

Poliurea zaštitni premazi

Boras, Ivan-Pavao

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:586549>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-20**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan-Pavao Boras

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Izv.prof. dr. sc. Ivan Stojanović, dipl. ing.

Student:

Ivan-Pavao Boras

Zagreb, 2022.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru izv.prof.dr.sc Ivanu Stojanoviću na susretljivosti i ukazanoj pomoći, te savjetima u izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem se dipl.ing. Dini Anlaru iz tvrtke HELLIOS Hrvatska na prenesenom znanju i pomoći, savjetima i na potrebnom materijalu za izradu završnog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji koja je uvijek bila tu uz mene.

Zahvaljujem se svim svojim prijateljima na pomoći tijekom studiranja, a najviše se zahvaljujem B.B., B.K., N.K. i M.V., koji su uvijek vjerovali i stali uz mene, vi ste razlog što nakon svega nikad nisam odustao.

Ivan-Pavao Boras



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 22 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ivan-Pavao Boras**

JMBAG: **0035215949**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Poliurea zaštitni premazi**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Polyurea coatings**

Opis zadatka:

U radu je potrebno obraditi organske premaze, s posebnim osvrtom na podjelu prema vrsti veziva. Opisati komponente u premazu. Opisati poliurea zaštitne premaze, prednosti i nedostatke te područje primjene s primjerima. Ukratko obraditi pripremu površine i postupke nanošenja premaza. Detaljnije se osvrnuti na postupak nanošenja poliurea zaštitnih premaza, opremu i zahtjeve kod nanošenja.

U eksperimentalnom dijelu rada potrebno je nanijeti poliurea premaze na pločice od nelegiranog čelika. Osmisliti i provesti laboratorijska ispitivanja korozijske otpornosti poliurea premaza. Analizirati rezultate i izvesti zaključke.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

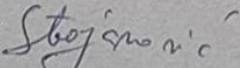
Datum predaje rada:

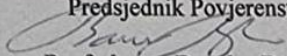
Predviđeni datumi obrane:

30. 11. 2021.

1. rok: 24. 2. 2022.
2. rok (izvanredni): 6. 7. 2022.
3. rok: 22. 9. 2022.

1. rok: 28. 2. – 4. 3. 2022.
2. rok (izvanredni): 8. 7. 2022.
3. rok: 26. 9. – 30. 9. 2022.

Zadatak zadao: 
Izv. prof. dr. sc. Ivan Stojanović

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	V
POPIS TABLICA.....	VI
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VII
POPIS OZNAKA	VIII
SAŽETAK.....	IX
SUMMARY	X

1.UVOD	1
2.PODJELA ORGANSKIH PREMAZA	4
2.1.PRAŠKASTI PREMAZI.....	5
2.2.PREMAZI KOJI OTVRDNJAVAJU ZRAČENJEM.....	5
2.3.PREMAZI S VISOKOM SUHOM TVARI.....	6
2.4.VODOTOPIVI I VODORAZRJEDIVI PREMAZI.....	6
3.OSNOVNE KOMPONENTE PREMAZA	7
3.1.ADITIVI.....	7
3.1.1.Sušila i katalizatori	8
3.1.2.Konzervansi.....	9
3.1.3.Svjetlosni stabilizatori	9
3.1.4.Korozijski inhibitori	10
3.1.5.Aditivi za poboljšanje izgleda površine	10
3.1.6.Okvašivači i disperzanti	10
3.2.PUNILA	11
3.3.PIGMENTI.....	11
3.3.1.Razlika između pigmenta i boje	12
3.3.2.Organski pigmenti	12
3.3.3.Anorganski pigmenti	13
3.4.OTAPALA	14
3.4.1.Kootapala	14
3.4.2.Hlapivost	14
3.5.VEZIVO	15
3.5.1.Alkidi	15
3.5.1.1.Svojstva alkidnih premaza	17
3.5.1.2.Tipovi sušivih ulja i alkida	17
3.5.1.3.Prednosti alkida	18
3.5.1.4.Nedostaci alkida	19
3.5.1.5.Primjena	19
3.5.2.Epoksidne smole	19
3.5.2.1.Bisphenol A.....	19
3.5.2.2.Bisphenol F	20
3.5.2.3.Primjena	20
3.5.3.Akrilne smole	21
3.5.3.1.Čiste akrilne smole	21
3.5.3.2.Složene akrilne smole.....	22
3.5.3.3.Primjena	22
3.5.4.Vinilna smola	22
3.5.4.1.Vinil smole bez funkcionalnih skupina.....	23
3.5.4.2.Kopolimeri s funkcionalnim skupinama	23
3.5.4.3.Primjena	24
3.5.5.Poliuretani	24
3.5.5.1.Prednosti poliuretana.....	25
3.5.5.2.Nedostatci poliuretana.....	25
3.5.5.3.Primjena	25

3.5.6.Polisiloksani	26
3.5.6.1.Anorganski polisiloksani	26
3.5.6.2.Hibridi epoksi-polisiloksana	26
3.5.6.3.Hibridi akril-polisiloksana.....	27
3.5.6.4.Prednosti.....	27
3.5.6.5.Nedostatci.....	27
3.5.6.6.Primjena	27
4. POLIUREA ZAŠTITNI PREMAZI	28
4.1.POVIJESNI RAZVOJ	28
4.2.KEMIJSKI SASTAV	28
4.2.1.Kemijska formula.....	29
4.2.2.Vrste poliurea premaza.....	30
4.3.SVOJSTVA POLIUREA PREMAZA	31
4.3.1.Prednosti poliurea premaza	31
4.3.2.Nedostaci poliurea premaza	32
4.4.METODE PRIMJENE POLIUREA PREMAZA	32
4.4.1.Priprema površine	33
4.4.3.Prskanje pri visokoj temperaturi	33
4.4.4.Niskotlačno prskanje pri sobnoj temperaturi	33
4.4.5.Ostale metode	34
4.5.PRIMJENA	34
4.5.1.Zdravstvo.....	34
4.5.2.Automobilska industrija i rukovanje materijalima.....	35
4.5.3.Cjevovodi, pumpe i sustavi za navodnjavanje	36
4.5.4.Obrambeni i sigurnosni sektori	37
4.5.5.Površine čeličnih i betonskih mostova	38
5.EKSPERIMENTALNI DIO.....	39
5.1.PRIPREMA UZORAKA	39
5.2.NANOŠENJE TEMELJNOG PREMAZA	40
5.2.1.Priprema temeljnog premaza.....	40
5.2.2.Oprema za nanošenje temeljnog premaza.....	41
5.2.3.Nanšenje premaza	41
5.2.4.Sušenje uzoraka.....	42
5.3.NANOŠENJE ZAVRŠNOG PREMAZA	43
5.3.1.Priprema završnog premaza	43
5.3.2.Oprema za nanošenje završnog premaza	44
5.3.3.Nanšenje premaza	44
5.3.4.Sušenje uzoraka.....	44
5.4.NANOŠENJE POLIUREA PREMAZA	45
5.4.1.Priprema poliurea premaza i oprema za nanošenje	45
5.4.2.Nanošenje poliurea premaza	46
5.5.ISPITIVANJE DEBLJINE PREMAZA.....	47
5.5.1.Ispitivanje debljine uređajem Elcometer456.....	48
5.5.2.Ispitivanje debljine uređajem QNix 1500	49

5.6.ISPITIVANJE U SLANOJ KOMORI	50
5.6.1.Ispitivanje korozije oko zareza.....	51
5.6.2.Rezultati ispitivanja korozije oko zareza	53
5.6.3.Rezultati ispitivanja u slanoj komori.....	54
5.7.Ispitivanje u vlažnoj komori.....	54
5.7.1.Rezultati ispitivanja u vlažnoj komori	56
5.7.2.Ispitivanje prionjivosti.....	56
5.7.3.X-cut ispitivanje.....	56
5.7.4.Pulloffispitivanje.....	58
5.8.ISPITIVANJE TVRDOĆE	60
5.8.1.Rezultati ispitivanja.....	60
6.ZAKLJUČAK	61
7.LITERATURA.....	62

POPIS SLIKA

Slika 1.	Reakcija između triola i ulja za sušenje	16
Slika 2.	Nastajanje alkidnog polimera iz reakcija monoglicerida s anhidridom	16
Slika 3.	Sinteza BPA iz fenola i acetona	20
Slika 4.	Opća formula akrilnog polimera	21
Slika 5.	Kopolimer vinil klorida i vinil acetata	23
Slika 6.	Sinteza poliuretana iz izocijanata i diola	24
Slika 7.	Opća struktura polisiloksana	26
Slika 8.	Opća struktura poliuree	29
Slika 9.	Shema sinteze i kemijske molekularne strukture poliuree	30
Slika 10.	Podvozje automobila zaštićeno poliurea premazom	35
Slika 11.	Nanošenje poliuree unutar cijevi	36
Slika 12.	Nanošenje poliuree na vojne dijelove	37
Slika 13.	Nanošenje poliuree na betonski most	38
Slika 14.	Ispitne pločice dimenzija 100 mm x 50 mm x 5 mm	39
Slika 15.	Prikaz komponenti premaza	40
Slika 16.	Miješanje komponenti premaza.....	40
Slika 17.	Zračni pištolj dizne 1,4 mm.....	41
Slika 18.	Nanošenje epoksi temelja.....	41
Slika 19.	Sušenje uzoraka premazanih temeljnim slojem	42
Slika 20.	Komponente završnog premaza	43
Slika 21.	Nanošenje završnog sloja	44
Slika 22.	Komponente A i B.....	45
Slika 23.	Graco reactor E-10hp	45
Slika 24.	Glava pištolja.....	45
Slika 25.	Regulator topline uređaja	46
Slika 26.	Postupak nanošenja	46
Slika 27.	Izgled premazanih pločica.....	46
Slika 28.	Prikaz svih skupina uzoraka.....	47
Slika 29.	Elcometar 456.....	48
Slika 30.	Ispitivanje debljine	48
Slika 31.	Mjerenje uređajem QNix 1500.....	49
Slika 32.	Slana komora	50
Slika 33.	Uzorci u komori.....	40
Slika 34.	Uzorci sa zarezom prije komore.....	51
Slika 35.	Stupanj korozije prema HRN EN ISO 4628-8	52
Slika 36.	Prikaz uzoraka nakon 240h u slanoj komori	53
Slika 37.	Vlažna komora	55
Slika 38.	Uzorci u komori.....	55
Slika 39.	Prikaz uzoraka nakon 120 h u vlažnoj komori	55
Slika 40.	Prikaz rezultata X-cut.....	57
Slika 41.	Elcometer 406.....	58
Slika 42.	Iznosi vlačnog naprezanja kod Pull-off.....	59

POPIS TABLICA

Tablica 1. Oznake ispitnih uzoraka	47
Tablica 2. Rezultati ispitivanja debljine uzoraka 1-6	48
Tablica 3. Rezultati ispitivanja debljine uzoraka P1-P6.....	49
Tablica 4. Rezultati ispitivanja debljine uzoraka T1-T6.	50
Tablica 5. Rezultati ispitivanja nakon 240 h slane komore.....	54
Tablica 6. Rezultati ispitivanja nakon 120 h vlažne komore	56

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJ CRTEŽA Naziv iz sastavnice

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
HOS	/	Hlapivi organski spoj
HALS	/	Aminski svjetlosni stabilizatori
BPA	/	Bisphenol A
BPF	/	Bisphenol F
PVC	/	Polivinilklorid
UV	/	Ultra violet

SAŽETAK

Završni rad se sastoji od dva dijela, od teorijskog i eksperimentalnog rada.

U teorijskom dijelu je obrađena korozija i uzroci korozije. Poblje su opisane komponente premaza, načine zaštita površine i vrste premaza s obzirom na vezivo. Dodatno se spominju procesi nanošenja premaza i njihova kemijska struktura. Detaljnije je opisan poliurea zaštitni premaz, njegova kemijska struktura i mehanička svojstva. Poliurea premazi svoju svestranost dokazuju kroz široku primjenu u modernom gospodarstvu.

U eksperimentalnom djelu provedena su ispitivanja debljine premaza, ispitivanja u slanoj i vlažnoj komori, ispitivanja prionjivosti i ispitivanje tvrdoće. Ispitivana je postojanost na korozijske uvjete C3-M. Cilj ispitivanja bio je utvrditi otpornost poliurea zaštitnog premaza na korozijsko djelovanje. Ispitivanja su se provela na 3 vrste uzoraka, epoksi temelj i poliuretan, poliurea, epoksi temelj i poliurea, kako bi usporedili njihova svojstva.

Ključne riječi: poliurea, zaštitni premazi, korozija, zaštita od korozije

SUMMARY

The graduate thesis consists of two parts, theoretical and experimental.

The theoretical part deals with corrosion and the causes of corrosion. The components of the coating, the methods of surface protection and the types of coatings with respect to the binder are described in more detail. Additionally, coating processes and their chemical structure are mentioned. Polyurea protective coating, its chemical structure and mechanical properties are described in more detail. Polyurea coatings prove their versatility through wide application in the modern economy.

In the experimental part, coating thickness tests, salt and wet chamber tests, adhesion tests and hardness tests were performed. Resistance to C3-M corrosion conditions was tested. The aim of the study was to determine the resistance of polyurea protective coating to corrosion. Tests were performed on 3 types of samples, epoxy foundation and polyurethane, polyurea, epoxy foundation and polyurea, to compare their properties.

Key words: polyurea, protective coatings, corrosion, corrosion protection

1. UVOD

Industrijalizacija i nepravilno gospodarenje prirodnim resursima doveli su do promjena u okolišu, koje negativno utječu na metalne dijelove građevinske konstrukcije. Takve promjene u kombinaciji s često neadekvatnom gradnjom rezultiraju pogoršanjem trajnosti konstrukcijskih elemenata, što u brojnim slučajevima čini zgrade i građevine manje sigurnima za korištenje. Procesi korozije u kombinaciji s nepravilnim radom i starenjem konstrukcijskih elemenata dovode do oštećenja građevnih komponenti, što zahtijeva dodatnu potrošnju tijekom njihova životnog vijeka. Tradicionalni građevinski materijali, kao što su beton, čelik, drvo i izolacijski materijali, često se karakteriziraju nedovoljnom izdržljivošću i lošim funkcionalnim svojstvima. To s jedne strane ubrzava procese korozije i smanjuje čvrstoću strukturnih elemenata tijekom vremena. Tražene karakteristike građevinskih materijala za zaštitu protiv korozije i starenja se dobivaju nanošenjem zaštitnih premaza. Poliurea se može navesti kao jedan od premaza koji ima sve navedene karakteristike.

1.1 OPĆENITO O KOROZIJI

Korozija (lat. Corrode, nagrizati) je prirodni proces koji pretvara metal u kemijski stabilniji oblik kao što je oksid, hidroksid, karbonat ili sulfid. To je postupno uništavanje materijala (obično metala) kemijskom i/ili elektrokemijskom reakcijom s okolinom.

U praksi je češći slučaj elektrokemijske ili korozije u elektrolitima kada se atom metala gubitkom elektrona pretvara u slobodni ion. To je tzv. redoks – proces u kojem nastaje oksidacija – ionizacija metala. Primarni produkt je slobodni metalni kation. Istovremeno se odvija proces redukcije – prihvatanja slobodnih elektrona (depolarizacija). Elektrokemijska korozija nastaje u prirodnoj i tehničkoj vodi, u vodenim otopinama kiselina, lužina, soli i drugih tvari, u tlu, u atmosferi itd. Atmosfera, doduše, nije elektrolit, ali uslijed kondenzata koji nastaje na metalnoj površini uslijed vlažnosti zraka, stvara se elektrolit i pokreće elektrokemijski korozijski proces. [1]

1.2 VRSTE KOROZIJE

Korozija postoji u mnogim oblicima i može se pokrenuti brojnim mehanizmima. Vrsta korozije koja će se vjerojatno pojaviti na određenoj metalnoj površini ovisi prvenstveno o okolišu u kojemu je izložena, kao i fizičkim i kemijskim svojstvima metala.

Najčešći tipovi korozije [1]:

- Opća korozija
- Galvanska/bimetalna korozija
- Intergranularna korozija
- Selektivna korozija
- Erozijska korozija
- Napetosna korozija
- Pitting korozija.

1.3 VRSTE ZAŠTITE OD KOROZIJE

Budući da je korozija važni čimbenik globalne krize materijala i energije, zbog čega gospodarstvo ima znatne gubitke, razvili su se razni mehanizmi zaštite od korozije.

Najučinkovitije vrste zaštite od korozije su [1]:

- Stanje površine i odabir metala
- Zaštitni premazi
- Katodna zaštita
- Oblikovanje i konstrukcijske mjere
- Inhibitori korozije.

1.4 ZAŠTITNI PREMAZI

Zaštitni premazi su jednostavan način za smanjenje korozijskog utjecaja, pri čemu smanjenje postiže ograničavanjem izloženosti metala korozivnom okruženju. Zaštitni premazi se koriste u svim granama industrije, bilo to u građevini, brodogradnji ili instalaciji cjevovoda, zaštitni premazi su ključni u uspostavljanju dugotrajnosti konstrukcija.

Premaze dijelimo u tri kategorije:

1. Metalne prevlake

Metalne prevlake sadrže metalni element ili leguru. Metalne prevlake se mogu nanositi prskanjem, elektrokemijski, kemijski ili mehanički. Ovi premazi se nanose na opremu koja zahtijeva sjajni izgled i zaštitu od korozije i mehaničkog trošenja.

2. Nemetalne prevlake

Uobičajene vrste takvih prevlaka su plastična ili gumena sredstva. To uključuje nanošenje sloja zadanog polimera na materijal supstrata. Najčešće se koriste se za oblaganje žica i kabela.

