

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Zana Hajdari

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Zana Hajdari

VIŠEMETALNI KOROZIJSKI TEST ZA ISPITIVANJE PARNOFAZNIH
INHIBITORA KOROZIJE

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada: dr.sc.Helena Otmačić Ćurković, docent

Članovi ispitnog povjerenstva:
dr.sc. Helena Otmačić Ćurković, docent
dr.sc.Katarina Marušić, znanstveni suradnik
dr.sc. Igor Sutlović, izvanredni profesor

Zagreb, rujan 2012.

Zahvala

Iskrene zahvale upućujem mentorici dr.sc. Heleni Otmačić Ćurković na stručnoj pomoći prilikom izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem se gospodinu Borisu Mikšiću što je omogućio izradu eksperimentalnog dijela rada u laboratoriju tvrtke Cortec Corporation u SAD-u. Zahvaljujem svim djelatnicima tvrtke, posebno Margariti Kharshan, Anni Vignetti i Ericu Uutali, na stručnoj pomoći u radu i svemu što su učinili da boravak u SAD-u bude nezaboravan.

Posebne zahvale idu mojim roditeljima te bratu i sestri jer bez njih bi ovo sve bilo neostvarivo. Zahvaljujem svojim prijateljima, posebno Antoniu, Martini i Ivani, što su mi bili podrška tijekom cijelog studija.

SADRŽAJ

SAŽETAK

ABSTRACT

1. UVOD	1
2. OPĆI DIO	2
2.1. Metali.	2
2.1.1. Bakar.	4
2.1.2. Aluminij.	6
2.1.3. Mjed.	8
2.1.4. Ugljični čelik.	11
2.2. Korozija metala.	13
2.2.1. Podjele korozije.	16
2.2.2. Atmosferska korozija.	19
2.3. Korozionska ispitivanja.	21
2.3.1. Metode ispitivanja.	22
2.4. Korozionska zaštita.	23
2.4.1. metode zaštite.	23
2.4.2. Inhibitori.	24
2.4.2.1. Parnofazni inhibitori.	25
3. EKSPERIMENTALNI DIO	26
3.1. VIA test..	27
3.2. Ispitivani inhibitori korozije.	30
4. REZULTATI	36
4.1. Pronalaženje uvjeta za VIA test.	36
4.2. Ispitivanje parnofaznih inhibitora.	39
5. RASPRAVA.	47
6. ZAKLJUČAK.	49
7. LITERATURA.	50
ŽIVOTOPIS.	52

SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je pronaći uvjete u kojima korodiraju četiri metala: čelik, mqed, bakar i aluminij te ispitati zaštitno djelovanje sedam komercijalnih parnofaznih inhibitora, od kojih su 2 u obliku filma, jedan u obliku papira i 5 u obliku praha. Metali su testirani vizualnom metodom, VIA (Vapor inhibiting ability) testom, koji se provodi u staklenkama i traje 24 sata. U svakom testu rade se dva kontrolna uzorka i tri radna uzorka. Analiza korozije vrši se pomoću odgovarajućeg sustava ocjenjivanja. I kontrolni i radni uzorci moraju imati prolazne ocjene da bi test bio valjan, odnosno da bi inhibitor bio djelotvoran.

Metali su podijeljeni u dvije skupine i tako su i testirani. Čelik i mqed su testirani standardnim VIA testom, gdje je VIA otopina 3% otopina glicerola. Za aluminij i bakar je korišten isti postupak, ali s drugom VIA otopinom, 3% otopina glicerola sa klorovodičnom kiselinom.

Rezultati koji su dobiveni ovim eksperimentom potvrđuju da je većina testiranih inhibitora djelotvorna, odnosno da pružaju multimetallnu zaštitu.

KLJUČNE RIJEČI: bakar, aluminij, mqed, čelik, parnofazni inhibitori, VIA test,

multimetallna zaštita

ABSTRACT

The goal of this work was to find the conditions in which four different metals would corrode; steel, brass, aluminum and copper and to check efficiency of seven vapour phase corrosion inhibitors, two films, one paper and five powders.

Metals were tested with a visual method, VIA (Vapor inhibiting ability) test, which is conducted in jars and takes 24 hours. In each test there are two control samples and three test samples. There is a grading system which is used for corrosion analysis in this kind of tests. Both the control and the test samples must have passing grades for the test to be valid, in other words; for the inhibitor to be considered efficient.

The metals were split into two groups for the tests. Steel and brass were tested using standard VIA test, where the VIA solution is a 3% glicerol solution. Aluminum and copper were tested using the same procedure but with a different VIA solution; this one contained 3% glicerol and hydrochloric acid.

The results of these tests confirm that most of the tested inhibitors are efficient, in other words; they provide multmetal protection.

KEY WORDS: copper, aluminum, brass, steel, vapour phase corrosion inhibitor, VIA test, multmetal protection

1. UVOD

Metali ili kovine čine više od dvije trećine svih elemenata koji se mogu naći u prirodi.^[1] Tipična svojstva metala su visoka električna i toplinska vodljivost te metalni sjaj i duktilnost. Ona su posljedica posebne vrste međuatomske veze - metalne veze.

Korozija je nemamjerno razaranje konstrukcijskih materijala uzrokovanog fizikalnim, kemijskim i biološkim agensima. Čini ju skup kemijskih i elektrokemijskih promjena tijekom kojih metal prelazi iz elementarnog stanja u spojeve u kojima se najčešće nalazi u prirodi.^[2]

Jedna od metoda zaštite od korozije je zaštita inhibitorima korozije. Inhibitori korozije se definiraju kao tvari koje dodane u malim količinama u agresivni medij mogu u velikoj mjeri smanjiti brzinu korozije metala.^[2] Prilikom odabira inhibitora potrebno je voditi računa o metalu koji se štiti, kao i sredini i uvjetima u kojima se on nalazi.

U ovom radu ispitivana je djelotvornost sedam različitih komercijalnih inhibitora u zaštiti multimetalskih sustava. Svi sedam inhibitora su parnofazni inhibitori korozije u različitim oblicima (film, papir, prah). Parnofazni inhibitori se najčešće koriste u zatvorenim prostorima, za vrijeme skladištenja ili transporta. Kod parnofaznih inhibitora je značajno to što štite u tri faze - vodenoj, parnoj i u međufaznom dijelu.

Ispitivanje stupnja zaštite metala parnofaznim inhibitorima provođeno je vizualnom analizom korozije.

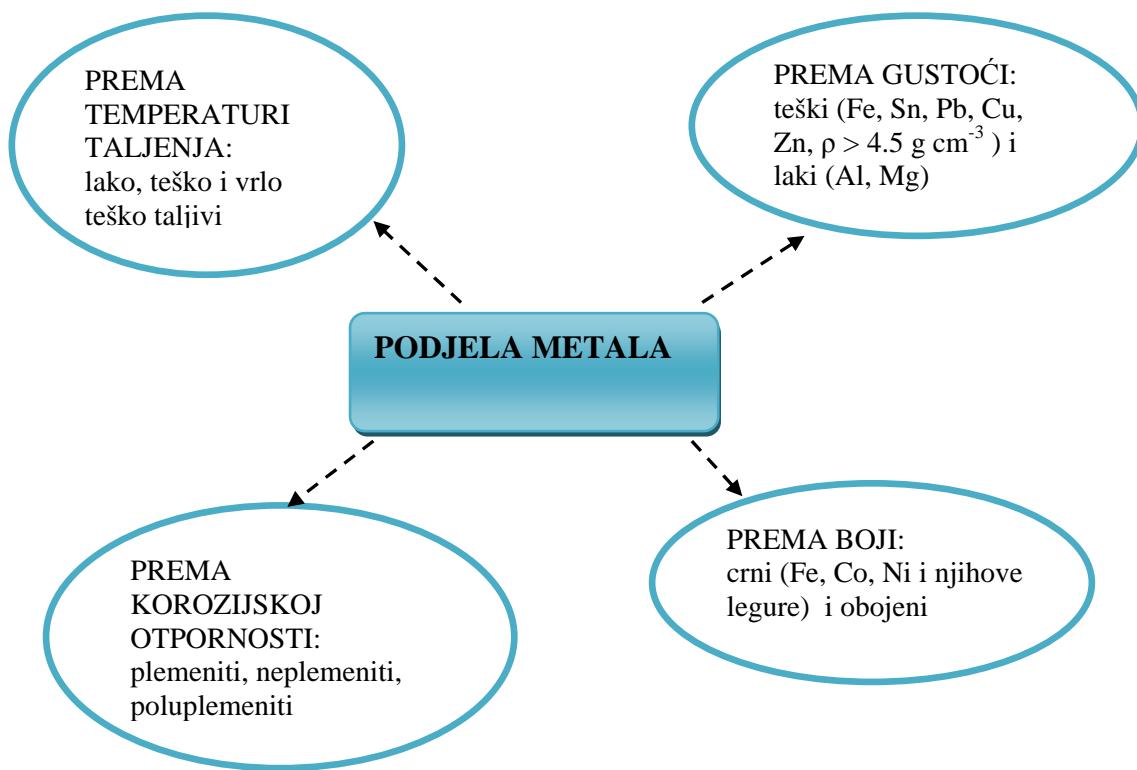
2. OPĆI DIO

2.1. METALI

Metali ili kovine čine više od dvije trećine svih elemenata koji se mogu naći u prirodi.^[1] Tipična svojstva metala su visoka električna i toplinska vodljivost te metalni sjaj i duktilnost. Ona su posljedica posebne vrste međuatomske veze - metalne veze.

Glavna svojstva metala:

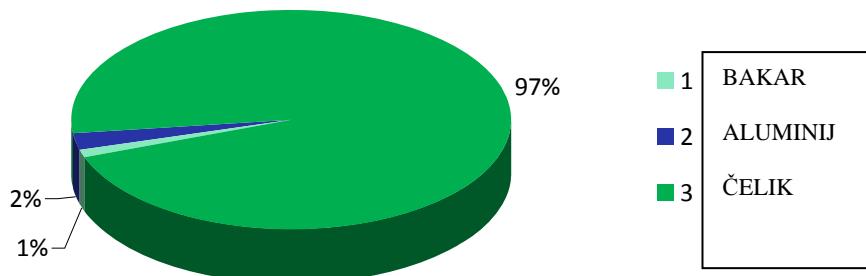
1. fizička svojstva - boja, sjaj, oblik, toplinska i električna vodljivost, gustoća,...
2. kemijska svojstva - kemijski sastav, sklonost i otpornost prema koroziji
3. mehanička svojstva - čvrstoća, tvrdoća, elastičnost, žilavost, kovkost, duktilnost



Slika 1. Podjela metala obzirom na različita svojstva

Svjetska proizvodnja metala prelazi 700 milijuna tona godišnje.^[3]

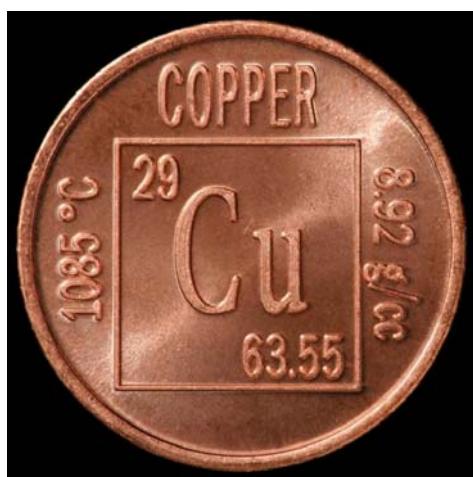
SVJETSKA PROIZVODNJA METALA U 2010.GODINI



Slika 2. Svjetska proizvodnja metala za 2010. godinu ^{[4],[5],[6]}

2.1.1. BAKAR

Elementarni bakar je metal sjajne crvenkaste specifične boje. U čistom stanju je relativno mekan, ali vrlo žilav i rastezljiv.^[7] Ima izvanrednu električnu i toplinsku vodljivost, dobra mehanička svojstva i uz to je otporan na koroziju.



