

# Primjena organskih premaza u zaštiti nehrđajućih čelika

---

**Babić, Davor**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2009**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:003960>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **ZAVRŠNI RAD**

Mentor:

Prof.dr.sc. Ivan Juraga

Davor Babić

0035155071

Zagreb, 2009.

Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **ZAVRŠNI RAD**

Mentor:

Prof.dr.sc. Ivan Juraga

Davor Babić

0035155071

Zagreb, 2009.

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam završni rad na temu *Organski premazi na nehrđajućim čelicima* izradio samostalno uz potrebne konzultacije, savjete i upotrebu navedene literature.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svome mentoru, prof.dr.sc. Ivanu Juragi, doc.dr.sc. Vesni Alar, dipl.ing. Ivanu Stojanoviću i dipl.ing. Vinku Šimunoviću na savjetima i pomoći tijekom izrade ovog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumjevanju iskazanu tijekom mog studiranja.

## Sažetak rada

Završni rad sastoji se od dvije cjeline:

- teorijski dio
- eksperimentalni dio

Teorijski dio opisuje visokolegirane korozijski postojane čelike (osnovna svojstva, uvjete nastajanja korozije i tipove korozije), zatim zaštitu od korozije premazima (priprema površine metala, metalne prevlake, anorganske metalne prevlake te organski premazi), te obrađuju metodu zaštite nehrđajućih čelika organskim prevlaka.

U eksperimentalnom dijelu ispitivano je zaštitno djelovanje organskih premaza na nehrđajućim čelicima te njihova prionjivost u zavisnosti od različite pripreme površine. Pripremljeni uzorci ispitivani su u slanoj komori sukladno normi HRN ISO 9227 i ispitivanje na prionjivost sukladno normi HRN ISO 2409 .

## SADRŽAJ:

<b>1. Uvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Nehrdajući čelici .....</b>	<b>2</b>
2.1. Uvjeti korozijske postojanosti čelika.....	2
2.2. Utjecaj pojedinih legirnih elemenata na svojstva ..... nehrđajućih čelika	3
2.3. Pasivacija površine nehrđajućih čelika.....	5
2.4. Proboj pasivnog filma.....	7
2.5. Korozija nehrđajućeg čelika.....	8
2.6. Vrste lokalnih korozijskih pojava na nehrđajućim čelicima.....	9
2.6.1. Jamičasta (engl. Pitting).....	9
2.6.2. Galvanska korozija.....	10
2.6.3. Mikrobiološki stimulirana korozija.....	11
2.6.4. Interkristalna korozija.....	12
2.6.5. Napetosna korozija.....	13
2.6.6. Ružing (engl. Rouging).....	14
<b>3. Prevlake.....</b>	<b>15</b>
3.1. Priprema površine metala.....	16
3.1.1. Mehanička obrada.....	16
3.1.2. Kemijska obrada.....	17
3.1.3. Elektrokemijska obrada.....	17
3.1.4. Odmašćivanje.....	18
3.2. Metalne prevlake.....	19
3.3. Anorganske metalne prevlake.....	20
<b>4. Organski premazi.....</b>	<b>21</b>
4.1. Veziva.....	22
4.2. Pigmenti.....	23
4.3. Otapala.....	23
4.4. Nanošenje organskih premaza.....	24
4.4.1. Nanošenje premaza.....	24
4.4.2. Sušenje.....	26
4.5. Mehanizmi zaštite čelika premazima.....	27
4.5.1. Barijerna zaštita.....	27
4.5.2. Inhibirajuća zaštita.....	28
4.5.3. Katodna zaštita.....	28
<b>5. Organske prevlake na nehrđajućim čelicima.....</b>	<b>29</b>
5.1. Sferosilikonski premazi na nehrđajućim čelicima.....	29
5.2. Polietilenski premazi za zaštitu nehrđajućih čelika.....	30
5.2.1. Osobine polietilenskih premaza.....	32

<b>6. Eksperimentalni rad.....</b>	<b>33</b>
6.1. Priprema uzoraka .....	35
6.2. Nanošenje premaza.....	36
6.3. Određivanje debljine sloja premaz.....	38
6.4. Kontrola mikroklimatskih uvjeta.....	40
6.5. Ispitivanje u slanoj komori.....	41
6.6. Ispitivanje prionjivosti.....	44
<b>7. Zaključak.....</b>	<b>47</b>
<b>8. Literatura .....</b>	<b>48</b>



## POPIS SLIKA

Slika 1. Otkriće pojave pasivnosti - Faradayev paradoks [4].....	5
Slika 2. Proboj pasivnog filma [4].....	7
Slika 3. Nastanak pukotine [4].....	7
Slika 4. Primjeri jamičaste korozije [15].....	9
Slika 5. Primjeri galvanske korozije [15].....	10
Slika 6. Primjer mikrobiološke korozije [15].....	11
Slika 7. Primjer interkristalne korozije [15].....	12
Slika 8. Primjer napetostne korozije [15].....	13
Slika 9. Primjer ružing korozije [16].....	14
Slika 10. Sustav zaštite čelika na osnovi nepropusnosti [6].....	25
Slika 11. Barijerna zaštita s pigmentima [9].....	27
Slika 12. Odmašćivanje.....	35
Slika 13. Priprema površine.....	35
Slika 14. Uzorci nakon odmašćivanja i mehaničke obrade.....	35
Slika 15. Nanašanje prvog premaza.....	36
Slika 16. Nanašanje drugog premaza.....	36
Slika 17. Nanašanje drugog premaza.....	36
Slika 18. Mjerenje debljine suhog filma pomoću „QuaNix“.....	38
Slika 19. Slana komora Ascott, model S450.....	41

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Uzorci prije mehaničke obrade.....	34
Tablica 2. Priprema uzoraka.....	35
Tablica 3. Uzorci nakon nanošenja premaza i 72 satnog sušenja.....	37
Tablica 4. Debljine mikrofilмова za uzorke.....	39
Tablica 5. Mikroklimatski uvjeti .....	40
Tablica 6. Parametri ispitivanja.....	41
Tablica 7. Usporedba uzoraka prije i poslije slane komore.....	42
Tablica 8. Ocjena prionjivosti sukladno normi HRN ISO 9409.....	44
Tablica 9. Rezultati prionjivosti.....	47

# 1. Uvod

Korozijski postojani materijali postaju sve zastupljeniji u svim granama industrije. Koriste se sve više i u građevinarstvu, nautici, brodogradnji, itd. Jedna od najvažnijih skupina konstrukcijskih postojanih materijala jesu tzv. „nehrđajući čelici“. Naziv „nehrđajući“ najčešće je u suprotnosti sa postojanošću s obzirom da smo svjedoci kako nehrđajući čelici u posebnim radnim okolnostima ipak korodiraju. Pogrešan izbor materijala te nepoštivanje radne i tehnološke discipline u mnogome pridonose slabljenju korozijske postojanosti tih materijala. Danas se u razvoju nehrđajućih čelika sve više nastoji proizvesti materijal za točno određene namjene i sa što nižom cijenom.

## 2. Nehrdajući čelici

### 2.1 Uvjeti korozijske postojanosti čelika

Proces otapanja (korodiranja) materijala povezan je sa sposobnošću pasivacije površine tj. stvaranja tanke guste zaštitne prevlake. Na intenzivnost pasivacije čelika najviše utječe maseni udio kroma i drugih legiranih elemenata – Ni, Mo, W, Ti, Al, koji moraju biti otopljeni u kristalu mješancu željeza. Maseni udio ugljika također djeluje na korozijsku postojanost. Što je viši % C, to je veća opasnost od stvaranja karbida, posebno kromovih čime se osiromašuje čvrsta otopina na legiranim elementima. Suvremenim postupcima pročišćavanja maseni udio ugljika može se smanjiti i do 0,02 %. Osim masenih udjela legiranih elemenata na stupanj pasivacije utječe i vrsta medija i njegove karakteristike. Da bi čelik bio potpuno korozijski postojan, moraju istovremeno biti ispunjena dva uvjeta. Prvi nužan uvrijet pasivnosti čelika, odnosno potpune korozijske postojanosti, je da čelik sadrži barem 12% Cr i to u čvrstoj otopini. Današnji korozijski postojani čelici sadrže i do 30% Cr. Drugi uvjet korozijske postojanosti je homogena monofazna mikrostruktura. Da bi se izbjegla opasnost pojave galvanskih članaka u strukturi, korozijski postojani čelici teorijski bi morali imati potpunu feritnu, austenitnu, ili martenzitnu mikrostrukturu bez karbida, oksida ili drugih intermetalnih faza. Monofazna feritna mikrostruktura postiže se legiranjem sa alfaformiranim elementima (feritotvorcima) od kojih je najjači Cr i uz njega: Si, Al, Mo, V, Nb i Ti. Gammaformirani elementi (austenitotvorci) omogućuju stvaranje monofazne austenitne mikrostrukture i to su: Ni – kao najjači, Mn, Co, Cu i N. Feritne i martenzitne čelike karakterizira visok maseni udio Cr (>12%), a austenitne čelike dodatno visok maseni udio Ni (>8%). Feritni i austenitni čelici nužno sadrže što manji maseni udio ugljika (< 0,1%) [1].

## 2.2 Utjecaj pojedinih legiranih elemenata na svojstva nehrđajućih čelika

Glavni legirni element u nehrđajućim čelicima su : krom, nikal, molibden, mangan, silicij a u posebnim slučajevima to su : titan, tantal, niobij. Ugljik je sastavni dio čelika i ne smatra se legirajućim elementom. Visina njegovog udjela smatra povećava čvrstoću i granicu razvlačenja, a snižava duktilnost (udarnu radnju loma, razvlačenje, i kontrakciju presjeka). Izbjegava se povećanje udjela ugljika, jer se dio kroma spaja u karbide tako da preostali krom postaje nedjelotvoran za pasivaciju [2].

KROM (Cr) je jak karbidotvorac i proširuje područje ferita, jer je tzv. Alfageni element. Uz monofaznu mikrostrukturu i više od 12% Cr u krutoj otopini čelika dobiva se potpuna korozijska postojanost. Krom u nehrđajućem čeliku djeluje na smanjenje toplinske vodljivosti.

NIKAL (Ni) je izrazito gamageni element, a austenitni nehrđajući čelici legirani su s niklom. Povećava žilavost (udarnu radnju loma) čelika i pri niskim temperaturama. Smanjuje toplinsku vodljivost. Ne stvara karbide. Zbog visoke cijene legira se najčešće u kombinaciji s nekim drugim elementom (npr. dušikom).

MOLIBDEN (Mo) dodaje se kako bi nehrđajućim čelicima povisio otpornost na koroziju, osobito u kontaktu s kiselinama. Dodaje se i da bi smanjio opasnost od pojave krhkosti nakon popuštanja. Povećava čvrstoću pri povišenim temperaturama i proširuje područje ferita.

MANGAN (Mn) djeluje deoksidirajuće, a na sebe veže i sumpor koji je najčešće poznat kao uzrok toplinskih pukotina u zavarenom spoju. Spajanjem sa sumporom u spoj MnS sprječava negativno djelovanje željeznog sulfida (FeS). Mangan proširuje područje austenita ( tzv. gamageni element) kod nehrđajućih čelika.

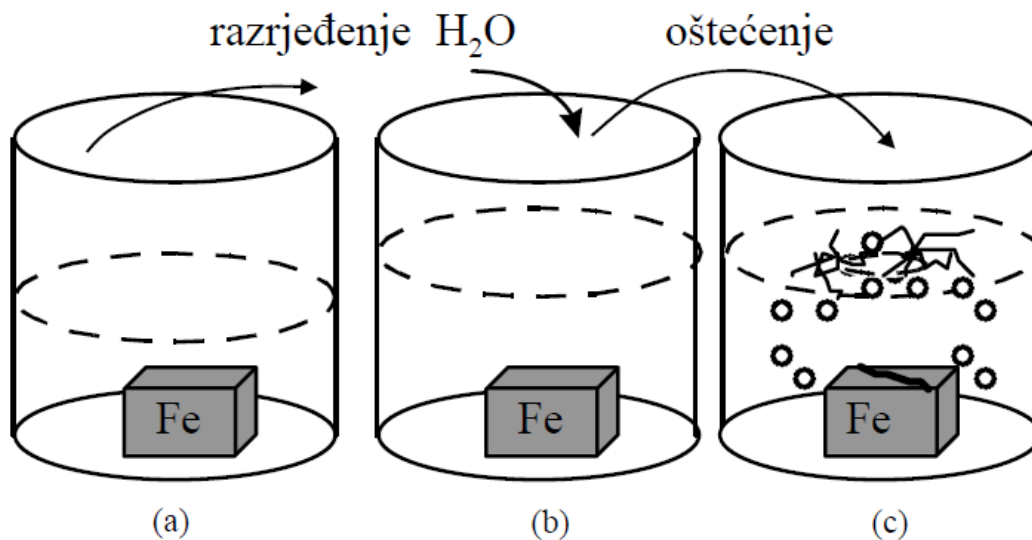
TITAN (Ti) posjeduje jak afinitet prema kisiku, ugljiku, dušiku i sumporu. Najjači je karbidotvorac. Njegovi karbidi teško se raspadaju pri povišenim temperaturama. Djeluju na sužavanje austenitnog područja. Dodaje se nehrđajućim čelicima kao stabilizator uz tantal i niobij. Oni vežu uz sebe ugljik stvarajući manje opasne karbide.

SILICIJ (Si) kao i mangan djeluje dezoksidirajuće, pa se koristi u proizvodnji nehrđajućih čelika. Povećava čvrstoću i otpornost na trošenje. Udio silicija ne prelazi 0.6%.

DUŠIK (N) dodaje se austenitnim korozijski postojanim čelicima, budući da kao uključinski element povećava granicu razvlačenja, a kao gamageni element proširuje austenitno područje, pa omogućuje da se njime zamjeni dio skupog nikla.

## 2.3 Pasivacija površine nehrđajućih čelika

Mnoge spoznaje o pasivaciji stjecane su istraživanjima na željezu kao jednom od najvažnijih konstrukcijskih materijala. Prva eksperimentalna istraživanja prirode pasivaciji željeza proveo još 1840.g. M. Faraday. Njegov eksperiment se veoma jednostavno izvodi u laboratoriju. Kad se komad željeza uroni u 70%-tnu otopinu  $\text{HNO}_3$  na sobnoj temperaturi, neće se opaziti nikakva reakcija (slika 1a). Brzina korozije gotovo je jednaka nuli, što se lako može ustanoviti iz gubitka težine ispitivanog uzorka. Ukoliko se kiselina razrijedi (npr. u omjeru 1:1) ne opaža se ponovo nikakva promjena (slika 1b). Ako se željezo tada izvadi i na jednom mjestu zagrebe te vrati natrag u razrijeđenu kiselinu, nastaje burna reakcija; željezo se otapa i prelazi u otopinu uz oslobađanje velikog volumena plina dušikovog dioksida (slika 1c). Isto se postiže kad se željezo uroni direktno u razrijeđenu kiselinu [4].



Slika 1. Otkriće pojave pasivnosti - Faradayev paradoks [4]

U Faradayevu vrijeme nije bio definiran pojam pH, nije bilo referentnih elektroda niti voltmetara s visokim unutrašnjim otporom, te nije bilo Pourbaixovih dijagrama. Faraday je ispravno pretpostavio da se površina željeza prevlači slojem oksida.