3. Organski premazi

Organski premazi su također vrsta nemetalnih prevlaka. Ovaj premaz pruža barijeru između površine podloge i okoline. Također poboljšava površinski izgled. Međutim, nema značajnog poboljšanja mehaničkih svojstava površina podloge. Organski premazi mogu se nanositi i na metalne i nemetalne površine.

2. PODJELA ORGANSKIH PREMAZA

Najvažnije podjele premaza su one prema:

- Vrsti otapala
- Načinu stvaranja filma
- Funkciji u premaznom sustavu.

Podjela premaza prema vrsti otapala je:

- Vodotopivi i vodorazrijedivi
- Topivi u organskim otapalima
- Netopivi.

Podjela premaza prema načinu stvaranja filma:

- Fizikalno sušivi
- Kemijski sušivi (pri sobnoj i pri povišenoj temperaturi).

Podjela prema funkciji u premaznom sustavu:

- Temeljne boje
- Kit
- Međupremaz
- Završni premaz.

S obzirom na najveću primjenu, netopive i premaze topive u organskim otapalima smatramo tradicionalnim premazima, i dijelimo ih na:

- Praškaste premaze (eng. Powder coatings)
- Premaze koji otvrdnjavaju zračenjem (eng. Radiation curing coatings)
- Premaze s visokom suhom tvari (eng. High solid coatings)
- Vodotopive i vodorazrijedive premaze (eng. Waterborne coatings).

2.1. PRAŠKASTI PREMAZI

Praškastih premaza pružaju svestrano, izdržljivo rješenje za pružanje zaštite nizu podloga. Postoje dvije široke kategorije praškastih premaza, termoplasti i termostabilni. Unutar ovih kategorija nalazi se nekoliko vrsta praškastog premaza. Osim toga, postoje i aplikacije za premaze u prahu koje su posebno formulirane za metalne površine, uključujući aluminij u prahu i premaz cinka u prahu.

Termoplastični premazi u prahu se proizvode od sintetičkih materijala. Dije se na:

- Polietilene
- Polipropilene
- Polivinilkloride.

Termostabilni premazi u prahu temelje se na reakciji između dvije ili više komponenti, poznatoj kao umrežavanje. Kada pečete termostabilne praškaste premaze, ova kemijska reakcija umrežavanja nije reverzibilna, mijenjajući fizička svojstva praškastog premaza. Ovi termoreaktivni materijali obično se otvrdnjavaju teže od termoplasta i pružaju visoku razinu otpornosti na toplinu, a dijele se na:

- Epokside
- Epoksi estere
- Akril uretane
- Poliester uretane.

2.2. PREMAZI KOJI OTVRDNJAVAJU ZRAČENJEM

Premazi otvrdnuti zračenjem su formulirani materijali koji su umreženi ili otvrdnuti korištenjem energije zračenja visokog intenziteta iz elektronskih zraka ili ultraljubičastog zračenja. Formulacija koja otvrdnjava zračenjem sadrži reaktivno tekuće vezivo, pigmente i konvencionalne aditive. Ove formulacije su posebno dizajnirane da se otvrdnjavaju energijom zračenja. Za ove premaze koristimo oligomere, kao što su: epoksidni akrilat, uretan akrilat poliester akrilat, polieter akrilat, akrilni akrilat i silikonski akrilat.

2.3. PREMAZI S VISOKOM SUHOM TVARI

Premaz s visokim sadržajem suhe tvari je jednokomponentni ili dvokomponentni premaz koji je formuliran tako da ima veće koncentracije (najmanje 65%) čvrstih komponenti (veziva, pigmenta i aditiva) od konvencionalnog premaza, ali i dalje zadržava zadovoljavajuća svojstva premaza ili primjene unatoč manjeg postotka hlapljivih organskih spojeva (HOS). Premaz s visokim sadržajem suhe tvari može biti na bazi otapala ili vode. Premaz s visokim sadržajem suhe tvari općenito se smatraju ekološki prihvatljivijim od konvencionalnih premaza jer se ispušta manje otapala dok se suši ili otvrdnjava. Premaz s visokim sadržajem suhe tvari također može biti poznata kao formulacija s visokim sadržajem suhe tvari. Veziva koja je moguće prilagoditi *high solid* premazima su:

- Akrilne smole
- Alkidne smole
- Polivinil klorid
- Poliesterske smole
- Poliuterani
- Epoksi smole.

2.4. VODOTOPIVI I VODORAZRJEDIVI PREMAZI

Premaz na bazi vode je ekološki prihvatljivi premaz koji koristi vodu kao otapalo za raspršivanje smole koja se koristi za izradu premaza ili boje: voda čini 80% korištenog otapala. Cilj otapala je učiniti premaz ili boju lakim za nanošenje i također biti ekološki proizvod. Premazi na bazi vode se široko koriste zbog niskog sadržaja HOS. Može se nanositi na drvene i plastične podloge. Ova vrsta premaza sadrži smolu topljivu u vodi; stoga se potpuno otapa u vodi i drugim otapalima. Premaz na bazi vode sadrži organska ko-otapala budući da je podvrgnut reakcijama polikondenzacije ili polimerizacije. Iako mu je potrebno dulje da se osuši, daje izvanrednu površinsku obradu i zaštitu. Uređaji za grijanje i protok zraka povećavaju vrijeme otvrdnjavanja. Može se nanositi konvencionalnim tehnikama nanošenja i prskanjem. Premaz na bazi vode jedan je od najboljih za korištenje na poroznim materijalima.

3. OSNOVNE KOMPONENTE PREMAZA

Općenito premazom nazivamo jedan ili više međusobno povezanih slojeva, koji stvaraju „suhi“ film na nekoj podlozi, a namjena mu je dekorativna ili funkcionalna. Najpoznatiji premazi se tradicionalno nazivaju boje i lakovi, gdje bojama nazivamo pigmentirane premaze, a lakovima bezbojne filmove.

Svojstva učinkovitosti, trajnosti i otpornosti industrijskih premaza uvelike ovise o vrsti i količini korištenih sastojaka. Kako bi zaštitni premazi radili prema očekivanjima u određenim okruženjima, proizvođači boja i lakova koriste niz posebnih elemenata koji određuju karakteristike proizvoda.

Premaz se može podijeliti na dvije glavne komponente: pigment i vezivo. Pigmentacija se obično sastoji od bojila, inhibitora korozije i punila, iako mogu biti uključene i druge netopive sirovine. Vezivo nosi pigment i veže ga u sloj premaza. Premaz se obično sastoji od smole ili veziva, otapala i bilo kojih aditiva koji mogu biti uključeni u formulaciju. [2]

3.1. ADITIVI

Aditivi su jedna od sirovina za premaze. Mala količina dodatka može uvelike poboljšati učinkovitost i performanse premaza, a također može poboljšati performanse premaznog filma i pridonijeti personalizaciji proizvoda. Aditivi su nezaobilazni dio svakog premaza, njih dodajemo u manjim količinama (s obzirom na volumen premaza), te moramo biti jako oprezni budući da mogu biti otrovni u većim količinama. Aditivi su toliko učestali, da ih proizvođači uključuju pri procesu stvaranja novih premaza u svrhu otklanjanja neželjenih svojstava.

Različite vrste aditiva koriste se za poboljšanje konzistencije, protoka, vlaženja površine, boje, otpornosti i fleksibilnosti na ultraljubičasto svjetlo (npr. sunčeva svjetlost), te za sprječavanje taloženja u ambalaži (sredstva za suspenziju).

U trenutnoj situaciji ozbiljnog onečišćenja okoliša, ekološki premazi su postali smjer razvoja. [3]

S obzirom na nedostatak prema kojem djeluju, aditive dijelimo na [3]:

- Sušila i katalizatori
- Konzervansi
- Svjetlosni stabilizatori
- Korozijski inhibitori
- Aditivi za poboljšanje izgleda površine
- Okvašivači i disperzanti
- Reološki aditivi (modificiraju ponašanje tečenja)
- Antipjeniči (snižavaju površinsku napetost u prisustvu mjehurića).

3.1.1. Sušila i katalizatori

Sušila su važni aditivi za boje i premaze jer ubrzavaju proces autooksidacije. Bez ovih katalizatora sušenja proces umrežavanja se usporava, dopuštajući da se sloj boje osuši tek nekoliko mjeseci nakon nanošenja. Kod sušila formiranje tvrdog filma obično se postiže unutar nekoliko sati nakon nanošenja boje.

Sušila, koja se također nazivaju sikativi, su organometalni spojevi topljivi u organskim otapalima i vezivnim sredstvima. Kemijska sušila (npr. kobalt-etilheksanoat) pripadaju klasi metalnih sapuna, dodaju se sustavima premaza za sušenje na zraku kako bi se ubrzao ili potaknuo proces sušenja nakon nanošenja.

Transformacija iz tekućeg filma u čvrsti stupanj unutar odgovarajućeg vremena događa se oksidativnim umrežavanjem vezivnog sustava, procesom koji je kataliziran metalnim kationom sušila. Kation je aktivni dio sušila metalnih karboksilata.

Olovna sušila bili su najčešće korištena u prošlosti, ali sada su u većini boja zamijenjena manje toksičnim alternativama. [4]

3.1.2. Konzervansi

Konzervansi, odnosno biocidi su zaštitne tvari koje se koriste za inhibiciju rasta bakterija i drugih štetnih organizama, uključujući gljivice. Biocidi dolaze u različitim oblicima, kao što su halogen ili metalni spojevi, organske kiseline i organosumpor. Svaki od njih igra važnu ulogu u industriji boja i premaza, tretmanu vode, konzerviranju drva te industriji hrane i pića. Specifično za industriju boja i premaza, povećanje primjenjivosti biocida može se pripisati antimikrobnim, antigljivičnim i antibakterijskim svojstvima zajedno s rastom građevinske industrije. Ova dva čimbenika vjerojatno će potaknuti potražnju za biocidima. Dodaju se bojama i premazima kako bi se ograničio rast neželjenih gljivica, algi i bakterija koje kvare boju. [5]

3.1.3. Svjetlosni stabilizatori

Iako većina polimera ne apsorbira ultraljubičasto svjetlo izravno, ali sve boje manje-više sadrže materijale koji apsorbiraju UV svjetlo. Ultraljubičasto zračenje (koje dolazi od Sunca) će pogoršati performanse premaza. Umjetna svjetlost će proizvesti isti učinak.

Postoje dvije vrste svjetlosnih stabilizatora. Jedan je UV apsorber koji apsorbira štetno UV svjetlo kako bi zaštitio premaz. Drugi je amin svjetlosni stabilizator koji treba vezati slobodne radikale kako bi se izbjegla degradacija prevlake.

UV apsorberi apsorbiraju UV svjetlo kako bi spriječili razgradnju. Oni su bezbojni ili gotovo bezbojni aditivi, koji imaju jaku apsorpciju u ultraljubičastom dijelu spektra.

Aminski svjetlosni stabilizatori (HALS) vežu slobodne radikale prije nego što se mogu dogoditi naknadne reakcije koje dovode do razgradnje. HALS može spriječiti termooksidaciju. Polimer koji sadrži HALS će zadržati otpornost na foto-degradaciju. Objašnjenje za ovaj fenomen je da HALS-ovi oksidacijski proizvodi, kao što su hidroksilamin i aminoeter, mogu inhibirati foto-razgradnju. Hidroksilamin i aminoeter su svi sposobni vezati slobodne radikale peroksida. [6]

3.1.4. Korozijski inhibitori

Za premaze s dobrom korozijskom zaštitom koriste se antikorozivni pigmenti. Antikorozivni pigmenti će s vremenom kemijski pasivizirati metalnu površinu (osobito kromati, fosfati i molibdati), a mogu djelovati kao žrtveni pigmenti u kombinaciji s cinkovim oksidom, poput inhibitora korozije cink fosfata. Korozijski inhibitori nemaju svojstva pigmenta, jer su topivi u organskim otapalima, a nisu obojeni. Ali neki od tih pigmenata obično nisu ekološki prihvatljivi.

Na temelju različitih struktura, kao što su amin, kiselina, polimeri, soli, ovi proizvodi će formirati zaštitnu barijeru na površini metala i razbiti kemijsku reakciju, sprječavajući razvoj hrđe. Pasivirajući sloj sprječava oksidaciju metala. [2]

3.1.5. Aditivi za poboljšanje izgleda površine

Aditivi za poboljšanje izgleda površine-modifikatori površine su aditivi koji omogućavaju formulatorima postizanje specifičnih učinaka za poboljšanje i zaštitu izgleda, klizanja, otpornosti na abraziju i cjelokupne trajnosti premaza. Dostupan je širok raspon polimernih vrsta i veličina čestica za kontrolu svojstava izvedbe u nizu primjena, uključujući metal, drvo, tisak i pakiranje. Mnogi aditivi za poboljšanje izgleda površine formulirani su korištenjem kombinacija voštanih polimera. Ti građevni blokovi mogu uključivati polipropilen, mikrokristalne, amidne voskove, politetrafluoroetilen (PTFE), polietilen i silicij. Nakon što su formulirani, postoji nekoliko različitih tipova modifikatora površine koji dolaze u obliku praha i tekućine, uključujući mikronizirani prah, vodene disperzije i disperzije na bazi otapala, emulgirane oblike i voskom tretirani silicij, a svi oni pružaju niz funkcija. [7]

3.1.6. Okvašivači i disperzanti

Nekoliko vrsta aditiva može se koristiti u procesu disperzije u kojem se čvrste čestice, poput pigmenata i punila, distribuiraju i stabiliziraju u tekućini.

Vlaženje je prvi korak u procesu disperzije. Zrak koji okružuje čvrste čestice u aglomeratu mora biti zamijenjen tekućinom. Vlaženje će se dogoditi kada je površinska napetost tekućine niska u usporedbi s površinskom energijom čvrstih čestica. Sredstvo za vlaženje obavlja svoj posao jer molekule adsorbiraju i orijentiraju se na sučelju tekućina-zrak.

Spontani proces lijepljenja čvrstih čestica u tekućini naziva se flokulacija. Funkcionalnost disperzanta je spriječiti flokulaciju. Molekule disperzanata adsorbiraju se na sučelju kruto-tekuće i osiguravaju odbojnost između čestica. [8]

3.2. PUNILA

Anorganska punila nazivaju se i pigmenti koji nemaju pokrivnu moć. Budući da je indeks loma sličan tvari koja tvori film, oni nemaju moć bojenja i sposobnost skrivanja pigmenata za bojenje, ali mogu povećati debljinu premaznog filma punjenjem, stvarajući pun i debeo film premaza. Kao rezultat toga, trošak proizvodnje boje može se smanjiti. Punilo može prilagoditi reološka svojstva premaza, kao što su zgušnjavanje i sprječavanje taloženja, a također može poboljšati mehaničku čvrstoću filma premaza, kao što je poboljšanje otpornosti na habanje i trajnost. Punilo također može prilagoditi optička svojstva premaza i promijeniti izgled premaznog filma, kao što je matiranje. Osim toga, neka punila posebnog oblika mogu učinkovito blokirati prodiranje svjetlosti, poboljšati otpornost premaza na vremenske uvjete i produžiti vijek trajanja premaznog filma.

Mogu se podijeliti u pet vrsta: bariti, silicij, silikat, karbonat, silikat i aluminijev hidroksid. [2]

3.3. PIGMENTI

Pigmenti su fino mljevene prirodne ili sintetičke, netopive čestice koje se koriste za stvaranje boje kada se dodaju bojama i formulacijama premaza. Također se koriste za ostvarivanje volumena ili željenog fizičkog i kemijskog svojstva mokrom ili suhom filmu. Glavna podjela pigmenata je na [9]:

- Organski pigmenti
- Anorganski pigmenti.

Dok se organski pigmenti ne raspršuju lako i tvore aglomerate (grupe pigmentnih čestica), anorganski pigmenti se lakše raspršuju u smoli. Funkcionalna punila daju željeno svojstvo premazu poput inhibitora korozije, a pigmenti s posebnim efektom stvaraju optičke efekte poput metalik završne obrade. [9]

3.3.1. *Razlika između pigmenta i boje*

Pigmenti su organski ili anorganski, obojeni, bijeli ili crni materijali koji su praktički netopivi u mediju u kojem su raspršeni. To su različite čestice, što mediju daje boju i neprozirnost. Najmanje jedinice nazivaju se primarne čestice. Struktura i oblik ovih čestica ovisi o kristalnosti pigmenta. Tijekom procesa proizvodnje pigmenta, primarne čestice općenito se agregiraju i stvaraju aglomerate. Tijekom raspršivanja pigmenta u polimer, općenito je potrebno veliko smicanje za razbijanje ovih aglomerata (poboljšana čvrstoća nijansiranja). Pigmenti se stoga moraju odupirati otapanju u otapalima s kojima mogu doći u kontakt tijekom nanošenja, inače se mogu pojaviti problemi kao što su "krvarenje" i migracija. Osim toga, ovisno o zahtjevima određene primjene, pigmenti moraju biti otporni na svjetlost, vremenske uvjete, toplinu i kemikalije kao što su kiseline i lužine. [9]

3.3.2. *Organski pigmenti*

Organski pigmenti temelje se na ugljičnim lancima i prstenovima. Dok neki sadrže anorganske elemente kao stabilizatore, organske pigmente prvenstveno definira ovaj faktor. Ovi snažni ugljični lanci također ih čine vrlo stabilnima.

