

# Tehnologija površinske zaštite dijelova žitnog kombajna

---

**Dugonjić, Martina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:972826>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Martina Dugonjić

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**TEHNOLOGIJA POVRŠINSKE ZAŠTITE DIJELOVA ŽITNOG KOMBAJNA**  
**Diplomski rad**

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Martina Dugonjić

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**TEHNOLOGIJA POVRŠINSKE ZAŠTITE DIJELOVA ŽITNOG KOMBAJNA**  
**Diplomski rad**

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Martina Dugonjić

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**TEHNOLOGIJA POVRŠINSKE ZAŠTITE DIJELOVA ŽITNOG KOMBAJNA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Goran Heffer, mentor
3. dr. sc. Ivan Vidaković, član

Osijek, 2021.

# SADRŽAJ

---

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. PREGLED LITERATURE .....                                   | 2  |
| 2.1. Korozija .....   | 2  |
| 2.2. Korozija u poljoprivredi .....                           | 9  |
| 2.3. Zaštita od korozije .....                                | 12 |
| 2.3.1. Zaštita od korozije nanošenjem prevlaka .....          | 12 |
| 2.3.2. Organske prevlake (premazi) .....                      | 14 |
| 2.3.3. Kataforeza .....                                       | 16 |
| 3. MATERIJAL I METODE .....                                   | 18 |
| 3.1. Tvrtka „Same Deutz-Fahr Žetelice“ d.o.o. Županja .....   | 18 |
| 3.2. Pogon za površinsku zaštitu dijelova u tvrtci SDFŽ ..... | 19 |
| 3.2.1. Opći podaci o Pogonu za površinsku zaštitu .....       | 19 |
| 3.2.2. Tehnološke cjeline Pogona za kataforezu .....          | 21 |
| 3.2.3. Konstrukcijski podaci o kadama za kataforezu .....     | 22 |
| 3.2.4. Tehnički podaci o boji za kataforezu .....             | 25 |
| 3.2.5. Vrste boja za završno bojanje kombajna .....           | 25 |
| 3.2.6. Kontrola parametara obojenih dijelova .....            | 22 |
| 4. REZULTATI .....  | 27 |
| 4.1. Priprema dijelova i vješanje na nosače .....             | 28 |
| 4.2. Priprema dijelova za bojanje (predtretiranje) .....      | 28 |
| 4.2.1. Odmašćivanje dijelova .....                            | 28 |
| 4.2.2. Ispiranje odmašćenih dijelova .....                    | 29 |
| 4.2.3. Bajcanje (dekapiranje) dijelova .....                  | 30 |
| 4.2.4. Ispiranje bajcanih dijelova .....                      | 30 |
| 4.3. Bojanje dijelova .....                                   | 31 |
| 4.3.1. Aktivacija boje .....                                  | 32 |
| 4.3.2. Cink-fosfatiranje .....                                | 32 |
| 4.3.3. Ispiranje fosfatiranih dijelova .....                  | 33 |
| 4.3.4. Pasivacija dijelova .....                              | 33 |
| 4.3.5. Ispiranje pasiviranih dijelova .....                   | 34 |
| 4.3.6. Bojanje dijelova .....                                 | 34 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3.7. Završno ispiranje dijelova .....          | 35 |
| 4.4. Sušenje (pečenje) dijelova .....            | 36 |
| 4.5. Hlađenje dijelova .....                     | 37 |
| 5. RASPRAVA .....                                | 38 |
| 5.1. Kataforezna zaštita dijelova kombajna ..... | 38 |
| 5.2. Kontrola površinske zaštite .....           | 38 |
| 5.3. Popravak boje .....                         | 39 |
| 5.4. Sustav za demineralizaciju vode .....       | 40 |
| 5.5. Sustav za obradu otpadnih voda .....        | 40 |
| 6. ZAKLJUČAK .....                               | 41 |
| 7. POPIS LITERATURE .....                        | 42 |
| 8. SAŽETAK .....                                 | 45 |
| 9. SUMMARY .....                                 | 46 |
| 10. POPIS TABLICA .....                          | 47 |
| 11. POPIS SLIKA .....                            | 48 |