Slika 3. Bakar^{[8],[9]}

Ukoliko se podvrgne utjecaju atmosferilija prekriva se slojem patine koja ga štiti od daljnje oksidacije. Bakar se koristi za izradu legiranih materijala, izmenjivača topline, a više od 50% proizvedenog bakra koristi se u elektronici i elektrotehnici.^[10]



Slika 4. Upotreba bakra za izradu kablova i cijevi^{[11],[12]}

Ne korodira uz razvijanje vodika i prema tome spada u materijale koroziji otporne u neoksidirajućim kiselinama.^[2]

Tablica 1. Uvjeti u kojima je moguća korozija bakra^{[2],[13],[14]}

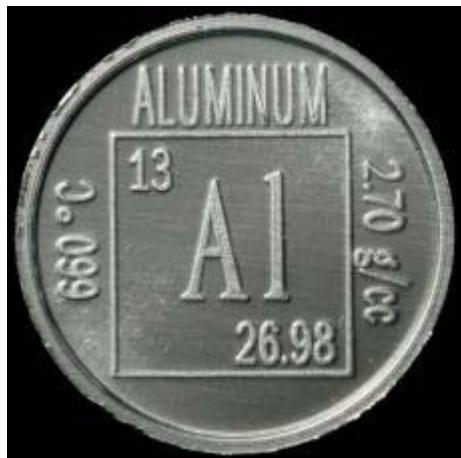
UVJETI U KOJIMA DOLAZI DO KOROZIJE BAKRA
O₂, Cu²⁺, Fe³⁺ i oksidirajuće kiseline
Kiseline (HCl, H₂SO₄, HNO₃)
Lužine (NH₄OH, NaOH, KOH)
Oksidirane soli teških metala (FeCl₃, Fe(SO₄)₃)
Vlažni plinovi
Povišena temperatura i tlak
Povećana brzina strujanja slatke ili morske vode



Slika 5. Korozija bakra i njegovih legura^{[15],[16]}

2.1.2. ALUMINIJ

Aluminij je metal srebrnasto-bijele boje, veoma je lagan i treći je po redu najčešći element u zemljinoj kori. Aluminij se na zraku brzo prevlači slojem oksida koji ga štiti od daljnje korozije. Čisti aluminij je mekan te se zbog toga legira, najčešće bakrom, silicijem, kromom, manganom, cinkom i drugim metalima. Nedostatak legiranog aluminija je veća sklonost koroziji.



Slika 6. Aluminij [17],[18]

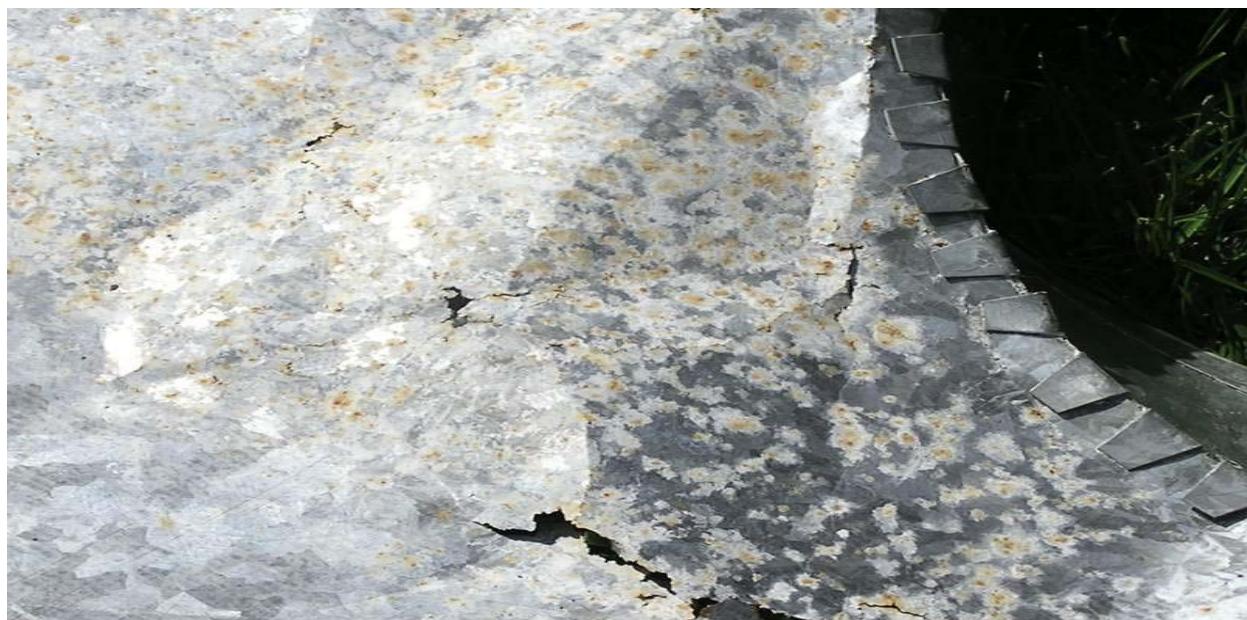
Upotrebljava se za izradu električnih vodiča, u građevinarstvu, u zrakoplovnoj industriji, u prehrambenoj industriji i za izradu ambalaže.



Slika 7. Upotreba aluminija [19],[20]

Tablica 2. Uvjeti u kojima korodira aluminij^{[2],[13],[14]}

UVJETI U KOJIMA DOLAZI DO KOROZIJE ALUMINIJA
Kiseline (HCl, HF, HBr, H ₂ SO ₄ , HClO ₄ , H ₃ PO ₄ , mravlja kiselina,...)
Lužine (NaOH, Ca(OH) ₂ i jako lužnati organski amini)
Živa i živine soli
Morska voda
Klorirana otapala
Vrući bezvodni alkohol (apsolutni alkohol)



Slika 8. Korozija aluminija^[21]

2.1.3. MJED

Mjed je naziv za niz bakar-cink legura s različitim kombinacijama svojstava, uključujući čvrstoću, električnu i toplinsku vodljivost, boju, otpornost na koroziju i drugo.^[22] Sadrži od 10 do 40% cinka, a osim njega može sadržavati i željezo, kositar, mangan, aluminij i druge metale. Mjed može biti različite boje - bijele, žute, crvene - veći udio cinka, svjetlija boja.



Slika 9. Mjed^[23]

Mjedi s visokim sadržajem cinka sklone su specifičnoj koroziskoj pojavi tzv. decinkaciji koja nastaje u slatkoj i slanoj vodi kao i u nekim kiselinama i slabo lužnatim otopinama.^[2]



Slika 10. Decinkacija^[24]

Mjed sa velikim udjelom cinka korodira u prisutnosti vlage i amonijaka (stress corrosion cracking).^[14]

Upotrebljava se za izradu cjevovoda, cijevi, vijaka, radijatora, glazbenih instrumenata i dr.



Slika 11. Različiti predmeti od mjeri^{[25],[26]}

Tablica 3. Uvjeti u kojima mjeđ korodira [2], [13], [14]

UVJETI U KOJIMA DOLAZI DO KOROZIJE MJEDI
Lužnate otopine
Vlažni plinovi (amonijak, klor, sumporovodik)
Visoka temperatura, ustajale otopine (posebno kiseline) - decinkacija
Brzina decinkacije raste s koncentracijom CO_2 i klorida u vodi te zagrijavanjem
Vлага i amonijak - sezonsko pucanje
Turbulentno strujanje elektrolita - pojava pitinga



Slika 12. Korozija mjeđi [27]

2.1.4. UGLJIČNI ČELIK

Legure željeza koje sadrže manje od 2% ugljika nazivaju se ugljični čelici. Niskougljični čelik sadrži između 0.05 i 0.29% ugljika. Svojstvima je blizak čistom željezu, a glavni nedostatak mu je nemogućnost postizanja visoke tvrdoće kaljenjem.

Niskougljični čelik je zbog svoje relativno niske cijene najzastupljeniji na tržištu, a primjenjuje se za izradu konstrukcija pa se ubraja u konstrukcijske čelike.



Slika 13. Različita upotreba čelika [28],[29]

Tablica 4. Uvjeti u kojima dolazi do korozije niskougljičnog čelika [13],[30]

UVJETI KOROZIJE NISKOUGLJIČNOG ČELIKA
Izlaganje plinovima koji sadrže vodik pri temperaturi $> 250^{\circ}\text{C}$ = vodikova bolest
Vruće koncentrirane otopine jakih lužina (NaOH, KOH) pri pH~14
SO₂, ZnSO₄, MgSO₄, H₂S, MgCl, Na₂CO₃
KCl, klorirana otapala i vlažan klor
Fluorovodična kiselina
Atmosfera, voda i vodene soli koje nisu inhibitori te u tlu nastaje hrda

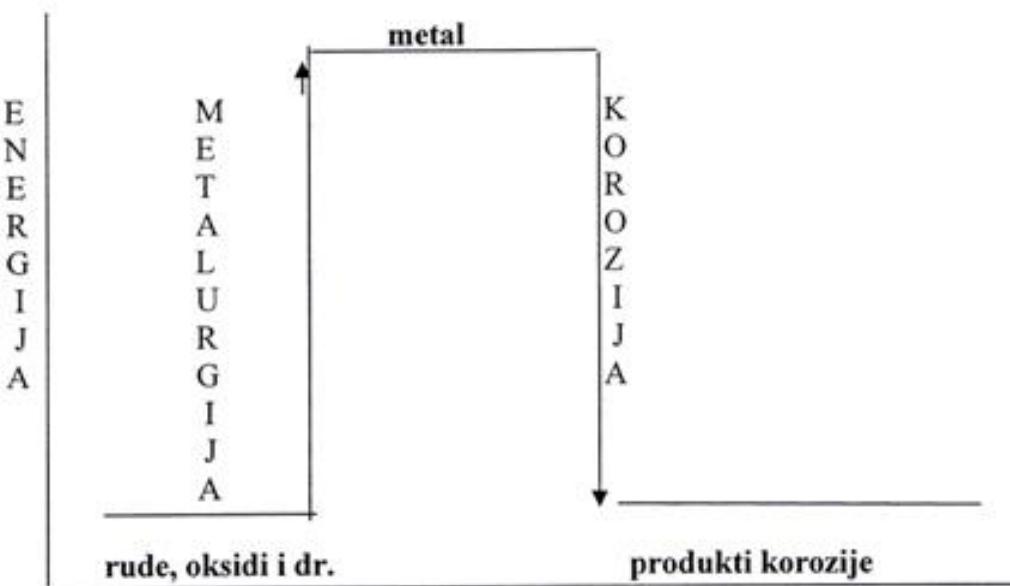


Slika 14. Različiti oblici korozije čeličnih cijevi^{[31], [32]}

2.2. OPĆENITO O KOROZIJI

Riječ korozija potječe od lat. *corrodere*, što znači nagristi. Definicija korozije prema HRN EN ISO 8044 glasi: " Korozija je fizikalno kemijsko međudjelovanje metala i njegova okoliša koje uzrokuje promjenu uporabnih svojstava metala te može dovesti do oštećenja funkcije metala, okoliša ili tehničkog sustava koji oni čine." ^[33]