Pigmenti na bazi ugljika potječu od životinja, povrća ili sintetske organske kemije. Dok su tradicionalni pigmenti obično stvoreni korištenjem flore i faune, većina modernih pigmenta stvorena je sintetskom organskom kemijom. Sintetski organski pigmenti najčešće se dobivaju iz aromatskih ugljikovodika uključujući katran ugljena i druge petrokemikalije.

Organske pigmente obilježavaju sljedeća svojstva [9]:

- **Kvaliteta boje:** Dok se većina organskih pigmenta smatra prozirnim, njihov tonaliteta jest bez premca. Organske pigmente karakteriziraju svijetle, bogate boje. Oni često pružaju snažnu snagu nijansi unatoč njihovoj proziranosti.
- **Visoke cijene:** organski pigmenti su skuplji za proizvodnju, posebno sintetički organski pigmenti. Sintetički pigmenti zahtijevaju veliku količinu kemikalija preradom za proizvodnju, povećavajući trošak po volumenu.

- **Različita svjetlosna postojanost:** Postoji mnogo različitih vrsta organskih pigmenata, ali većina od njih se slabo drže kada su izloženi svjetlu. Dok neki mogu dobro podnijeti izlaganje svjetlosti i toplini dobro, mnogi će s vremenom izbljedjeti.

3.3.3. Anorganski pigmenti

Anorganski pigmenti se ne temelje na ugljičnim lancima i prstenovima. Umjesto toga, sastoje se od suhih mljevenih minerala, obično metala i metalnih soli. Zbog svog sastava, anorganski pigmenti su obično neprozirniji i netopljiviji od organskih pigmenata. Općenito, anorganski pigmenti su najčešće korišteni u industriji, favorizirani zbog svoje svjetlosne postojanosti i niske cijene.

Anorganski pigmenti obično su popularan izbor u industriji iz brojnih razloga, ali oni imaju svoje nedostatke. Neka od najznačajnijih pozitivnih i negativnih svojstava anorganskih pigmenata su [9]:

- **Izvrсна otpornost na blijedenje:** Jedna od prednosti anorganskih pigmenata je njihova izvršna otpornost na blijedenje pri izlaganju svjetlu. Oni također imaju tendenciju da budu otporniji na blijedenje kada su izloženi otvorenom zraku i toplini.
- **Isplativost:** Anorganski pigmenti obično su jeftiniji za proizvodnju, osobito u velikim količinama.
- **Loš tonalitet:** Dok anorganski pigmenti imaju tendenciju da dobro zadržavaju svoju boju. Poboljšanje tonaliteta i svjetline često je samo moguće kod miješanja anorganskih pigmenata s organskim pigmentima ili bojama.
- **Toksičnost:** Anorganski pigmenti imaju tendenciju da budu štetniji za okoliš zbog prisutnost soli olova u njihovom sastavu. Neki su čak i potpuno otrovni.

3.4. OTAPALA

Otapalo je tekući proizvod koji ima snagu i sposobnost otapanja druge tvari. Otopljena tvar je tvar otopljena u otapalu, čime nastaje otopina. U premazima i građevinskim primjenama, otopljena tvar je tipično smolasta vezivna komponenta koja mijenja svoje stanje u formiranju otopine. Voda je daleko najčešće otapalo, ali u premazima i građevinskim primjenama rijetko se naziva otapalom. Obično je voda poznata kao razrjeđivač.

- **Otapalo:** tekućine koje otapaju druge tvari (otopljene tvari).
- **Razrjeđivač:** tekućine koje razrjeđuju koncentracije drugih tekućina.

Ostale funkcije otapala uključuju kontrolu viskoznosti za nanošenje, pomoć u stvaranju filma i vlaženje pigmenta i supstrata kako bi se pomoglo pri disperziji i prijanjanju. Važna svojstva otapala osim solventnosti uključuju fizička svojstva kao što su hlapljivost, vrelište, površinska napetost, viskoznost i električni otpor/vodljivost. [10]

3.4.1. Kootapala

Kootapala su koalescentni agensi – tvorci filma koji se koriste u disperzijskim bojama i premazima i konstrukcijskim sustavima za optimizaciju procesa stvaranja filma od čestica polimernog veziva. Sredstva za spajanje obično smanjuju minimalnu temperaturu formiranja i optimiziraju koherenciju filma i svojstva kao što su otpornost na trljanje, mehanička svojstva kao i izgled. [10]

3.4.2. Hlapivost

Isparavanje je proces kojim se materijal ili njegov dio pretvara u plinovito ili parno stanje. Sušenje boja i premaza smatra se kombinacijom procesa u kojima hlapiva tvar isparava iz početno tekućeg filma kako bi se dobio i krajnji proizvod sa željenim fizičkim svojstvima premaza. Isparavanje se ne odnosi samo na gubitak hlapljivosti iz tekućeg filma, već i iz polusuhog filma. Brzina isparavanja organskog otapala važna je iz nekoliko razloga. [10]

- **Protok:** Otapalo koje sporije isparava dopušta premazu da duže ostane u tekućem ili vlažnom stanju, čime se povećava izravnavanje premaza.

- **Sjaj:** Što je bolji protok ili izravnavanje, veći je sjaj.
- **Otpornost na gubitak sjaja:** Otapalo koje brzo isparava vrlo brzo snižava temperaturu površine premaza, što uzrokuje kondenzaciju vlage na mokrom premazu. Vлага se može kombinirati s određenim filmoformatorima, što rezultira taloženjem tih filmotvoraca što može uzrokovati mliječni izgled ili gubitak sjaja.

3.5. VEZIVO

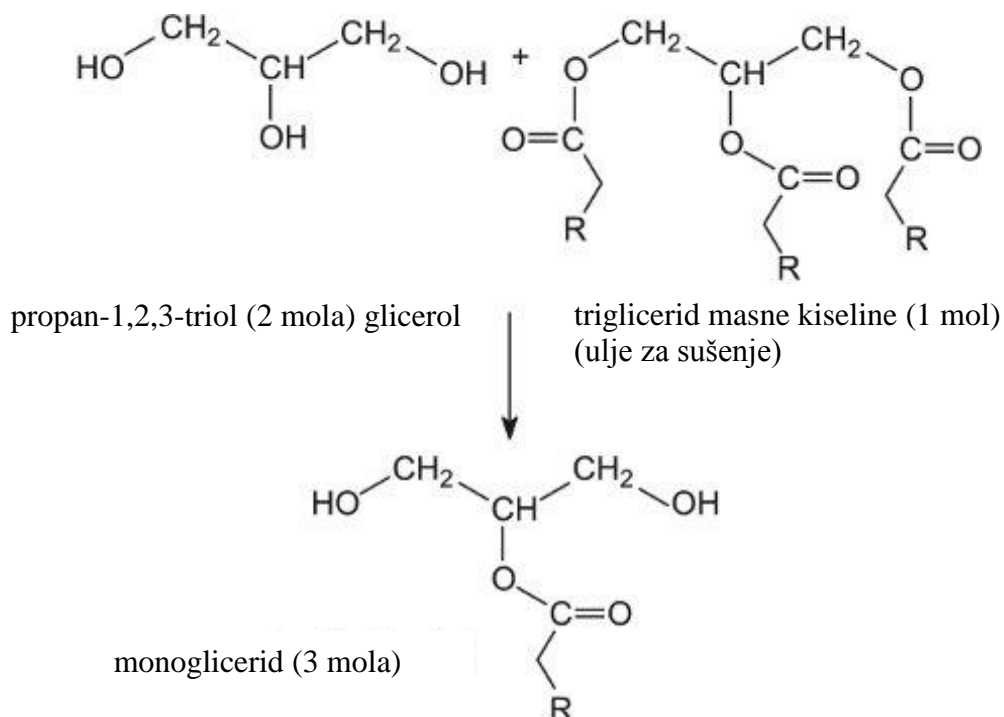
Vezivo je osnovna komponenta premaza koja mu daje mogućnost stvaranja prijanjajućeg filma nakon što se osuši. Mehanička i kemijska svojstva premaza ovise o vezivnim tvarima, a time i o njihovoj zaštitnoj sposobnosti. Veziva su polimeri koji tvore kontinuirani film na površini podloge. Tehnički su polimeri male ili srednje molekularne mase, koji djelovanjem kisika u zraku, toplinom i sl. povećavaju svoju razinu polimerizacije dok ne postanu više ili manje plastične i netopive krute tvari. Vezivo drži čestice pigmenta raspoređene po cijelom premazu. Veziva se također mogu smatrati smolama, a kada se stave zajedno s otapalom mogu se nazvati nosačem ili katalizatorom. Veziva su jedini sastojak koji mora biti u mješavini, kako bi se sve ostalo spojilo.

Postoje dva načina na koja se veziva mogu miješati. Mogu se ukapljivati u otopinu ili kao disperzija sitnih malih elemenata prenijeti u tekućinu. Aditivi se također mogu staviti u mješavinu boja kako bi se stvorila prava formula za određenu namjenu.

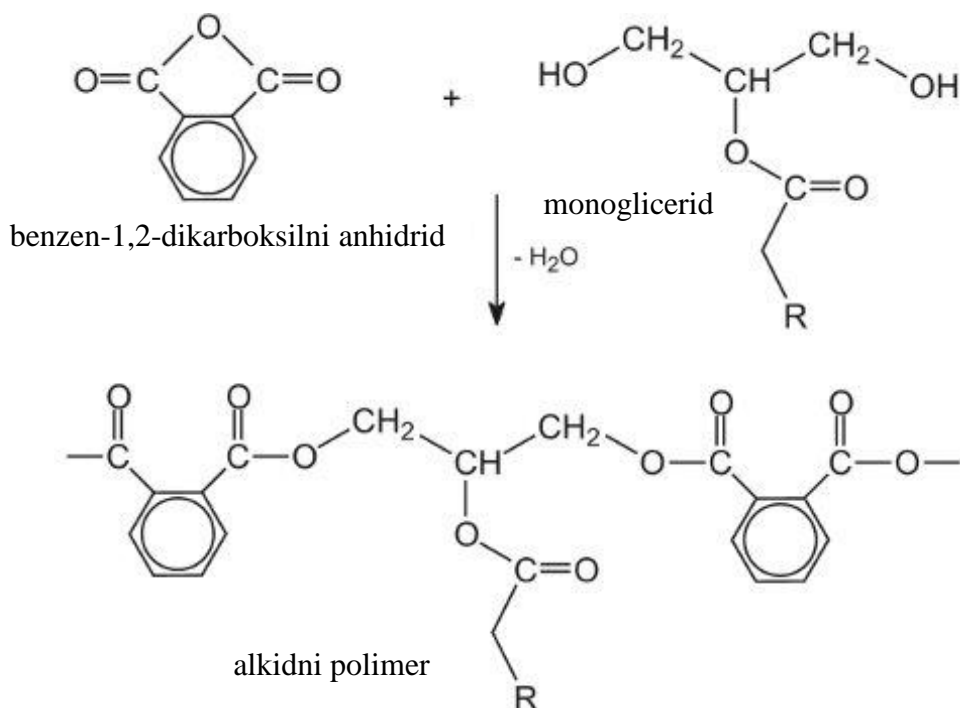
Ovisno o namjeni, vezivo može činiti značajan postotak boje ili premaza, dok aditivi čine mali dio smjese. [11]

3.5.1. Alkidi

Dekoratívne sjajne boje obično sadrže alkidne polimere (smole). Tipična smola je ona proizvedena od poliola kao što je propan-1,2,3-triol (glicerol) s dvobaznom kiselinom kao što je benzen-1,2-dikarboksilni (ftalni) anhidrid i ulje za sušenje (laneno ili sojino ulje). Kada se zajedno zagrijavaju, stvaraju se esterske veze, a voda je nusproizvod. Naziv alkid potječe od alkohola i anhidrida. Prvi korak u izradi alkidnog polimera je reakcija između triola i ulja za sušenje kako bi se dobio monoglicerid te njegova reakcija sa anhidridom. *Slika 1* prikazuje reakciju dobivanja monoglicerida, a *slika 2* reakciju monoglicerida s anhidridom. [12]



Slika 1. Reakcija između triola i ulja za sušenje. [13]



Slika 2. Nastajanje alkidnog polimera iz reakcija monoglicerida s anhidridom. [13]

Alkidne smole općenito imaju relativnu molekularnu masu u rasponu od 10 000 - 50 000. Terpentin ekstrahiran iz drveća korišten je u prošlosti kao otapalo, ali su ga zamijenila otapala iz petrokemijskih sirovina, kao što je 'white spirit' koji je mješavina alifatskih i alicikličkih ugljikovodika.

Nakon što se nanese alkidna smola, grupe za sušenje reagiraju s kisikom u zraku kako bi tvorile umreženi, tvrdi termoreaktivni premaz, visoke molekularne mase. [12]

3.5.1.1. Svojstva alkidnih premaza

Boje na bazi alkida mogu se kategorizirati prema volumnom postotku ulja koji sadrže [12]:

- Niske koncentracije uljanih boja (30-40%) karakteriziraju nisko vrijeme sušenja i koriste se posebno u proizvodnji boja za metalne površine (primjerice u automobilskoj industriji) ili u proizvodnji plastifikatora za zaštitu vanjskih površina.
- Boje sa srednjim udjelom ulja (45-55%) su najsvestranije i naširoko se koriste u proizvodnji emajla, kako kistom tako i zračnim kistom.
- Boje s dugim (55-70%) i vrlo dugim (više od 70% ukupnog volumena) sadržajem ulja karakteriziraju duže vrijeme sušenja u odnosu na prethodne kategorije, ali su otpornije na starenje i vremenske utjecaje. Ova vrsta boja koristi se uglavnom u građevinskoj industriji, posebice u proizvodnji vanjskih boja i emajla, te u proizvodnji proizvoda za obradu površina izloženih posebno teškim uvjetima, na primjer brodova ili čamaca od raznih materijala.

3.5.1.2. Tipovi sušivih ulja i alkida

Ulja za sušenje, posebno ona rafinirana, mogu stvarati filmove u nemodificiranom obliku, ali vrlo sporo. U većini slučajeva oni se stoga modificiraju kako bi se povećala molekularna težina i viskoznost prije upotrebe u premazima kako bi se poboljšalo vrijeme sušenja i ukupna svojstva stvaranja filma. Povećana početna molekularna težina znači da je potrebno manje umrežavanja za dobivanje koherentnog filma i stoga se smanjuje vrijeme sušenja. Ulja se mogu modificirati na nekoliko načina, bilo termičkim tretmanima, koji polimeriziraju molekule ulja, ili kemijskom reakcijom polimerizacije molekula ulja s drugim spojevima. [12]

Najčešće se koriste ulja prirodnog porijekla kao [12]:

- Riblje ulje
- Laneno ulje
- Tungovo ulje
- Tall ulje (bor)
- Sojino ulje
- Ulje šafranike
- Ricinusovo ulje.

Alkidi nisu pak samo prirodnog porijekla, već s obzirom na bazu mogu biti i modificirani alkidi kao što su [12]:

- Fenolni alkidi
- Epoksi alkidi
- Silikonski alkidi
- Uretanski alkidi.

3.5.1.3. Prednosti alkida

Prednosti alkidnih premaza su [12]:

- elastičnost i izdržljivost;
- visoka otpornost na promjene temperaturnih režima (održava se od niske temperature ispod nule $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do ekstremno visokih temperatura $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- širok opseg uporabe (drvo, metal, beton, cigla, suhozid i druge površine);
- visoko prijanjanje na gotovo sve površine;
- brzo sušenje;
- jednostavnost primjene;
- obavlja antikorozivne i antiseptičke funkcije;
- profitabilnost u potrošnji materijala;
- pristupačan cjenovni segment.

3.5.1.4. Nedostaci alkida

Nedostaci alkidnih premaza su [12]:

- povećana toksičnost, alkidna boja može biti štetna
- niska paropropusnost
- opasnost od požara (otapala u sastavu su lako zapaljiva)
- niska otpornost na lužine.

3.5.1.5. Primjena

Glavne primjene su boje za promet za autoceste, betonske podove i boje za bazene. Primjena alkidno modificiranih silikonskih smola uključuje boje otporne na toplinu, premaze i izolacijske lakove.

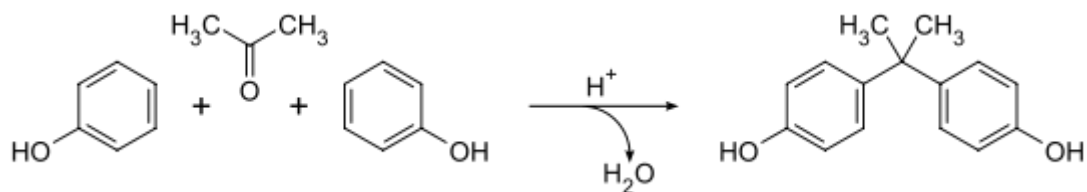
Alkidne boje relativno su jednostavne za korištenje. Na tržište se isporučuju kao proizvodi koji ne zahtijevaju nikakvo miješanje osim miješanja prije upotrebe kako bi se osigurala ujednačena raspodjela pigmenata i aditiva. Većina alkidnih boja nanosi se aplikatorom, poput kista ili valjka, ili u obliku aerosolnog spreja. Metoda primjene aerosola može biti pomoću pištolja za raspršivanje pomoću komprimiranog zraka. [12]

3.5.2. Epoksidne smole

Epoksidni premaz je spoj premaza koji se sastoji od dva različita elementa: epoksidne smole i poliaminskog otvrdnjivača (također poznatog kao katalizator). Kada se pomiješaju, smola i učvršćivač sudjeluju u kemijskoj reakciji koja stvara poprečno povezivanje elemenata tijekom otvrdnjavanja. Ima posebno visoku razinu čvrstoće na savijanje i pogodan je za kućne i komercijalne svrhe. Sastavljen od dva dijela, obično se miješa u omjerima između 2:1 i 4:1 smola prema učvršćivaču. Kada se epoksidni premaz potpuno stvrdne, rezultirajući proizvod je izdržljiva, kruta plastična prevlaka s brojnim poželjnim mehaničkim svojstvima. [14]

3.5.2.1. Bisphenol A

Bisphenol A, koji se također obično naziva BPA, je organsko sredstvo. *Slika 3* prikazuje dobivanje BPA. Prvenstveno služi kao temeljni građevini blok za proizvodnju polimerne plastike i premaza, uglavnom polikarbonatnih i epoksidnih smola. BPA je najčešće korištena smola za epoksidne premaze. Ima odlična svojstva na abraziju, udarni rad i jako je fleksibilna.