Do objašnjenja Faradayevog paradoksa došlo se 130 godina kasnije nakon što je Marcel Pourbaix 60-tih godina XX stoljeća konstruirao potencijal-pH dijagrame. Razrijeđena  $\text{HNO}_3$  je slabo oksidativno sredstvo, pa je primarna katodna reakcija koja se odvija u sustavu reakcija razvijanja vodika. Koncentrirana  $\text{HNO}_3$  je jako oksidativno sredstvo, pa je moguća katodna reakcija nastajanja  $\text{HNO}_2$ . Zbog brzog odvijanja reakcije nastajanje  $\text{HNO}_2$  vjerojatno je da će

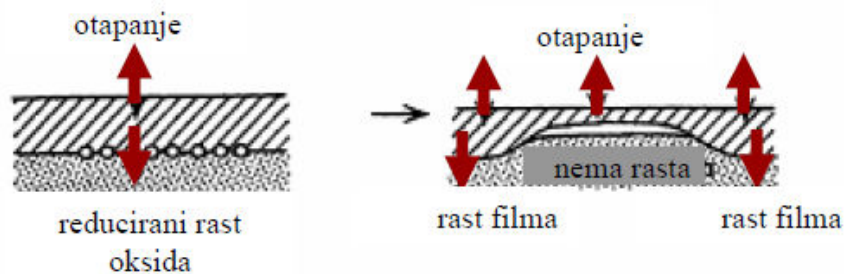
korozijski potencijal biti pozitivniji od produžetka linije ravnoteže Fe/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> u područje stabilnosti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kao metastabilna faza- željezo se pasivira pa će se na površini početi stvarati Fe [4].

Usporenje korozijskog djelovanja na površinske slojeve čelika temelji se na efektu pasivacije. Čelik će biti otporniji na korozijsko djelovanje, ako mu je širi interval potencijala pasivacije. Pojavu pasivacije najbolje tumači teorija prevlake i apsorpcije. Prema toj teoriji visoka se korozijska otpornost povezuje sa stvaranjem tanke i guste zaštitne prevlake ispod koje se nalazi sloj atoma kisika, a njih apsorbira metal. Taj sloj kisika služi kao prijelazni sloj od metala prema vanjskoj prevlaci te poboljšava koheziju. Glavni element potreban za usporenje procesa korozije jest krom. On pasivira površinu čelika i čini je otpornom na djelovanje oksidirajućih medija. Stupanj pasivacije ovisi o udjelu kroma i vrsti agresivnog medija. Osim kroma važan element je i ugljik, jer se dio kroma spaja u karbide, pa tako postaje nedjelotvoran za pasivaciju. Kemijsko čišćenje i pasivaciju trebaju imati svoje mjesto u programu preventivnog održavanja. Periodično kemijsko čišćenje i pasivacija imaju glavnu ulogu u održavanju kontaktne površine nehrđajućih čelika u dobrom stanju. Pridržavanje propisanih procedura za kemijsko čišćenje i pasivaciju ne skraćuje trajnost nehrđajućeg čelika nego se znatno produžuje. Održavanjem kontaktnih površina minimizira se rast mikroorganizama, stvaranje biofilma te se prekida već započeti proces korozije. Pod pojmom pasivacije smatra se stvaranje tanke anorganske prevlake koja štiti nehrđajući čelik od korozije. Ne daje samo kemijski sastav čelika otpornost na koroziju nego to čini i pasivna prevlaka. Debljina te prevlake je samo od 1 do 10 nm. Prevlaku čini kromov oksid (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Tijekom zavarivanja, rezanja, brušenja itd. pasivna prevlaka lokalno nestaje s mjesta obrade. Temperatura tališta kromovih oksida je 1972 °C, tako da se zavarivanjem uništava. Nakon obrade zavarenog spoja i zone utjecaja topline, mora se pristupiti pasivaciji [4].



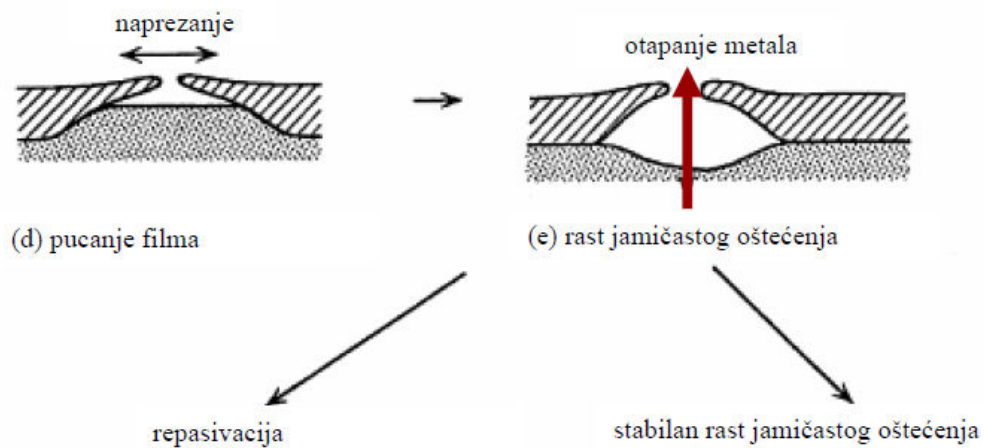
## 2.4 Proboj pasivnog filma

Halidni ioni prisutni u elektrolitu apsorbiraju se u kisikove vakancije na granici faza primarni sloj/sekundarni sloj. Kao odgovor na navedenu pojavu, ispod tog područja, na granici faza faza metal/primarni sloj, slabo se odvija rast oksida jer ne pristižu ioni kisika, a intenzivno se odvija otapanje metala prelaskom u kationske vakancije oksida čime se stvaraju i nakupljaju novonastale kationske vakancije u metalu dolazi do usporavanja rasta sloja u području povećane gustoće vakancija i na kraju do odvajanja primarnog sloja od metala [4].



Slika 2. Proboj pasivnog filma [4]

U području u kojem se odvojio primarni sloj ne dolazi do rasta oksida u smjeru metala, dok se rast nastavlja u okolnom području. Otapanje oksida se, međutim, odvija po cijeloj površini uključujući i područje iznad onoga gdje je primarni sloj odvojen, što uzrokuje stanjene sloja. Odvojeni dio sloja je pod naprezanjem, pa uskoro dolazi do pucanja. U šupljinu ulazi elektrolit te može doći do dva moguća ishoda – repasivacije ili nastavka stabilnog rasta pukotine



Slika 3. Nastanak pukotine [4]

## 2.5 Korozija nehrđajućih čelika

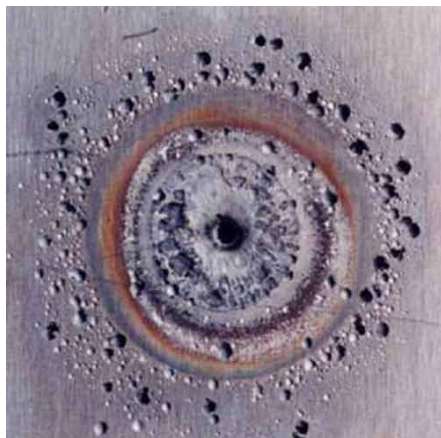
Nehrđajući čelici, za razliku od ugljičnih čelika, otporniji su na koroziju u mnogim medijima kao što su voda, vodene otopine, sokovi biološkog podrijetla, na vlažno, zraku, itd. U takvim slučajevima površina metala je zaštićena od korozije nevidljivim slojem kromovog oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Taj vrlo tanak sloj u određenim okolnostima može ostati nestabilan (rezanjem, zavarivanjem, bušenjem, poliranjem, tretiranje otopinom HCl-a u vodi, itd.) te se događa opća ili lokalna depasivacija. Za nehrđajuće čelike najopasnija je lokalna depasivacija. Tada je čelik u aktivno-pasivnom stanju. Korozija je na aktivnom dijelu površine jako brza, čak i nekoliko puta brža od korozije ugljičnog čelika. Kod nehrđajućih čelika mogu početi i neki posebni korozijski procesi. Oni su opasni, jer nisu uočljivi, a mogu nastati u sustavima za vodu uređajima farmaceutske, prehrambene, kemijske industrije. Lokalna korozija pojavljuje se mjestimice na površini te prodiere prema unutrašnjosti presjeka. No, ima primjera kad korozija počinje unutar presjeka što je posebice neugodno, jer nije vidljivo. Kod nehrđajućih čelika potpuna depasivacija može nastati jedino tretiranjem površine otopinom solne kiseline (HCl) ili fluorida. Fluoridi su najefikasniji dodatci tijekom zavarivanja (REL) u oblozi elektrode za uklanjanje kromovog oksida. Ostatke troske s fluoridima treba pažljivo ukloniti, jer mogu korozijski djelovati na nehrđajući čelik. Na povišenim temperaturama taj će se proces znatno ubrzati. Ako se površina tretira otopinom fluora ili HCl-a, širom se „otvaraju vrata“ za opću koroziju po cijeloj površini. Nehrđajući čelik se tada ponaša kao običan ugljični čelik.

## 2.6 Vrste lokalnih korozijskih pojava na nehrđajućim čelicima [2]

### 2.6.1 Jamičasta korozija (eng. pitting)

Jamičasta korozija ne nastaje po cijeloj površini, nego na nepredvidivim lokalitetima. Iako mehanizam tog korozijskog oblika nije potpuno razjašnjen, može se pretpostaviti da se na većem ili manjem broju mjesta na pasivnoj površini javlja proboj (mehanički), zbog čega ta mjesta postaju aktivna i manje plemenita negoli ostali dio pasivne površine nehrđajućeg čelika. Oštećenja jamičastom korozijom nehrđajućih čelika imaju oblik ovalnih jajašca. Dubina je ista ili veća od širine otvora jamice. Ta se pojava pripisuje uskom lokaliziranom području depasivacije dok se u većem dijelu zadržava pasivni sloj (film). Uzrok povećanoj sklonosti nehrđajućeg čelika prema jamičastoj koroziji svakako je dijelom u zavarivanju. Jamičasta korozija nastaje zbog višeg stupnja elektrokemijske heterogenosti površine na zavaru i u dijelu zone utjecaja topline. Zapaženo je da je nužan uvrijet za pojavu tog oblika korozije prisutnost kloridnih, bromovih ili jodovih iona. Opasnosti od jamičaste korozije smanjuje je provedbom pasivacije otopinom dušične kiseline.

Slika 4 prikazuje jamičastu koroziju. Područje pobojenosti površine nastalo kao posljedica zagrijavanja nehrđajućih čelika sadrži povišen udio kroma. Ispod ovog područja sloj je koji je osiromašen kromom, te je njegova korozijska postojanost znatno snižena. Osim toga, ostale nehomogenosti površine, kao i strukturne promjene u području zagrijavanja lokalno smanjuju korozijsku postojanost.



**Slika 4.** Primjeri jamičaste korozije [15]

## 2.6.2 Galvanska korozija

Dodir dvaju metala različitih potencijala u prisutnosti elektrolita (vlaga, para, otopine, itd.) uzrokuje stvaranje galvanskog članka pri čemu dolazi do korozije onog metala koji je neplemenitiji (manjeg potencijala) i on se ponaša kao anoda. Brzina procesa širenja korozije ovisi o vrsti metala te o vrsti elektrolita. Problem kontaktne korozije najčešće može nastati u transportu ili neodgovarajućem skladištenju. Radnici koji npr. održavaju opremu ne bi trebali odlagati alat na površinu strojeva ili uređaja od nehrđajućeg čelika a također i skladištenje različitih metala bi trebalo biti odvojeno.

Slika 5 prikazuje galvansku koroziju. Onečišćenje površine elemenata ograde od nehrđajućeg čelika česticama željeza tijekom izrade – mehaničke obrade uslijed korištenja brusnih sredstava i sredstava za poliranje koji su korišteni i za obradu ugljičnih čelika. Opisano korozijsko oštećenje po svom karakteru je galvanska korozija uz istovremenu rupičastu koroziju samog nehrđajućeg čelika u području ključaka koje u značajnoj mjeri narušava estetiku konstrukcije.

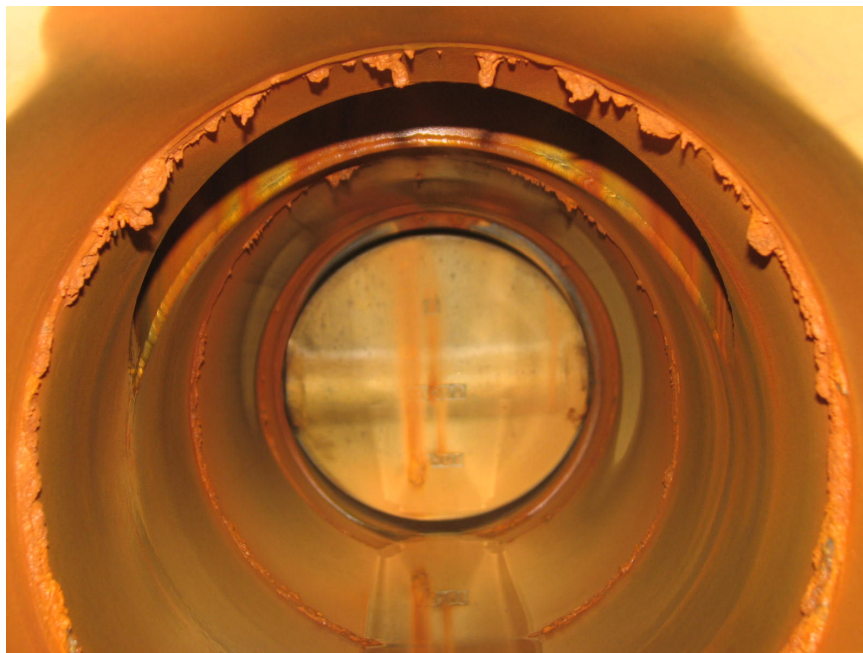


**Slika 5.** Primjeri galvanske korozije [15]

### 2.6.3 Mikrobiološki stimulirana korozija

Mikrobiološki stimulirana korozija (eng. Microbiologically influenced corrosion, MIC) nastaje razmnožavanjem i naseljavanjem nakupina aerobnih i /ili anaerobnih mikroorganizama na nehrđajućem čeliku. Nakupine takvih mikroorganizama slične su hrđi, jer sadržavaju hidrokside i hidratirane okside trovalentnog željeza (Fe) i manganovog oksida ( $MnO_2$ ). Kako ispod nakupina nema dovoljno kisika za održavanje kompaktnog oksidnog sloja (filma), počinje lokalna korozija koja je prema mehanizmu istovjetna jamičastoj koroziji. Može se javiti na jednosmjernim cjevovodima i spremnicima od nehrđajućih čelika za distribuciju raznih vrsta voda. Tu vrstu korozije moguće je izbjeći sprječavanjem mikrobiološkog nakupljanja (bio-filma) na površini nehrđajućeg čelika. Potpuno pražnjenje spremnika nakon uporabe te pad cjevovoda od  $1^\circ$  do  $2^\circ$  prema spremniku, mogu pomoći da se izbjegne ta vrsta korozije [2].

Na slici 6 prikazana je mikrobiološka korozija na vodovodu od nehrđajućeg čelika AISI 304 L.