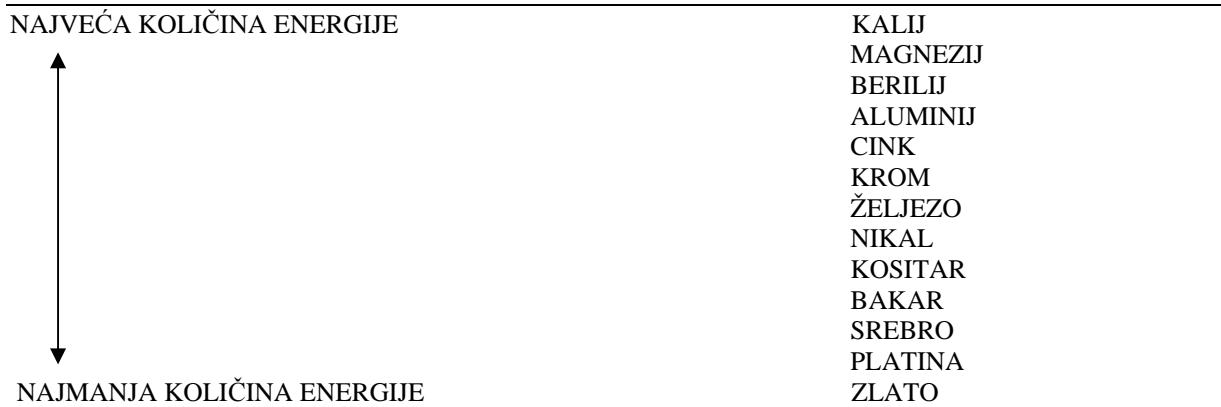
Kada govorimo o koroziji, podrazumjeva se da se govori o koroziji metala, međutim, korodirati mogu i drugi materijali poput plastike, keramike, betona, polimernih materijala i drugih. Tijekom korozije metal prelazi iz elementarnog stanja u spojeve u kojima se najčešće nalazi u prirodi kao posljedica kemijskih ili elektrokemijskih promjena. Spontan je proces koji se ne može spriječiti nego samo usporiti. ^[2]



Slika 15. Prikaz energetske promjene pri dobivanju i koroziji metala ^[2]

Smanjivanje slobodne energije je pokretačka sila procesa korozije, što je vidljivo iz slike 15. Naime, većina metala se u prirodi nalazi u vezanom stanju. Kako bi se rude i prirodni spojevi preradili u metal potrebno ih je podvrgnuti određenim pirometalurškim procesima koji zahtjevaju dodavanje energije. Pri tome metalno stanje sadrži visoku energiju. Prirodna težnja metala je da reagiraju s drugim tvarima i oslobođanjem energije prelaze u stanja niže energije. Stoga možemo reći da je proces korozije irreverzibilan proces, suprotan proizvodnji metala iz ruda. Metali egzotermno reagiraju s okolinom i prelaze u stabilnije stanje spojeva iz kojih su dobiveni. ^[2]

Energija potrebna da se rude ili prirodni spojevi prerade u metal varira od metala do metala. Na primjer, za dobivanje magnezija, aluminija ili željeza iz njihovih ruda potrebna je relativno velika količina energije, dok je za dobivanje bakra i srebra potrebna manja količina energije.



Slika 16. Položaj metala obzirom na količinu energije potrebnu za njihovov dobivanje^[34]

Danas je potrebno koroziji posvetiti puno više pažnje zbog:

- povećane upotrebe metala u svim područjima tehnologije
- upotrebe metalnih konstrukcija sve tanjih dimenzija koje ne toleriraju koroziske napade istog intenziteta kao teške konstrukcije
- upotrebe metala za specijalnu primjenu ili upotrebe rijetkih i skupih metala
- pojačane korozivnosti okoline uslijed povećanog onečišćenja vode, zraka i tla.

Proučavanje korozije metala obuhvaća:

- pronalaženje uzroka korozije u različitim uvjetima
- traženje postupaka koji povećavaju otpornost metala na koroziju
- proučavanje mehanizma koroziskih procesa

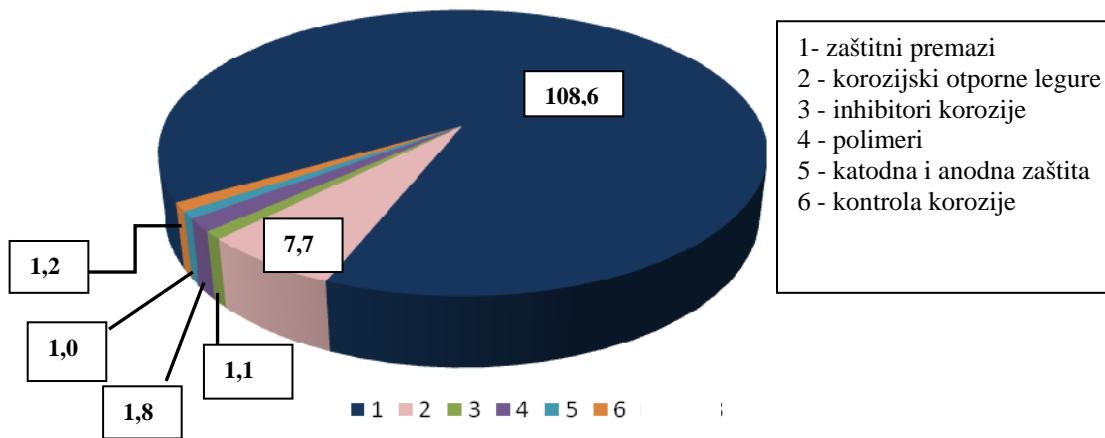
Korozija je danas jedan od glavnih uzroka gubitaka u gospodarstvu svake zemlje.

Troškovi korozije mogu biti direktni: zamjena korodirane opreme, održavanje, provođenje zaštite i indirektni: havarije, onečišćenje okoliša, gubitak proizvoda, zaustavljanje proizvodnje, onečišćenje proizvoda i drugi.

Prema studijama iz 1950. i 1975. godine u SAD-u, troškovi korozije su iznosili 2,1% odnosno 4,5% bruto domaćeg proizvoda.^[35]

Direktni troškovi provođenja zaštite (zaštitni premazi, katodna i anodna zaštita, istraživanje i razvoj i dr.) u SAD-u 2002.godine iznosili su 121,4 milijarde dolara.

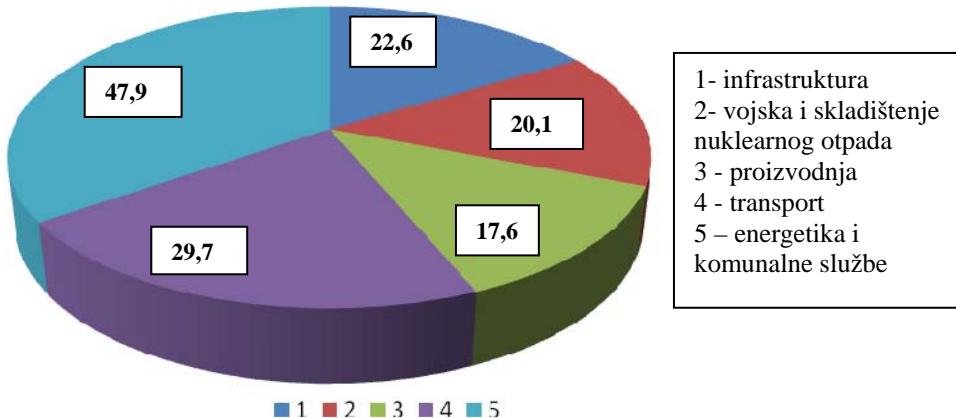
Direktni troškovi provođenja zaštite od korozije (milijarde \$)



Slika 17. Direktni troškovi provođenja zaštite od korozije u SAD-u u 2002.godini

Direktni troškovi izazvani korozijom po industrijskim sektorima (zamjena korodirane opreme, održavanje) u SAD-u 2002.godine iznosili su 137,9 milijardi dolara. ^[35]

Direktni troškovi po industrijskim sektorima (milijarde \$)



Slika 18. Direktni troškovi po industrijskim sektorima u SAD-u 2002.godine

Ukupni direktni troškovi uzrokovani korozijom u SAD-u u 2002. godini iznosili su 274 milijarde dolara, odnosno 3,1% bruto domaćeg proizvoda. ^[35]

Štete nastale korozijom imaju velik utjecaj na gospodarstvo i stoga je potrebno posebnu pažnju posvetiti zaštiti od korozije.

2.2.1. PODJELA KOROZIJE

Glavni čimbenici koji utječu na koroziju su:

- oblik proizvoda
- međudjelovanje materijala i okoline
- stanje površine (hrapavost, čistoća, ...)
- ostala mehanička pogoršanja ^[36]

Područje korozije je vrlo široko i da bi se korozija mogla jednostavnije opisati postoji više različitih podjela.

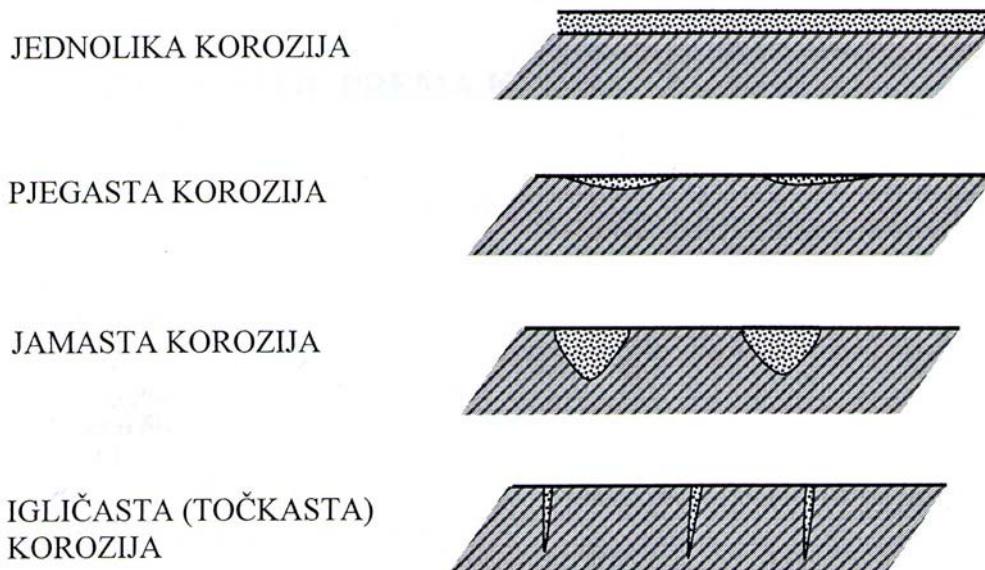
Korozija prema mehanizmu djelovanja:

- kemijska – posljedica kemijskih reakcija između metala i okoline.
- elektrokemijska – najrašireniji oblik korozije metala. Više od 95% korozije metala nastaje zbog elektrokemijskih reakcija između metala i okoline. U elektrokemijskim koroziskim reakcijama sudjeluju najmanje dvije elektrokemijske parcijalne reakcije koje ne utječu jedna na drugu, ali su međusobno povezane.

Korozija prema izgledu koroziskog napada:

- jednolika – najčešći i najmanje štetni oblik koroziskog napada koji ravnomjerno zahvaća cijelu površinu metala.
- pjegasta – zahvaća plitko samo anodna mesta na metalnoj površini i ostavlja karakteristične pjage na površini metala.
- jamasta – po vanjskom izgledu vrlo slična pjegastoj koroziji, ali prodire dublje u metal pa je stoga štetnija.

- točkasta – prodire duboko u masu metala. To je korozija pri kojoj su zahvaćeni ekstremno mali dijelovi metalne površine, dok je ostali dio površine nenapadnut.
- interkristalna – nastaje na granicama kristalita i naglo smanjuje čvrstoću i žilavost materijala.
- transkristalna – zahvaća poput presjeka veći broj kristalitnih materijala.



Slika 19. Različiti oblici korozijskih napada ^[2]

Korozija prema korozivnim sredinama:

- atmosferska korozija – najrašireniji oblik korozije. Rezultat je djelovanja dvaju čimbenika – kisika i vlage.
- korozija u tlu - na taj proces utječe: vrsta tla, sadržaj vlage u tlu, pristup kisika iz atmosfere na metalnu površinu, biološki i kemijski sastav tla.
- korozija u suhim plinovima – kemijska korozija kod koje pri visokim temperaturama i djelovanju plinova nastaju na metalima oksidi i drugi kemijski spojevi, ovisno o atmosferi u kojoj se nalaze.