## 1. UVOD

Pod pojmom korozija podrazumijeva se nenamjerno trošenje konstrukcijskih materijala pod različitim kemijskim, mehaničkim i biološkim djelovanjem okoliša, koji u konačnici mogu dovesti do bitnog oštećenja konstrukcije. Izraz korozija dolazi od latinske riječi *corrodere*, što znači „nagrizati“. Čovjek se svakodnevno susreće s korozijskim procesima koji pretvaraju veliki broj korisnih metala u nekorisne spojeve, pa i štetne korozijske produkte. U suštini, riječ je o neželjenim procesima između metala i komponenata okoline, pri čemu metali često prelaze u termodinamički stabilnije stanje.

Korozijske pojave se na strojarskim konstrukcijama i postrojenjima nerijetko javljaju i u kombinaciji s drugim oblicima smanjivanja uporabne vrijednosti. Javljaju se u kombinaciji istodobnog djelovanja mehaničkih, bioloških i električnih faktora (Alar i sur., 2011).

Korozija, kao negativna pojava, na materijalu smanjuje njegovu masu i uporabnu vrijednost, dok kod industrijske i poljoprivredne opreme poskupljuje održavanje, smanjuje vijek trajanja i sigurnost u radu. Zbog navedenog nastaju gubitci u proizvodnim procesima, kako u bilo kojoj grani privrede tako i u poljoprivredi. Industrijalizacijom poljoprivrede ekonomsko značenje korozije raste, s obzirom na sve veću količinu materijala koji se ugrađuje u konstrukcije različitih poljoprivrednih strojeva i opreme. Istodobno, korozijski uvjeti, kojima se materijal izlaže tijekom eksploatacije, konstantno se pogoršavaju. Razlog tomu je primjena sve većih količina vode za navodnjavanje poljoprivrednih površina i drugih kemijskih preparata koji su danas nezamjenjivi oblik zaštite poljoprivrednih kultura od brojnih štetnika.

Paralelno s razvojem sve modernijih poljoprivrednih strojeva, razvijaju se i poboljšavaju različite mjere zaštite metalnih materijala, od kojih su izrađeni poljoprivredni strojevi. Najvažnija kategorija takvih mjera je prevlačenje površina strojeva, koje su izložene koroziji, organskim prevlakama, odnosno različite tehnologije bojanja takvih površina.

Cilj ovog rada je analizirati tehnologiju površinske zaštite dijelova žitnog kombajna koji su tijekom eksploatacije izloženi korozijskim utjecajima.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Korozija

Konstruktivski materijali, od kojih su izrađeni različiti tehnički proizvodi, podložni su nenamjernim štetnim promjenama, tj. pojavama i procesima koji smanjuju njihovu uporabnu vrijednost. Najrašireniji proces takve vrste je korozija, koja razara materijal proizvoda kemijskim međudjelovanjem materijala i medija, čineći ga neprimjenjivim za namjenu radi koje je i nastao, pri čemu se najčešće mijenja i sastav samog medija (Esih, 2003.).

Prema analizi jedne od najpoznatijih svjetskih tvrtki za održavanje industrijske opreme, američke tvrtke „Noria Corporation“ (Noria Corp., 2013.), gubitak uporabnih svojstava strojeva može se podijeliti u tri glavne kategorije: zastarjelost, degradaciju površine i nesreće koje uzrokuju velike kvarove. Od toga, degradacija površina strojnih dijelova dovodi do najčešćeg gubitka uporabnih svojstava stroja (oko 70 % slučajeva). Degradacija površina većinom je uzrokovana korozijom i mehaničkim trošenjem, kao što je prikazano slikom 1.