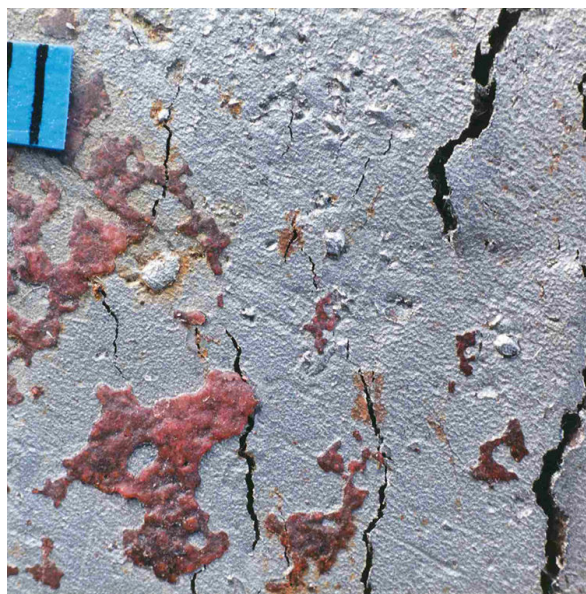


**Slika 6.** Primjer mikrobiološke korozije [15]

#### 2.7.4. Interkristalna korozija

Ovom obliku korozije skloni su austenitni i feritni čelici, martenzitni tipovi čelika potpuno su otporni. Bifazne strukture (posebice austenitno-feritne s višim udjelom ferita) otpornije se od monofazne strukture austenita, odnosno ferita. Sporijim hlađenjem ili grijanjem nehrđajućih čelika i zadržavanjem u temperaturnom intervalu od 480° do 820 °C izlučuju se metalni karbidi. Krom ima veliki afinitet prema ugljiku i stvara na granicama zrna neke od svojih karbida kao:  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  ili  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ . Karbide kroma stabilniji su od karbida željeza. Računski se dobiva da ugljik za stvaranje karbida s kromom potroši 94,3% kroma. Tako se neposredno i drastično smanjuje udio kroma u zrnju. Ako udio kroma padne ispod 11,7%, metal lokalno gubi svojstva nehrđajućeg čelika i postaje sklon interkristalnoj koroziji. Često se spominje da se čelik tada nalazi u senzibiliziranom stanju. Time su stvoreni uvjeti da zbog djelovanja agresivnog medija tijekom eksploatacije, počne interkristalna korozija. Ta je vrsta korozije najopasnija. Nema vidljivih tragova korozije na površini, budući da se širi u dubinu. Smanjuje se čvrstoća nehrđajućeg čelika, a počinje i raspadanja metalnih zrna. Svakako treba izbjegavati preveliki unos topline tijekom zavarivanja, ali i nepotrebnu toplinsku obradu[2].

Na slici 7 prikazana je interkristalna korozija austenitnog Cr-Ni čelika. Primjenjeni materijal sklon senzibiliziranju uslijed unosa topline postupkom zavarivanja. Pojava izlučivanja Cr – karbida po granicama zrna dovodi do nastanka područja osiromašenog s kromom uz granice zrna čime se lokalno znatno smanjuje korozijska postojanost i proces korozije se odvija interkristalno duž granica zrna.



**Slika 7.** Primjer interkristalne korozije[15]



#### 2.6.4 Napetosna korozija (engl. Stress corrosion cracking SCC)

Napetosna korozija nehrđajućih čelika javlja se u specifičnim sredinama uz vlačna naprezanja koja su najčešća zaostala (unutarnja). Zaostala naprezanja posljedica su plastičnih deformacija, zavarivanja, lijevanja, itd. Napetosna korozija uzrokuje raspucavanje čelika u obliku transkristalnih ili interkristalnih pukotina koje su najčešće razgranate. Konačna posljedica raspucavanja je krhki lom nehrđajućeg čelika. Karakteristično je za tu vrstu korozije da nastupa gotovo uvijek u medijima koji sami po sebi (bez vlačnih naprezanja) ne bi djelovali korodirajuće. Naprezanja u tim slučajevima, zajedno sa djelovanjem agresivnog medija, izazivaju pukotine transkristalnog karaktera, okomite ne smjer naprezanja. Napetosna korozija nehrđajućih čelika može se sama inicirati, a kao klice mogu poslužiti žarišta jamičaste ili interkristalne korozije. Prodiranje pukotina najčešće teče kontinuirano i ubrzano sve do loma. Napetosna korozija sreće se u praksi na površinama nehrđajućeg čelika koje se vlaže kloridnom otopinom i nakon toga osušene. Može se naći i na hladno deformiranim koljenima cjevovoda na sustavima za distribuciju, podnicama posuda i oko zavarenih spojeva gdje su povećana zaostala naprezanja. Da bi se smanjila opasnost od napetonsne korozije, potrebno je provesti žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja pri temperaturama od 850° do 900 °C [2].

Na slici 8 prikazana je napetosna korozija. Zaostala naprezanja u materijalu nastala kao posljedica izrade cijevi (savijanje, zavarivanje) u kombinaciji s povišenim udjelom kloridnih iona u korištenoj vodi te visoke temperature (oko 400 °C) kojima je zaštitna cijev bila izložena tijekom eksploatacije dovela su do pojave napetonske korozije.



**Slika 8.** Primjer napetonske korozije [15]

### 2.6.5 Ružing (engl. Rouging)

Ova vrsta korozije najčešća je u farmaceutskoj industriji i to na nehrđajućim čelicima u sustavima u kojima se koristi čista para (CS), voda za injekcije (WFI), visoko pročišćena voda (HPW), ali i tamo gdje se ostala oprema sterilizira čistom parom. Potrebno je istaknuti da su temperature u tim sustavima povišene i kreću se od 80° do 85 °C za WFI pa do 155 °C za generatore čiste pare sa sustavom distribucije. Također istaknuti da taj oblik korozije nije posljedica zavarivanja. Najčešće na površini nehrđajućeg čelika koja je u kontaktu s čistom parom može se opaziti talog sličan puderu od zagasito crvene pa do crne boje (željezni oksidi i to FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, i Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). Taj talog sve više prijanja na površinu nehrđajućeg čelika. Može se ustanoviti da, što je temperatura više, to će i boja taloga biti tamnija. Ako se duže ne čisti talog postaje kompaktan i zapečen na površini, tako da izgleda da je sastavni dio nehrđajućeg čelika. S vremenom će se sve teže skidati s površine. Najbolje i najjeftinije skidati nakupine oksida mehanički čim se uoče. Ako se to propusti ostaje na razlaganju kemijskim putem. Najčešće se koristi fosforna i oksalna kiselina [2].



**Slika 9.** Primjer ružing korozije [16]



### 3. Prevlake

Svojstva površinskih slojeva konstrukcijskih metala često određuju njihovu vrijednost jer ona presudno utječu na trajnost u eksploataciji, a time i ekonomičnost primjene. Zato se posvećuje sve veća pažnja inženjerstvu površina i tehnologijama površina. U industrijskim razvijenim zemljama se u posljednje vrijeme tehnologije površina označavaju kao ključne tehnologije jer o njihovoj primjeni uvelike ovisi kvaliteta proizvoda. Razvoj tehnologija inženjerstva površina je vrlo intenzivan i povezan s razvojem tehnike na mnogim temeljnim područjima znanosti i tehnologije.

Na temeljnim fizikalnim i kemijskim zakonitostima procesa izvršena je klasifikacija postupaka obrade površina. Temeljna je podjela na postupke prevlačenje i na postupke modificiranja. Kod postupaka prevlačenja površinski sloj se stvara na polaznoj površini dok kod postupaka modificiranja površinski sloj nastaje od polazne površine prema unutrašnjosti metala. Zajedničko za oba procesa je priprema metalne površine koja treba biti kvalitetno provedena da bi postupak obrade bio uspješan. U ovom poglavlju obraditi će se na postupke prevlačenja.

## 3.1 Priprema površine metala

Preduvjet za kvalitetno prevlačenje metalnog predmeta je dobra priprema njegove površine. Prije svake zaštite potrebno je s površine ukloniti nečistoće kao produkte korozije, okujine, masnoće i dr. Nečistoće se uklanjaju postupcima čiji karakter i redosljed ovise o stupnju onečišćenja, vrst prevlake, i željenom izgledu površina.

Postupci pripreme površine prije zaštitnog prevlačenja jesu [5]:

- mehanički
- kemijski
- elektrokemijski
- odmašćivanje

### 3.1.1 Mehanička obrada

Mehaničkom obradom se skidaju korozijski produkti i ona sadrže sljedeće postupke [5]:

- brušenje (grubo i fino) koje se provodi čvrstim ili elastičnim kolutima s abrazivom ili neprekidnom trakom s abrazivom
- poliranje, tj. uklanjanje neravnina zaostalih nakon brušenja provodi se pastom ili prahom za poliranje
- obrada u bubnjevima se provodi za sitne predmete (neosjetljive na udar) uz rotiranje s abrazivom (kvarcni pijesak, a u novije vrijeme se koriste rotirajuće četke)
- četkanjem, tj. skidanje rahlih korozijskih produkata s površine metala četkama od metalne žice (čelik, mjed) ili perlona. Pri strojnoj obradi se koriste rotirajuće četke
- pjeskarenjem se uklanjaju korozijski produkti, te stare metalne ili nemetalne prevlake, i to u struji kvarcnog pijeska ili, u novije vrijeme, u struji korunda s komprimiranim zrakom. Upotrebom korunda uklonjen je nedostatak pjeskarenja kvarcnim pijeskom u smislu stvaranja za zdravlje opasne silikatne prašine koja izaziva tešku bolest dišnih organa, silikozu. Površina metala nakon pjeskarenja je jednoliko hrapava i dobra je podloga za nanošenje premaza
- sačmarenje, postupak sličan pjeskarenju, provodi se mlazom čelične sačme pomoću specijalnih mlaznica

### 3.1.2 Kemijska obrada

Kemijska obrada u otopinama kiselina ili lužina (dekapiranje) služi za uklanjanje korozivskih produkata i anorganskih očišćenja s površine metala. Razlikuje se kiselinsko dekapiranje (najčešće u otopinama sumporne ili klorovodične kiseline za željezo i čelik, te u otopini dušične kiseline za bakar) i lužnato dekapiranje (u otopini natrijevog hidroksida). Zahtjevi koji se postavljaju za sredstva za kemijsku obradu su brzo otapanje korozivskih produkata, niska cijena, neotrovnost, mogućnost regeneriranja, neisparljivost i što manje otapanje metala. Otapanje metala se sprečava dodatkom inhibitora korozije.

### 3.1.3 Elektrokemijska obrada

Elektrokemijska obrada uključuje elektrokemijsko nagrizanje i elektrokemijsko poliranje. Elektrokemijsko nagrizanje je uklanjanje oksida i drugih produkata korozije s površine metala, uronjenog u elektrolit, istosmjernom strujom. Može biti anodno (metal je spojen kao anoda) ili katodno (metal je spojen kao katoda i nalazi se u otopini kiseline). Na metalu se pri katodnom nagrizanju razvija vodik koji mehanički odstranjuje okside s površine metala. Kod katodnog nagrizanja nema opasnosti od otapanja metala, ali postoji opasnost od vodikove krhkosti koja se može spriječiti kombinacijom anodnog i katodnog nagrizanja. Elektrokemijsko poliranje je postupak pri kojem, za razliku od mehaničkog poliranja, ne dolazi do promjene metalne strukture zbog topline oslobođene trenjem. Metalni dijelovi koje treba elektropolirati spojeni se kao anode u elektrolitu određenog sastava i koncentracije. Najčešće se upotrebljava smjesa  $H_3PO_4$  i  $HClO_4$  uz dodatak  $H_2SO_4$ . Za katode upotrebljavaju se grafit ili olovo.

### 3.1.4 Odmašćivanje

Odmašćivanje je potpuno uklanjanje masnih tvari s površine metala i neophodno je kod pripreme površine za nanošenje prevlaka kako bi prevlaka dobro prijanjala na metalnu površinu.

Postupci odmašćivanja su [5]:

- pomoću lužnatih otopina (5-10% NaOH, KOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>); provodi se u uređajima za odmašćivanje prskanjem vrućom lužnatom otopinom kao i upotrebom industrijskih deterđenata. Al, Zn i njihove legure ne smiju se odmašćivati u lužinama jer se otapaju. To vrijedi i za nemetalne materijale
- pomoću organskih otapala, provodi se prskanjem otapala po predmetu, uranjanjem ili izlaganjem pari otapala. Zapaljiva su otapala derivati nafte, benzin, petrolej a nezapaljivi trikloretil i tetraklorugljik (ali su toksični).
- elektrokemijsko odmašćivanje, može biti katodno (provodi se u kadi s lužnatom otopinom elektrolita u kojoj su predmetni, koje treba odmastiti, spojeni na katode), anodno (kisik koji se tim postupkom izdvaja na anodi, slabije od vodika odvaja masnoću s površine pa se rjeđe upotrebljavaju)
- odmašćivanje ultrazvukom, završni postupak nakon grubog odmašćivanja. Izvor ultrazvuka je visokofrekventni generator koji daje visoku frekvenciju za pogon titrajućeg tijela. Ova metoda se najčešće koristi za odmašćivanje sitnih predmeta. Postupak je skup ali djelotvoran.

## 3.2 Metalne prevlake

Metalne prevlake nanose se na površinu drugog metala ne samo zbog zaštite metala od korozije već i u svrhu promjene nekih fizikalno-mehaničkih svojstava kao tvrdoće, otpornosti, električne vodljivosti, dekorativnosti i dr. Kao zaštitne prevlake metali imaju prednosti i nedostatke. Prednosti su omogućavanje visoke toplinske i električne vodljivosti, spajanje metala lemljenjem te postojanost u smislu oštećenja. Nedostatak je teško nadomještanje u slučaju oštećenja. Prema zaštitnim svojstvima metalne prevlake mogu se podijeliti na katodne i anodne. Katodne prevlake imaju pozitivniji elektrodni potencijal od elektrodnog potencijala metala koji se zaštićuje. Primjer su prevlake zlata, srebra, nikla, kroma, olova i kositra na ugljičnom i niskolegiranom čeliku. Katodne prevlake zaštićuju metal mehanički, odvajajući ga od agresivne sredine. Dobre su samo ukoliko su potpuno kompaktne.

Anodne prevlake imaju negativniji elektrodni potencijal od elektrodnog potencijala metala koji se zaštićuje. Primjer su prevlake cinka i kadmija na ugljičnom čeliku. Anodne prevlake zaštićuje temeljni metal od korozije ne samo mehanički već i elektrokemijski. Mehanizam zaštite je jednak mehanizmu katodne zaštite anodnim protektorima. Korozija temeljnog metala prestaje pri uspostavljanju potencijala koji je negativniji od ravnotežnog potencijala temeljnog metala. Primjer su prevlake cinka na čeliku gdje se u porama ne otapa metal podloge nego anodna prevlaka.