Slika 3. Sinteza BPA iz fenola i acetona. [14]

3.5.2.2. Bisphenol F

Bisfenol F je organski spoj. Pripadaju kategoriji molekula poznatih kao bisfenoli, koje sadrže dvije fenolne skupine povezane veznom skupinom. U BPF-u, dva aromatična prstena su povezana metilenskom veznom skupinom, i dosta je reaktivniji naspram BFA. BPF se koristi u proizvodnji plastike i epoksidnih smola. Koristi se u proizvodnji obloga spremnika i cijevi, industrijskih podova, obloga za ceste i mostove, strukturalnih ljepila, fugiranja, premaza i električnih lakova. BPF se također nalazi u dentalnim materijalima, kao što su restaurativni materijali, obloge, ljepila, oralni protetski uređaji i nadomjesci tkiva. [14]

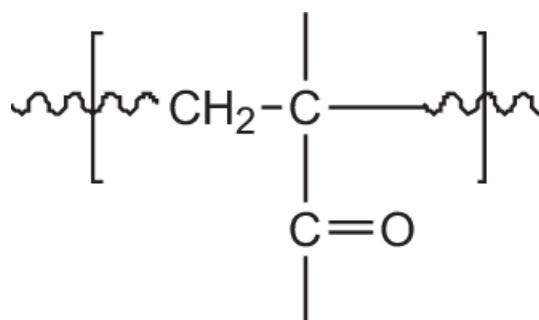
3.5.2.3. Primjena

Premazi od epoksidnih smola su dosta rašireni u primjeni, neki od primjera primjene su [14]:

- Primjena u automobilskoj i pomorskoj industriji: epoksidni premaz će djelovati kao temeljni premaz za sprječavanje korozije i osiguravanje prijanjanja boja na automobilima i brodovima.
- *Fusion Bonded* epoksidni premazi koriste se za zaštitu od korozije čeličnih cijevi i fitinga koji se koriste u industriji nafte i plina, cjevovoda za prijenos vode i armaturne šipke za beton.
- Premaz za limenke i spremnike: metalne limenke i spremnici često se tretiraju epoksidnim premazom kako bi se spriječilo hrđanje, posebno kada se koriste za pakiranje kisele hrane kao što je rajčica.
- Primjena na podovima: epoksidni premazi mogu se koristiti kao epoksidna podna boja u industrijskim ili komercijalnim primjenama.

3.5.3. Akrilne smole

Akrilne smole su polimerni materijali koji sadrže akrilne monomere u obliku otopine, disperzije ili krutine. Ovi monomeri su obično esteri akrilne, metakrilne kiseline ili njihovih derivata, a mogu se funkcionalizirati uvođenjem različitih kemijskih skupina (R skupine). Drugi monomeri se također mogu ugraditi u polimerne lance kako bi se dobile smole različitih svojstava ili niže cijene. Obično se koriste u mnogim različitim primjenama, od industrijskih premaza na bazi otapala i vode do arhitektonskih premaza. Saznajte više o glavnim kategorijama akrilnih smola, različitim oblicima i kriterijima odabira kako biste odabrali najbolji proizvod za svoju formulaciju na temelju krajnje primjene. *Slika 4* prikazuje opću formulu akrilnog polimera. [15]



Slika 4. Opća formula akrilnog polimera. [16]

Ovisno o njihovom sastavu, akrilne smole možemo podijeliti u 2 različite kategorije: čiste akrilne smole i one složenije, koje sadrže i dodatne monomere.

3.5.3.1. Čiste akrilne smole

Oni sadrže samo akrilne monomere. Na svakom monomeru moguće su različite funkcionalizacije (R skupine). Najčešći su [15]:

- Jednostavni atomi vodika, što dovodi do prisutnosti karboksilnih skupina u polimeru.
- Nereaktivne skupine, kao na primjer alkilni lanci koji sadrže samo ugljik i vodik. Oni mogu spriječiti reakcije s drugim spojevima i tako poboljšati kemijsku otpornost smole.

- Reaktivne skupine, kao što su npr. hidroksilne funkcije, koje bi mogle reagirati s izocijanatima ili melaminima, ili glicidilne funkcije (epoksi skupina) koje će reagirati s aminima, karboksilnim kiselinama na stvaranje jačeg polimernog materijala.

3.5.3.2. *Složene akrilne smole*

Kako bi se dobila smola sa specifičnim svojstvima, ili kako bi se smanjila njezina cijena, različiti monomeri mogu se ugraditi u akrilni polimer.

Stiren je vjerojatno najčešće korišten, a nastale smole poznate su kao stiren-akril. Stirenski monomeri znatno su jeftiniji od akrilnih. Poznato je da povećavaju otpornost na vodu i da dovode do otpornosti na lužine i poboljšane tvrdoće. Međutim, stiren-akrilne smole često su podložne žućenju i kredanje, ozbiljnim problemima koji smanjuju njihovu potencijalnu primjenu. [15]

3.5.3.3. *Primjena*

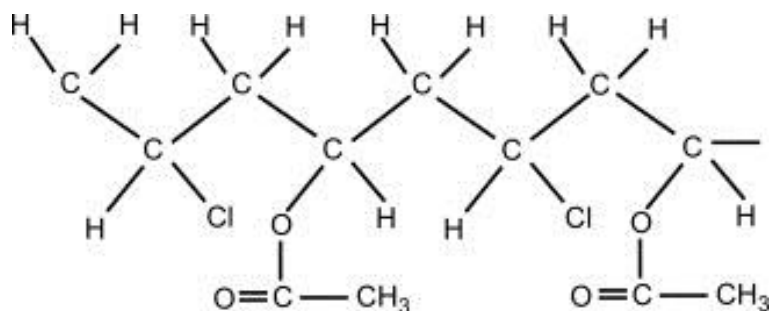
Akrilne smole odlikuju se izvrsnom transparentnošću i izdržljivošću te se koriste u širokom rasponu primjena od potrošačkih predmeta kao što su leće do industrijskih proizvoda kao što su materijali za oblikovanje, premazi i ljepila. Osim toga, akrilne smole se također koriste u drugim područjima, kao što su veziva za obradu papira/vlakana, PC ekrani, prozori za mobilne telefone i svjetlovodne ploče za pozadinsko osvjetljenje zaslona s tekućim kristalima (LCD).

Zbog svoje izvrsne trajnosti i otpornosti na vremenske uvjete kao materijala za premazivanje, akrilne smole se intenzivno koriste u primjenama kao što su automobilski i arhitektonski premazi. [15]

3.5.4. *Vinilna smola*

Vinilna smola je kopolimer vinil klorida i vinil acetata, također poznat kao primarno stanje polimera vinil klorida. Industrijski premazi podrazumijevaju, premaz za lakiranje automobila, premaz za zavojnice, brodsku boju, premaz za ambalažu (meki i tvrdi), premaz za plastiku, premaz u prahu i premaz za drvo itd.

Budući da vinilna smola općenito ima visoku disperzibilnost, izvrsno stvaranje filma i otpuštanje otapala, fleksibilnost, visoku otpornost na habanje, kemijsku otpornost, otpornost na vatru, dobru topljivost, obradu i široku primjenu. Dakle, vinilna smola je poželjna vezivna smola za industrijske premaze. *Slika 5* prikazuje kopolimer vinil klorida i vinil acetata. [17]



Slika 5. Kopolimer vinil klorida i vinil acetata. [17]

3.5.4.1. Vinil smole bez funkcionalnih skupina

Vinilna smola bez funkcionalnih skupina ima dobro prijanjanje za PVC i materijale na bazi PVC-a. Sadržaj vinil acetata u 30-40% vinilne smole može biti potpuno topiv u esterima, s najnižom temperaturom staklastog prijelaza među vinilnim smolama, uz najbolju fleksibilnost, može se koristiti za proizvodnju visoko elastičnog premaza. [17]

3.5.4.2. Kopolimeri s funkcionalnim skupinama

Kopolimeri vinil klorida i vinil acetata smole s funkcionalnim skupinama obično su karakterizirane funkcionalnom skupinom hidroksil ili karboksil. Vinilna smola s karboksilnom funkcionalnom skupinom polimerizira se s vinil kloridom, vinil acetatom i terpolimerom dikarboksilne kiseline. Vinilna smola s karboksilnom grupom ima odličnu adheziju na metalu, njezin film boje ima dobru adheziju za površinsku obradu na lim, aluminijsku foliju, aluminijsku laminiranu foliju, PVC, ABS, papir, beton, akrilnu kiselinu PE, OPP, istovremeno, ima otpornost na kiseline, lužine i otopine soli, te ima nisku sposobnost upijanja vode. Stoga se koristi kao ljepilo za folije za vruće utiskivanje, lak za toplinsko brtvljenje u farmaceutskim pakiranjima, premaz za limenke, premaz za kućanske aparate, UV temeljni premaz za tipkovnicu mobilnog telefona, antikorozivni premaz i brodski premaz. [17]

3.5.4.3. Primjena

Vinilne smole koriste se za proizvodnju [17]:

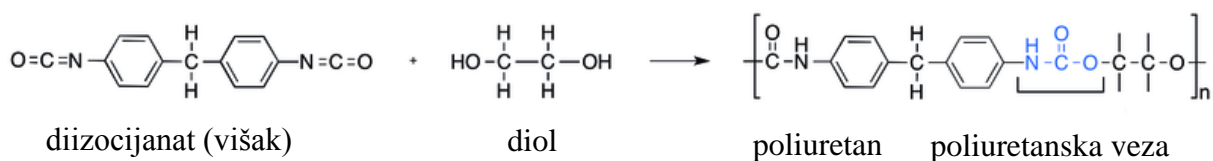
- Premazi za metalne površine
- Elektroničke i električne komponente
- Električni izolatori
- Plastični materijali ojačani vlaknima
- Strukturna ljepila.

Vinilna smola također se koristi u smjesama za brtvljenje i lijevanje, brtvilima, bojama i drugim industrijskim aplikacijama za sprječavanje korozije.

3.5.5. Poliuretani

Poliuretan (često skraćeno PUR i PU) odnosi se na klasu polimera sastavljenih od organskih jedinica spojenih uretanskim vezama. Za razliku od drugih uobičajenih polimera kao što su polietilen i polistiren, poliuretan se proizvodi iz širokog spektra početnih materijala (monomera). Ova kemijska raznolikost omogućuje poliuretane s vrlo različitim fizikalnim svojstvima, što dovodi do jednako širokog raspona različitih primjena. To uključuje: krute i fleksibilne pjene, lakove i premaze, ljepila, električne smjese za zalijevanje i vlakna kao što je *spandex*.

Poliuretanski polimeri tradicionalno i najčešće nastaju reakcijom di- ili triizocijanata s poliolum. *Slika 6* prikazuje sintezu poliuretana iz izocijanata i diola. Budući da poliuretani sadrže dvije vrste monomera, koji polimeriziraju jedan za drugim, klasificiraju se kao izmjenični kopolimeri. I izocijanati i polioli koji se koriste za proizvodnju poliuretana sadrže u prosjeku dvije ili više funkcionalnih skupina po molekuli.



Slika 6. Sinteza poliuretana iz izocijanata i diola. [18]

3.5.5.1. Prednosti poliuretana

Prednosti poliuretanskog premaza [19]:

- dobra fizička i mehanička svojstva. Njegov film je tvrd, svijetao, fleksibilan, snažno prijanja, otporan na habanje.
- izvrsna otpornost na koroziju. Otporan je na ulje, kiseline, kemikalije i industrijske otpadne plinove.
- bolja otpornost na starenje od epoksidnog premaza. Koristi se kao završni premaz ili temeljni premaz.
- poliuretanska smola može se miješati s raznim smolama, a formula za miješanje može se prilagoditi kako bi zadovoljila različite zahtjeve za upotrebu.
- Može otvrdnuti pri sobnoj temperaturi, toplinskom otvrdnjavanjem, ili pri niskoj temperaturi čak i na 0 °C.
- proizvodi od cijevi obloženi poliuretanom imaju dug vijek trajanja.

3.5.5.2. Nedostatci poliuretana

Nedostaci poliuretanskog premaza [19]:

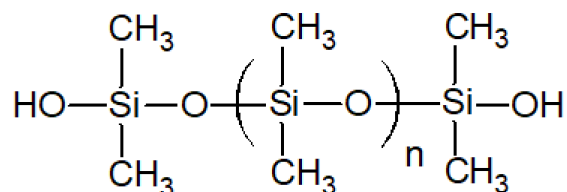
- stabilnost poliizocijanata pri skladištenju je loša, a vlaga se mora izolirati kako bi se izbjeglo geliranje.
- nešto manje otporan na lužine od epoksidnog premaza.
- cijena poliuretanskog premaza je relativno visoka.

3.5.5.3. Primjena

Najčešća primjena poliuretana je u obliku čvrste pjene, što zahtijeva prisutnost plina ili sredstva za puhanje tijekom koraka polimerizacije. To se obično postiže dodavanjem vode, koja reagira s izocijanatima da nastane plin CO₂ i amin, preko nestabilne skupine karbaminske kiseline. Proizvedeni amin također može reagirati s izocijanatima kako bi se formirale uree grupe, i kao takav polimer će sadržavati i ove i uretanske poveznike. Urea nije jako topiva u reakcijskoj smjesi i ima tendenciju formiranja zasebnih faza "tvrdog segmenta" koje se uglavnom sastoje od poliuree. Koncentracija i organizacija ovih poliurea faza može imati značajan utjecaj na svojstva pjene. [19]

3.5.6. Polisiloksani

Polisiloksani su najčešći i jedni od najvažnijih organosilicijevih polimera koji se koriste u kemiji polimera. Opću strukturu polisiloksana prikazuje *slika 7*. Silanol, $\text{SiO}(\text{Me})_2$, ključna je funkcionalna skupina u sintezi ovih polimera. Polisiloksani su siloksanski hibridi formulirani s organskom smolom kao što su epoksidni ili akrilatni sustavi. Ove smole kombiniraju se zbog karakteristika koje neki stručnjaci nazivaju vrhunskim završnim premazom na tržištu. Kada se nanese kao završni premaz na cink temeljni premaz, ovaj sustav je pokazao izuzetne rezultate u testovima otpornosti na koroziju. Kasnije iteracije polisiloksanskih premaza formulirane su s vrlo visokim sadržajem suhe tvari, što je dovelo do niskog HOS-a koji sada zahtijevaju lokalni i regionalni propisi.



Slika 7. Opća struktura polisiloksana. [20]

3.5.6.1. Anorganski polisiloksani

Tipični anorganski polisiloksani stvrđavaju se hidrolitičkom polikondenzacijom. Formulirani s pravilnim odabirom aditiva i pigmenta, premazi mogu izdržati temperature od približno 1400 °F (760 °C). Varijacije pigmenta stvaraju premaze s izvrsnom otpornošću na otapala.

3.5.6.2. Hibridi epoksi-polisiloksana

Formulacija s alifatskim epoksidnim smolama, silikonskim intermedijerima, oksisilanima i aminosilanima stvara hibride otporne na vremenske uvjete i koroziju. Ovi premazi otvrđavaju i hidrolitičkom polikondenzacijom i konvencionalnijim epoksi-aminskim mehanizmima, što rezultira takozvanim interpenetrirajućim polimernim mrežama. Rezultirajuće formulacije pružaju poboljšanu otpornost na vremenske utjecaje u odnosu na konvencionalne epoksidne premaze.

3.5.6.3. *Hibridi akril-polisiloksana*

Kombinacijom akrilne i siloksanske smole, proizvodi se završni premaz s niskim HOS, vrlo otpornim na vremenske uvjete. Ovi sustavi se mogu proizvoditi kao jednokomponentni ili dvokomponentni sustavi.

3.5.6.4. *Prednosti*

Prednosti polisiloksana [20]:

- Izvrsna otpornost na koroziju i kemikalije
- Visoka UV otpornost
- Više suhe tvari i niži HOS od poliuretanskih završnih premaza
- Izvrsno zadržava boju i sjaj.

3.5.6.5. *Nedostatci*

Nedostatci polisiloksana [20]:

- Imaju tendenciju da postanu krhki
- Premaz je nov na tržištu i još uvijek prolazi kroz neka ispitivanja
- Obično je skuplji od poliuretana.

3.5.6.6. *Primjena*

Zbog svojih vrhunskih karakteristika otpornosti na UV zračenje, ovi se premazi posljednjih godina sve više koriste na mostovima. Oni također debitiraju kao završni premazi u brojnim drugim industrijama, uključujući tržište vode i otpadnih voda i mora. Svojstva otpornosti na toplinu u nekim formulacijama ovih premaza korištena su u spremnicima, dimnjacima i na izoliranim cjevovodima.