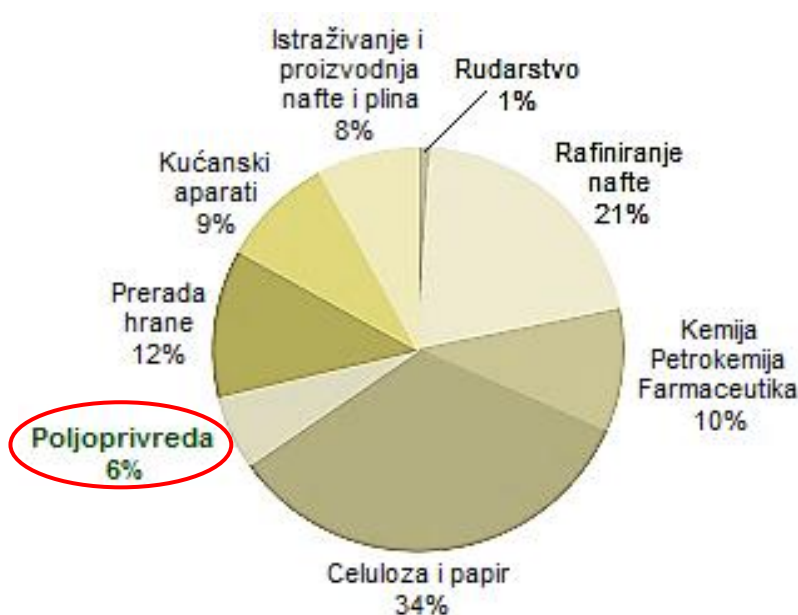
Slika 1. Uzroci gubitka uporabnih svojstava strojeva (Izvor: Noria Corp., 2013.)

Jelić Mrčelić (2010.) ukazuje na činjenicu da troškovi koje uzrokuje korozija koštaju gospodarstvo više od oštećenja zbog svih drugih prirodnih katastrofa. Pri tome nastaju dvije vrste troškova – izravni troškovi popravaka i zamjena dijelova oštećenih korozijom, te neizravni troškovi zbog zastoja u proizvodnji uslijed korozijskih oštećenja. Neizravni



troškovi uglavnom su značajno veći od izravnih. Procjene nastalih gubitaka, uzrokovanih utjecajem korozije, pokazuju da su u industrijskim zemljama troškovi na razini 3-5 % bruto domaćeg proizvoda (BDP) godišnje.

Prema Koch-u i sur. (2002.), studija iz 1998. godine, koju je napravila Federalna uprava za autoceste u SAD-u, pokazala je da su godišnji troškovi, nastali zbog utjecaja korozije, na nacionalnoj razini oko 276 mlrd. dolara ili 3,1 % BDP-a. Od toga, na industriju se odnosi oko 18 mlrd. dolara, u okviru kojih se na poljoprivredu odnosi 6 %, kao što je prikazano dijagramom na slici 2.



Slika 2. Troškovi korozije i korozijske zaštite u industriji SAD-a (Izvor: Koch i sur., 2002.)