## 3.2 Anorganske nemetalne prevlake

Anorganske nemetalne prevlake su mehaničkim ili kemijskim putem nastali filmovi ili slojevi odgovarajućeg kemijskog spoja na površini metala. Anorganske prevlake dobivene mehaničkim putem slabije prijanjaju za temeljni materijal. Mehaničkim se putem dobivaju prevlake od emajla kao i betonske prevlake. Emajliranje je postupak prevlačenja metala specijalnim vrstama stakla (emajla). One služe u dekorativne i zaštitne svrhe i mogu se nanositi na sve metale, ali se najčešće emajliraju predmeti od čeličnih limova i željeznih lijevova. Proces se sastoji u tome da se na pripremljenu metalnu površinu nanese sloj mljevenog stakla (frite) koji se pečenjem fiksira. Emajli su alkalijsko-borosilikatna stakla, koji su radi postizanja određenih karakteristika prevlaka dodati drugi spojevi. Kemijska svojstva emajla prvenstveno su značajna za gotovo sve primjene emajliranih metala. Već prema namjeni emajliranih predmeta, od staklene prevlake na njima traži se da bude otporna prema različitim utjecajima (kiselinama, alkalijama) što se postiže modifikacijom njezina sastava. Općenito, prevlake od emajla vrlo su prikladne za zaštitu metala od korozije u jako agresivnim sredinama. Kemijskim putem dobivene prevlake mogu i obojiti metal. Zaštićeni metali dobivaju ovim postupkom drugu boju koja je rezultat kemijske reakcije između metala i komponeneta same okoline. Na taj način nastaje umjetno izazvana korozija jer se stvaraju prevlake korozijskih produkata koje djeluju zaštitno. Postoje tri temeljna postupka za dobivanje kemijskih prevlaka: termički, kemijski i elektrokemijski [5]. Svi ovi postupci imaju za cilj stvaranje sloja na čistoj površini metala koji je postojan prema utjecaju okoline i koji sprečava neposredno djelovanje agresivne sredine na osnovni metal. Najčešće primjenjivane anorganske nemetalne prevlake se oksidne i fosfatne prevlake.

## 4. Organski premazi

Zaštita metalnih površina organskim prevlakama jedan je od najrasprostranjenijih postupaka u tehnici. Čak  $\frac{3}{4}$  ukupnih metalnih površina zaštićeno je organskim prevlakama.

Organskim se prevlakama smatraju sve one koje čini kompaktnima organska tvar tvorbom opne. Takvi se slojevi dobiju nanošenjem organskih premazanih sredstava (bojanjem i lakiranjem), uobičajenim podmazivanjem plastifikacijom (prevlačenjem plastičnim masama), gumiranjem i bitumenizacijom. Izraz boje i lakovi rabe se za premazna sredstva i za gotove prevlake nastale njihovim sušenjem. Njima ćemo se uglavnom baviti u ovom poglavlju. One se također nazivaju naličima ili premazima. Sve premazna sredstva sadrže vezivo, koje čini opnu prevlaci, otapalo koji obično otapa vezivo, a regulira viskoznost. Osim toga premazna sredstva mogu sadržavati netopljive praškove (pigmente i punila) koji daju nijansu i čine premaze neprozirnim, kao i različite dodatke (aditive). Lakovi mogu biti neprozirni ili čak nebojani, a ako su pigmentirani, razlikuju se od boja većom glatkoćom, sjajem i tvrdoćom prevlake. Boje i lakovi se najčešće nanose višeslojno, a svrha im je najčešće zaštitno-dekorativna. Prvi se nanose temeljni premaz koji direktno dolazi na površinu metala i mora dobro prianjati uz metal i pružiti aktivnu zaštitu od korozije. Stoga se temeljnim bojama dodaju specijalni pigmenti kao cink u prahu ili olovni minij. Pokrivni premaz se nanosi preko temeljnog premaza i stvara sloj koji će štititi temeljni sloj od agresivnog djelovanja okoline, te dati predmetu ljepši izgled. Temeljni i pokrivni premaz čine jedinstven zaštitni sustav pa je potrebno da se međusobno vežu. Prevlaka mora biti nepropusna, tvrda, elastična, otporna na kemijske agense, treba prianjati uz podlogu, te mora biti izolator električne struje.

## 4.1 Veziva

Veziva su organske tvari u tekućem ili praškastom stanju koje povezuju sve komponente premaznog sredstva, a nakon nanošenja stvaraju tvrdi zaštitni sloj. U određenom premaznom sredstvu često se kombiniraju različita veziva, kako bi se postigla željena svojstva premaza. Valja istaknuti da se vezivo premaznog sredstva bitno razlikuje od tvari koja čine opnu prevlake ako ona nastaje kemijskim otvrdnjavanjem. Važna se veziva na osnovi sušivih masnih ulja, poliplasta, derivata celuloze, prirodnih smola, prirodnog ili sintetičkog kaučuka i bituminoznih tvari. Najraširenija su poliplastična veziva alkidne smole, poliesteri viševalentnih alkohola (npr. glicerola i pentaeritriola) i dvovalentnih karbonskih kiselina. Čisti alkidni naliči nisu sušivi na zraku, pa ih nakon hlapljnja treba speći pri temperaturi od  $120^{\circ}$  -  $200^{\circ}$  C radi kemijskog otvrdnjavanja. Alkidi se vrlo često modificiraju drugim vezivima među kojima su najvažnija sušiva, polusušiva i nesušiva ulja, melaminske i karbamidne smole (aminoplasti), fenoplasti, epoksidne smole, poliuretani, celulozni nitrat kolofonij i silikoni. Katkad se alkidi modificiraju i monomerima (stirenom i metakrilnom kiselinom) koja sudjeluju u reakcijama otvrdnjavanja naliča, dovoljan dodatak uljnog firmisa čini alkidne premaze sušivima na zraku. Čisti alkidi daju tvrde i glatke prevlake, otporne do  $120^{\circ}$  C i postojane u atmosferi i slatkoj vodi. Dodatak masnih ulja čini prevlake mekšima, li žilavijima, tj. otpornijim na savijanje i udarce. Modificiranje epoksidnim smolama, poliuratanima i akrilatima povećava postojanost u slabo kiselim i lužnatim otopinama, a modificiranje fenoplastima i silikonima daju otpornost na više temperature. Alkidi modificirani aminoplastima daju sjajnije prevlake, otpornije na abraziju i postojanije prema detergentima. Nitroceluloza produžuje trajnost alkidnih naliča na otvorenom prostoru, a kolofonij pridonosi njihovoj tvrdoći. Posebnim postupkom modifikacije mogu se dobiti vodotopljive alkidne smole [3].



## 4.2 Pigmenti

Pigmenti su prirodne ili umjetne praškaste tvari najčešće anorganskog porijekla, koje se ne otapaju u vezivu i zaštitnom sloju daju boju. Uloga pigmenata je da premaze učine neprozirnim, da povećaju mehanička i zaštitna svojstva premaza, te njihovu kemijsku i termičku postojanost i da poboljšaju refleksiju svjetlosti, a time smanjenje zagrijavanja i fotodestrukciju. Zaštitno djelovanje pigmenata može biti pasivizirajuće (djelovanje na metla imaju pigmenti oksidirajućih svojstava koji na metalnoj površini stvaraju pasivni oksidi sloj, takvo djelovanje na željezo imaju olovni minij i olovni kromat), inhibitorско (djelovanje se temelji na reakciji između pigmenata i veziva ili između pigmenata i okoline pri čemu nastaje inhibitor korozije), neutralizirajući (temelji se na lužnatim svojstvima pigmenata koji neutraliziraju kiselinu iz okoline) i djelovanje katodnom zaštitom (omogućuju samo metalni pigmenti čiji je elektrodi potencijal negativniji od potencijala metala koji se štiti). Jeftini pigmenti zovu se punilima. Također to su praškaste tvari anorganskog podrijetla koje smanjuju poroznost ali i cijenu finalnom proizvodu. Služe i za postizanje boljih optičkih i mehaničkih svojstava (sjaj, čvrstoća, prijanjanja, otpornost na trošenje i sl.). Najpoznatija punila su barit, kreda i silikati [3].

## 4.3 Otapala

Otapala (razrjeđivači) su organski spojevi u kojima se vezivo otapa, ali pritom ne dolazi do kemijskih promjena. Upotrebljavaju se za postizanje određene viskoznosti zaštitnih sredstava, tako da se ona mogu lako nanjeti na metalnu površinu. Najznačajnija su otapala neki aromatski i alifatski ugljikovodici (toluen, ksilen, benzini) i jeftini alkoholi. Nakon nanošenja premaznog sredstva na podlogu, otapala isparavaju, a nanese sloj na podlozi skrućuje stvarajući čvrstu prevlaku. Pri izboru otapala treba imati u vidu pravilo „slično se otapa sličnim“. Primjena neodgovarajućih otapala ima za posljedicu dobivanje nekvalitetnih premaza [3].

## 4.4 Nanošenje organskih premaza

### 4.4.1 Nanošenje premaza

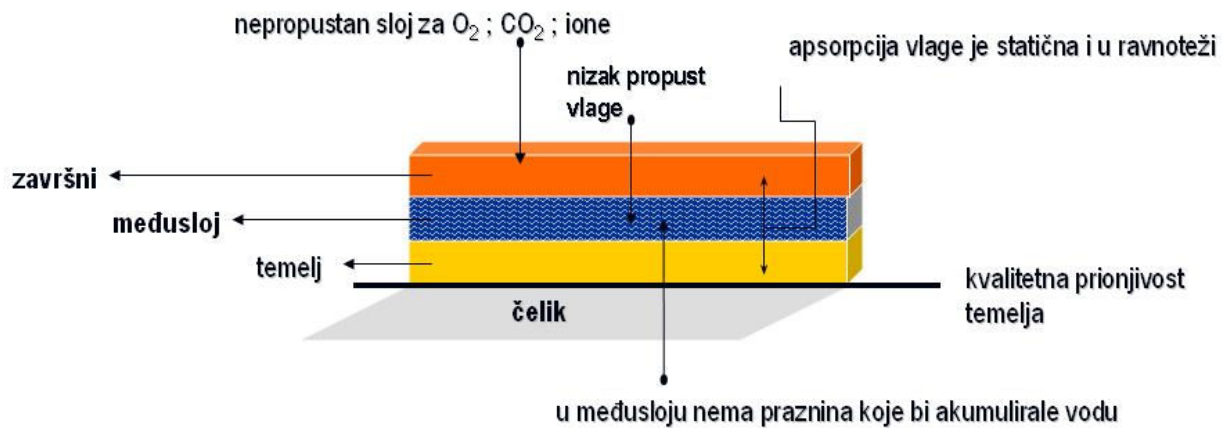
Temeljni premaz potrebno je nanijeti odmah nakon pripreme površine, po mogućnosti još istog dana kada je priprema provedena. Nanošenje premaza na podlogu redovito se obavlja višeslojno uz djelomično ili potpuno sušenje prethodnog sloja. Veziva slojeva koji se dodiruju moraju biti istovrsna ili kompatibilna, a također je nužna kompatibilnost između podloge i temeljnog sloja. Zbog toga se preporuča cijeli premazni sustav izvesti sredstvima istog proizvođača.

Kako je već rečeno zaštitni sloj sastoji se od temeljnog sloja, jednog ili više međuslojeva i završnog sloja, od kojih svaki sloj ima svoju funkciju.

Temeljni premaz je prvi sloj koji je nanesen na metalnu površinu. Osnovna mu je funkcija osiguranje dobre prionjivosti između premaza i podloge. Ako temeljni premaz ne prijanja dobro na podlogu, narušena je funkcionalnost cijelog premaznog sustava. Priprema površine pomaže dobroj prionjivosti uklanjajući razne nečistoće i osiguravajući traženu hrapavost, odnosno glatkoću. Mnogi temeljni premazi za zaštitu čelika sadrže antikorozivne inhibirajuće ili inertne pigmente čime se zaštita od korozije dodatno pojačava.

Međuslojni premaz u sustavu pojačava zaštitna svojstva premaza stvarajući barijerni efekt. Osnovno svojstvo mu je kompatibilnost sa završnim i temeljnim slojem. Često se koristi kada temeljni i završni sloj nisu međusobno kompatibilni. Broj međuslojeva ovisi o željenoj debljini suhog filma. Naime, međusloj je obično jeftiniji od temeljnog i završnog sloja pa se debljina između ostalog podešava i brojem međuslojeva. Na slici 4 prikazan je sustav zaštite premazom čelika.

Završni premaz poboljšava površinsku otpornost sustava zaštite od korozije premazima, te njegova mehanička i fizikalna svojstva. Osigurava ispunjenje zahtjeva za određenim nijansama, sjajem, glatkoćom.



**Slika 10.** Sustav zaštite čelika na osnovi nepropusnosti [6]

Premazi se mogu na metalnu podlogu nanositi na više načina: kistom, valjkom i štrcanjem koje može biti bezračno, zračno, elektrostatsko i toplo. Izbor adekvatnog postupka nanošenja utječe na prionjivost, kako na podlogu tako i na prionjanje među slojevima, debljinu filma, a osim toga i na brzinu rada, kvalitetu i ekonomičnost rada.

Prije samog nanošenja valja se upoznati s premaznim sredstvom koje se nanosi. Važno je proučiti i pridržavati se uputa i upozorenja koje navodi proizvođač. Svojstva koja navodi proizvođač u uputama najčešće su: vrsta polimernog veziva, vrsta pigmentata, udio krutih čestica), viskozitet, pokrivna moć, tipična debljina mokrog i suhog filma, hlapljive komponente, brzina sušenja, boja, stupanj sjaja, trajnost, način i uvjeti skladištenja, toksičnost. Općenito se ne preporuča rad na temperaturama nižim od 5 °C te relativnoj vlazi zraka većoj od 75 %.

Nanošenje kistom jedna je od najstarijih načina nanošenja. Prednosti su mu niski troškovi investiranja i nije potrebna kvalificirana radna snaga. Nanošenje valjkom provodi se na većim konstrukcijama. Nije pogodno za nanošenje temeljnog sloja, redovito se primjenjuje za nanošenje završnih slojeva radi postizanja ljepšeg izgleda i veće brzine rada s obzirom na nanošenje kistom. Nanošenje štrcanjem omogućuje veću brzinu rada i prikladno je za serijsku proizvodnju pri čemu je potrebno voditi računa o zaštiti okoliša [6].

#### 4.4.2 Sušenje

Stvoreni film na podlozi suši se fizikalno ili kemijski. Kemijski sušivi premazi dijele se na one koji se suše pri sobnoj temperaturi i na one koji se suše pri povišenim temperaturama. Sam način sušenja ovisi o sastavu premaza.

Od suhog premaza očekuje se :

- prionjivost na podlogu,
- otpornost na trošenje, na mehaničke uvjete, na vremenske utjecaje,
- elastičnost,
- nepropustljivost za korozijske čimbenike,
- aktivno antikorozijsko djelovanje,
- kemijska inertnost,
- kompaktnost,
- dekorativnost.

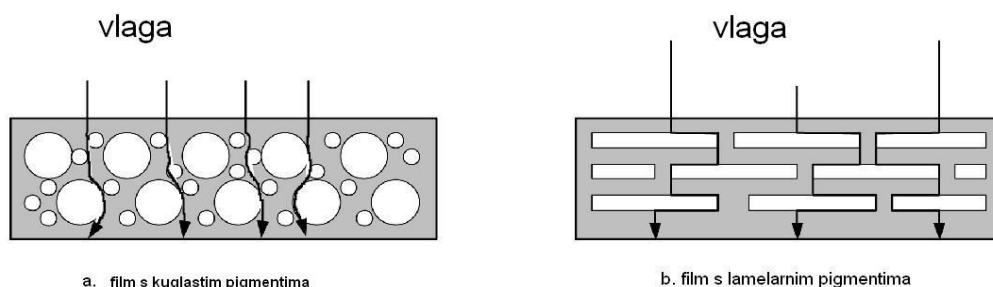
## 4.5 Mehanizmi zaštite čelika premazima

Čelik je široko upotrebljiv tehnički materijal u proizvodnji i primjeni. Dolazi u različitim oblicima i sastavu, a koristi se za izgradnju mostova, dijelova automobila, namještaja, kućnih pomagala itd. Svjetska proizvodnja iznosi više od 900 milijuna tona, što je više od 50 % od ukupne proizvodnje svih tehničkih materijala. Primat u primjeni čelicima daje dobra kombinacija svojstava-čvrstoće, žilavosti, rezljivosti, spojivosti, oblikovljivosti deformacijom, mogućnost promjene svojstava legiranjem, toplinskom obradom, oblikovljivosti deformiranjem te relativno niska cijena. Međutim, čelik je podložan koroziji. Zaštita čelika premazima zasniva se na tri mehanizma: barijerna zaštita, inhibirajuća zaštita i katodna zaštita [7].

