u raznim veličinama, od malih laboratorijskih blendera pa sve do velikih strojeva koji mogu obraditi stotine pa čak i tisuće kilograma praha. Obično su izrađene od nehrđajućeg čelika ili ugljičnih čelika koji su otporni na koroziju te se lako čiste.

## **5. Strukturni učinci korozije čelika**

Korozija čeličnih konstrukcija često se ispituje u kontekstu trajnosti strukture, međutim korozija može jednako utjecati i na strukturnu izvedbu. Dovodi do smanjenja sposobnosti savijanja. Korozija ima značajnu ulogu u smanjenju duktilnosti konstrukcijskih čelika. Smanjenje duktilnosti čelika rezultira povećanjem njegove krhkosti. Takav učinak može pretvoriti duktilno ponašanje u krhki slom što može uzrokovati kolapsom strukture. Kemijski proces korozije svodi se na rafinirane metale, kao što je čelik, koji se vraća u svoje energetsko, prirodnije i stabilnije stanje rude. Reakcija se događa s gubitkom čeličnog materijala i stvaranjem crvene hrđe koja je općenito 4 do 7 puta veća u volumenu. Povećanje volumena čelika povećava naprezanja u betonu do te mjere da on može puknuti što rezultira raslojavanjem betonskih ploča mostova ili gubitkom betonskog pokrova u gredama, nosačima i stupovima.

### **5.1 Gubitak snage**

Korozija čelika smanjuje efektivni presjek konstrukcijskih komponenti. Ovaj smanjeni presjek će smanjiti nosivost betonskih elemenata kao što su ploče, stupovi i grede. Gubitak čvrstoće profila može biti presudan kod konstrukcijskih dijelova. Veliku brigu predstavlja manjak vizualnih znakova kod čeličnih komponenti što dodatno otežava postupak dijagnosticiranja problema korozije. Korozija može smanjiti efektivnu površinu poprečnog presjeka armature u gredama i stupovima te smanjiti smični kapacitet presjeka. U konstrukcijskim pločama to može smanjiti otpornost na smicanje ploče u blizini stupova i povećati mogućnost sloma pri probijanju. U podnožju, korozija dovodi do sloma podloge od smicanja, otkazivanja sidrišta ili savijanja čelične armature.