- korozija u neelketrolitičkim tekućinama – kemijska korozija, česta je u nafti i u u raznim organskim otapalima.
- korozija u elektrolitima – izrazito elektrokemijska korozija, djeli se na koroziju u vodenim otopinama soli, kiselina i lužina.

Posebne vrste korozije:

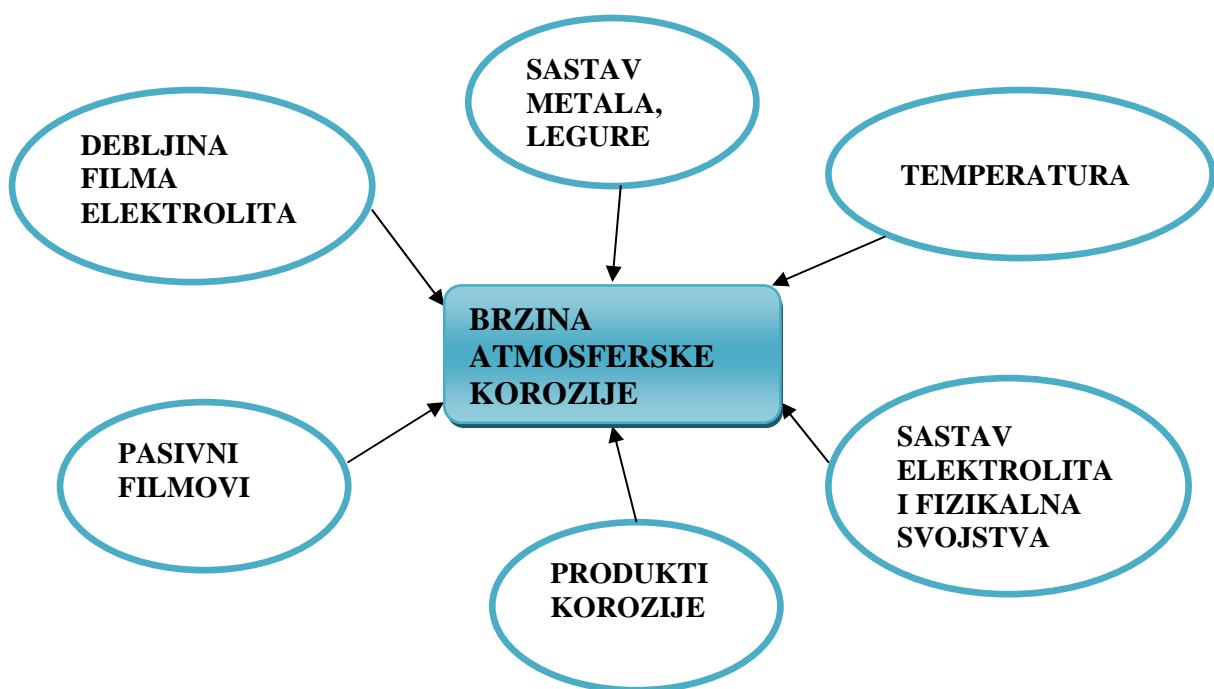
- kontaktna korozija – nastaje uslijed kontakta dvaju različitih metala.
- korozija uslijed lutajućih struja – inducirane struje, nastale oko vodiča kroz koji prolazi struja, koncentriraju se oko nekog metalnog predmeta u blizini i uzrokuju koroziju.
- korozija uz naprezanje – nastaje uslijed naprezanja.
- biokorozija – nastaje najčešće na brodovima i u lukama uslijed djelovanja flore i faune.^[2]

2.2.2. ATMOSFERSKA KOROZIJA

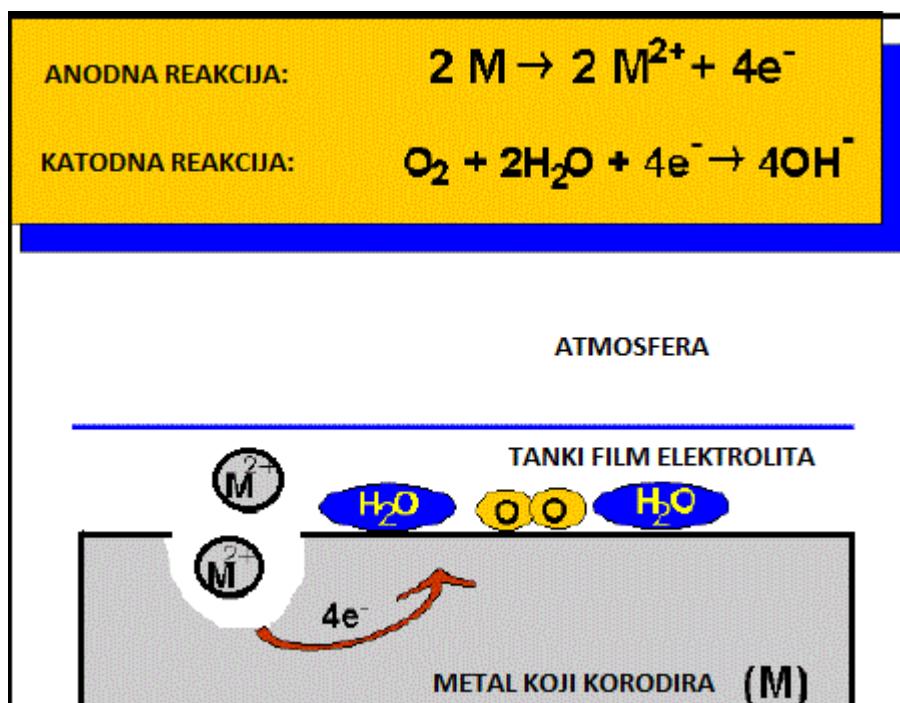
Atmosferska korozija ubraja se u elektrokemijsku koroziju. Za odvijanje elektrokemijske korozije potrebna je prisutnost elektrolita. Izlaganjem metalne površine atmosferskim uvjetima, uz određeni kritični nivo vlažnosti, stvara se tanki, nevidljivi film elektrolita na metalnoj površini. U prisutnosti filma elektrolita, atmosferska korozija se odvija u ravnoteži anodnih i katodnih reakcija. Anodna reakcija oksidacije ima za posljedicu otapanje metala, dok je katodna reakcija redukcija kisika. Koncentracija korozivnih nečistoća može postići relativno visoke vrijednosti u tankom filmu elektrolita, naročito u uvjetima naizmjeničnog vlaženja i sušenja. U uvjetima korozije u tankom filmu kisik se u elektrolit lako dobavlja iz atmosfere. ^[2]



Slika 20. Oštećenje nastalo djelovanjem atmosferske korozije ^[37]



Slika 21. Parametri koji utječu na brzinu atmosferske korozije



Slika 22. Mehanizam atmosferske korozije [38]

2.3. KOROZIJSKA ISPITIVANJA

Proučavanje korozije nije moguće samo u teoriji, stoga su potrebna eksperimentalna ispitivanja koja mogu biti laboratorijska, terenska i eksploatacijska (pogonska).

Razlikuju se po tome što se laboratorijska ispitivanja provode na uzorcima, najčešće ubrzanim metodama, dok se terenska i eksploatacijska provode u stvarnim uvjetim. Ona su obična ili neubrzana ispitivanja jer dugo traju i provode se na predmetima od uporabne vrijednosti.

Postoje različite svrhe ispitivanja korozije, a najčešće su:

- izbor optimalne konstrukcije materijala
- razvoj novih konstrukcijskih materijala
- utvrđivanje korozijskog ponašanja određenog konstrukcijskog materijala
- kontrola kvalitete konstrukcijskog materijala
- izbor zaštitnih postupaka ili sustava zaštite
- određivanje agresivnosti nekog medija
- istraživanje mehanizma korozije i zaštite^[2]

2.3.1. METODE ISPITIVANJA

- Kontrola površine metala
 - vizualni pregled promjena na materijalu
 - optičke metode
 - indikatori anodnih i katodnih mesta na željezu
 - defektoskopske metode
 - identifikacija korozijskih produkata
- Gravimetrijske metode
 - metoda mjerjenja gubitka mase
 - metoda mjerjenja prirasta mase
- Volumetrijske metode
 - mjerjenje volumena potrošenog kisika
 - mjerjenje volumena razvijenog vodika
- Analitičke metode
- Konduktometrijska metoda
- Mjerjenje dubine pitinga
- Ubrzane metode
- Elektrokemijske metode
 - tehnike s istosmjernom strujom (polarizacijska mjerjenja)
 - tehnike s izmjeničnom strujom (elektrokemijska impedancijska spektroskopija)^[2]

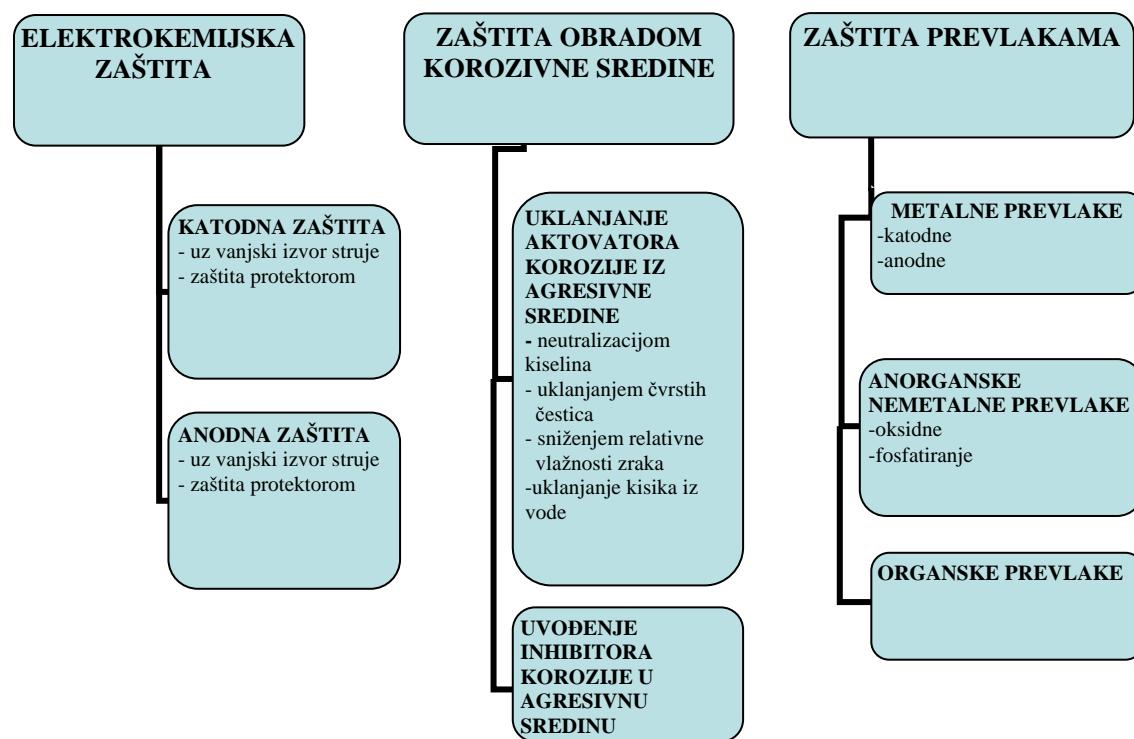
2.4. ZAŠTITA OD KOROZIJE

Korozija smanjuje uporabnu vrijednost metala, skraćuje vijek trajanja konstrukcija, poskupljuje njihovo održavanje, uzrokuje gubitke u proizvodnji, havarije, nesreće, zastoje u radu, ugroženost zdravlja ljudi i dr. Stvarnu štetu od korozije je teško izračunati i ona naglo raste primjenom skupih metala osjetljivih na koroziju.