### 4.5.1 Barijerna zaštita

Barijernom zaštitom premaza, čelik se štiti stvaranjem filma na njegovoj površini. Suhi film sprječava kisik i vlagu da dođu u kontakt sa čelikom. Bez kisika nema oksidacije čelika. Osim kisika iz zraka oksidaciju čelika uzrokuje i kisik iz vlage koja je inače elektrolit. Međutim, nijedan premaz nije potpuno nepropustan prema vlazi i kisiku pa i vlaga i kisik difundiraju u premaz, ali do određene razine. Difuzija kisika i tekućina kroz materijal bez fizikalnog ili kemijskog utjecaja na njega naziva se permeabilnost. Premazi koji zaštićuju čelik stvaranjem barijere imaju niski otpor difuziji vlage.

Tipični premazi koji štite čelik barijernom zaštitom su epoksi boje, vinilne boje, klorkaučuk boje, poliuretanski premazi i boje sa asfaltom kao vezivom. Barijerna zaštita premaza može se poboljšati dodatkom posebnih lamelarnih pigmentata u sastav premaza. Lamelarni pigmenti orijentirani su paralelno s površinom čelika, tako da vlaga ima duži i kompliciraniji prolaz oko pigmentata do površine koja se štiti, kao što je prikazano na slici 11 [8].



**Slika 11.** Barijerna zaštita s pigmentima [9]

#### 4.5.2 Inhibirajuća zaštita

Premazi koji štite čelik inhibiranjem korozijskog procesa sadrže posebne pigmente koji koče ionizaciju čelika, tj. anodni dio korozijskog procesa. Tipični antikorozijski pigmenti su olovni i kromatni pigmenti. Međutim, zbog njihove otrovnosti treba ih izbjegavati. U posljednjih nekoliko godina cink-fosfatni pigmenti potpuno su zamijenili kromatne.

Antikorozijski pigmenti dodaju se najčešće uljnim bojama, alkidnim bojama, vodotopivim i vodorazrijedivim bojama, koje nemaju toliku propusnost vlage kao premazi koji štite isključivo stvaranjem barijere [10].

#### 4.5.3 Katodna zaštita

Treći mehanizam zaštite čelika od korozijskog djelovanja premaza temelji se upotrebi cinka u temeljnom sloju. U temeljne slojeve dodaje se cink u obliku praha i to u velikim količinama. Na kontaktu čelika i cinka stvara se korozijski članak, u kojem je cink, zbog negativnijeg elektrodnog potencijala lokalna anoda koja se troši tijekom korozijskog procesa. Cink korodira i tako štiti čelik, pa se takva vrsta zaštita naziva žrtvovanim protektorom. Cinkom bogati premazi dijele se na organske i anorganske. Podjela se odnosi na vezivo korišteno u premazu, a ne na cink. Anorganski premazi bogati cinkom moraju se nanositi štrcanjem, ne mora se na temeljni sloj nanijeti završni i bolje štite čelik od organskih premaza bogatih cinkom. Oni se mogu nanositi kistom, valjkom ili štrcanjem i mogu biti u kombinaciji sa bilo kojim organskim vezivom.

I jedni i drugi pružaju dobru antikorozijsku zaštitu, posebno kad je čelik u dodiru sa agresivnim medijem [11].

## 5. Organske prevlake na nehrđajućim čelicima

### 5.1 Sferosilikonski premazi na nehrđajućim čelicima

Prirodna oksidacija na metalnim površinama daje odličnu zaštitu protiv korozije, osim za nepovoljne uvjete zato što oksidacijski proces nikada ne prestaje. Ova nova tehnologija koristi sfereosilikonske prevlake koja može stabilizirati i očuvati površinske okside za očuvanje novih, kemijski povezanih, hidrofobičnih neorganskih slojeva na nehrđajućim čelicima i drugim površinama. Površinska obrada, može biti primijenjena sa CVD-om ili sa manje zahtjevnim toplinskim metodama koje daju bolju otpornost na interkristalnu koroziju. Substanca koja se primjenjuje za stabiliziranje površinskih oksida može biti korištena tako da služi kao primarni sloj sposoban da veže kemijske sa konvencionalnim organskim prevlakama kao što su epoksi i uretanske smole. Veoma elastični organski završni slojevi na metalnim površinama mogu biti postignuti. Tehnika nanošenja čini ovu tehnologiju primjenjivu za širok spektar struktura uključujući unutrašnjost cijevi i komplicirane male dijelove. Debljina stabilnog oksidnog sloja može biti promjenjiva za debljine do otprilike 0.6 nm pa zato, na primjer, rezni alati i oštrice mogu biti presvučeni bez da to utječe na njihovu oštrinu. Osim što pomažu u sprječavanju korozije, zaštitni slojevi također poboljšavaju tribološka svojstva. Njegova cijena može biti dovoljno niska da daje pravo na sfereosilikonske premaze i na masivne strukture jer se zbog njegove kvalitete i dugotrajnost zaštita isplati. Mikroekonomske koristi od sfereosilikonskih premaza se očekuju da budu iznimno jake u proračunjavanju troškova i na mjestima gdje je korozijska zaštita uvjetovana. Svojstva spajanja metala ovih neorganskih materijala razlikuju se od tradicionalnih silikonskih „difuzijskih prevlaka“ koje imaju sklonost da budu pjegave i da se troše. Difuzijske prevlake se oslanjaju na fizičku interakciju sa metalom, dok sfereosilikonski premazi stvaraju jednako raspodijeljen zaštitni sloj, koji su pričvršćeni sa energijom kemijskih veza. Od njih se očekuje da metalne dijelove trajno učine otporne na kiseline i omogućuju potpuno nov pristup proizvodnje organskih prevlaka metala [8].

## 5.2 Polietilenski premazi na nehrđajućim čelicima

Rezultati fotodinamičke polarizacije i cikličke fotodinamičke polarizacije pokazuju da polietilenska prevlaka pruža odličnu zaštitu i na lokalnu i opću koroziju nehrđajućeg čelika X 5 CrNi 18 9. Potencijal korozije je oko 0,19 V više pozitivan u vodenastoj otopini s 3% NaCl za polietilenske obložene čelike od običnih čelika i smanjuje brzinu korozije čelika gotovo za faktor 20. Korištenjem vodljivih polimera za zaštitu metala od korozije dobilo je više pažnje u posljednjih nekoliko godina. Sada je dobro utvrđeno da je elektrokemijska polimerizacija prigodan način za sinteriranje novih vodljivih polimera na metalne površine. Iako se otkrilo da vodljivi polimeri najviše obećavaju za zaštitu od korozije, elektrokemijska polimerizacija polimera nije jednostavna na oksidiranim površinama metala. Elektrokemijskoj polimerizaciji nanošenja polimera na oksidacijske metale prethodi je raspad osnovnog metala na potencijal manji od oksidacije potencijala monomera. Dakle, oksidacija metala pojavljuje se kao simultano i konkurentan proces oksidacije na potencijale adekvatne za formiranje polimera. Dakle, elektrokemijska polimerizacija uspješnog provođenja polimera na oksidacijske metale zahtijeva pažljiv izbor, podržavanjem elektrolita i uspostavu elektrokemijskih parametara, koji će snažno pasivizirati metal bez impedancije elektropolimerizacijskog procesa. Mogućnost korištenja polianilinskih premaza za zaštitu od korozije nehrđajućeg čelika prvi put iznosi *Mengoli* 1981., a kasnije *DeBerry* 1985. Nakon toga, veliki broj studija je obavljeno o istraživanju zaštitnog ponašanja polianilinskih premaza na nehrđajućim čelicima. *Spinks* predstavlja odličan pregledni rad opisujući utjecaj vodljivih polimernih premaza za zaštitu od korozije željeza, čelika i nehrđajućeg čelika. *Kraljic* je sintetizirao polianilne premaze na nehrđajućim čelicima pomoću dva različita potporna elektrolita, fosfatnu i sumpornu kiselinu, i istražio je zaštitna svojstva elektrolita. Oni su zaključili da polianilini premaz, sintetiziranim u fosfatnoj kiselini, ima bolja zaštitna od svojstava zaštitnih premaza sintetiziran u sumpornoj kiselini. Međutim, oni su primijetili da polianilini premaz ne pruža dobru zaštitu u mediju koji sadrži klor. *Sathiyarayanan* je elektrosintezirao polianilini premaz na nehrđajućem čeliku iz srednje sumporne kiseline i procijenio zaštitu od korozije ovih premaza u H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl i NaCl otopini. Zaključio je da polianilini premazi daju više od 90% zaštite u srednjim kiselinama. Međutim, polianilini zaštitni premazi nisu djelotvorni u NaCl mediju. Nadalje, oni promatraju da polianiline prevlake su stabilnije u H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> okolini nego u HCl okolinama. Uključivanje konstituenata u polimernu strukturu je uobičajena tehnika da sintetizirani polimeri imaju poboljšana svojstva. Ovaj koncept je uspješno primijenjen na polianilini [9].

Dokazano je da elektrokemijska polimerizacija u vodenastoj otopini tartrate rezultira depozicijom homogenih i dobro prionjivih politoluidnih premaza na niskougljičnim čelicima.



Ovi premazi, pružaju odličnu zaštitu od korozije čelika, posebno u vodenastoj otopini 3% NaCl. U radu su navedeni pokušaj i sintetiziranja čvrsto prionjivih polietilenskih premaza na nehrđajućim čeličnim podlogama koje elektrokemijskom polimerizacijom iz vodenastih silikatnih otopina ispituje sposobnost tih premaza da služe kao zaštitne prevlake za čelike. Ciljevi : razvijanje odgovarajućeg elektrokemijske polimerizacije sintetiziranog polietilenskog premaza na nehrđajućem čeliku X 5 CrNi 18 9, pronalaženje potencijalno dobrog, jeftinog i lako dostupnog potpornog elektrolita za elektrokemijsku polimerizaciju etilen, sintetiziranje homogene, kompaktne i čvrsto prijanjanje polietilenske podloge, ispitati mogućnost pomoću polietilenskih premaza za zaštitu od korozije nehrđajućih čelika u kloridnom okolišu. Razlozi za odabir etilena-monomera su raznolike. Ti razlozi su da je orto supstituirani etilen (izvedenica od aniline s etil ( $C_2H_5$ ) komercijalno dostupan za nisku cijenu, monomer etilen ima prilično dobru topljivost u vodi i stoga je moguće razviti elektrokemijske polimerizacije koristeći vodenastu okolinu koja će smanjiti korištenje opasnih kemikalija, kao i troškove odlaganja otpada; ova studija istražuje mogućnost pomoću polietilena kao alternativa polianilini za zaštitu od korozije čelika [9].

### 5.2.1 Osobine polietilenskih premaza [9]

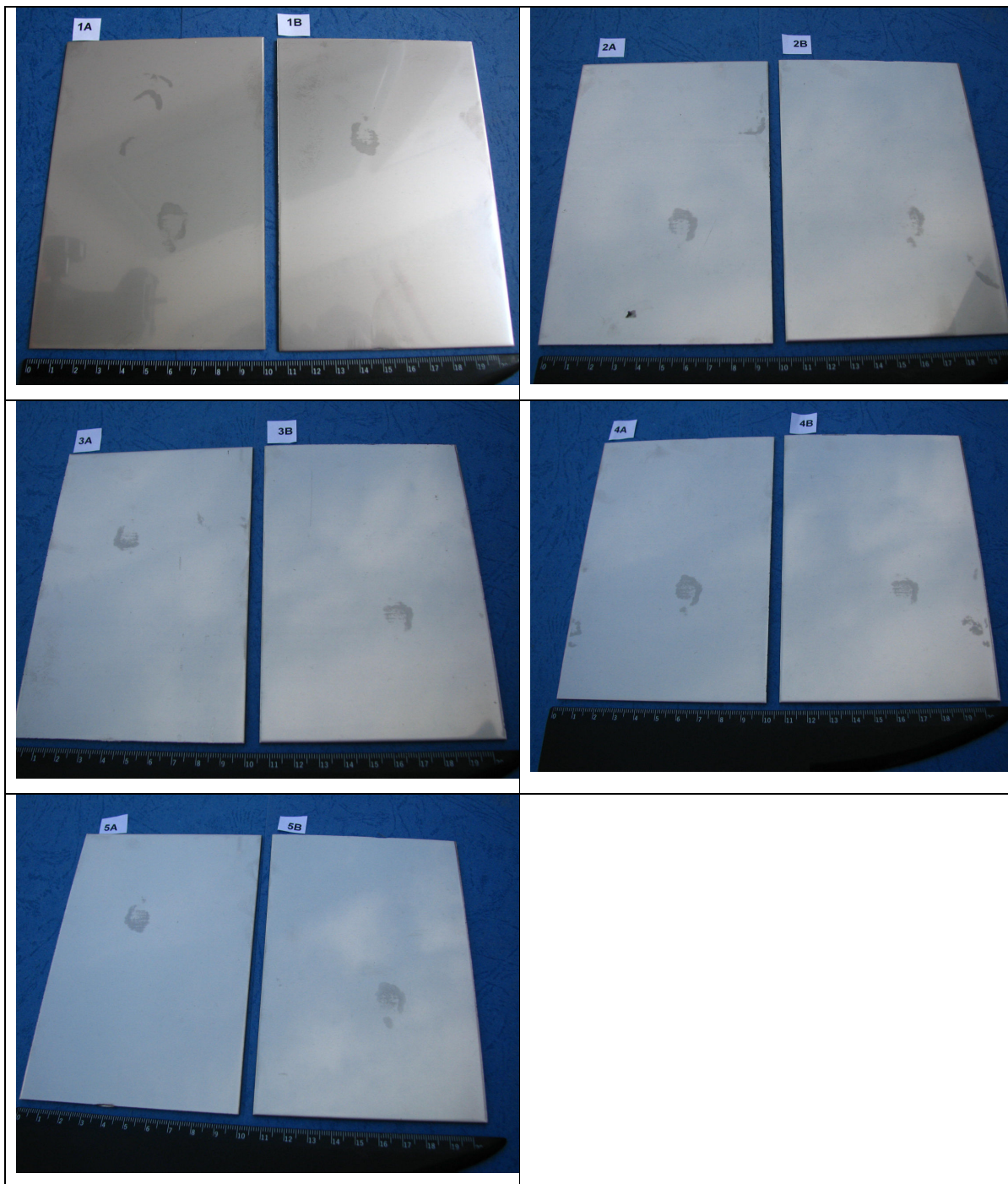
- Elektrokemijska polimerizacija polietilena iz vodenaste silikatne otopine generira jednoliko i snažno prijanjanje polietilenskih premaza na nehrđajućem čeliku. Proces elektrokemijske polimerizacije događa se u jednom koraku bez otapanja čelične podloge.
- Rezultat optičke apsorpcijske spektroskopije otkriva formiranje mješovitih faza pernigraniline baze i soli emeraldine (oblik etilena)
- Fotodinamička polarizacija otkriva da polietilen djeluje kao zaštitni sloj od korozije na nehrđajućem čeliku X 5 CrNi 18 9 u 3% NaCl otopini.
- Korozijska stopa polietilenskih premaza (10  $\mu\text{m}$ ) na nehrđajućim čelicima je 20 puta niža od nehrđajućeg čelika X 5 CrNi 18 9 bez premaza. Učinkovitost inhibicije je 95%.
- U kružnom fotodinamičkom polarizacijskom mjerenju je otkriveno da polietilen pruža odličnu zaštitu protiv korozije na nehrđajućem čeliku X 5 CrNi 18 9 koji je lokaliziran u 3% NaCl otopine.
- Ova studija otkriva da polietilensko premazivanje je odlična zaštita od korozije i može se smatrati kao mogući materijal za oblaganje zaštititi nehrđajućih čelika protiv lokalne i opće korozije u vodenoj otopini 3% NaCl.