### **5.1 Umor materijala**

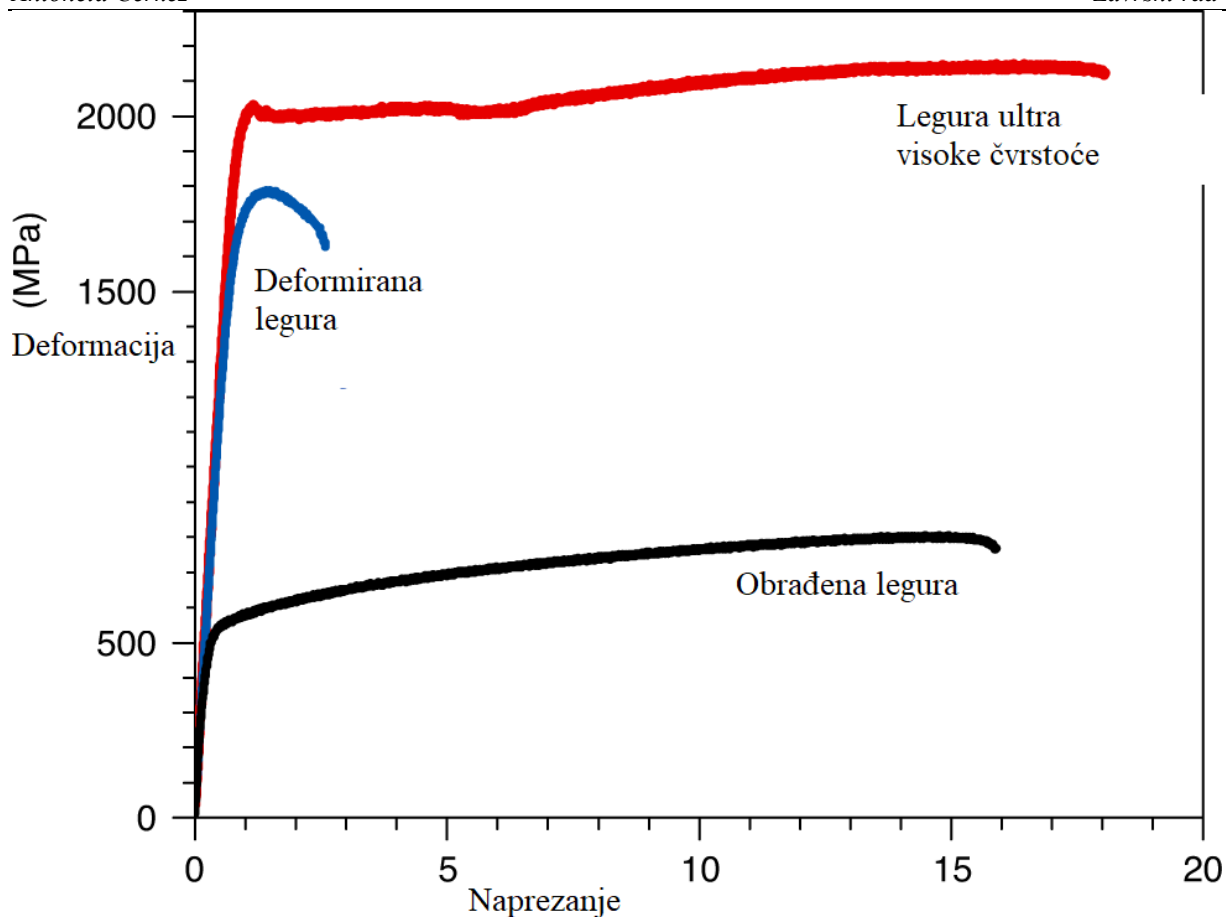
Zamor materijala je fenomen kod kojeg konstrukcije otkazuju kada su izložene cikličkom opterećenju. Zamor je najčešći uzrok oštećenja mehaničkih struktura. Proces možemo podijeliti objasniti kroz tri faze. U prvoj fazi se razvija oštećenje na mikroskopskoj razini i raste sve dok ne nastane makroskopska pukotina. Makroskopska pukotina raste za svaki ciklus dok ne dosegne kritičnu duljinu. Nakon toga komponenta se lomi jer više ne može izdržati vršno opterećenje. Korozija može ubrzati širenje pukotina uslijed zamora konstrukcijskih čelika. Razvoj rupičaste korozije dodatno povećava točke koncentracije naprezanja na kojima se mogu javiti pukotine, što rezultira smanjenjem čvrstoće na zamor materijala.

### **5.2 Smanjenje smičnog kapaciteta**

Smična čvrstoća materijala definirana je kao njegova sposobnost da se odupre silama koje uzrokuju klizanje unutarnje strukture materijala. Smična čvrstoća materijala može se mjeriti u okomitom ili vodoravnom smjeru. Na primjer, ako sila uzrokuje klizanje slojeva objekta u vodoravnom smjeru materijal će pokazati horizontalnu čvrstoću na smicanje. Smična čvrstoća može biti pod velikim utjecajem korozije. Stanjivanje zbog korozije može smanjiti površinu poprečnog presjeka komponente čime se smanjuje njena čvrstoća na smicanje. Ako je korodirani dio izložen opterećenjima koja premašuju njegov kapacitet smicanja može doći do sloma koji kasnije može rezultirati ukupnim strukturnim slomom.

### **5.3 Ograničena duktilnost**

Duktilnost je mjera sposobnosti materijala da se plastično deformira bez loma kada se stavi pod vlačno naprezanje koje premašuje njegovu granicu tečenja. Duktilnost je ključna kako bi se znalo koliko opterećenje može podnijeti. Korozija može značajno smanjiti duktilnost konstrukcijskih profila. Takvo svojstvo je kritično u seizmičkom projektiranju i samoj procjeni. Korodirani dijelovi imaju manju duktilnost, što znači da je njihova plastična deformacija ograničena. Mehanizmi neelastične deformacije konstrukcijskog čelika mogu biti savijanje, smicanje, napetost ili kompresija. Na slici 3. prikazana je krivulja naprezanje-deformacija za leguru visoke čvrstoće:



Slika 3. Krivulja naprezanje-deformacija

Krivulja konvencionalno obrađene legure (crna) i jako deformirana legura (plava) koji imaju isti sastav kao i legura ultra visoke čvrstoće, prikazani su za usporedbu. Legura ultra visoke čvrstoće (crvena) pokazuje kombinaciju ultra visoke čvrstoće i velike duktilnosti. Debljina uzorka može utjecati na istezanje, ali ima zanemariv utjecaj na ravnomjerno istezanje. Stoga, legura postiže sinergiju ultra visoke čvrstoće i velike ujednačene duktilnosti koje su nedostupne konvencionalnim lamelarnim materijalima. [16]

## **6. Ekonomski i ekološki osvrt na uporabu antikorozivnih zaštitnih premaza**

Učinci korozije u našem svakodnevnom životu su izravni. Korozija utječe na vijek trajanja naše imovine. Premazi za zaštitu od korozije neophodni su kako bi se spriječilo daljnje propadanje opreme, strojeva ili struktura koje su sklone koroziji. Primjena zaštitnih premaza ne samo da produljuje životni vijek važnih i kritičnih instalacija već također omogućuje tvrtkama značajne uštede na popravcima i zamjenama dijelova i opreme. Procjenjuje se da se ,godišnje, u SAD-u potroši 1 trilijun dolara za borbu protiv korozije i problema povezanih s istom. Tijekom godina tehnike su se značajno poboljšale, ali poduzeća nisu u stanju držati korak i na kraju se bore da održe svoje strojeve operativnima čak i u visokim stadijima korozije. Veliki troškovi korozije pružaju mnoge mogućnosti korisnicima, proizvođačima i dobavljačima. Troškovi korozije se znatno razlikuju od industrije do industrije, međutim, značajne uštede se mogu postići u većini industrija. Prvi korak je osmišljavanje programa smanjenja troškova te identifikacija i kvantifikacija trenutnih troškova korozije. Povećana svijest potrošača o koroziji osigurava konkurentnu prednost za proizvode s poboljšanom otpornošću na koroziju. Tradicionalna sredstva protiv korozije već se dugi niz godina koriste za zaštitu industrijske imovine i produljenja vijeka trajanja skupih strojeva. Međutim, tradicionalne opcije imaju mnoge nedostatke koji mogu predstavljati rizik za radnike i opasan radni okoliš. Zbog toga je američka tvrtka EonCoat osmislila nove načine protiv borbe od korozije. Za razliku od mnogih tradicionalnih sredstava protiv korozije koja sadrže zapaljive spojeve, eonCoat ima stopu širenja plamena od 0, što znači da je sam po sebi vatrootporan. Njihove metode ne sadrže hlapljive organske spojeve niti opasne zagađivače zraka čime doprinose ugodnijem radnom okruženju. Nema rizika od pogoršanja korozivnih uvjeta.

## 6.1 Definiranje debljine zaštitnih slojeva premazima

Odabir debljine zaštitnog premaza trebao bi biti uravnotežen između trenutnih i dugoročnih ekonomskih faktora. Deblji premazi obično pružaju bolju dugoročnu zaštitu od korozije što može smanjiti potrebu za skupim popravcima ili zamjenom čeličnih elemenata konstrukcije. Tanji premazi često zahtijevaju češće održavanje i ponovno nanošenje što može dovesti do većih troškova tijekom vijeka trajanja konstrukcije.

Glavna svrha nanošenja temeljnih premaza je zaštita čeličnih limova i konstrukcijskih dijelova koji se koriste u fazi prije izgradnje ili u prethodnoj fazi skladištenja prije nanošenja glavnog sustava premaza. Debljina filma radioničkog temelja u pravilu iznosi 20 - 25  $\mu\text{m}$  (ti podaci su dani za glatku ispitnu ploču). Čelični limovi i konstrukcijske komponente zaštićene radioničkim temeljem mogu se zavarivati. [17]