4. POLIUREA ZAŠTITNI PREMAZI

Poliurea je polimerni materijal koji se koristi za izradu premaza i tvari za oblaganje. Poliurea je stup većine proizvoda za premaze i obloge koji pružaju otpornost na koroziju i habanje. Obično se koristi u prevenciji korozije zbog izuzetno brzog vremenskog perioda vezanja, otpornosti na atmosferske ili okolišne napade, velikog istezanja i trajnosti. Koristi se u premazima koji osiguravaju prevenciju korozije u područjima kao što su građevinarstvo, automobilska i proizvodna ili prerađivačka industrija.

4.1. POVIJESNI RAZVOJ

Tijekom 1950-ih i 1960-ih dogodila su se značajna istraživanja u području razvoja uretana, a tijekom ranih 70-ih godina korištenje poliuretana kao elastomernog premaza postalo je značajno. Reference na poliureu pojavljuju se u literaturi tijekom tog vremenskog razdoblja, ali njezino iznimno brzo vrijeme postavljanja pokazalo se problemom za praktičnu primjenu.

Početak 1980-ih, razvoj tehnologije reakcijskog injekcijskog prešanja (RIM) omogućio je korištenje poliuree u proizvodnji automobilskih dijelova. Prednji i stražnji odbojnici, branici, vrata i četvrtine Pontiac Fiera, izrađeni su od poliuree.

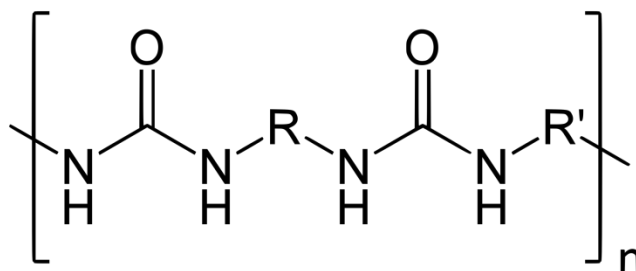
Sredinom 80-ih Texaco Chemical Company započela je značajne napore u razvoju poliuree za primjenu u spreju. Istodobno, Gusmer Corporation (sada u vlasništvu Graca) radila je s Texacom na razvoju inovativne opreme prikladne za nanošenje poliuree raspršivanjem. Prvi komercijalni premaz od poliuree nanesen je prskanjem 1989. godine. [21]

4.2. KEMIJSKI SASTAV

Poliurea je vrsta elastomera koja se dobiva iz produkta reakcije izocijanatne komponente i komponente mješavine sintetičke smole polimerizacijom postupnog rasta. Izocijanat može biti aromatične ili alifatske prirode. To može biti monomer, polimer ili bilo koja varijanta reakcije izocijanata, kvazi-prepolimera ili prepolimera. Prepolimer, ili kvazi-prepolimer, može biti izrađen od polimerne smole s aminom ili od polimerne smole s hidroksilom.

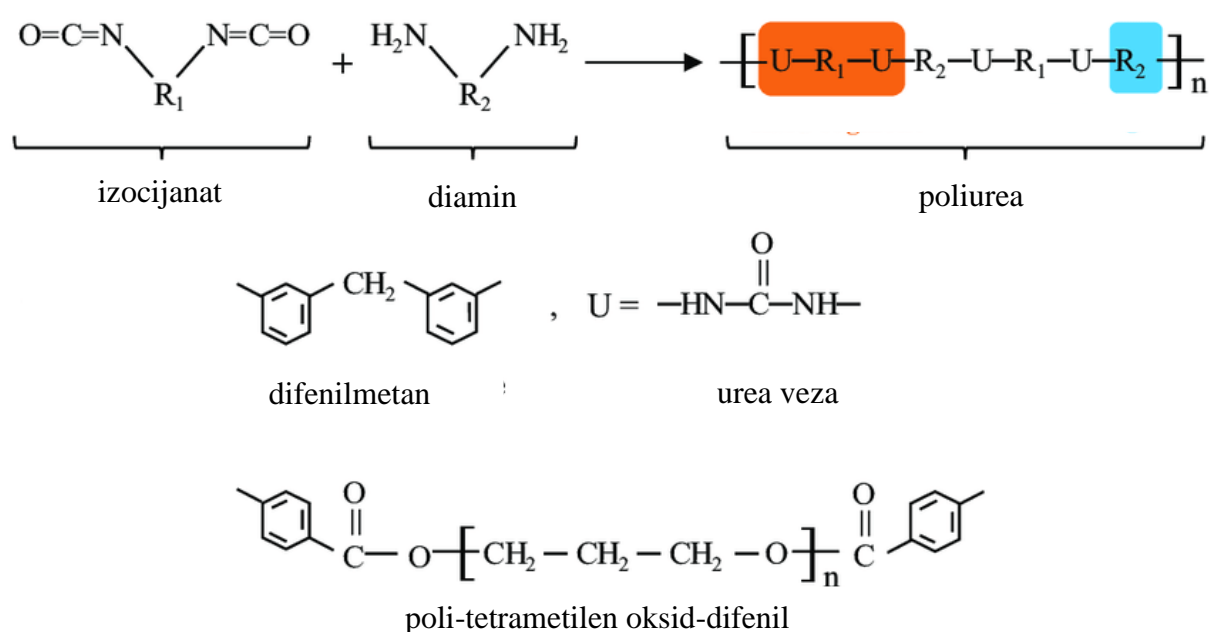
4.2.1. *Kemijska formula*

Urea ili karbamid je organski spoj s kemijskom formulom $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Molekula ima dvije aminske skupine ($-\text{NH}_2$) koje su spojene karbonilnom funkcionalnom skupinom ($\text{C}=\text{O}$). *Slika 8* prikazuje opću strukturu poliuree



Slika 8. Opća struktura poliuree. [22]

U poliurei, naizmjenične monomerne jedinice izocijanata i amina međusobno reagiraju i tvore veze uree. Uree također mogu nastati reakcijom izocijanata i vode koja tvori intermedijer karbaminske kiseline. Ova kiselina se brzo razgrađuje tako što odvaja ugljični dioksid i ostavlja za sobom amin. Ovaj amin zatim reagira s drugom izocijanatnom skupinom kako bi se formirala poliurea veza. Ova reakcija u dva koraka koristi se za izradu onoga što se obično, ali neispravno naziva poliuretanskom pjenom. Ugljični dioksid koji se oslobađa u ovoj reakciji je primarno sredstvo za puhanje (pjenjenje) posebno u mnogim poliuretanskim pjenama koje bi se točnije trebale zvati poliuretan/urea pjene. *Slika 9* prikazuje shemu sinteze i kemijske molekularne strukture poliuree.



Slika 9. Shema sinteze i kemijske molekularne strukture poliuree. [23]

4.2.2. Vrste poliurea premaza

Aromatična poliurea je vrsta elastomera dobivenog reakcijom između komponente izocijanata i komponente mješavine sintetičke smole. Spoj se naziva aromatičnim zbog njegove superiorne stabilnosti u usporedbi s drugim kemijskim formulacijama s istim skupinama atoma. Aromatična poliurea relativno brzo otvrdnjava i neosjetljiva je na vlagu, što je čini popularnim sastojkom u nekoliko vrsta boja i premaza. Poliuree dobivene iz aromatskih diizocijanata odlikuju se osjetljivošću na ultraljubičasto (UV) svjetlo.

Poliuree dobivene iz alifatskih diizocijanata mogu izdržati promjenu boje zbog izlaganja sunčevoj svjetlosti i zadržati svoja fizička svojstva čak i pod uvjetima izlaganja UV zračenju. Poželjni su za vanjsku primjenu jer mogu poboljšati estetiku sa sjajnim izgledom i mogu se koristiti na manjim debljinama filma. Međutim, skupi su u usporedbi s aromatičnim poliureama zbog komplicirane obrade.

4.3. SVOJSTVA POLIUREA PREMAZA

Niti jedan sustav premaza ne može uspješno zamijeniti poliureu u svim aspektima, zbog svojih novih fizičkih svojstava i stabilnosti. Međutim, specifikacije za pripremu površine prilično su stroge.

Poliurea je elastomerni materijal, pa je parametar istezanja vrlo visok. Zbog svoje rastezljivosti, materijal ima visoku vlačnu čvrstoću. Tvrdoća aromatične poliuree možda neće biti dovoljna za neke primjene, ali alifatski premaz ima više za ponuditi. Vrijedno je spomenuti njegovu izvrsnu prionjivost na mnoge materijale. Ostala svojstva koja razlikuju poliureu od ostalih izolacija su vrlo dobro premošćivanje pukotina i otpornost na udarce.

Poliurea štiti drvene, betonske i čelične površine i konstrukcije od habanja i oštećenja od korozije. Može pomoći u očuvanju dotrajale betonske strukture i pomoći u rehabilitaciji i održavanju kanala zdravim. Otporan je na ogrebotine, kemikalije, ulja i soli u komercijalnim i industrijskim podovima. Također može zaštititi čamce i druga plovila štiteći od pucanja i propadanja. [24]

4.3.1. Prednosti poliurea premaza

U usporedbi s epoksidnim premazima, poliurea je znatno bolja u otpornosti na vlagu, UV otpornosti (za alifatske premaze), otpornosti na abraziju, kemijsku otpornost, temperaturnu otpornost i trajnost. Također ima i brže vrijeme otvrdnjavanja.

U usporedbi s poliuretanom, poliurea ima superiornu izdržljivost, kemijsku otpornost i otpornost na vlagu.

Prednosti poliurea premaza:

- Vrlo brzo vezivanje (vrijeme stvrdnjavanja obično 2 do 5 minuta) ovisno o formulaciji
- Izvrsna otpornost na habanje i ogrebotine
- Vrlo stabilna otpornost na vremenske i okolišne uvjete
- Vrlo povoljne karakteristike produljenja
- Može se primijeniti u promjenjivim temperaturnim uvjetima, čak i pri visokoj vlažnosti

- Stabilna otpornost na toplinu do 130 °C (266 °F) i kratkoročna ocjena od 220 °C (430 °F)
- Debljina premaza može se precizno kontrolirati
- Vrlo učinkovito lijepljenje na pravilno pripremljene površine od drveta, cementa, betona i metala
- Izvrsna kemijska otpornost
- Mogućnost niske viskoznosti, što omogućuje miješanje i prskanje na željenim temperaturama
- Može se formulirati za vrlo visoku vlačnu čvrstoću do 4350 psi.

4.3.2. Nedostaci poliurea premaza

Poliurea premaz nije bez slabih točaka koje doprinose činjenici da je tehnologija raspršivanja poliuree na površinama relativno rijetka u građevinarstvu. Glavna slabost takvog premaza je najsuvremenija tehnologija i složenost sustava koji čine glavne slabe točke materijala kao i:

- primjena zahtijeva korištenje specijalizirane opreme (skup strojeva koji stvaraju visoku temperaturu i tlak) što zauzvrat podiže cijenu,
- površina za nanošenje mora biti adekvatno pripremljena,
- površina ne smije biti previše mokra prije prskanja,
- atmosferski uvjeti tijekom prskanja moraju biti u skladu s navedenim zahtjevi,
- kvaliteta premaza uvelike ovisi o pripremi površine i osposobljenosti osoblja.

4.4. METODE PRIMJENE POLIUREA PREMAZA

Metode primjene ovisit će o karakteristikama podloge, zahtjevima okoliša, kao i o formulaciji poliuree i drugim zahtjevima specifičnim za mjesto.

Metode primjene uključuju:

- Prskanje pri visokoj temperaturi
- Prskanje pri povišenoj temperaturi
- Niskotlačno prskanje pri sobnoj temperaturi
- Ostale metode.

4.4.1. Priprema površine

Tijekom početne pripreme površine, zauljena onečišćenja i prljavština moraju se ukloniti sredstvima kao što je abrazivno pjeskarenje. Površine treba provjeriti na čistoću kako bi se osiguralo snažno prianjanje premaza od poliuree. Ovo je kritičan korak kako bi se osigurala trajnost premaza. Priprema površine bit će jedinstvena za svaku vrstu aplikacije. Neke od njih bit će abrazivno pjeskarenje i uklanjanje soli i nečistoće.

4.4.2. Prskanje pri visokoj temperaturi

Prskanje pri visokoj temperaturi, odnosno metoda visokog tlaka odabrana je za poslove nanošenja premaza vrlo velikog volumena. Formulatori moraju pripremiti premaz niže viskoznosti na radnoj temperaturi kako bi osigurali povoljan protok tekućine unutar stroja i ujednačenu debljinu na površini.

U fazi miješanja mora se održavati propisani raspon tlaka i temperature. Doziranje i miješanje komponenti mora se vršiti s preciznošću. Sustav prskanja mora biti dizajniran tako da održava tlak kao i temperaturu.

Formulirana smjesa se raspršuje na čistu površinu očišćenu od prašine. Prvi sloj se proizvodi izravno na površini. Drugi sloj se nanosi kako bi se osigurala barijera nepropusna.

Strojevi koji se koriste za poliurea premaze moraju biti sposobni održavati temperature do 80 °C i tlak do 210 bara.

4.4.3. Prskanje pri visokoj temperaturi

Prskanje pri visokoj temperaturi se općenito koristi za srednje i velike poslove. Kombinira isplativost jeftinije opreme i sigurnost raspršivača nižeg tlaka, ali zahtjeva materijale koji su formulirani za obradu na nižim temperaturama, obično ispod 60 °C.

4.4.4. Niskotlačno prskanje pri sobnoj temperaturi

U slučaju hladnog raspršivanja, formulatori moraju osigurati nisku viskoznost na sobnoj temperaturi kako bi se omogućilo nanošenje premaza raspršivanjem. Ovo je prikladna metoda za male površine i popravke.

4.4.5. Ostale metode

Uz gore spomenute primjene raspršivanjem, poliuree se mogu formulirati tako da se dopušta nanošenje četkom/valjanjem, brtvljenjem (ili ekstrudiranjem), lopaticom i metodama lijevanja. Metoda kistom/valjkom pruža vrlo korisnu alternativu za primjenu raspršivanjem gdje primjena prskanja nije izvediva, na primjer u malim spremnicima i cijevima.

Primjena materijala za brtvljenje, formuliranih od poliuree, dobiva veliku pozornost za vanjsku upotrebu u garažama i nogostupima gdje izravan napad UV svjetla i zimskih kemikalija stvaraju vrlo agresivno okruženje za brtvene proizvode. Viskoznost i vrijeme otvrdnjavanja moraju biti pravilno formulirani kako bi se omogućila laka primjena od strane osoblja za održavanje ili izvođača.

4.5. PRIMJENA

S obzirom da različite formulacije smola i izocijanata mogu osigurati željeno vrijeme stvrdnjavanja, otpornost na vlagu, pigmentaciju, svojstva usporavanja plamena i druge jedinstvene značajke, poliurea ima jako široku primjenu u industriji.

4.5.1. Zdravstvo

U bolničkom okruženju, idealno bi bilo da podne i zidne obloge budu otporne na viruse i bakterije jer postoji stalan rizik da pacijenti dobiju sekundarnu infekciju. Pukotine, pukotine i ogrebotine na podu mogu uzrokovati curenje vlage i širenje opasnih bolesti.

Premazi od poliuree brtve pukotine i sprječavaju ogrebotine koje bi inače mogle nastati zbog čestog ribanja, čime se smanjuje rizik od razmnožavanja bakterija. Ovi premazi mogu pomoći u održavanju sterilnih uvjeta u kirurškim područjima, jedinicama intenzivne njege i neonatalnoj njezi.

4.5.2. *Automobilska industrija i rukovanje materijalima*

Auto industrija koristi poliurea premaze više od tri desetljeća. Premaz je popularan zbog svoje otpornosti na udarce i drugih mehaničkih svojstava.

Poliurea pruža zaštitu od habanja u rudarskoj i građevinskoj opremi, te za oblaganje dampera koji se koriste za abrazivne materijale kao što su ugljen i metalne rude. Štiti transportere i valjke transportnih sustava koji transportiraju abrazivni ugljen, kamenje i metalne rude.

Također se koristi za obloge za velika gospodarska vozila i kamione za pretovar materijala.

Slika 10 prikazuje podvozje automobila zaštićeno poliurea premazom.



Slika 10. Podvozje automobila zaštićeno poliurea premazom. [25]

4.5.3. Cjevovodi, pumpe i sustavi za navodnjavanje

Poliurea osigurava zaštitu od korozije i habanja cjevovoda koji nose abrazivne i korozivne materijale. Nanosi se kao temeljni premaz kako bi se spriječilo katodno odvajanje.

Koristi se kao premaz pumpe za smanjenje kavitacije i erozije, te za poboljšanje izlazne snage pumpe. Koristi se za oblaganje rezervoara i ribnjaka za akvakulturu, te za popravke kanala i zaštitu od curenja.

Slika 11 prikazuje postupak nanošenja poliurea premaza unutar cijevi.



Slika 11. Nanošenje poliuree unutar cijevi. [26]

4.5.4. Obrambeni i sigurnosni sektori

Zbog dokazane otpornosti na udarce, sposobnosti apsorpiranja eksplozivne energije, izdržljivosti i brzog vezivanja, poliurea premazi i obloge lako se koriste u obrambenom i sigurnosnom sektoru.

Primjena poliuree u sustavu balističkih projektila dobro je dokumentirana. Kao premaz za vojnu opremu, poliurea se može skupljati i širiti s promjenama temperature okoline i stvarati nepropusnu brtvu. Premazi će biti bez ogrebotina, udubljenja i oštećenja od abrazije, a pritom će osigurati atraktivan sjajni izgled. Premaz poliuree na oblogama kamiona može smanjiti vibracije i pridonijeti sigurnosti. Premazivanje vojnih zgrada poliureom može smanjiti štetu uslijed eksplozija bombi.