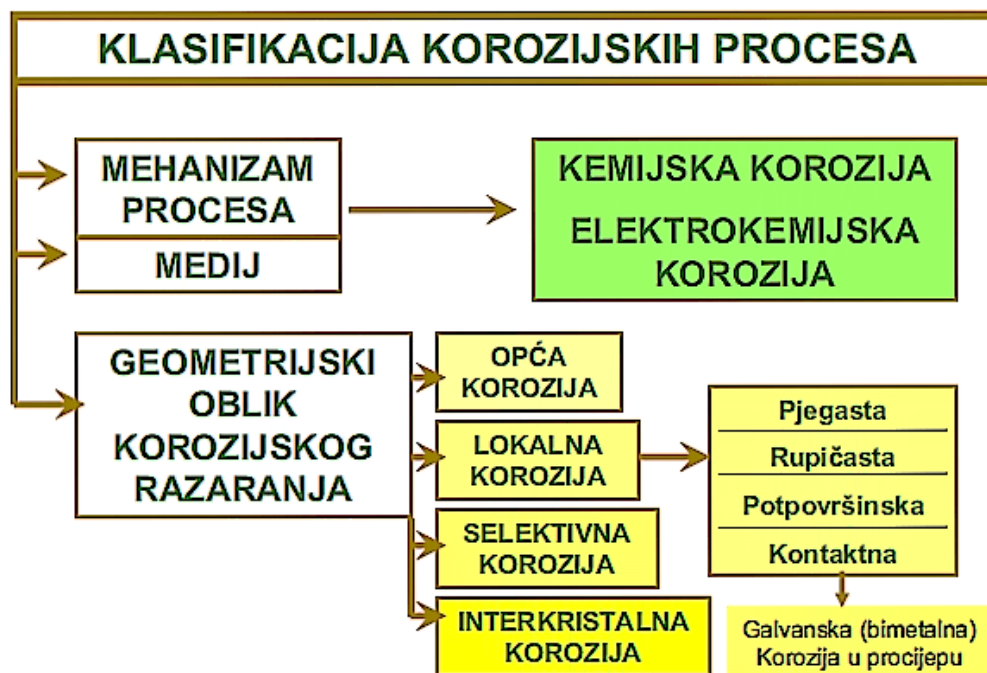
Prema ASM (2000.), definiranje korozije moguće je obaviti na više načina. Specifične definicije prilično su uske i bave se isključivo određenim oblikom korozije, a neke druge prilično široko objašnjavaju različite oblike degradacije materijala korozijom. Riječ „korodirati“ izvedena je iz latinske *corrodere*, što znači „lomiti na komadiće“. Opća definicija pojma „korodirati“ je „jesti ili istrošiti postupno“, odnosno pojava na materijalu koja podsjeća na „izjedanje“.

Stupnišek-Lisac (2007.) definira koroziju kao kemijsko trošenje metalnih i nemetalnih konstrukcijskih materijala, čija brzina djelovanja ovisi o termodinamičkim i kinetičkim uvjetima, odnosno o unutarnjim i vanjskim činiteljima:

- unutarnji činitelji – sastav materijala, defekti u kristalnoj rešetki, zaostala mehanička naprezanje (nakon oblikovanja deformiranjem, ...), stanje površine, oblik predmeta, itd.
- vanjski činitelji – sastav okolnog medija, čistoća medija, brzina i turbulencija gibanja medija, temperatura, tlak, kontakt s drugim materijalima, mehanička opterećenja, izloženost zračenju.

Korozijski procesi dijele se prema mehanizmu procesa korozije i prema obliku korozije. Pojava korozije moguća je kod metalnih i nemetalnih konstrukcijskih materijala, pa se koristi i podjela na koroziju metala i koroziju nemetala. Budući da su u većini slučajeva metali osnovni materijali koji se koriste u konstrukcijama poljoprivrednih strojeva, potrebno je naročitu pažnju posvetiti korozijskom ponašanju upravo tih materijala (Levanić, 2009.).