Brojka volumnog sadržaja suhe tvari (VS) izražava postotak omjera:

$$\frac{\text{debljina suhog filma}}{\text{debljina mokrog filma}} \quad [17]$$

Navedena brojka utvrđena je kao omjer između debljine suhog i mokrog filma premaza nanesenog u navede noj debljini u laboratorijskim uvjetima, pri čemu nije zabilježen nikakav gubitak boje. [17]

Firma Hempel definirala je prema standardu ISO 12944:2018 sustave premaza za različite kategorije atmosferske korozivnosti i ostalih vrsta okoliša. Podijelili su premaze na kategorije počevši od C2 do CX, C1 se odnosi na nisku klasu korozije, a CX na ekstremne klase korozije. Kategorija premaza C4 odnosi se na visoku klasu korozije : Na tablici 2. prikazana je kategorija korozivnosti C4 koja se odnosi na očekivano trajanje premaza u rasponu od 7 do 15 godina: [18]

<b>Broj sustava</b>	<b>Vrsta boje</b>	<b>Primjeri Hempelovih sustava boja</b>	<b>Debljina zaštitnog sloja (u mikrometrima)</b>
<b>1</b>	Epoksi BO	Hempaprime Multi 500 Winter	100 $\mu\text{m}$
	Akril VB	Hemucryl 48120	80 $\mu\text{m}$
	Ukupno		180 $\mu\text{m}$

Tablica 2. Kategorija korozivnosti C4 prema Hempelovom sustavu premaza (7-15 godina)

Gdje je Hempaprime Multi 500 Winter brzosušeća epoksidna boja s visokim udjelom suhe tvari. Pruža zaštitnu barijeru duge trajnosti, otpornu na trošenje, u sustavima premaza u iznimno korozivnim uvjetima. Proizvod ispunjava zahtjeve standarda ISO 12944, 5. dio, 2019 kada se upotrebljava kao dio unaprijed definiranog sustava boje. [18]

Hemucryl 48120 je visokonanosna, fleksibilna boja na bazi akrilne disperzije na vodenoj bazi. Sadrži cink fosfat kao antikorozivni pigment. Suši se u čvrst premaz koji štiti od korozije. [18]



U tablici 3. prikazana je kategorija korozivnosti C4 koja se odnosi na očekivano trajanje premaza u rasponu od 15 do 25 godina [18]:

<b>Broj sustava</b>	<b>Vrsta boje</b>	<b>Primjer Hempelovih sustava boja</b>	<b>Debljina zaštitnog sloja (mikro)</b>
1	Cinkom bogati Epoksi BO	Hempadur Avantguard 750	75 $\mu$ m
	Poliuretan BO	Hempathane HS 55610	125 $\mu$ m
	Ukupno		200 $\mu$ m
2	Cinkom bogati Epoksi BO	Hempadur Avantguard 750	60 $\mu$ m
	Poliuretan BO	Hempathane HS 55610	140 $\mu$ m
	Ukupno		200 $\mu$ m

Tablica 3. Kategorija korozivnosti C4 prema Hempelovom sustavu premaza (15-25 godina).

Gdje je Hempadur Avantguard 750 jest aktivirani, cinkom bogati epoksidni temeljni premaz u skladu sa zahtjevima SSPC-a, 2. razina, tip II, boja-20, 2019 i standardom ISO 12944, 5. dio, 2018. [18]

Hempaprime Multi 500 jest brzosušeća epoksidna boja s visokim udjelom suhe tvari. Pruža zaštitnu barijeru duge trajnosti, otpornu na trošenje, u sustavima premaza u iznimno korozivnim uvjetima.[18]

Treba uzeti u obzir troškove materijala i primjene premaza te procijeniti dugoročne uštede i smanjenje troškova održavanja i zamjene. Također je važno razmotriti specifične uvjete okoline u kojoj se konstrukcija nalazi jer će to utjecati na brzinu širenja korozije i potrebu za zaštitom.