Iz svih tih razloga proizlazi potreba za zaštitom materijala od korozije. Najčešći načini zaštite materijala su^[2]:

- elektrokemijska zaštita
- zaštita obradom korozivne sredine
- zaštita prevlakama

2.4.1. METODE ZAŠTITE



Slika23. Metode zaštite od korozije

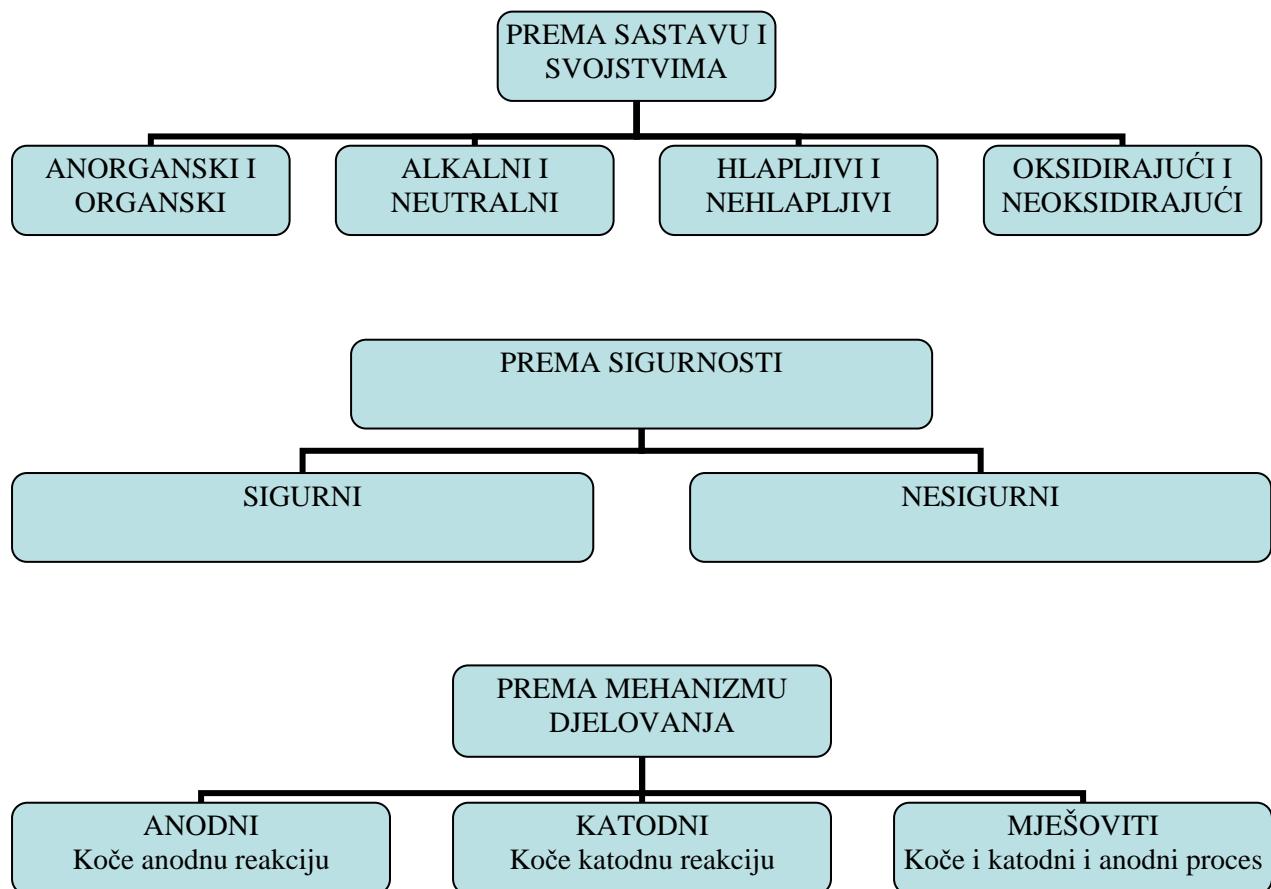
2.4.2. INHIBITORI

Inhibitori korozije se definiraju kao tvari koje dodane u malim količinama u agresivni medij mogu u velikoj mjeri smanjiti brzinu korozije metala.^[2]

Inhibitori korozije obično se dodaju u malim količinama u kiseline, rashladne vode, slanu vodu i druge korozioni agresivne medije, kako bi kontinuirano ili u određenim uvjetima (na mahove) štitili od korozionih napada.^[34]

Prilikom odabira inhibitora potrebno je voditi računa o metalu koji se štiti, kao i sredini i uvjetima u kojima se on nalazi (temperatura, tlak, protok,...).

Postoje mnogobrojne podjele inhibitora, a neke od glavnih su^[2]:

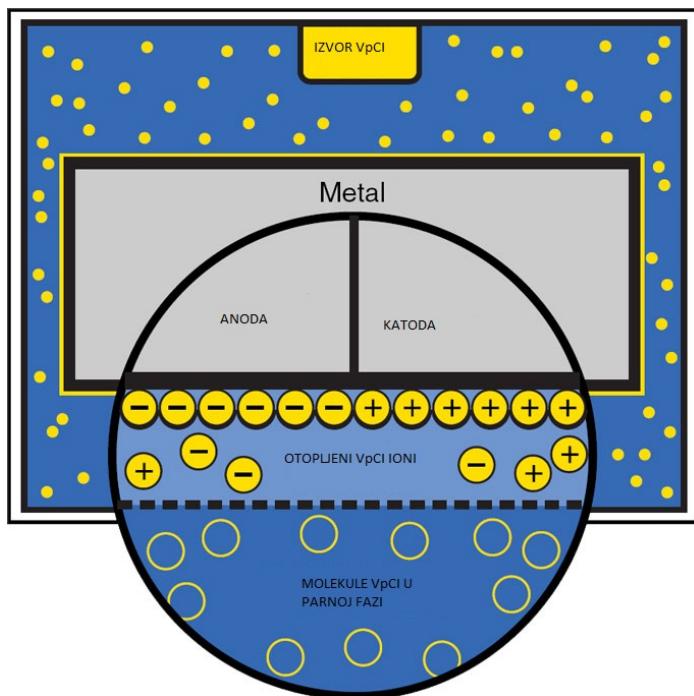


Slika 24. Podjela inhibitora

2.4.2.1. PARNOFAZNI INHIBITORI

Parnofazni inhibitori (VPI – Vapour Phase Inhibitors) su hlapive čvrste organske tvari čijim se parama zasićuje atmosfera ili drugi plin.^[39]

Najčešće se koriste za sprječavanje atmosferske korozije u zatvorenim prostorima, za vrijeme skladištenja ili transporta. Zaštitno djelovanje parnofaznih inhibitora je u usporavanju anodnog ili katodnog procesa adsorpcijom na površini metala.^[2]



Slika 25. Mehanizam djelovanja parnofaznih inhibitora^[40]

Kod parnofaznih inhibitora bitno je da imaju dovoljno visok tlak para kao i sposobnost stvaranja stabilne veze s površinom metala. Naime, da bi inhibitor bio djelotvoran mora imati optimalan tlak para. Pri previsokom tlaku para dolazi do brzog isparavanja velike količine inhibitora što uvjetuje kratkotrajnu zaštitu, dok je pri niskom tlaku para osigurana duža i postojanija zaštita, ali je potrebno puno više vremena za postizanje zaštitne koncentracije.

Poznato je da tlak para znatno ovisi o strukturi kristalne rešetke i svojstvima atoma u molekuli. Istraživanja su pokazala da se u zatvorenim sustavima površina metala, koja je podvrgnuta djelovanju parnofaznih inhibitora, prekriva hidrofobnim adsorbiranim slojevima. Sloj inhibitora adsorbiran na površini metala predstavlja difuzijsku barijeru kisiku i smanjuje reakciju katodne redukcije.^[2]

3.EKSPERIMENTALNI DIO

Cilj eksperimenta je bio pronaći uvjete u kojima će korodirati sva četiri metala te ispitati djelovanje parnofaznih inhibitora u tim uvjetima. U eksperimentu su korištena četiri različita metala: bakar aluminij, mqed i čelik. Njihov kemijski sastav nalazi se u *Tablici 5*.

Tablica 5: Sastav metala u masenim % (METASPEC, Certificate of Analysis)

BAKAR	ALUMINIJ	MJED	UGLJIČNI ČELIK
min 99,9% Cu	90,7 - 94,7% Al	61,5% Cu	98,60% Fe
max 0,05% O	3,8 - 4,9% Cu	35,5% Zn	0,68% Mn
	1,2 - 1,8% Mg	3% Pb	0,20% Si
	0,3 - 0,95 Mn	0,35% Fe	0,19% C
	max 0,5% Fe		0,12% Cu
	max 0,5% Si		0,06% Ni
	max 0,5% Ti		0,05% Cr
	max 0,25% Zn		0,03% Mo
	max 0,1% Cr		0,01% V
	max 0,15% ostalo		0,025% Al
			0,022% S
			0,008% P
			0,001% Ti

Ispitivani su komercijalni parnofazni inhibitori VpCI®-126, VpCI®-126 military, VpCI® - 146, VpCI® -307, VpCI®-308, VpCI®-309 te VpCI®-609 proizvođača Cortec Corporation, SAD.

Učinkovitost gore navedenih inhibitora ispitivana je vizualnim testom (VIA - Vapor Inhibiting Ability), test metoda CC-027.

3.1. VIA TEST

Priprema uzorka:



Slika 26. Uzorci metala korišteni u eksperimentu

Uzorci svih metala (dimenzija 1,59 cm promjer i 1,29 cm visina) pripremaju se na isti način, brušenjem prednje i bočnih strana brusnim papirom na posebnom uređaju (Slika 27) .



Slika 27. Uređaj za brušenje metalnih uzoraka

Prvo se upotrebljava brusni papir finoće 120, nakon čega se uzorak uranja u metanol. Zatim se upotrebljava brusni papir finoće 320 i uzorak se također uranja u metanol.

Provodenje testa:



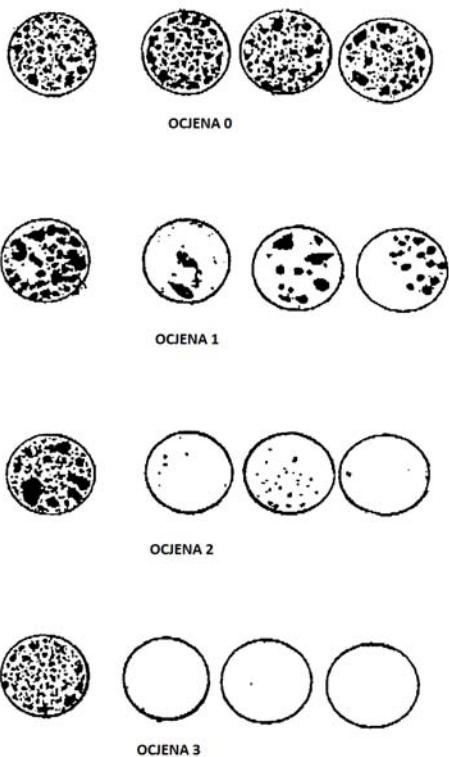
Slika 28. VIA testovi u izradi

Nakon pripreme uzorka potrebna je izrada testa. Dok uzorci stoje u metanolu priprema se inhibitor i to, ukoliko se radi o filmu ili papiru režu se trake 1" x 6", a ukoliko se radi o prašku važe se 0,5 grama.

Sam test traje 24 sata i provodi se u staklenkama s posebno dizajniranim poklopcima. Jedan test mora sadržavati 5 staklenki, od čega su dvije sa kontrolnim uzorcima, a tri staklenke, sa radnim uzorcima, sadrže inhibitor koje je potrebno testirati.

Inhibitor koji se testira stavlja se zajedno sa uzorcima u staklenke koje se zatvaraju i tako stoje dvadeset sati na sobnoj temperaturi. Nakon dvadeset sati stavlja se 10 ml VIA otopine, 3% otopina glicerola ili 3% otopina glicerola sa klorovodičnom kiselinom, nakon čega staklenke stoje još dva sata na sobnoj temperaturi. Na kraju staklenke idu u peć na 40°C na dva sata.