## **6. Eksperimentalni rad**

Eksperimentalni dio završnog rada sastojao se od nanošenja premaznih sistema na nehrđajuće čelike te ispitivanja u slanoj komori prema normi HRN ISO 9227 i ispitivanja prionivosti prema normi HRN ISO 2808. Eksperimentalnim dijelom se željelo pokazati kako premazi pružaju dodatnu zaštitu od korozije za nehrđajuće čelike.

U eksperimentu se koristilo 10 uzoraka dimenzija 150x100 mm sa 5 različitih priprema površine. Uzorci su prije pripreme površine odmašćeni u alkoholu. Materijal podloge bio je austenitni nehrđajući čelik AISI 304 L. Uzorci su zaštićeni jednoslojnim vodorazrijedivim akrilni zaštitnim premazom oznake VpCl™ –375 proizviđača Cortec, SAD. Specifikacije premaza date se u prilogu 1. Priprema uzoraka u Laboratoriju za zaštitu materijala, FSB.

**Tablica 1.** Uzorci prije mehaničke obrade



## 6.1 Priprema površine

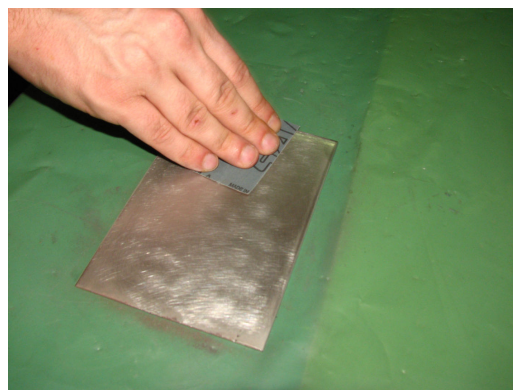
Uzorci su odmašćeni u alkoholu (slika 12) i obrađeni ručnom tehnikom brusnim papirima različite gradacije (tablica 2.)

**Tablica 2. Priprema uzoraka**

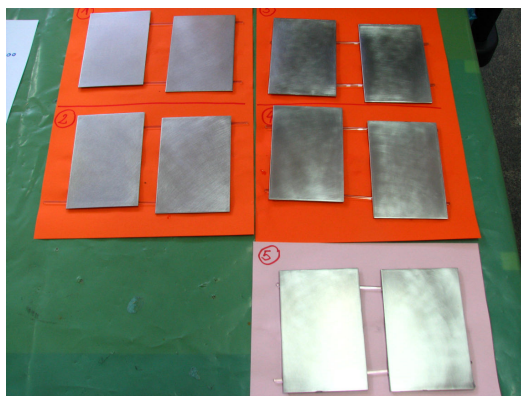
UZORCI	BRUSNI PAPIR
1A i 1B	Schotch Brite
2A i 2B	P 100
3A i 3B	P 240
4A i 4B	P 400
5A i 5B	P 600



**Slika 12.** Odmašćivanje u alkoholu



**Slika 13.** Priprema površine



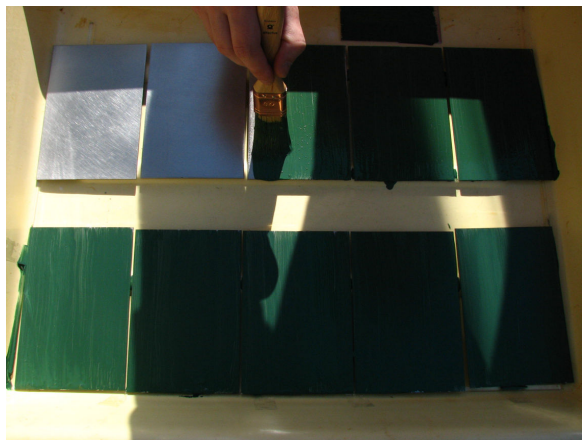
**Slika 14.** Uzorci nakon odmašćivanja i mehaničke obrade

## 6.2 Nanošenje premaza

Kao premaz korišten je jednoslojni vodorazrijedivi akrilni zaštitni premaz VpCl – 375.

Specifikacije su date u prilogu 1.

Premaz je nanošen u tri smjera, kistom.

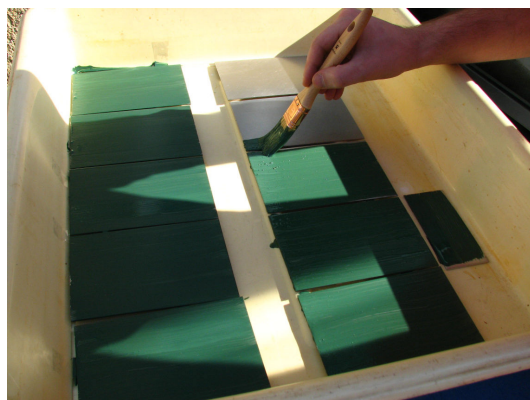


**Slika 15.** Nanašanje prvog sloja



**Slika 16.** Nanašanje drugog sloja

Drugi sloj je nanošen 30 minuta nakon prvog sloja

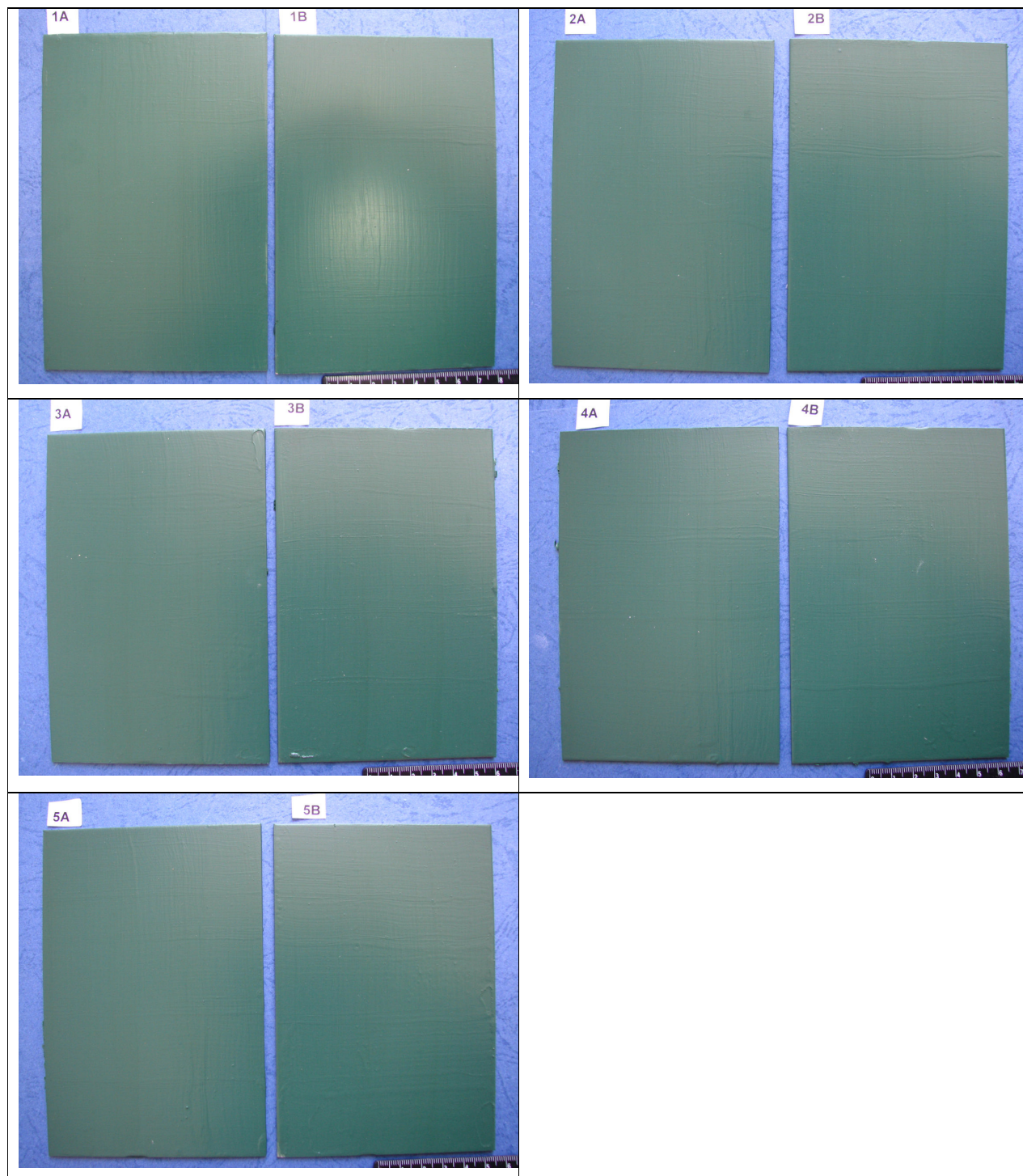


**Slika 17.** Nanašanje trećeg sloja

Treći sloj je nanošen 60 minuta nakon drugog sloja.

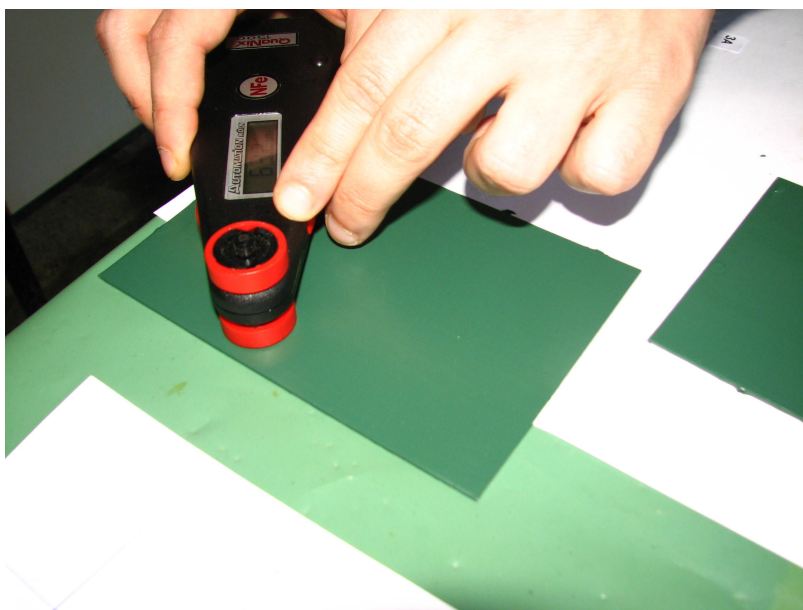


**Tablica 3.** Uzorci nakon nanošenja premaza i 72 satnog sušenja



### 6.3 Određivanje debljine sloja premaza pomoću norme HRN ISO 2808

Debljina sloja mjerodavna je za zaštitno djelovanje, trajnost zaštite, učestalost pora, tvrdoću i elastičnost premaza. Dok pretanki sloj, zbog mogućih pora ili nedovoljne pokrivenosti površine, najčešće ne daje zadovoljavajuće zaštitno djelovanje, predebeli sloj može dovesti do pogrešaka u premazu. Zbog toga je potrebno izvršiti mjerenje debljine sloja premaza. Pri ocjenjivanju premaza treba mjeriti njegovu lokalnu debljinu i to na onim mjestima gdje se očekuje najmanja debljina, s obzirom da je kvaliteta premaza definirana upravo tom minimalnom debljinom. Takvo mjesto je lako odrediti mjerenjem nekoliko debljina prevlake (u eksperimentu 10 mjesta). Korozijska otpornost raste kod većine premaza povećanjem debljine, ali također rastu i proizvodni troškovi, pa je pouzdano poznavanje minimalne vrijednosti potrebno iz ekonomskih razloga.



**Slika 18.** Mjerenje debljine suhog filma pomoću „QuaNix 1500“



Ispitivanje debljine zaštitnih prevlaka provedeno je sukladno normi HRN EN ISO 2808.

Ispitivanje debljine prevlake provedeno je pomoću uređaja QuaNix 1500 proizvođača Automation KÖLN. Uređaj ima mogućnost mjerenja sloja metodom vrtložnih struja i magnetskom metodom a pošto je čelik 3, koji smo koristili u ekperimentalnom dijelu austenitini, ounake AISI 304 L pa stoga i nemagnetičan, koristila se sonda koja radi na principu vrtložnih struja (detaljnije o uređaju u prilogu 3).

Minimalne, maksimalne, prosječne vrijednosti i vrijednosti standardne devijacije prikazane su u tablici 4.

**Tablica 4.** Debljine premaza za uzorke

UZORK	minimum	maximum	prosjek	standardna devijacija
1A	55.0µm	64.7 µm	60.3 µm	4.0 µm
2A	57.5 µm	71.8 µm	63.9 µm	4.3 µm
2A	48.3 µm	68.9 µm	60.9 µm	6.7 µm
2B	53.5 µm	78.4 µm	66.1 µm	7.5 µm
3A	52.4 µm	86.5 µm	65.7 µm	7.7 µm
3B	57.5 µm	85.6 µm	66.1 µm	13.8 µm
4A	53.9 µm	76.3 µm	65.1 µm	7.3 µm
4B	58.1 µm	92.7 µm	69.8 µm	10.7 µm
5A	62.0 µm	97.2 µm	70.5 µm	11.5 µm
5B	62.6 µm	101.0 µm	78.5 µm	12.3 µm

Prosječna vrijednost debljine premaza se kreće od 60,3 µm do 78,5 µm

Debljine premaza za svaki uzorak dane su detaljnije u prilogu 2.

## 6.4 Kontrola mikroklimatskih uvjeta

Da bi premaz bio što kompaktniji i cjelovitiji važan je utjecaj okoliša kod samog nanošenog premaza. Podaci mikroklimatskih uvjeta dati su u tablici i preuzeti s <http://meteo.hr/>. Nanošenje je provedeno na otvorenom ispred Laboratorija za zaštitu materijala, FSB.

**Tablica 5.** Mikroklimatskih uvjeti

Zagreb- Maksimir 06. 02. 2009. u 11h	
temperatura	13 °C
rel. vlažnost	65%
tlak zraka	1002.0 hPa
smjer vjetra	jugozapadni SW
brzina vjetra	0.1 m/s
naoblaka	pretežno oblačno

Postojanost nenesenog premaza u velikoj mjeri zavisi o vlažnosti metalne površine na koju se aplicira premaz. Vlaga se može nalaziti u porama metala (kondenzirana voda), a mogu je uzrokovati npr. rosa i oborine. Što je temperatura zraka veća, moguć je i veći sadržaj vlage, a i godišnja doba također mogu utjecati na sadržaj vlage.