## 7. Zaključak

Korozija je jedan od najčešćih fenomena koje opažamo u svakodnevnom životu. Napredak u koroziji sastavni je dio razvoja boljih tehnologija koje će sadašnje, naslijeđene i buduće proizvode, sustave i infrastrukture učiniti održivijima i manje ranjivima. Uspješna primjena i razumijevanje proces korozije bi, godišnje, mogla uštediti milijarde eura. Zbog toga je poučavanje inženjera osnovama korozije i prevencija od ključne važnosti za ublažavanje šteta. Korozija predstavlja ozbiljan izazov za čovječanstvo i ima dubok i širok utjecaj na naše živote. Godišnje se troše velike svote novaca zbog oštećenja infrastrukture kao što su mostovi, cjevovodi te industrijska postrojenja. Troškovi održavanja su visoki, a gubitak produktivnosti također značajno utječe na cjelokupnu ekonomsku situaciju. Osim financijskog utjecaja, korozija utječe i na zdravlje, sigurnost i okoliš. Njezina šteta je prisutna u gotovo svim industrijama, od sektora nafte i plina pa do većine aspekata ljudskih aktivnosti. Otpadne tvari koje nastaju kao nusproizvod korozije mogu zagađivati tlo i vodu te tako ugrožavaju ekosustave i izvore pitke vode. U industriji i proizvodnji povećan je broj nesreća i ozljeda upravo zbog korozije. Kada dođe do neočekivane korozije u većini situacija je nemoguće utvrditi je li korozija rezultat lošeg izbora dizajna, materijala, loše konstrukcije ili prakse kontrole kvalitete. Najčešći odgovor je upravo kombinacija svih navedenih čimbenika. Oštećeni dijelovi strojeva i opreme često su uzrok nezgoda što može ugroziti živote radnika. Smatram da je razumijevanje njenog utjecaja ključno za razvoj strategija prevencije i očuvanja materijala, što znači poboljšavanje kvalitete života i gospodarstva. Istraživanja i inovacije u području materijala također imaju ključnu ulogu u rješavanju ovog problema i stvaranju održivijeg okoliša za buduće generacije.

**Literatura**

- [1] <https://mtcopeland.com/blog/what-is-structural-steel/> (preuzeto 8.9.2023.)
- [2] Domitrović, M.: Ispitivanje otpornosti višefaznih konstrukcijskih čelika na lokalnu koroziju, Sveučilište u Zagrebu, 2018.
- [3] Pačarek, G: Laboratorijsko ispitivanje djelotvornosti lakohlapljivih inhibitora korozije, Slavonski Brod, 2014.
- [4] Moreno, E., Cobo, A., Gonzalez, N.M.,: Effect of corrosion degree on different steel ductility parameters based on „Equivalent Steel“ criterion, Madrid, 2015.
- [5] Sakač, I: Kontrola kvalitete u AKZ, Sveučilište Sjever, 2021.
- [6] Schwitzer, P.A.: Fundamentals of Corrosion: Mechanisms, Causes and Prevention Methods, London, 2010.
- [7] <https://house.htgetrid.com/en/laki/po-metallu/> (preuzeto 28.8.2023.)
- [8] <https://galco.ie/corrosion-protection-methods/> (preuzeto 1.9.2023.)
- [9] McCafferty, E.: Introduction to Corrosion Science, Washington DC, 2009.
- [10] Koričan, M: Utjecaj čistača s inhibitorom korozije za pripremu površine na zaštitna svojstva premaza, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2019.
- [11] <https://house.htgetrid.com/en/laki/po-metallu/> (preuzeto 28.8.2023.)
- [12] [https://www.steelconstruction\\_info/Paint\\_coatings/](https://www.steelconstruction_info/Paint_coatings/) (preuzeto 12.9.2023.)
- [13] <https://ba.yjxfence.com/info/types-of-powder-coating-77814841.html>(preuzeto 15.9.2023.)
- [14] Arih, A: Kontrola kvalitete antikorozivne zaštite strojarskih konstrukcija, Sveučilište Sjever, 2021.
- [15] Aoostolopoulos, C.A. , Papadakis, V.G.: Consequences of steel corrosion on the ductility properties of reinforcement bar, University of Patras, 2007.
- [16] <https://www.nature.com/articles/s41467-020-20109-z> (preuzeto 12.9.2023.)
- [17] ISO-brochure-HR.pdf(preuzeto 16.9.2023.)
- [18] <https://www.hempel.com/hr-hr/proizvodi/hempaprime-multi-500-winter-45953> (preuzeto 11.9.2023.)