Kada je test gotov poklopci se otvaraju i analizira se površina uzorka pomoću standardne sheme za ocjenjivanje prikazane na Slici 29.



OCJENA 0 = INHIBITOR NE POKAZUJE ANTIKOROZIVNI UČINAK
OCJENA 1 = MINIMALNI ANTIKOROZIVNI UČINAK
OCJENA 2 = SREDNJI ANTIKOROZIVNI UČINAK
OCJENA 3 = DOBAR ANTIKOROZIVNI UČINAK

Slika 29. Standardna sustav za vizualnu analizu korozije

Kod kontrolnih uzoraka ocjene 0 i 1 su prolazne, a kod radnih uzoraka, na kojima se testiraju inhibitori je obrnuto, ocjene 2 i 3 su prolazne. Svih 5 uzoraka moraju imati prolazne ocjene da bi test bio valjan, odnosno da bi inhibitor bio ocijenjen kao djelotvoran.

3.2. ISPITIVANI IHIBITORI KOROZIJE

U radu je ispitivano sedam komercijalnih inhibitora korozije tvrtke Cortec Corporation: VpCI®-126, VpCI®-126 military, VpCI® -146, VpCI® -307, VpCI®-308, VpCI®-309 te VpCI®-609. Stvaraju monomolekularni film na cijeloj površini proizvoda, uključujući pukotine, šupljine i druge nedostupne površine. Njihovom upotrebom postiže se potpuna zaštita proizvoda tijekom skladištenja, te tijekom transporta kako na kraćim tako i na dužim, prekomorskim linijama.



Slika 30. Različiti oblici parnofaznih inhibitora

VpCI®-126

Plavi, polietilenski film s vrlo velikom efikasnošću zaštite od korozije svih vrsta metala (uglični čelik, galvanizirani čelik, aluminij, bakar, mjeđ, kositar, srebro i dr.). Ne sadrži amine, fosfate ili nitrite te je neotrovan. VpCI®-126 plavi štiti od utjecaja soli, povećane vlage, kondenzacije, agresivne industrijske atmosfere i korozije različitih materijala. Dolazi u obliku folija, vrećica ili plahti i jednostavan je za primjenu.

U procesu proizvodnje VpCI®-126 folija koristi se široka paleta visokokvalitetnih smola, koje daju odlična svojstva filmu kao što su čvrstoća na probijanje, kidanje-istezanje ili ostala tehnička svojstva filma.^[41]



Slika 31. Različiti oblici VpCI®-126^{[42],[43]}

VpCI®-126 military

Služi za zaštitu vojne opreme od korozije. Štiti različite metale (ugljični čelik, aluminij, bakar, mjeđ, srebro i dr.) od različitih vrsta korozije.

Ne sadrži amine, fosfate, netoksičan je i reciklirajući. Također štiti od utjecaja soli, povećane vlage, kondenzacije, agresivne industrijske atmosfere. [44]



Slika 32. Primjena VpCI®-126 military [44]

VpCI®-146

Papir s inhibitorom korozije koji osigurava učinkovitu zaštitu od korozije za crne i obojene materijale. Siguran je za okolinu, nije otrovan, biorazgradiv je i u potpunosti je reciklirajući. Ne sadrži nitrati, fosfate, silikone, kromate ili druge teške metale. Učinkovit je u agresivnoj sredini kao što su vлага, SO_2 i H_2S . Metalni dijelovi zaštićeni sa VpCI®-146 mogu se bez dodatne pripreme odmah variti, bojati i legirati. Jednostavan je za primjenu, potrebno je metal koji se štiti samo omotati. VpCI-premaz na unutarnjoj strani papira hlapi u omotu i dospijeva do svih dijelova i površina metala i daje potpunu zaštitu od korozije. ^[45]



Slika 33. VpCI®-146 ^{[46],[47]}

VpCI®-307

Hlapivi inhibitor korozije u obliku praha (sivo bijeli prah), namijenjen za vrlo efikasnu zaštitu metala (ugljični čelik, bakar, bronca, aluminij,srebro i dr.) u udubljenim dijelovima, šupljinama i zatvorenim prostorima. Ne sadrži silikone, fosfate, nitrite ni teške metale. Ako je VpCI sloj poremećen (prekinut vlagom ili otvaranjem zatvorenog prostora) sloj se kontinuirano obnavlja hlapljenjem. Nije potrebna regeneracija, prah je djelotvoran do 24 mjeseca. Potrebna je mala ili nikakva priprema površine. Sprječava daljnju koroziju premazanih i obojenih površina. Jednostavan je za primjenu i lako se uklanja zračnim pištoljem ili vodom. [48]

VpCI®-308

Hlapivi inhibitor korozije u obliku praha (sivo bijeli prah), namijenjen za zaštitu neobojenih i obojenih metala od korozije u udubljenim dijelovima, šupljinama i zatvorenim prostorima. Pojačava multimetalnu zaštitu i topivost u vodi. Zbog biorazgradivih karakteristika nije štetan za okoliš. Ne sadrži silikone, fosfate, nitrite ni teške metale. Lako se nanosi, a VpCI sloj nije potrebno uklanjati prije obrade ili upotrebe. [49]

VpCI®-309

VpCI®-309, bijeli prah, predstavlja vrlo efikasnu suhu metodu zaštite metala (ugljični i nehrđajući čelik te aluminij) od korozije u zatvorenim prostorima. Koristi se za suhu zaštitu i konzerviranje unutarnjih šupljina i praznina koje se mogu pokriti ili zatvoriti nakon unosa praha. Za upotrebu samo u unutarnjim šupljinama i praznim prostorima koji su pokriveni, zatvoreni ili začepljeni nakon primjene. Zaštićena oprema može se skladištiti u zatvorenom ili otvorenom prostoru.

Ne sadrži silikone, fosfate, nitrite ni teške metale. Potrebna je mala ili nikakva priprema površine, jednostavan za pripremu i lako se uklanja zračnim pištoljem ili vodom. [50]

VpCI®-609

Vodotopivi prah s inhibitorom korozije koji služi za vlažnu i suhu zaštitu od korozije crnih metala i aluminija. Omogućuje zaštitu u tekućini, parnoj fazi i međufazi (iznad nivoa tekućine). Ne sadrži nitrite, fosfate ni teške metale. Sprječava daljnju koroziju obojenih i premazanih površina. Ne povećava lužnatost otopina i omogućuje ekonomičnu zaštitu velikih sustava. Ima vrlo nisku toksičnost i 100% je biorazgradiv u moru.^[51]



Slika 34. VpCI®-308, VpCI®-309 i VpCI®-609



Slika 35. Metode nanošenja inhibitora u obliku praška^{[52],[53]}

4. REZULTATI

U ovom poglavlju bit će prikazani rezultati dobiveni provođenjem VIA testova. Rezultati se sastoje iz dva dijela. Prvi dio odnosi se na pronalaženje uvjeta u kojima će se provoditi testiranje na sva četiri metala, dok drugi dio prikazuje rezultate dobivene ispitivanjem parnofaznih inhibitora korozije.

4.1. Pronalaženje uvjeta za VIA test

Tablica 6. Rezultati kontrolnih uzoraka za različite vrijednosti pH

UVJETI	UZORAK	OCJENA	
STANDARDNI VIA TEST	ČELIK	0	0
	MJED	1	0
	ALUMINIJ	3	3
	BAKAR	3	3
pH=12	ALUMINIJ	2	3
	BAKAR	0	0
pH=11	ALUMINIJ	3	3
	BAKAR	0	0
pH=10	ALUMINIJ	3	3
	BAKAR	3	3
pH=2	ALUMINIJ	3	3
	BAKAR	3	3
pH=1	ALUMINIJ	1	2
	BAKAR	3	3
	MJED	0	0
pH=0,7	ALUMINIJ	0	0
	BAKAR	0	0
	MJED	0	0



Slika 36. Aluminij i bakar u standardnim uvjetima



Slika 37. Čelik i mqed u standardnim uvjetima



Slika 38. Bakar i aluminij na pH=12



Slika 39. Bakar i aluminij na pH=10



Slika 40. Bakar, aluminij i mqed na pH=0,7

4.2. Ispitivanje parnofaznih inhibitora

U ovom dijelu prikazani su rezultati testiranja inhibitora na sva četiri metala. Prikazani su rezultati za kontrolne uzorke na kojima se ne testiraju inhibitori i koji služe za usporedbu s radnim uzorcima, na kojima se testiraju inhibitori. Bitno je još jednom napomenuti da kontrolni uzorci moraju dobiti ocjene 0 ili 1 te da radni uzorci moraju dobiti ocjene 2 ili 3 da bi test bio valjan, odnosno da bi se moglo zaključiti da je testirani inhibitor učinkovit.

VpCI®-126

Tablica 7. Rezultati za VpCI®-126 na svim metalima

METAL	KONTROLNI UZORAK 1	KONTROLNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 1	RADNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 3
ČELIK	0	0	2	3	3
MJED	0	0	2	2	2
ALUMINIJ	0	0	3	2	3
BAKAR	0	0	2	2	2



Slika 41. Rezultati testiranja VpCI®-126 na čeliku

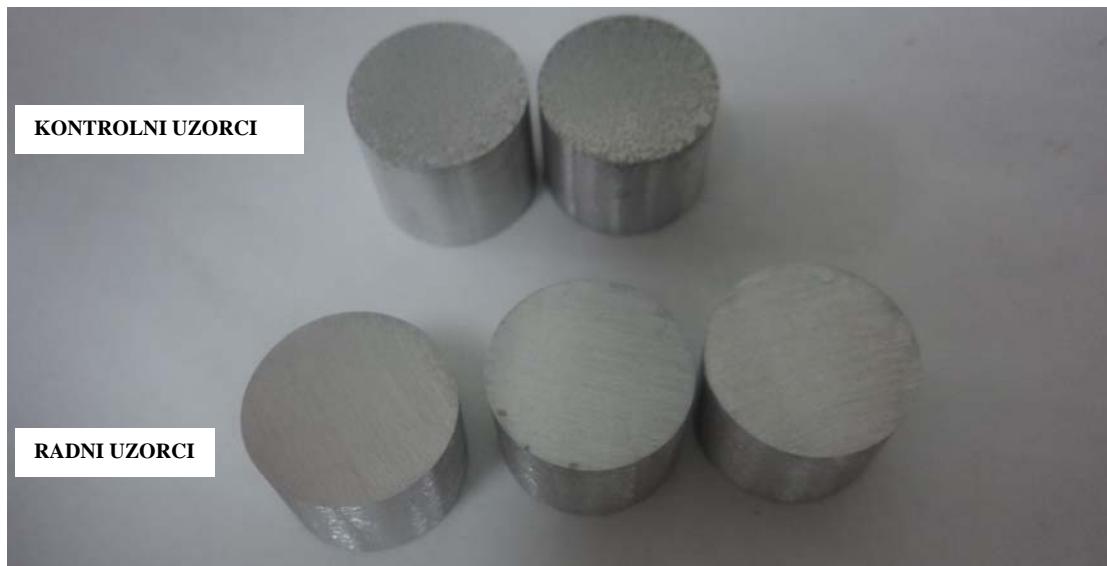


Slika 42. Rezultati testiranja VpCI®-126 na mjestu

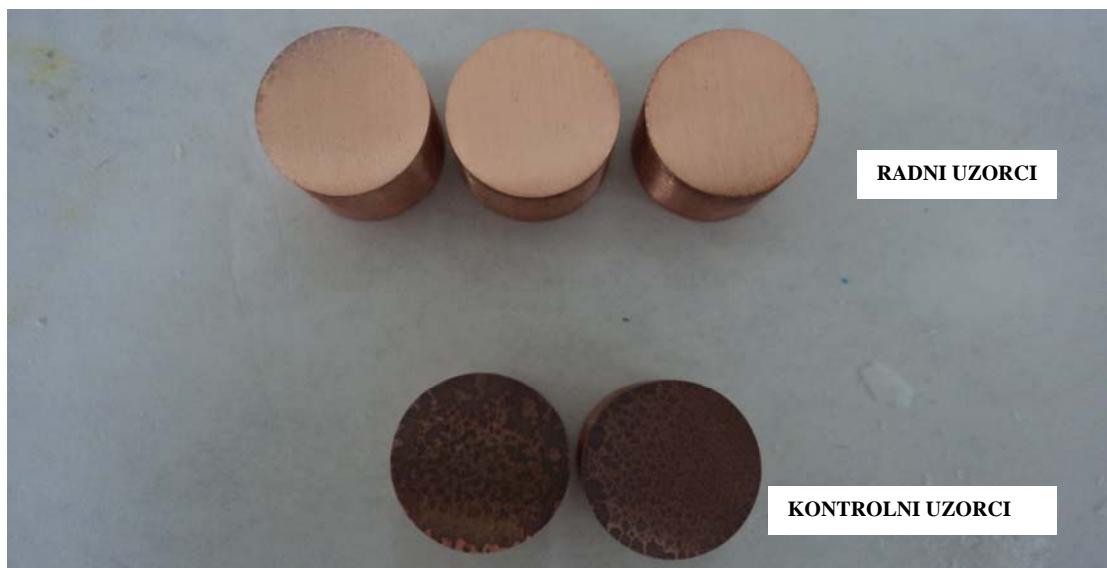
VpCI®-126 military

Tablica 8. Rezultati za VpCI®-126 military na svim metalima

METAL	KONTROLNI UZORAK 1	KONTROLNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 1	RADNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 3
ČELIK	0	0	3	2	3
MJED	0	0	2	2	2
ALUMINIJ	0	0	3	2	2
BAKAR	0	0	2	3	2