Slika 12 prikazuje raspršivanje poliurea premaza po dijelovima vojne opreme.



Slika 12. Nanošenje poliuree na vojne dijelove. [27]

4.5.5. Površine čeličnih i betonskih mostova

Poliurea se koristi za temeljni premaz i kao premaz za popravak/održavanje zbog svoje sposobnosti brzog otvrdnjavanja, otpornosti na udar, te produljenja i vlačne čvrstoće. Struktura poliuree (molekularni lanac) čini je elastomerom visoke izdržljivosti. To je tajna njegove prikladnosti u građevinarstvu i drugim područjima.

Premazi od poliuree mogu spriječiti urušavanje betonskih konstrukcija učinkovitim popravkom dotrajalog dijela betonske konstrukcije i osiguravanjem zaštitnog brtvljenja oko pucanja i propadanja betona.

Slika 13 prikazuje postupak nanošenja polirea premaza na betonski most.



Slika 13. Nanošenje poliuree na betonski most. [28]

5. EKSPERIMENTALNI DIO

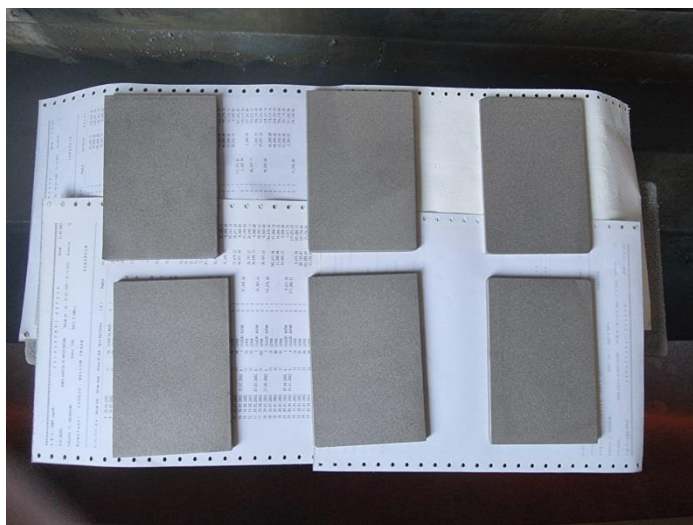
U eksperimentalnom dijelu rada provedena su ispitivanja poliurea premaza u slanoj i vlažnoj komori, provedeno je ispitivanje debljine premaza, ispitivanje prionjivosti kao i ispitivanje tvrdoće premaza. Cilj ispitivanja je bio utvrditi anti-korozivna svojstva i postojanost poliurea zaštitnih premaza na korozivnu okolinu. Ispitivanja su rađena na 3 različita uzorka:

1. Dvokomponentni premaz, epoksi temelj + poliuretani
2. Jednokomponentni premaz poliurea
3. Dvokomponentni premaz, epoksi temelj + poliurea.

Priprema uzoraka je provedena u laboratorijima tvrtke HELLIOS Hrvatska, a ispitivanja su provedena u Laboratoriju za zaštitu materijala na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.

5.1. PRIPREMA UZORAKA

Ispitne pločice koje su korištene u ispitivanjima su pripravljene sukladno normi EN ISO 12944-4 (Slika 14). Pločice su napravljene od nelegiranog čelika dimenzija 100 mm x 50 mm x 5 mm i pjeskarene su s obje strane do stupnja čistoće Sa 2.5 prema normi ISO 8501-1.



Slika 14. Ispitne pločice dimenzija 100 mm x 50 mm x 5 mm.

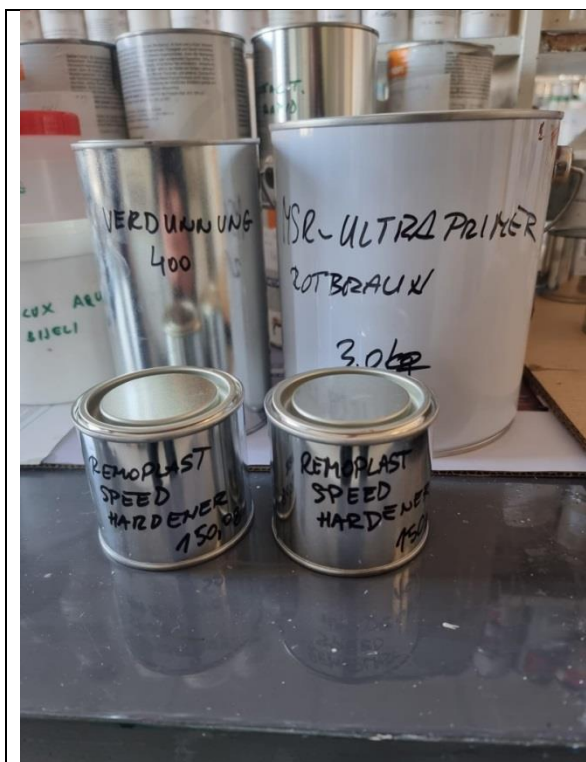
5.2. NANOŠENJE TEMELJNOG PREMAZA

Uzorci su podijeljeni u tri skupine po tri uzorka. Na prve dvije skupine uzoraka nanijet je dvokomponentni premaz REMOPLAST MSR ULTRAPRIMER (baza) i REMOPLAST SPEED HARDENER (kontakt) marke Rebrandtin. To je dvokomponentni epoksi temeljni premaz sa visokim sadržajem suhe tvari i niskim HOS.

5.2.1. Priprema temeljnog premaza

Kod pripravljanja premaza pomiješane su komponente, REMOPLAST MSR ULTRAPRIMER i REMOPLAST SPEED HARDENER, te se koristio razrjeđivač u iznosu od 3 % (Slika 15).

Pomiješane su obje komponente premaza u težinskom omjeru, 10:1. Slika 16 prikazuje mješanje komponenta. Nakon toga dodan je razrjeđivač u masenom iznosu do 3%. Miješanje je odrađeno strojno na mješaču. Radno vrijeme premaza je 4 sata. Boja premaza odgovara crveno smeđoj boji REMOPLAST MSR ULTRAPRIMER.



Slika 15. Prikaz komponenti premaza.



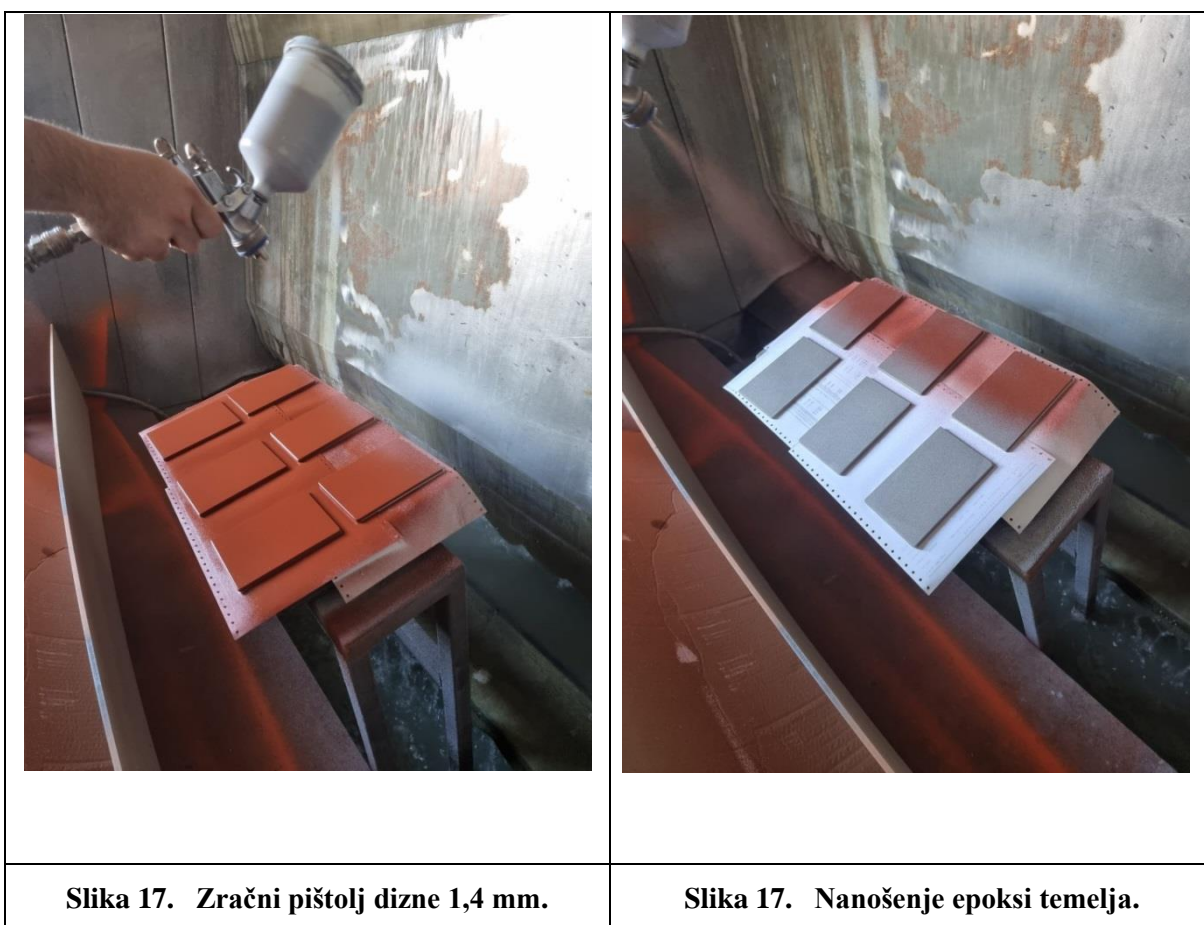
Slika 16. Miješanje komponenti premaza.

5.2.2. Oprema za nanošenje temeljnog premaza

Temeljni premaz je nanesen zračnim pištoljem (Slika 17), prema uputama proizvođača. Dizna zračnog pištolja je promjera 1,4 mm, te je spojen na kompresor. Sva korištena oprema u svrhu nanošenja premaza je u vlasništvu HELLIOS Hrvatska.

5.2.3. Nanošenje premaza

Premaz se ručno nanosi pomoću zračnog pištolja u laboratoriju tvrtke HELLIOS Hrvatska, u kontroliranim uvjetima. Dvokomponentni, REMOPLAST MSR ULTRAPRIMER i REMOPLAST SPEED HARDENER premaz se nanosi debljine 80-180 μm prema uputama proizvođača (Slika 18).



5.2.4. Sušenje uzoraka

Slika 19 prikazuje dvije skupine uzoraka premazanih temeljnim premazom. Uzorci suostavljeni na sušenje pri sobnoj temperaturi, minimalno 6 h prema uputama proizvođača premaza.



Slika 19. Sušenje uzoraka premazanih temeljnim slojem.

5.3. NANOŠENJE ZAVRŠNOG PREMAZA

Na jednu skupinu uzoraka s temeljnim premazom je nanesen dvokomponentni premaz REMOPLAST UVC PL HS ES i REMOPLAST HARDENER 400 UVC. To je dvokomponentni premaz na bazi hidroksilne skupine koji sadrži akrilne smole i alifatske izocijanate. Premaz ima odlična antikorozivna svojstva i ne žuti.

5.3.1. Priprema završnog premaza

Kod pripravljanja premaza pomiješane su komponente, REMOPLAST UVC PL HS ES i REMOPLAST HARDENER 400 UVC, te se koristio razrjeđivač u iznosu od 3 % (Slika 20).

Pomiješane su obje komponente premaza u težinskom omjeru, 10:1. Nakon toga dodan je razrjeđivač u masenom iznosu do 3%. Miješanje je odrađeno strojno na mješaču. Radno vrijeme premaza je 3 sata. Boja premaza odgovara bijeloj boji REMOPLAST UVC PL HS ES.



Slika 20. Komponente završnog premaza.

5.3.2. Oprema za nanošenje završnog premaza

Temeljni premaz je nanesen zračnim pištoljem (*Slika 17*), prema uputama proizvođača. Dizna zračnog pištolja je promjera 1,4 mm. Oprema za nanošenje završnog premaza odgovara opremi za nanošenje temeljnog premaza.

5.3.3. Nanošenje premaza

Premaz se ručno nanosi pomoću zračnog pištolja u laboratoriju tvrtke HELLIOS Hrvatska, u kontroliranim uvjetima. Dvokomponentni, REMOPLAST UVC PL HS ES i REMOPLAST HARDENER 400 UVC premaz se nanosi debljine 80-150 μm prema uputama proizvođača (*Slika 21*).



Slika 21. Nanošenje završnog sloja.

5.3.4. Sušenje uzoraka

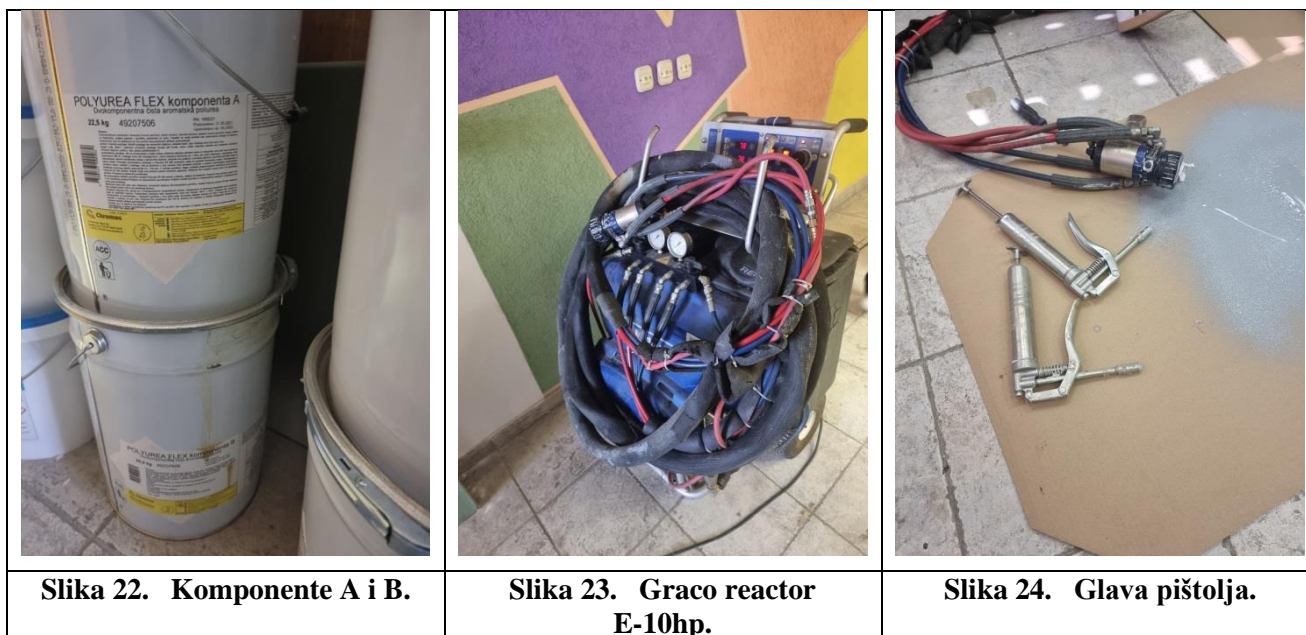
Uzorci su ostavljeni na sušenje pri sobnoj temperaturi 5 dana prema uputama proizvođača premaza.

5.4. NANOŠENJE POLIUREA PREMAZA

Poliurea je nanijeta na dvije skupine uzoraka. Prva skupina uzoraka ima temeljni sloj, a druga skupina uzoraka nema temeljni sloj. Na obje skupine se nanosi dvokomponentna CHROMOS POLYUREA FLEX komponenta A i CHROMOS POLYUREA FLEX komponenta B. Obje komponente (Slika 22) premaza su čista aromatska poliurea.

5.4.1. Priprema poliurea premaza i oprema za nanošenje

Na razliku od prethodna dva premaza, poliurea se ne miješa prije ulaska u opremu za nanošenje. Poliurea se nanosi uz pomoć visokotlačnog Graco reactor E-10hp uređaja (Slika 23). U uređaj kroz cijevi ulaze CHROMOS POLYUREA FLEX komponenta A i CHROMOS POLYUREA FLEX komponenta B, te se miješaju u samoj glavi pištolja. Slika 24 prikazuje glavu pištolja za prskanje.

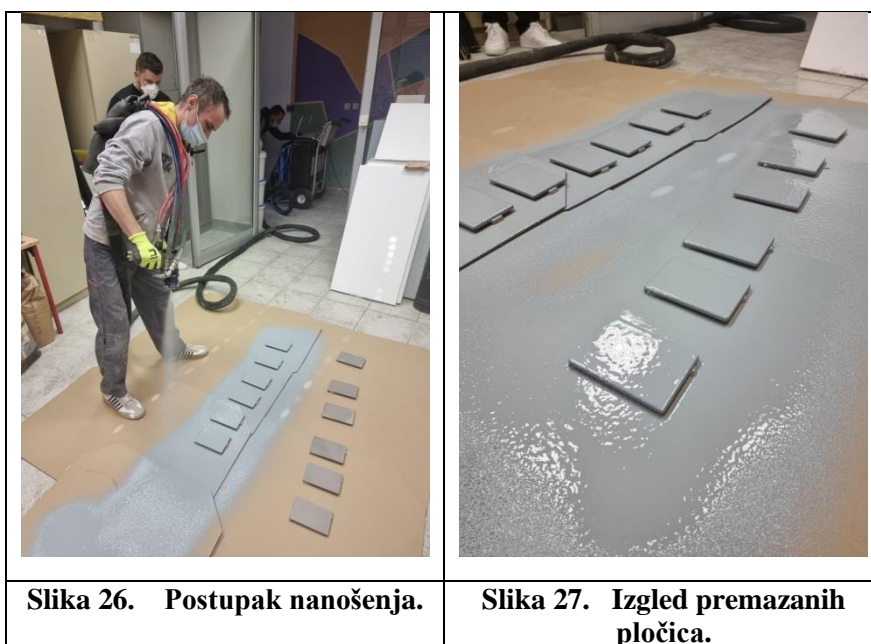


5.4.2. Nanošenje poliurea premaza

Premaz se strojno nanosi pomoću Graco reactor E-10hp u laboratoriju HELLIOS Hrvatska u kontroliranim uvjetima. Dvokomponentni, CHROMOS POLYUREA FLEX komponenta A i CHROMOS POLYUREA FLEX komponenta B premaz se nanosi pri tlaku do 210 bara i pri povišenoj temperaturi od 80 °C na regulatoru topline (Slika 25). Poliurea premaz se nanosi u debljini 50-5000 µm prema uputama proizvođača. Premaz ima karakteristični sjaj na površini. Slika 26 prikazuje postupak premazivanja, a slika 27 premazane uzorke.