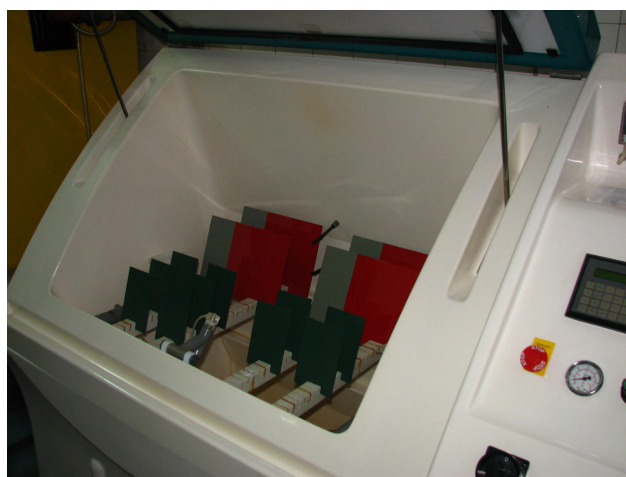
Temperatura zraka također utječe na aplikaciju premaza, te kod nižih temperatura je teže izvodiva zbog viskoziteta premaza, a brzina sušenja premaza se smanjuje.

Ispitivanje u slanoj komori sukladno normi HRN ISO 9227.

## 6.5 Ispitivanje u slanoj komori

Ispitivanje u slanoj komori provedeno je prema normi HRN ISO 9227 u komori Ascott, model S450 (detaljnije prilog 4). Koristila se 5%-tna vodena otopina NaCl a temperatura u slanoj komori iznosila je 35°C. Ispitivanje je provedeno u trajanju od 240 h (10 dana). Ispitivanje je provedeno na svim uzorcima.

Položaj ispitnih uzoraka u slanoj komori prikazana je na slici 19.

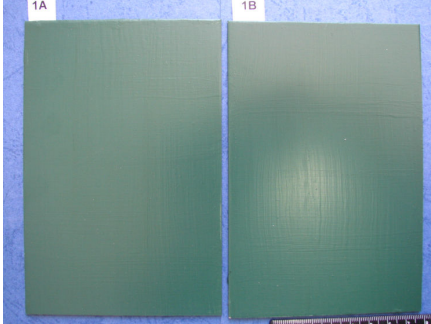

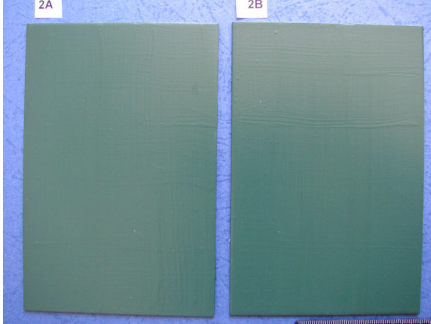
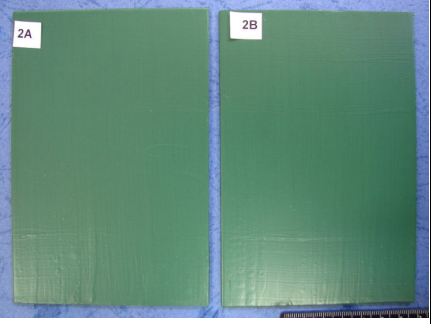
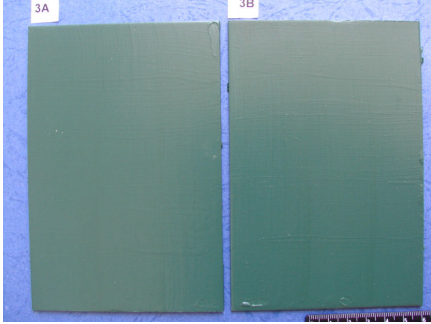
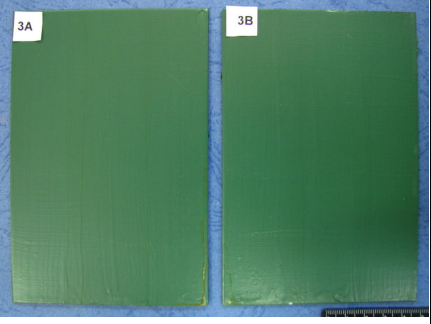
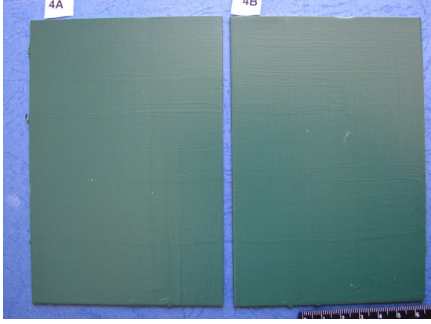
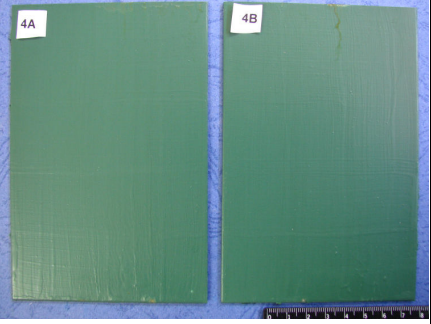


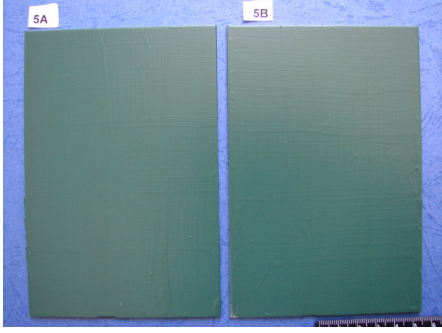
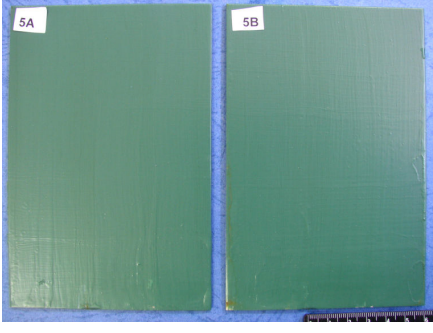
**Slika 19.** Slana komora Ascott, model S450

**Tablica 6.** Parametri ispitivanja

Parametri ispitivanja	Norma HRN ISO 9227	Uvjeti ispitivanja
Trajanje ispitivanja [ h ]	prema dogovoru	240
Temperatura ispitnog prostora [ °C ]	35±2	35±0.1
Volumen ispitnog prostora [ l ]	min 400	450
Temperatura ovlaživača komp. zraka [ °C ]	45-50	47
Tlak komprimiranog zraka [bara]	0.7-1.4	0.98
Korištena otopina	NaCl	NaCl
Koncentracija korištene otopine [ % ]	5	5
Količina sakupljenog kondenzata [l/80cm <sup>2</sup> /h]	1,5±0.5	2.0
pH vrijednost kondenzata prim [25±2°C]	6.5-7.2	7.14
Provodljivost destilirane vode [µS/cm pri 25±2°C]	max 20	<10

**Tablica 7.** Usporedba uzoraka prije i poslije slane komore

Priprema površine	Prikaz uzoraka prije ispitivanja	Prikaz uzoraka nakon ispitivanja u slanoj komori	Komentar
Schotch Brite			-nema promjene na premazu
	Uzorci 1A i 1B	Uzorci 1A i 1B	
P100			-nema promjene na premazu
	Uzorci 2A i 2B	Uzorci 2A i 2B	
P240			-nema promjene na premazu
	Uzorci 3A i 3B	Uzorci 3A i 3B	
P400			-nema promjene na premazu

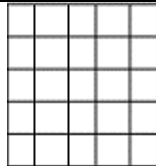
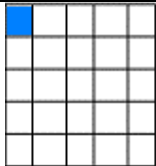
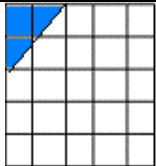
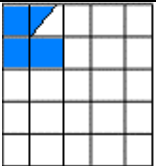
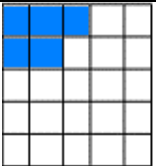
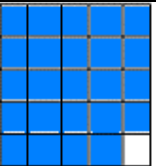
	Uzorci 4A i 4B	Uzorci 4A i 4B	
P600			-nema promjene na premažu
	Uzorci 5A i 5B	Uzorci 5A i 5B	

Ispitivanja u slanoj komori u trajanju od 240 h na 35 °C pokazala su kako jednoslojni vodorazrijedovi akrilni zaštitni premaz VpCl – 375 je postojan prema agresivnim sredinama i služi kao odlična zaštita od korozije na nehrđajućim čelicima.

## 6.6 Ispitivanje prionjivosti

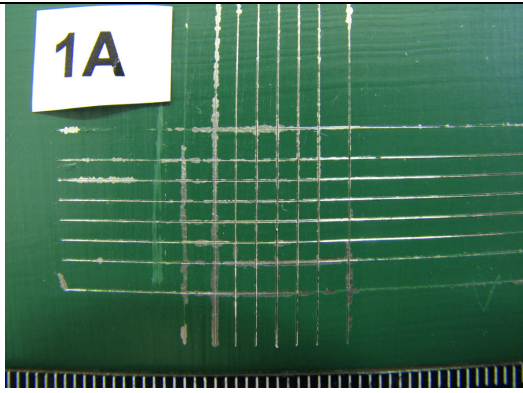
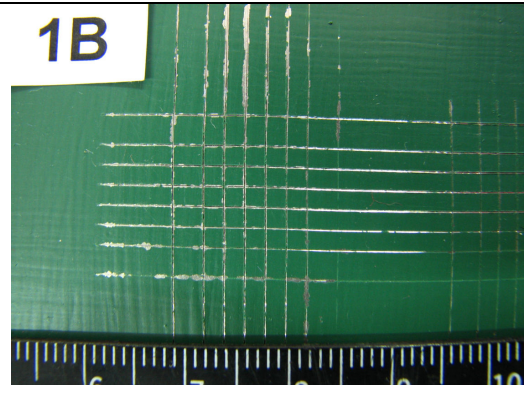
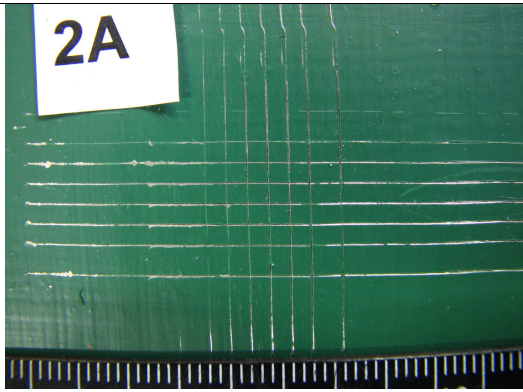
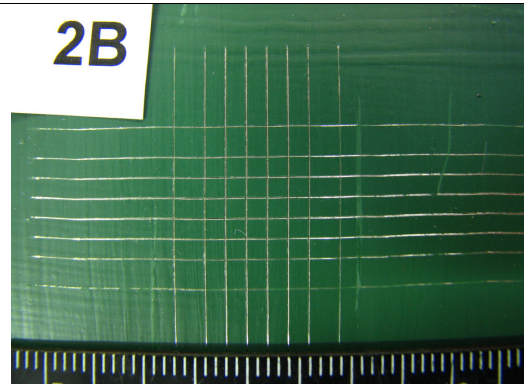
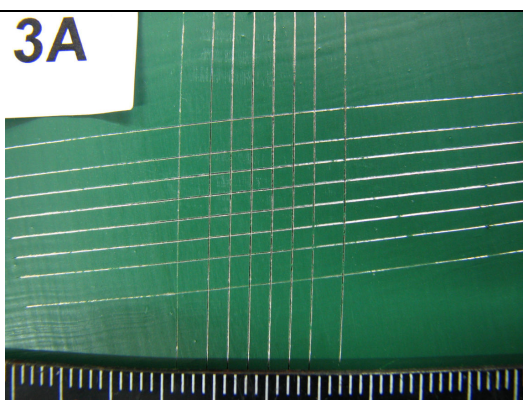
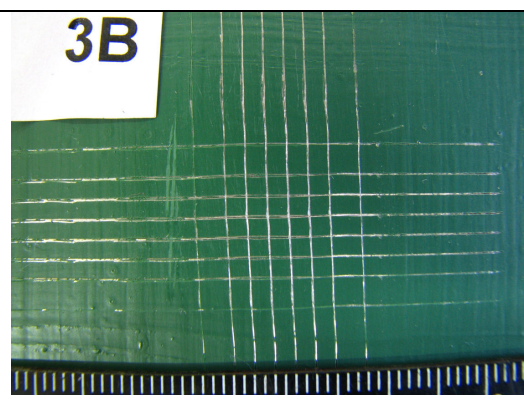
Prianjanje sloja premaza na podlogu određuje se metodom mrežice (cross-cut test) prema normi HRN ISO 2409. Ispitivanje se sastoji u tome da se u sloj premaza do podloge uređajem s pet oštrica ureže pet horizontalnih i pet vertikalnih zarezova (kvadratna mreža), prilijepi ljepljiva vrpca i nakon odkidanja vrpce promatra se postotak odvojene površine. Stupanj prianjanja određuje se promatranjem kvadratića urezane mrežice na podlogu [14].

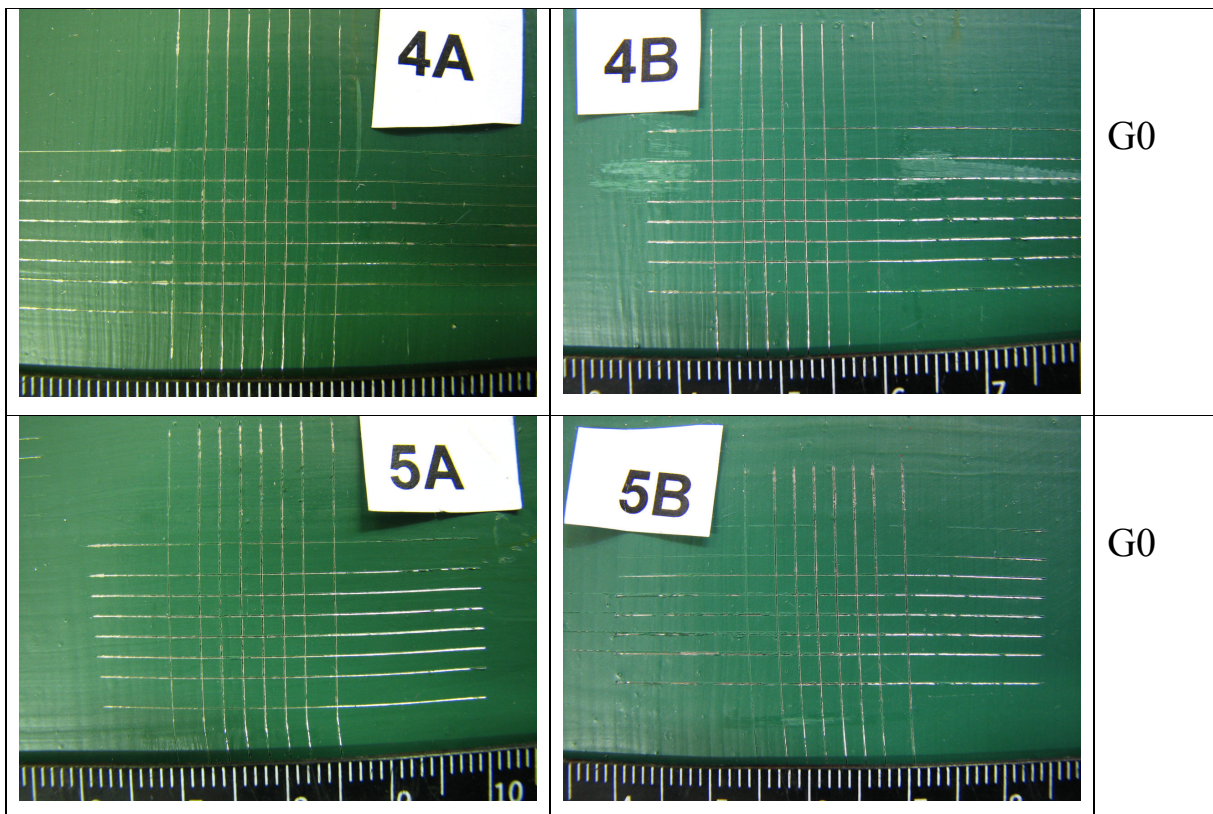
**Tablica 8.** Ocjena prionjivosti sukladno normi HRN ISO 2409

Izgled površine						
	Bez ljuštenja sloja	5% odvojene površine	5-10% odvojene površine	15-30% odvojene površine	<30% odvojene površine	Izrazito ljuštenje
Ocjenje prianjanja DIN 53151	G0	G1	G2	G3	G4	G5
Ocjenje prianjanja ISO 2409	0	1	2	3	4	5



Tablica 9. Rezultati prionjivosti

Uzorak A	Uzorak B	Ocijena
		G1
		G0
		G0



Nakon ispitivanja prionjivosti zaključeno je da svi uzorci imaju zadovoljavajuću prionjivost. Najbolja prionjivost je kod uzoraka 5A i 5B gdje je bila najfinija priprema površine (P 600), dok što je grublja priprema površine prionjivost je sve lošija, a najlošiju prionjivost imaju uzorci 1A i 1B (pripremljeni *Schotch Brideom*).