Slika 43. Rezultati testiranja VpCI®-126 military na aluminiju



Slika 44. Rezultati testiranja VpCI®-126 military na bakru

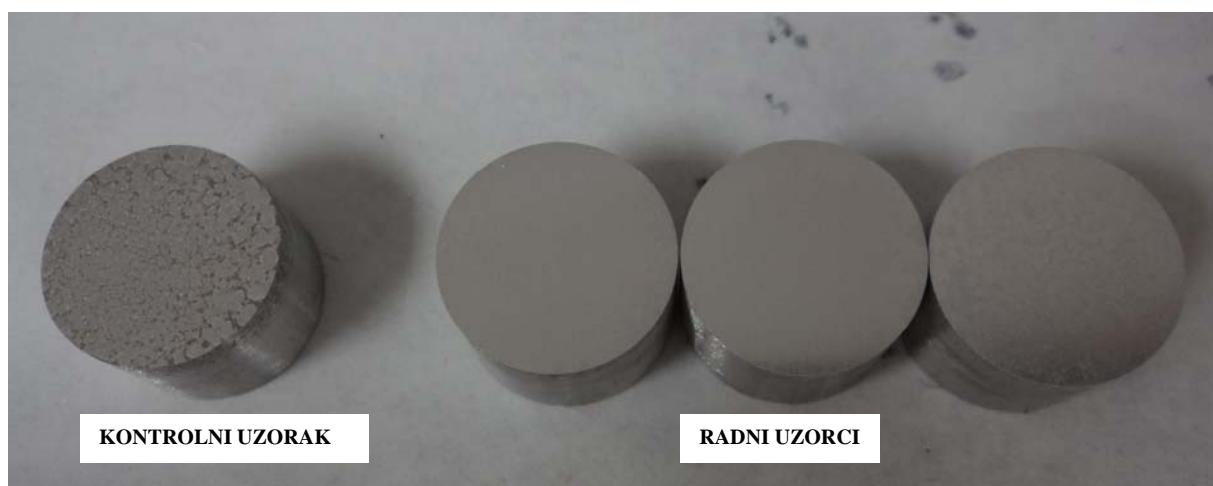
VpCI®-146

Tablica 9. Rezultati za VpCI®-146 na svim metalima

METAL	KONTROLNI UZORAK 1	KONTROLNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 1	RADNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 3
ČELIK	0	0	2	2	3
MJED	0	0	3	3	3
ALUMINIJ	0	0	3	2	2
BAKAR	1	0	2	3	2



Slika 45. Rezultati testiranja VpCI®-146 na mjeri

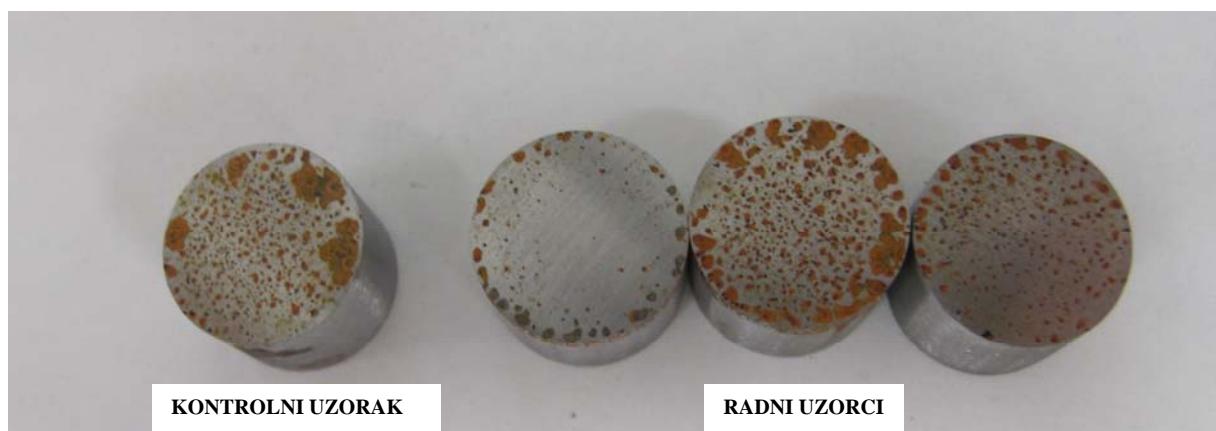


Slika 46. Rezultati testiranja VpCI®-146 na aluminiju

VpCI®-307

Tablica 10. Rezultati za VpCI®-307 na svim metalima

METAL	KONTROLNI UZORAK 1	KONTROLNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 1	RADNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 3
ČELIK	0	0	1	0	0
MJED	0	0	0	0	0
ALUMINIJ	0	0	1	0	0
BAKAR	1	0	1	0	2



Slika 47. Rezultati testiranja VpCI®-307 na čeliku



Slika 48. Rezultati testiranja VpCI®-307 na mjeri

VpCI® -308

Tablica 11. Rezultati za VpCI®-308 na svim metalima

METAL	KONTROLNI UZORAK 1	KONTROLNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 1	RADNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 3
ČELIK	0	0	1	2	2
MJED	0	0	0	0	0
BAKAR	0	0	3	3	2



Slika 49. Rezultati testiranja VpCI®-308 na bakru

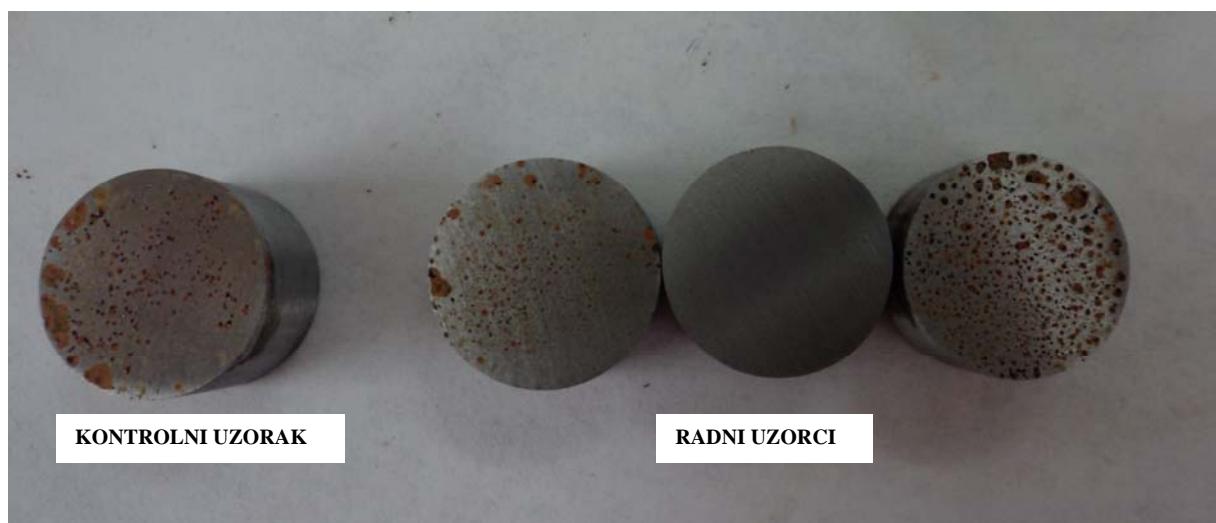


Slika 50. Rezultati testiranja VpCI®-308 na mjeri

VpCI® -309

Tablica 12. Rezultati za VpCI®-309 na svim metalima

METAL	KONTROLNI UZORAK 1	KONTROLNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 1	RADNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 3
ČELIK	0	0	0	2	0
ALUMINIJ	0	0	2	2	1



Slika 51. Rezultati testiranja VpCI®-309 na čeliku



Slika 52. Rezultati testiranja VpCI®-309 na aluminiju

VpCI® -609

Tablica 13. Rezultati za VpCI®-307 na svim metalima

METAL	KONTROLNI UZORAK 1	KONTROLNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 1	RADNI UZORAK 2	RADNI UZORAK 3
ČELIK	1	1	2	1	0
ALUMINIJ	0	0	2	3	3



Slika 53. Rezultati testiranja VpCI®-609 na aluminiju

5. RASPRAVA

Pronalaženje uvjeta za VIA test

Kontrolni uzorci (uzorci na kojima se ne testiraju parnofazni inhibitori) testirani su pri različitim pH vrijednostima korozivnog medija (u standardnim uvjetima: gdje je VIA otopina 3% otopina glicerola, u lužnatim uvjetima: gdje se gdje se koristi 3% otopina glicerola sa RM-695 te u kiselim uvjetima: gdje se koristi 3% otopina glicerola sa klorovodičnom kiselinom). U svim navedenim uvjetima u kojima je ocjena kontrolnih uizoraka bila 0 ili 1, ispitivana je učinkovitost jednog parnofaznog inhibitora (u ovom slučaju VpCI[®]-126) kako bi se lakše donijela odluka da li su ti uvjeti povoljni za ispitivanje.

U *tablici 6.* vide se rezultati VIA testa za različite metale u navedenim uvjetima. Cilj je bio pronaći one uvjete pri kojima korodiraju sva četiri metala. Prvo su testiranja provođena standardnim uvjetima u kojima se testira čelik. U tim uvjetima su korodirali samo mjes i čelik. Daljnja testiranja su provođena na mjesu, bakru i aluminiju. Iako su metali korodirali u većini testiranih uvjeta neki od njih su ipak bili preagresivni, pogotovo za mjes, i neprihvatljivi za daljnje testiranje. Iz tog razloga su testovi podijeljeni u dvije grupe. Čelik i mjes su se testirali standardnim VIA testom, dok se za aluminij i bakar koristio modificirani VIA test. Jedina razlika između ova dva testa je VIA otopina, koja je kod mjesa i čelika 3% otopina glicerola, dok je kod aluminija i bakra 3% otopina glicerola sa određenom količinom klorovodične kiseline.