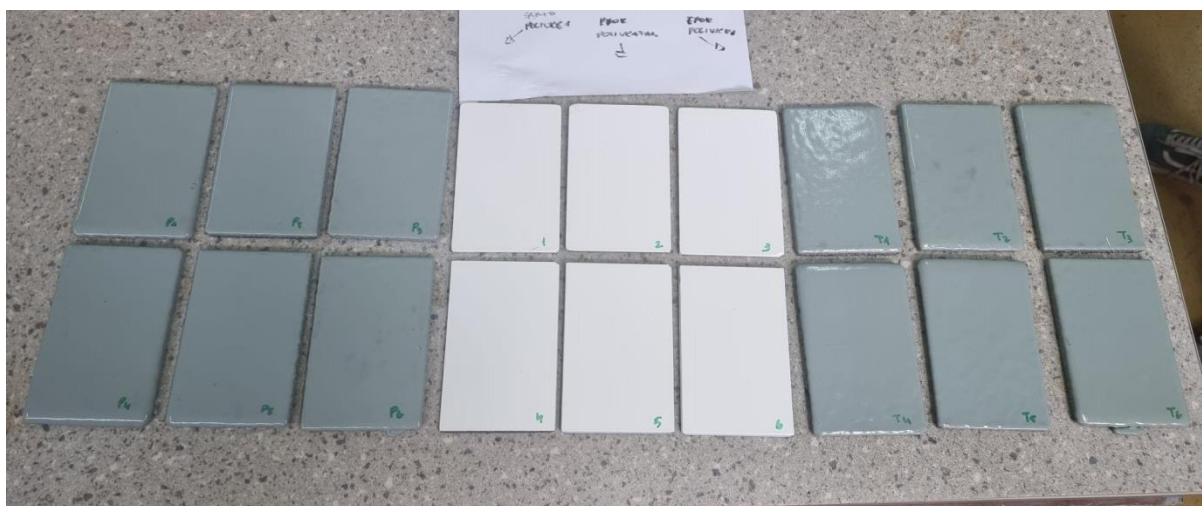


Slika 25. Regulator topline uređaja.



5.5. ISPITIVANJE DEBLJINE PREMAZA

Slika 28. prikazuje sve tri skupine uzoraka nakon sušenja. Uzorci se označuju kao što je prikazano u *Tablici 1* radi lakšeg praćenja rezultata ispitivanja, koja se provode u Laboratoriju za zaštitu materijala na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.



Slika 28. Prikaz svih skupina uzoraka.

Tablica 1. Oznake ispitnih uzoraka.

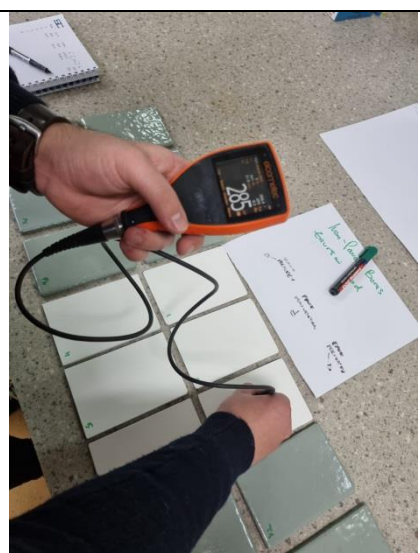
OZNAKA	BROJ SLOJEVA	TEMELJNI SLOJ	ZAVRŠNI SLOJ
1-6	2	EPOKSI TEMELJ	POLIURETAN
P1-P6	2	-	POLIUREA
T1-T6	1	EPOKSI TEMELJ	POLIUREA

5.5.1. Ispitivanje debljine uređajem Elcometer456

Za ispitivanje „suhog“ filma do 1500 μm korišten je mjerni uređaj Elcometar 456 (Slika 29). Elcometar 456 se prije upotrebe umjerava uz pomoć etalona. Ispitivanje je provedeno na uzorcima 1-6, budući da su ostali uzorci veće debljine prevlake od 1500 μm (Slika 30). Mjerenje se provodi uz pomoć sonde, magnetskom metodom. Magnetska metoda se temelji na mjerenju privlačnih sila koje se stvaraju između magnetične metalne podloge i permanentnog magneta koji se nalazi u sondi, a obrnuto su proporcionalne s udaljenostima među njima. Na svakom uzorku je provedeno 10 mjerenja. Tablica 2 prikazuje rezultate mjerenja.



Slika 29. Elcometar 456.



Slika 30. Ispitivanje debljine.

Tablica 2. Rezultati ispitivanja debljine uzoraka 1-6.

OZNAKA	Minimalna debljina uzorka u μm	Maksimalna debljina uzorka u μm	Aritmetička sredina debljine uzorka u μm
1	228	283	253,5
2	309	346	328,2
3	241	312	282,6
4	237	296	274,9
5	292	337	310,9
6	291	362	341,3

5.5.2. Ispitivanje debljine uređajem QNix 1500

Za ispitivanje „suhog“ filma do 5000 μm korišten je mjerni uređaj QNix 1500 (Slika 31). Uređaj je prije upotrebe umjeren na etalonu. S ovim uređajem se mogu mjeriti debljine magnetičkih i ne magnetičnih materijalima. Uređaj je korišten kako bi se izmjerila debljina na uzorcima P1-P6 i T1-T6. Tablica 3 i Tablica 4 prikazuju rezultate ispitivanja.



Slika 31. Mjerenje uređajem QNix 1500.

Tablica 3. Rezultati ispitivanja debljine uzoraka P1-P6.

OZNAKA	Minimalna debljina uzorka u mm	Maksimalna debljina uzorka u mm	Aritmetička sredina debljine uzorka u mm
P1	2,31	2,99	2,609
P2	2,77	3,18	2,957
P3	3,07	3,38	3,237
P4	2,83	3,27	3,058
P5	2,92	3,25	3,09
P6	2,84	3,29	3,08

Tablica 4. Rezultati ispitivanja debljine uzoraka T1-T6.

OZNAKA	Minimalna debljina uzorka u mm	Maksimalna debljina uzorka u mm	Aritmetička sredina debljine uzorka u mm
T1	3,03	3,41	3,173
T2	3,9	4,56	4,194
T3	3,49	4,06	3,766
T4	3,51	4,74	4,117
T5	3,55	4,38	3,901
T6	3,26	4,25	3,702

5.6. ISPITIVANJE U SLANOJ KOMORI

Ispitivanje u slanoj komori (Slika 32) jest ubrzani test na koroziju u kojem se uzorak izlaže finoj maglici otopine natrijeva klorida (obično 5 %) pri temperaturi 35 °C. Upotrebljava se za ispitivanje zaštitnih prevlaka na materijalima i za ispitivanje utjecaja soli na električne uređaje. Ispitivanje je provedeno u Laboratoriju za zaštitu materijala na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, prema normi HRN EN ISO 9227. Ispitivani su uzorci oznaka 1-2; P1-P2; T1-T2 (Slika 33). Uzorci su podvrgnuti metodi NSS (neutral salt spray) gdje se 5%-tna otopina natrijevog klorida, pH vrijednosti od 6,5 do 7,2, raspršuje u kontroliranim uvjetima u trajanju od 240 h. Ispitana je postojanost na korozijske uvjete C3-M prema normi ISO 12944-2.



Slika 32. Slana komora.



Slika 33. Uzorci u komori.

5.6.1. Ispitivanje korozije oko zareza

Nakon izlaganja premazane ispitne ploče u korozivnom okruženju, oko zareza se mogu pojaviti sljedeće pojave:

- raslojavanje
- korozija.

Slika 34 prikazuje uzorke s urezanim zarezima prije ispitivanja u slanoj komori.

HRN EN ISO 4628-8 norma propisuje način na koji se „ocjenjuje“ stupanj raslojavanja i korozije oko zareza (Slika 35).

U ispitivanju je korišten rezni nož debljine $w = 0,5$ mm, a svakih 5 mm se mjerila širina korozije w_c .

Stupanj korozije C mm se računa pomoću formule:

$$C = \frac{w_c - w}{2}$$

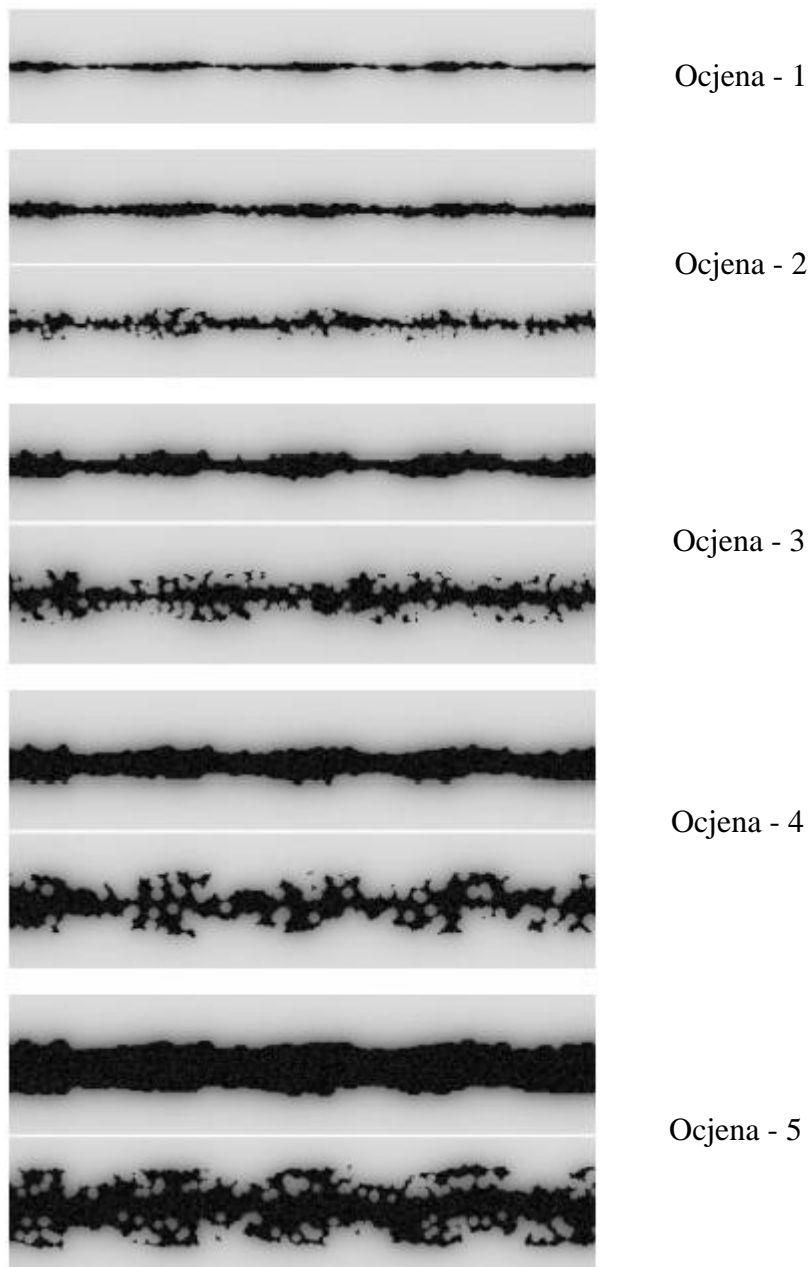
C - stupanj korozije u mm

w_c - srednja ukupna širina zone korozije u mm

w – širina zareza u mm



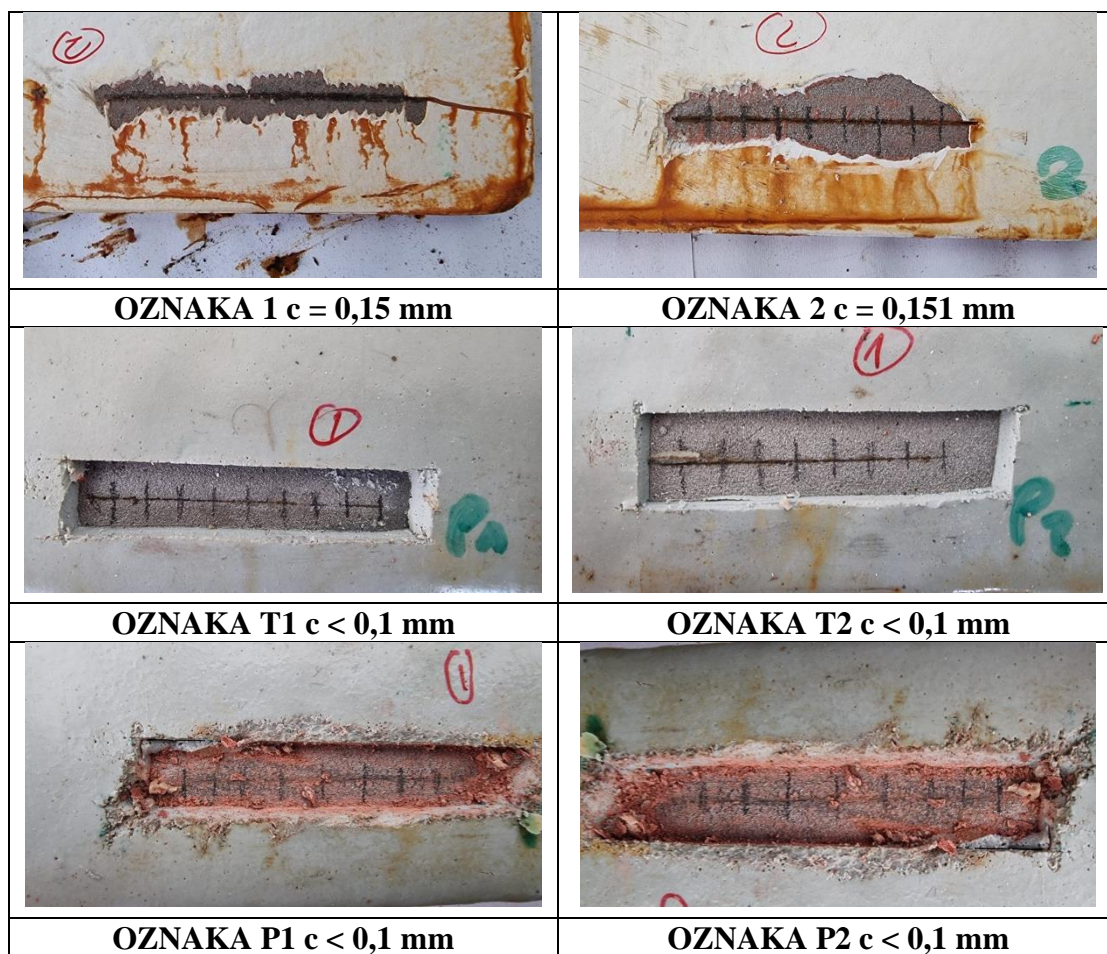
Slika 34. Uzorci sa zarezom prije komore.



Slika 35. Stupanj koroziije prema HRN EN ISO 4628-8.

5.6.2. Rezultati ispitivanja korozije oko zareza

Nakon 240 h u slanoj komori, na uzorcima 1-2 su se vidjeli znakovi korozije oko zareza, dok se na uzorcima P1-P2 i T1-T2 nisu vidjele nikakve promjene. Slika 36 prikazuje uzorke i C - stupanj korozije u mm nakon 240 h slane komore.



Slika 36. Prikaz uzoraka nakon 240 h u slanoj komori.

5.6.3. Rezultati ispitivanja u slanoj komori

Osim ispitivanja stupnja korozije zareza, potrebno je provesti i vizualne procjene rezultata po izlasku iz slane komore. Provedene vizualne procjene, čiji rezultate prikazuje *Tablica 5* su:

- Ispitivanje korozije oko ureza prema HRN EN ISO 4628-8
- Ispitivanje pucanja premaza prema HRN EN ISO 4628-4
- Ispitivanje stupnja mjehuranja prema HRN EN ISO 4628-2.

Tablica 5. Rezultati ispitivanja nakon 240 h slane komore.