## 7.0 Zaključak

Zaštita premazima je osnovna metoda zaštite materijala. Premazi se konstantno usavršavaju kako bi im svojstva kao što su prionjivost, tvrdoća, sjaj, elastičnost, otpornost na trošenje, otpornost na kemikalije bila što bolja. Pogrešan izbor materijala te nepoštivanje radne i tehnološke discipline u mnogome pridonose slabljenju korozijske postojanosti nehrđajućih čelika te dodatnom zaštitom premazima smanjuje se mogućnost korozije konstrukcija od nehrđajućeg čelika. Eksperimentalni dio pokazuje kako i nakon deset dana nakon ispitivanja u slanoj komori uzorci ne pokazuju nikakve tragove korozije tj. uzorci su korozijski postojani. Eksperiment također pokazuje da je prionjivost odlična osim u slučaju kada se površina obradi *grubljom* mehaničkom obradom. Iako su zaštitni premazi, na nehrđajućim čelicima, dosta neistraženo područje nema razloga da u budućnosti ova tehnologija bude sve više primjenjivana.

## 8.0 Literatura

- [1] Filetin T., Kovačiček F., indof J.: Svojstva i primjena materijala, Zagreb, 2006.
- [2] Brkić S.: Priručnik: Nehrađajući čelici u farmaceutskoj, prehrambenoj i kemijskoj industriji; Zagreb, 2007
- [3] Esih, I.: Osnove površinske zaštite, FSB, Zagreb, 2003.
- [4] Martinez S.: Elektrokemijska korozija materijala: Pasivnost metala dostupno na: <http://www.corrosion-project.info/predavanja/TKZ/MATERIJALI.PDF>
- [5] Stupnišek-Lisac E.: Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala, FKIT, Zagreb, 2007.
- [6] Munger, C.G.: Corrosion prevention by Protective Coatings, NACE, Houston, 1999.
- [7] Barnhart, R.: How Coatings Protect Steel, PCE, **2** (1997), 10-13.
- [8] Dostupno na: [http://www.astm.org/SNEWS/APRIL\\_2006/dallynside\\_apr06.htm](http://www.astm.org/SNEWS/APRIL_2006/dallynside_apr06.htm)
- [9] Kalendova, A.: Effects of non-isometric pigment in organic coatings for corrosion protection, Emerald [online]. Dostupno na: <http://www.emeraldinsight.com> [1. veljače 2009.]
- [10] Caprari, J.J., Di Sardi, A.R., del Amo, B.: Zink as corrosion inhibitive pigment used in coats for steel protection, Pigments and Resin Tehnology, **29** (2000), 16-28.
- [11] Munger, C.G., Robinson, R.C.: Coating and Cathodic Protection, NACE, Houston, 1981
- [12] Latella B.A.: Adhesion behavior of organically silicate coating on stainless steel; Journal of Sol-Gel, Science and tehnology
- [13] Sudeshana Chaudhar, Sainkar S.R., Patil P.P: Poly (o-ethylaniline) coating for stainless steel protection, Science direct
- [14] Despot N, Rajhenbah D.: Korozija i zaštita procesnih postrojenja; Zagreb 1995.
- [15] [www.fsb/korozija.hr](http://www.fsb/korozija.hr)
- [16] [www.corrosionlab.com](http://www.corrosionlab.com)

# PRILOG 1



**HIGH PERFORMANCE VpCI™ COATING**

## VpCI™-375 Temeljni/završni premaz

### OPIS PROIZVODA



VpCI-375 akrilni premaz koji se primjenjuje kao temeljni i završni premaz u zaštiti od korozije na otvorenom, poluotvorenom ili natkritoma prostoru. Kompleksna mješavina neotrovnih, organskih inhibitora i pigmenata aluminija pruža zaštitu koja nadmašuje onu većine boja i osnovnih premaza bogatih cinkom. Pruža optimalni učinak na otvorenom bez pucanja ili ljuštenja premaza nakon dužeg izlaganja sunčevom svjetlu.

### SVOJSTVA

- Brzo suši, nezapaljiv
- UV otpornost
- Optimalna svojstva na otvorenom
- Može se koristiti kao sistem jednog premaza (temeljni i završni premaz)
- Omogućuje multimetalnu zaštitu

### ZAŠTITA METALA

- Ugljični čelik
- Lijevano željezo
- Aluminij
- Nehrđajući čelik
- Galvanizirani čelik

### PODACI TESTIRANJA (100-112 mikrona DFT\* Panel CS 1010)

Slana komora ASTM B117	2500+ sati
Vlažna komora ASTM D1748	2500+sati
Uronjeno u vodu ASTM D870	5B adhezija, nakon 24 sata izvađeno - 312 sati

\*debljina suhog filma

## TIPIČNA SVOJSTVA

Pojava	Mlječno bijela tekućina/prema boji pigmenta
Gustoća	1,13-1,20 kg/l
Sadržaj krutih tvari po volumenu	40-45%
Debljina suhog premaza (DFT) po premazu	75-125 mikrona
Teoretsko prekrivanje	5-6 m <sup>2</sup> /l
Suhi dodir	220 min. kod 24 °C
Temperaturna stabilnost	7°C-32°C
VOC (ASTMD-3960)	171 gram/litra
Sjaj (ASTM D532)	50 max.
Tvrdoća (ASTM D3363)	H
Adhezija (ASTM D3359)	5B
Flexibilnost (ASTM D522)	12,7 mm 180° svinuto

## PRIMJENA

VpCI-375 može se primijeniti kao temeljni i završni premaz s debljinom suhog filma (DFT) 100 mikrona. Kada se primjenjuje završni premaz na bazi otapala preko VpCI-375 kompatibilnost se mora provjeriti. VpCI-375 može biti upotrijebljen također kao završni premaz nanošen na Cortec VpCI-374 kao temeljni premaz.

Prije upotrebe izvršiti miješanje sa malom brzinom do jednolične konzistentne tekućine. Miješanje izvršiti strojno ili ručno. VpCI-375 može se nanositi sprejom, valjkom, četkom i uranjanjem.

**Napomena:** Točka rosišta mora biti više od 2 °C, ali ne manja od temperature nanošenja premaza.

## UOBIČAJENI RASPRŠIVAČI

Proizvođač	Model pištolja	Tip-Kombinacija zračnog poklopca
DeVilbiss	MBC ili JGA	704E
Binks	#18 ili #62	66PE

Crijevo za fluid treba imati I.D. 9,5 mm i maksimalnu dužinu od 15 m. Posuda uvijek treba imati dvostruku regulaciju i treba je držati na istoj visini kao pištolj za raspršivanje.

## AIRLESS

Proizvođač	Model pištolja	Tip-Kombinacija zračnog poklopca
Graco	205-591	Bulldog
Binks	Model 500	Mercury 5C
DeVilbiss	JGN-501	QFA-519

Crijevo treba imati minimalni I.D. od 9,5 mm, ali krajnji vibrirajući dio od 6,4 mm treba koristiti zbog lakše primjene. Preporuča se maksimalna duljina od 30 m. Najbolji rezultati će se postići korištenjem sapnice od 0,3-0,4 mm kod 85- 119 bar.

**Napomena\*** Od proizvođača pumpe dostupna su brtvila od najlona ili teflona i ona se najviše preporučuju.

## PAKIRANJE

Bačve od 19 litara i 208 litara . Pohranite u zagrijanom skladištu da bi se izbjeglo smrzavanje. Proizvod ima vijek trajanja najmanje 24 mjeseci.

*Samo za industrijsku uporabu*

*Čuvati dalje od dohvata djece*

*Držati bačve dobro zatvorene*

*Progledati sigurnosnu listu o proizvodu prije uporabe*

Za sve informacije nazovite generalno zastupstvo Cortec Corporation USA u Hrvatskoj

**CorteCros d.o.o. Nova Ves 57, 10000 Zagreb**

Telefon: 385 /1/ 466 92 80, Fax: 385 /1/ 466 73 82, E-mail:info@cortecros.hr, Internet <http://www.cortecros.hr>

# PRILOG 2



# PRILOG 3



Principle of Operation	Two magnetic measuring principles: Fe: Magnetic-Flux / Hall Effect See Fe*		NFe: Eddy Current See NFe*
Standards & Regulation	DIN EN ISO 2808, DIN 50981, DIN 50984, ISO 2178, BS 5411 (3 & 11), BS 3900 - C5, ASTM B 499, ISO 2360, ASTM D 1400, ASTM D 1186, ASTM D 7091		
Probe Type	integrated		
Measuring Range	Fe: 0,0 - 5000 $\mu\text{m}$	NFe: 0,0 - 5000 $\mu\text{m}$	
Metric System $\mu\text{m}$ / mil	Yes		
Measuring Frequency	Single measurement: 1250 ms		
Display Metric	$\mu\text{m}$ in measuring range 0 - 999 $\mu\text{m}$ , mm in measuring range 1,00 - 5,00 mm		
Resolution	0,1 $\mu\text{m}$ in the measuring range 0.0 - 99,9 $\mu\text{m}$ , 1 $\mu\text{m}$ in the measuring range 100 - 999 $\mu\text{m}$ , 0,01 mm in the measuring range 1,00 - 5,00 mm		
Accuracy according to Automation Dr. Nix Standards	$\pm(1 \mu\text{m} + 2\%^{*})$ in the range 0,00 - 999 $\mu\text{m}$ $\pm 3,5\%^{*}$ in the range 1 - 5 mm (* ) of reading		
Minimum Measuring Area (in mm x mm)	10 x 10		
Minimum Curvature	convex: 5 mm, concave: 25 mm		
Minimum Substrate Thickness	Fe: 0,2 mm	NFe: 0,05 mm	
Display	Digital LCD		
Temperature Range	0 - 50 $^{\circ}\text{C}$		
Permitted Storage Temperature	-10 $^{\circ}\text{C}$ - 60 $^{\circ}\text{C}$		
Power Supply	1 x Battery: 9 V (Type 9 V)		
Dimensions (L x W x H in mm)	166 x 64 x 34		
Weight incl. Battery	appr. 150 g		

# PRILOG 4

A large choice of optional accessories is available to enable customers to customize chamber specifications to suit their exact requirements.



S120+ chamber



S450s and S1000xp chambers

## technical specifications



<i>Standard</i> chambers	S120s	S450s	S1000s	S2000s
<i>Plus</i> chambers	S120+	S450+	S1000+	S2000+
<i>Premium</i> chambers	S120xp	S450xp	S1000xp	S2000xp
Chamber capacity	120 Ltrs./4.2 cu.ft	450 Ltrs./15.8 cu.ft	1000 Ltrs/35.3 cu.ft	2000 Ltrs/70.6 cu.ft
Mounting format	Bench top	Floor standing	Floor standing	Floor standing
Loading threshold	280mm/11"	800mm/31.5"	800mm/31.5"	800mm/31.5"
Chamber external dimensions, max	W 1315mm/51.8" D 680mm/26.8" H 800mm/31.5"	1660mm/65.4" 840mm/33.1" 1510mm/59.5"	2025mm/80.0" 1205mm/47.5" 1720mm/67.5"	2885mm/113.6" 1205mm/47.5" 1720mm/67.5"
Chamber internal dimensions, max	W 715mm/28.2" D 490mm/19.3" H 490mm/19.3"	1010mm/39.5" 640mm/25.0" 1140mm/45.0"	1300mm/51.2" 980mm/38.5" 1320mm/52.0"	2160mm/85.0" 980mm/38.5" 1320mm/52.0"
Salt solution reservoir ext. dimensions	W n/a (integral) D n/a (integral) H n/a (integral)	330mm/13.0" 620mm/24.5" 700mm/27.5"	330mm/13.0" 620mm/24.5" 700mm/27.5"	330mm/13.0" 620mm/24.5" 700mm/27.5"
Salt solution reservoir capacity <small>(For extra capacity, see optional accessory ACC02)</small>	40 Ltrs/10.5 US gal	100 Ltrs/26 US gal	140 Ltrs/37 US gal	140 Ltrs/37 US gal
Removable slotted sample racks <small>(see also optional accessories ACC17/ACC18)</small>	4 racks each with 24 angled slots	6 racks each with 25 angled slots	8 racks each with 46 angled slots	16 racks each with 46 angled slots
Chamber construction	Glass reinforced plastic, Polypropylene & PVC parts			
Color	White & light gray with a striking turquoise canopy (alternative canopy colors available - see optional accessory ACC60)			
Temperature range	Adjustable from ambient to +50°C/+122°F			
Salt spray fall-out rates	Adjustable from 0.5 to 3.0 ml per 80 cm <sup>2</sup> per hour			
<b>Service utilities required</b>				
Electricity supply	Standard models Plus & Premium models	1 phase 1 phase	1 phase 1 phase	1 phase 3 phase
		Voltage (VAC) and frequency (Hz) dependant on country/region of installation		
Water	Deionized/distilled for topping up air saturator and making salt solution. As standard, air saturator is topped up automatically and requires a continuous water connection 0.5–6.0 bar (7.3–87 psi). If air saturator is topped up manually, option ACC66 must be ordered			
Air	Clean dry & oil free, 4.0 to 6.0 bar (58-87psi) with 75 Ltrs (2.6cu.ft) per minute flow			
Exhaust	3m (10ft) exhaust pipe is provided which should be terminated outside building			
Drain	3m (10ft) drain pipe provided which should be terminated into floor level drain			
Operating environment conditions	+5 to +30°C (+41 to 86°F), 85% max RH (non-condensing) ambient			