Testiranje parnofaznih inhibitora

U *tablicama 7. – 13.* su prikazani rezultati testiranih inhibitora na metalima. Učinkovitost inhibitora je ocjenjivana obzirom na ocjene kontrolnih i radnih uzoraka. Da bi se za inhibitor moglo reći da je učinkovit potrebne su prolazne ocjene i za kontrolne i za radne uzorce (za kontrolne 0 ili 1, za radne 2 ili 3). Potrebno je napomenuti da je sustav ocjenjivanja za sada osmišljen samo za čelik jer se ovakva testiranja do sada nisu izvodila za ostale metale. Kod radnih uzoraka ostalih metala ocjenjivanje je provođeno u usporedbi s kontrolnim uzorcima i u usporedbi s ocjenjivanjem za čelik.

U *tablici 7.* prikazani su rezultati testiranja VpCI[®]-126 na svim metalima. Prema ocjenama kontrolnih i radnih uzoraka, koje su prolazne, može se zaključiti da ovaj parnofazni inhibitor štiti sve testirane metale.

Tablica 8. prikazuje rezultate testiranja VpCI[®]-126 military također na sva četiri metala. Iz rezultata je vidljivo da ovaj inhibitor štiti svaki metal. Na *slici 43.* i *slici 44.* je prikazano zaštitno djelovanje VpCI[®]-126 military na aluminiju i bakru.

Tablica 9. sadrži rezultate testiranja VpCI[®]-146 na svim metalima. Ovaj parnofazni inhibitor štiti sve testirane metale. Na slikama su prikazani zaštićeni mqed i aluminij. Testiranje VpCI[®]-146 na mqedu je pokazalo najbolje rezultate, što se vidi i na slikama jer su radni uzorci u potpunosti zaštićeni, bez i jedne naznake korozije, sa ocjenama 3.

Rezultati za VpCI[®]-126 i VpCI[®]-146 su bili očekivani jer su oni najkorišteniji pranofazni inhibitori za različite metale.

Rezultati za VpCI[®]-307 prikazani su u *tablici 10.* iz rezultata je vidljivo da radni uzorci nemaju prolazne ocjene, odnosno da ovaj pranofazni inhibitor ne štiti niti jedan testirani metal. Iako se u opisu inhibitora navodi njegova multimetralna zaštita, u ovom testiranju se nije pokazao kao učinkovit i kao dobar izbor zaštite. Na *slici 47.* i *slici 48.* su prikazani čelik i mqed i vidljivo je koliko je jaka korozija i koliko zapravo malo štiti testirani inhibitor.

VpCI[®]-308 je testiran na tri metala: čeliku, bakru i mqedu. Rezultati testiranja prikazani su u *tablici 11.* iz koje je vidljivo da štiti samo bakar. Na *slici 49.* vidljivo je zaštitno djelovanje na bakru, dok je na *slici 50.* vidljiva izuzetno jaka korozija mqedu, sa jako lošim rezultatima testiranja.

Rezultati za VpCI[®]-309 su prikazani u *tablici 12.* i na slikama (*slika 51.* i *slika 52.*) Testiran je samo na aluminiju i čeliku i nije uspio zaštititi niti jedan metal.

VpCI[®]-609 je također testiran samo na aluminiju i čeliku i pokazuje zaštitno djelovanje na oba metala. Na *slici 53.* je vidljivo zaštitno djelovanje na aluminiju. Rezultati za oba metala nalaze se u *tablici 13.*

Testiranja na čeliku su provođena i prije ovog eksperimenta i rezultati su bili bolji nego u ovom eksperimentu. Svi uvjeti su bili isti tako da je vjerojatno bio problem u starim uzorcima čelika.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu traženi su uvjeti pri kojima korodiraju čelik, mqed, bakar i aluminij. Također je ispitivano zaštitno djelovanje sedam komercijalnih parnofaznih inhibitora korozije na ove metale. Ispitivanja su provođena vizualnom analizom, VIA testom.

U prvom dijelu ispitivanja traženi su najpogodniji uvjeti za provođenje koroziskog testa. Zbog nedostatka vremena nije bilo moguće pronaći iste uvjete testiranja za sva četiri metala te su stoga metali i metode testiranja podjeljene u dvije skupine. Čelik i mqed testirani su standardnim VIA testom, a bakar i aluminij modificiranim VIA testom. Standardni VIA test je standardni test tvrtke Cortec Corporation, test metoda CC-027, dok je modificirani test tek razvijen, a od standardnog se razlikuje samo po VIA otopini.

Aluminij i bakar nisu korodirali u standardnim uvjetima pa su testirani lužnati i kiseli uvjeti. Jako lužnati uvjeti ($\text{pH}=12$) su bili izuzetno agresivni za bakar dok aluminij nije korodirao. U slabije lužnatim uvjetima ($\text{pH}=10$) ni aluminij ni bakar nisu korodirali. Ostali testovi u lužnatom mediju su bili neprihvatljivi zbog prevelike količine lužine u VIA otopini. Nakon toga testiran je kiseli medij. Odabran je $\text{pH} < 1$ jer se pokazao najpogodniji za daljnje testiranje.

Ukoliko se rezultati analiziraju obzirom na pojedini metal može se zaključiti sljedeće: Aluminij se može zaštiti sa 4/6 testiranih inhibitora, bakar sa 4/5, mqed sa 3/5 i čelik sa 4/7.

Iz rezultata testiranja parnofaznih inhibitora može se zaključiti da se većina testiranih inhibitora može upotrijebiti za zaštitu barem jednog od testiranih metala. Iznimka su VpCI[®]-307 i VpCI[®]-309 koji u ovom eksperimentu nisu zaštitili niti jedan testirani metal.

Od svih testiranih inhibitora, najbolja zaštitna svojstva pokazuju VpCI[®]-126 i VpCI[®]-146, a najlošija VpCI[®]-307, koji u svojoj specifikaciji ima navedeno multimetalno zaštitno djelovanje koje u ovom eksperimentu nije potvrđeno.

7. LITERATURA

- [1] <http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=metal>
- [2] E.Stupnišek-Lisac: Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala
- [3] http://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDAQFjAC&url=http%3A%2F%2Fpredmet.sinergija.edu.ba%2Fpluginfile.php%2F3860%2Fmod_fold%2Fcontent%2F1%2F2.%2520Proizvodi%2520metalurgije-%2520Doc.%2520dr.%2520Ranko%2520Renovica.pps%3Fforcedownload%3D1&ei=cLZHUNSVN8_ltQbrvIHwCA&usg=AFQjCNGjaXclmqDhcFsYgpJN15VqHzk_g&sig2=ioh5TA4ORKPw30vdREDmhA
- [4] <http://www.mapsofworld.com/minerals/world-aluminium-producers.html>
- [5] <http://www.mapsofworld.com/minerals/world-iron-ore-producers.html>
- [6] <http://www.mapsofworld.com/minerals/world-copper-producers.html>
- [7] http://hr.wikipedia.org/wiki/Bakar_%28element%29
- [8] <http://periodictable.com/Items/029.28/index.html>
- [9] <http://images-of-elements.com/copper-crystal-2.jpg>
- [10] <http://www.ffri.uniri.hr/~zvonimir/Materijali/05Metali.pdf>
- [11] <http://www.057info.hr/vijesti/2011-02-25/novi-biznis-bakar-se-krade-na-sve-strane>
- [12] <http://www.winthropsupply.com/products.aspx/mueller-copper-pipe>
- [13] I.Esih, Z.Dugi, Tehnologija zaštite od korozije, Školska knjiga, Zagreb
- [14] H.H.Uhlig, R.W. Revie: Corrosion and corrosion control, third Edition, A Wiley-Interscience Publication, str.327 – 354
- [15] <http://en.numista.com/forum/images/4ea9724f90396.jpg>
- [16] <http://h2oguy.com/index.php/water-quality/>
- [17] <http://periodictable.com/Items/013.32/index.html>
- [18] <http://images-of-elements.com/aluminium-4.jpg>
- [19] <http://www.getit.in/best-metal/product/aluminium/2176625/1823252/>
- [20] <http://images-of-elements.com/aluminium-2.jpg>
- [21] http://www.chasetoppers.com/Aluminum_Chase_Covers.html
- [22] <http://www.copperinfo.co.uk/alloys/brass/>
- [23] <http://www.parawire.com/brass.html>
- [24] <http://lghouston.com/resources/corrosion-images/dezincification-corrosion-of-admiralty-brass.aspx>
- [25] <http://www.bhphotovideo.com/find/newsLetter/RecordingBrass.jsp>

- [26] <http://dohow.info/dh-what-is-brass-metal>
- [27] <http://www.visualreloading.com/caseprep/inspection>
- [28] <http://www.steelpipechn.com/steeltube/steeltube791.html>
- [29] http://www.allproducts.com/machine/quintain/wire_rod_print.html
- [30] <http://www.scribd.com/doc/85067398/skripta-Zastita-materijala>
- [31] <http://www.merusonline.com/in-general/iron-pipes>
- [32] <http://www.merusonline.com/in-general/pitting>
- [33] [http://www.pfst.hr/old/data/materijali/skripta\(zasmtr\).pdf](http://www.pfst.hr/old/data/materijali/skripta(zasmtr).pdf)
- [34] CORROSION BASICS An Introduction, Published by NACE, 1984.
- [35] <http://www.nace.org/uploadedFiles/Publications/ccsupp.pdf>
- [36] <http://es.scribd.com/doc/88536712/VRSTE-KOROZIJE>
- [37] <http://www.metalcinkara.co.rs/sr/predstavljanje-antikorozivne-zastite/korozija-i-zastita-od-nje>
- [38] <http://events.nace.org/library/corrosion/AtmCorros/mechani1.asp>
- [39] <http://www.scribd.com/doc/37297679/Korozija-i-Metode-Zastite-Od-Korozije>
- [40] http://www.corpac.de/index.php/vci-vpci_en.html
- [41] <http://www.cortecros.hr/Uploads/Cortec%20proizvodi-TLP/VpCI-126.pdf>
- [42] <http://auction.viperbid.com/details.cfm?ID=788431>
- [43] <http://www.whitebird.ca/category/9200-103/VpCI-Sheeting>
- [44] http://www.cortecvci.com/Publications/PDS/126_MIL.pdf
- [45] <http://www.cortecros.hr/Uploads/Cortec%20TLP/VpCI-146.pdf>
- [46] <http://www.texastechnologies.com/site/index.php/corrosion-control-1/vci-paper/vci-paper-rolls.html>
- [47] http://www.allaboutpocketknives.com/knife_store/item836-23430.html
- [48] <http://www.cortecros.hr/Uploads/Cortec%20proizvodi-TLP/VpCI-307.pdf>
- [49] <http://www.cortecros.hr/Uploads/Cortec%20proizvodi-TLP/VpCI-308%20Powder.pdf>
- [50] <http://www.cortecros.hr/Uploads/Cortec%20proizvodi-TLP/VpCI-309.pdf>
- [51] <http://www.cortecros.hr/Uploads/Cortec%20proizvodi-TLP/VpCI-609&609S.pdf>
- [52] <http://www.cortecros.hr/Hrv/Proizvodi.aspx?root=41&id=48>
- [53] http://www.ecorrsystems.com/shopdisplayproducts.asp_Q_id_E_547

ŽIVOTOPIS

OSOBNI PODACI:

Ime i prezime:

Datum i mjesto rođenja: 15.11.1988., Požega

Adresa: Trg kralja Krešimira 4, 48 000 Koprivnica

Telefon: 048/222-161, 098/489-033

E-mail: zana.hajdari@gmail.com

ŠKOLOVANJE:

Listopad '10. – Rujan '12	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb Smjer: kemijsko inženjerstvo, diplomski studij
Rujan '07 – Rujan '10	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb Smjer: kemijsko inženjerstvo, prediplomski studij
Rujan '03 – Lipanj '07	Srednja škola Koprivnica, Koprivnica Smjer: Farmaceutski tehničar

ZNANJA I VJEŠTINE:

Strani jezici: Engleski jezik

Rad na računalu: MS office, ChemCad

DODATNE INFORMACIJE:

Sudjelovanje na IX. Skupu mladih kemijskih inženjera sa radom na posteru "Zaštita brončanih umjetničkih djela od utjecaja zagađene urbane atmosfere."