OZNAKA	HRN EN ISO 4628-2 Pucanje	HRN EN ISO 4628-4 Mjehuranje	HRN EN ISO 4628-8 Korozija oko ureza
1	0 (S0)	0 (S0)	Ocjena 2
2	0 (S0)	0 (S0)	Ocjena 2
P1	0 (S0)	0 (S0)	Ocjena 1
P2	0 (S0)	0 (S0)	Ocjena 1
T1	0 (S0)	0 (S0)	Ocjena 1
T2	0 (S0)	0 (S0)	Ocjena 1

5.7. Ispitivanje u vlažnoj komori

Vlažna komora (*Slika 37*) je uređaj koji ispituje kako premazi reagiraju kada su izloženi varijacijama vlažnosti. Ova vrsta ispitivanja vlažnog okoliša se koristi za testiranje različitih parametara premaza u najtežim uvjetima visoke vlage i temperature. Postoje razne metode koje se koriste za uvođenje vlage u komoru, koje mogu biti u obliku spreja ili kupke. Ispitivanje se provodi prema normi HRN EN ISO 6270 pri temperaturi od 40 °C uz relativnu vlažnost zraka od 100%. Ispituje se postojanost na korozijske uvjete C3-M. Uzorci su ispitani 120 h u vlažnoj komori (*Slika 38*).

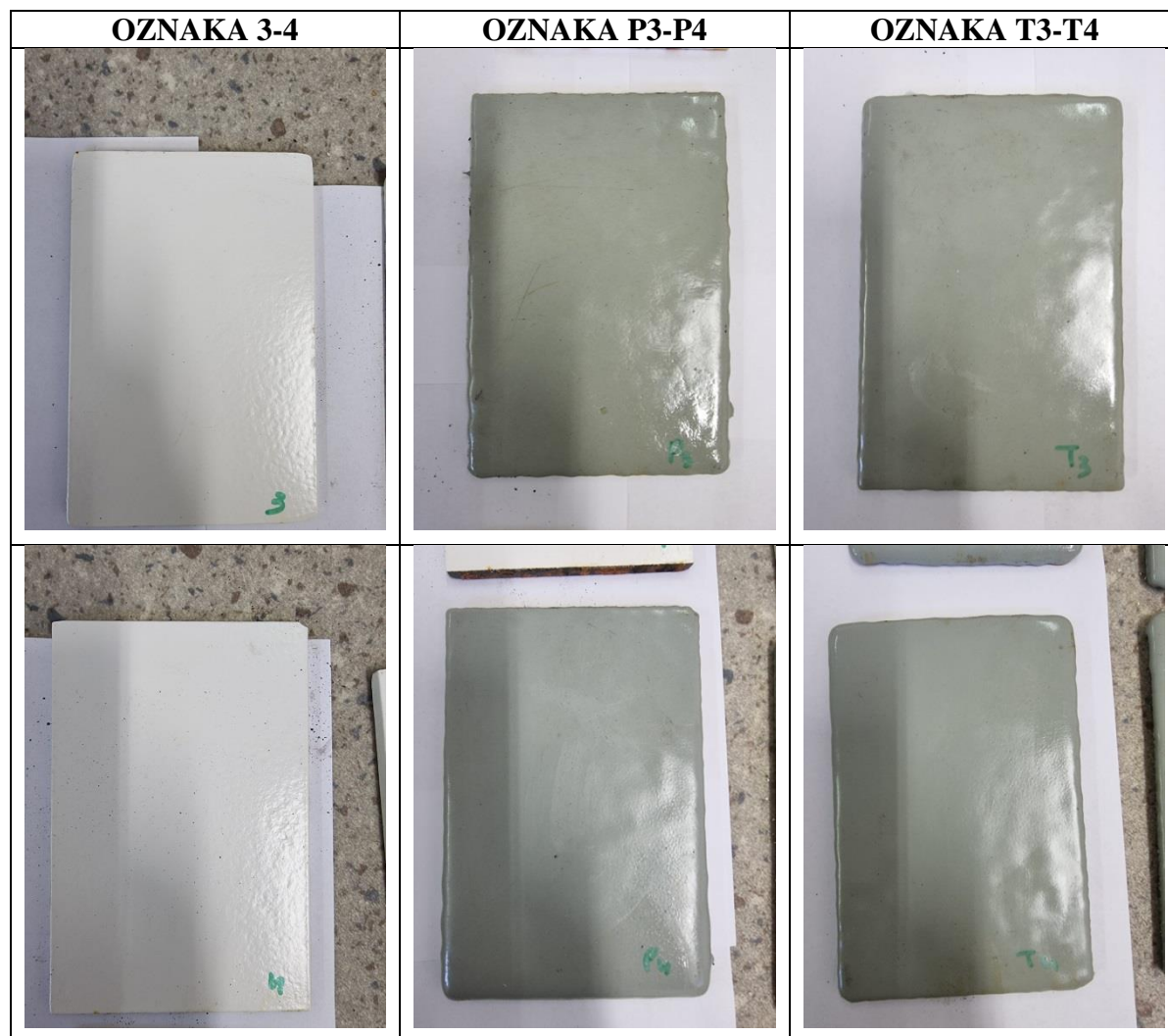
Ispitani su uzorci 3-4; P3-P4; T3-T4. *Slika 39* prikazuje izgled uzoraka nakon 120 h ispitivanja u vlažnoj komori.



Slika 37. Vlažna komora.



Slika 38. Uzorci u komori.



Slika 39. Prikaz uzoraka nakon 120 h u vlažnoj komori.

5.7.1. Rezultati ispitivanja u vlažnoj komori

Potrebno je provesti vizualne procjene rezultata po izlasku iz vlažne komore. Provedene vizualne procjene su:

- Ispitivanje korozije prema HRN EN ISO 4628-3
- Ispitivanje pucanja premaza prema HRN EN ISO 4628-4
- Ispitivanje stupnja mjehuranja prema HRN EN ISO 4628-2.

Tablica 6 prikazuje rezultate provedenih ispitivanja.

Tablica 6. Rezultati ispitivanja nakon 120 h vlažne komore.

OZNAKA	HRN EN ISO 4628-2 Pucanje	HRN EN ISO 4628-4 Mjehuranje	HRN EN ISO 4628-3 Korozija
3	0 (S0)	0 (S0)	Ri (0)
4	0 (S0)	0 (S0)	Ri (0)
P3	0 (S0)	0 (S0)	Ri (0)
P4	0 (S0)	0 (S0)	Ri (0)
T3	0 (S0)	0 (S0)	Ri (0)
T4	0 (S0)	0 (S0)	Ri (0)

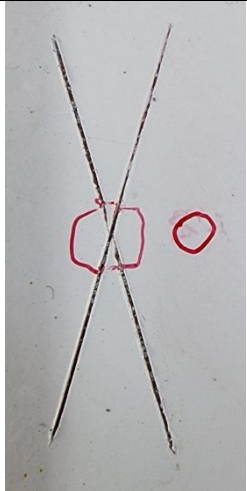
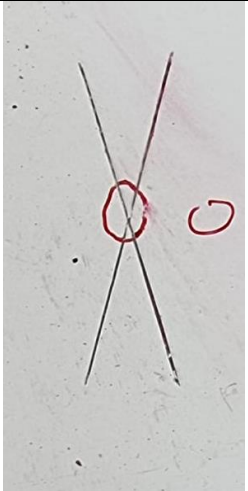
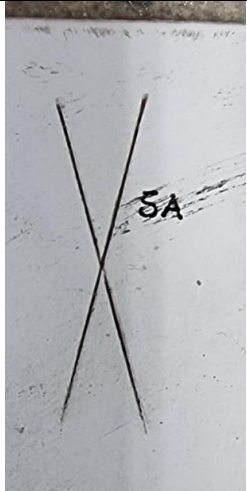

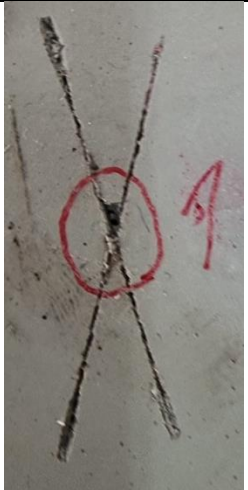

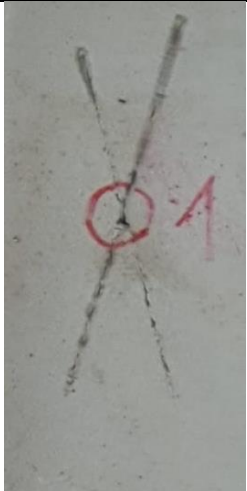

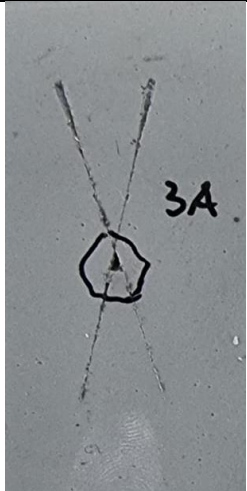
5.7.2. Ispitivanje prionjivosti

Ispitivanje adhezije često se koristi kako bi se utvrdilo hoće premaz ispravno prijanjati na podlogu na koju se nanosi. Ispitivanja su provedena na svim uzorcima. Postoji nekoliko različitih testova za mjerenje otpornosti premaza s podloga, a provedeni su:

- X-cut prema HRN EN ISO 16276
- Pull-off prema HRN EN ISO 4624.

5.7.3. X-cut ispitivanje

Rez u obliku slova X je napravljen kroz premaz pomoću alata od tvrdog metala do podloge. Preko reza se nanosi traka. Traka se zaglađuje na mjestu pomoću olovke preko područja rezova. Traka se zatim uklanja brzim povlačenjem natrag pod kutom od 60°. Adhezija se ocjenjuje na skali od 0 (najbolja ocjena) do 5 (najlošija ocjena). Slika 40 prikazuje X-cut rezultate.

OZNAKA	SLANA KOMORA	VLAŽNA KOMORA	OKOLIŠNI UVJETI
1-6			
	OCJENA - 0	OCJENA - 0	OCJENA - 0
P1-P6			
	OCJENA - 1	OCJENA - 1	OCJENA - 1
T1-T6			
	OCJENA - 1	OCJENA - 1	OCJENA - 1






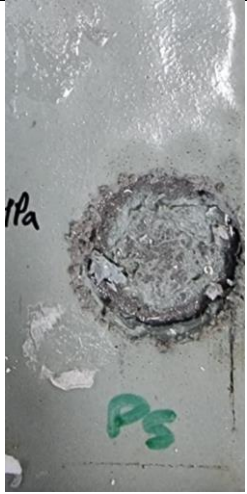



Slika 40. Prikaz rezultata X-cut.

5.7.4. Pull-off ispitivanje

Mjeri se minimalno vlačno naprezanje potrebnog za odvajanje ili pucanje premaza okomito na podlogu. Ispitivanje se provodi učvršćivanjem ispitnog valjka ljepljivom okomito na površinu premaza. Zatim se uređaj za ispitivanje pričvršćuje ispitni valjak za opterećenje i zatim se poravnava kako bi se primijenila napetost okomito na ispitnu površinu. Primijenjena sila postupno raste i prati se sve dok se ispitni valjak ne odvoji od premaza ili se ne postigne prethodno određena vrijednost. *Slika 41* prikazuje uređaj za ispitivanje Elcometer 406, a *Slika 42* rezultate ispitivanja.



Slika 41. Elcometer 406.

OZNAKA	SLANA KOMORA	VLAŽNA KOMORA	OKOLIŠNI UVJETI
1-6			
	3,98 MPa	6,05 MPa	5,02 MPa
P1-P6			
	>0,01 MPa	0,05 MPa	0,1 MPa
T1-T6			
	>0,01 MPa	0,2 MPa	0,4 MPa

Slika 42. Iznosi Pull-off prionjivosti premaza.

5.8. ISPITIVANJE TVRDOĆE

Test tvrdoće olovke, također poznat kao Wolff-Wilborn test, koristi različite vrijednosti tvrdoće grafitnih olovaka za procjenu tvrdoće premaza, prema normi HRN EN ISO 15184.

Test tvrdoće olovkom je možda najjednostavniji oblik ispitivanja tvrdoće. Olovke se guraju u uzorak, a tvrdoća premaza se identificira prema stvorenom tragu.

Postoje dvije ljestvice za ocjenu tvrdoće grafitne jezgre olovke. Prva je brojčana ljestvica; što je broj veći to je jezgra za označavanje tvrđa. Kako jezgra postaje mekša u nižim brojevima, ostavlja više grafita na materijalu i tamniji trag. Druga skala je HB grafitna skala; "H" predstavlja tvrdoću dok "B" označava crninu.

5.8.1. Rezultati ispitivanja

Rezultati ispitivanja nisu bili prema očekivanju. Uzorci P1-P6 i T1-T6 su bili premekani da bi dali rezultate. Ispitni uzorci 1-6 su imali tvrdoću iznosa H u sva tri stanja.

6. ZAKLJUČAK

Svjedoci smo novog modernog društva, koje se razvija brzo kao nikad prije. Mostovi, zgrade automobili, ceste, sve se gradi neizmjernom brzinom, ali sve ubrzo uz malo nepažnje i propadne. Možda i jedna od najvećih prijetnji u našem daljnjem razvitku, korozija je postala „neprijatelj“ broj 1 u mnogim industrijama diljem svijeta. U posljednjih par desetljeća se intenzivno radilo na razvijanju novih antikorozivnih premaza, među kojima se u novije vrijeme istakla i poliurea.

U eksperimentalnom djelu završnog rada su provedena različita ispitivanja na tri skupine pločica. Rezultati istraživanja su prikazali poliureu kao novo rješenje u borbi protiv korozije. Ispitivanja su pokazala zavidne razine otpornosti na koroziju. Nakon svih ispitivanja, korodiranog područja skoro da nije bilo. Međutim, uz odlična svojstva su se pokazali i problemi koje smo naveli u radu. Premaz je jako skup i vrlo zahtjevan za korištenje. Stroj koji je korišten za nanošenje premaza nije u najboljem omjeru pomiješao komponente, pa neuspjeli Pull-off test prionjivosti govori sam o tome.

Iako je premaz loše nanesen, bez da zadovoljava neke minimalne vrijednosti za prionjivost, i dalje je odradio svoju zadaću, zaštitio je sačmarenu nelegiranu čeličnu pločicu od korozije.

Poliurea je obećavajući premaz, ali potrebno je još razvijati mehanizme i tehnike nanošenja kako bi došao do svog maksimuma.

7. LITERATURA

- [1] V. Alar: Kemijska postojanost materijala, skripte, FSB, Zagreb 2015
- [2] <https://www.corrosionpedia.com/the-composition-of-a-paint-coating/2/3247>, pristupljeno 17.2.2022.
- [3] <https://www.irocoatingadditive.com/introduction-additives-paints-coatings/>, pristupljeno 17.2.2022.
- [4] <https://coatings.specialchem.com/selection-guide/select-driers-for-high-solids-and-waterborne-coatings>, pristupljeno 17.2.2022.
- [5] https://www.coatingsworld.com/issues/2016-12-01/view_features/biocides-fungicides-update/, pristupljeno 17.2.2022.
- [6] <https://www.uniqchem.com/light-stabilization-technology/>, pristupljeno 18.2.2022.
- [7] <https://www.lubrizol.com/Coatings/Blog/2019/02/Surface-Modifiers-Deliver-Desired-Effects>, pristupljeno 18.2.2022.
- [8] <https://www.esaar.com/2018/10/04/what-are-the-differences-between-wetting-agents-and-dispersants/>, pristupljeno 17.2.2022.
- [9] <https://coatings.specialchem.com/selection-guide/pigments>, pristupljeno 17.2.2022.
- [10] <https://www.brenntag.com/en-ca/industries/coatings-construction/solvent-terminology/>, pristupljeno 17.2.2022.
- [11] <https://www.performance-painting.com/blog/how-binders-work-in-industrial-coatings>, pristupljeno 17.2.2022.
- [12] T.W. Abraham, R. Höfer: A Comprehensive Reference, Polymer Science, 2012
- [13] <https://www.essentialchemicalindustry.org/materials-and-applications/paints.html>, pristupljeno 18.2.2022.
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/Bisphenol_A, pristupljeno 18.2.2022.
- [15] <https://coatings.specialchem.com/selection-guide/acrylic-resins-for-coatings>, pristupljeno 19.2.2022.
- [16] https://www.researchgate.net/figure/General-formula-of-an-acrylic-polymer_fig1_259557895, pristupljeno 20.2.2022.
- [17] Branko N. Popov: Organic Coatings, Corrosion Engineering, 2015
- [18] <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>, pristupljeno 19.2.2022.

- [19] <https://www.haihaopiping.com/advantage-and-disadvantage-of-polyurethane-coating-for-piping-products.html> , pristupljeno 19.2.2022.
- [20] <http://polymerdatabase.com/img/Silicone.png> , pristupljeno 20.2.2022.
- [21] <https://www.obicproducts.com/history-of-polyurea/> 25.02.2022
- [22] <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyurea> , pristupljeno 20.2.2022.
- [23]
<https://www.researchgate.net/publication/337303293/figure/fig1/AS:825859309051904@1573911611037/Schematic-of-the-synthesis-and-chemical-molecular-structure-of-polyurea-via-the.png> , pristupljeno 20.2.2022.
- [24] <https://www.corrosionpedia.com/8-things-to-know-about-polyurea-coatings/2/6786> , pristupljeno 20.2.2022.
- [25] <https://i.ytimg.com/vi/DmYLMmzQaQg/maxresdefault.jpg> , pristupljeno 20.2.2022.
- [26]
<https://www.annematerial.com/Content/upload/2019225276/201905211525128963805.jpg> , pristupljeno 20.2.2022.
- [27]
<http://m.globalpolyurea.com/Content/uploads/2020422175/202010160937260d76df81fc0f4dc8868e4b2ed4d98c05.jpg> , pristupljeno 20.2.2022.
- [28] <https://www.extremeepoxycoatings.com/wp-content/uploads/2018/06/Polyurea-Coatings-by-Extreme-Industrial-Coatings-California.png> , pristupljeno 20.2.2022.