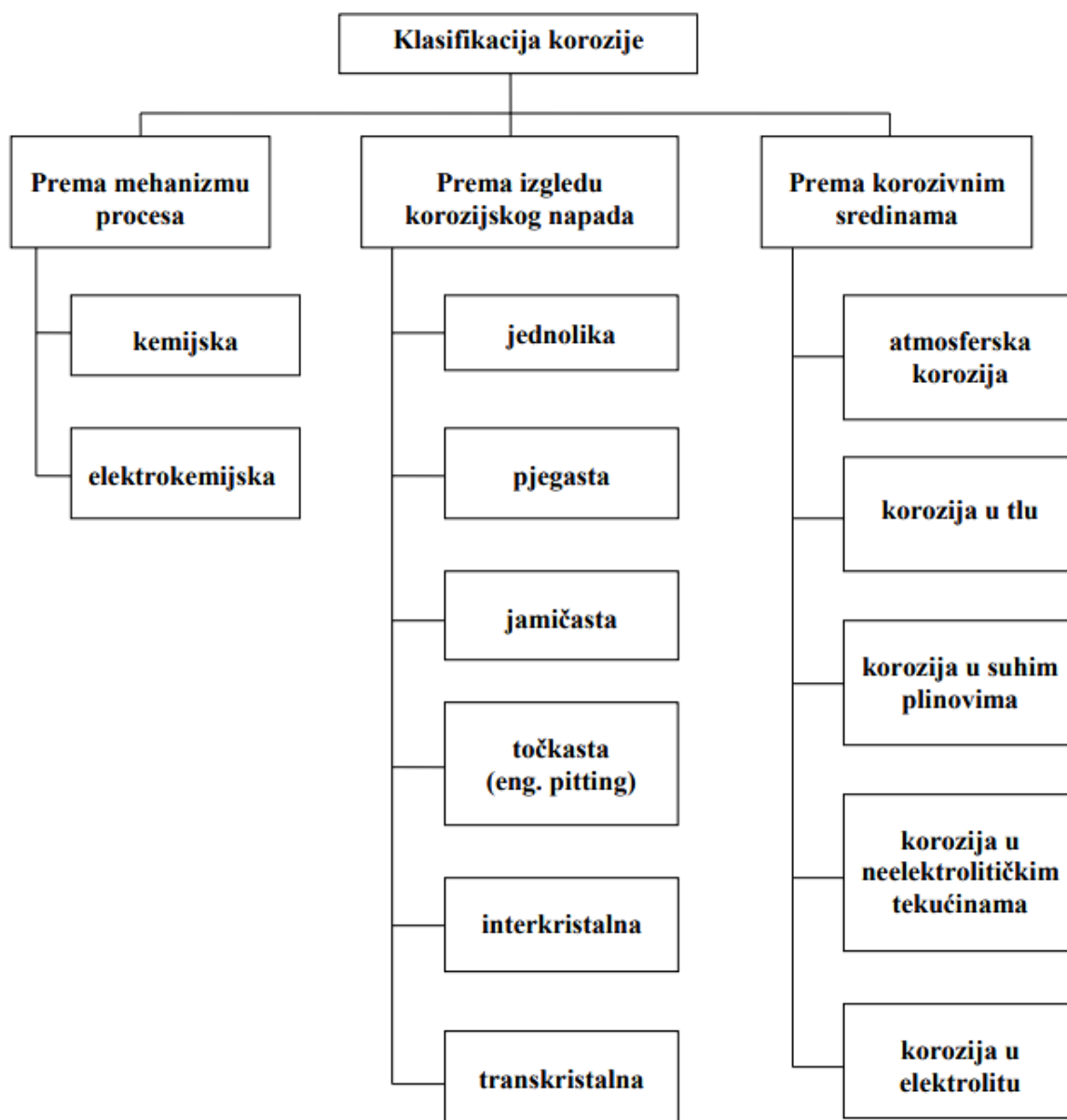
Korozijski procesi klasificiraju se prema shemi prikazanoj na slici 3. (Juraga i sur., 2011.)



Slika 3. Klasifikacija korozijskih procesa (Izvor: Juraga i sur., 2011.)

Stupnišek-Lisac (2007.) i Jelić Mrčelić (2010.) navode klasifikaciju korozije, prikazanu na slici 4., koja je napravljena prema:

- mehanizmu djelovanja,
- izgledu korozijskog napada,
- korozivnim sredinama.



Slika 4. Klasifikacija korozije (Izvor: Stupnišek-Lisac, 2007. i Jelić Mrčelić, 2010.)

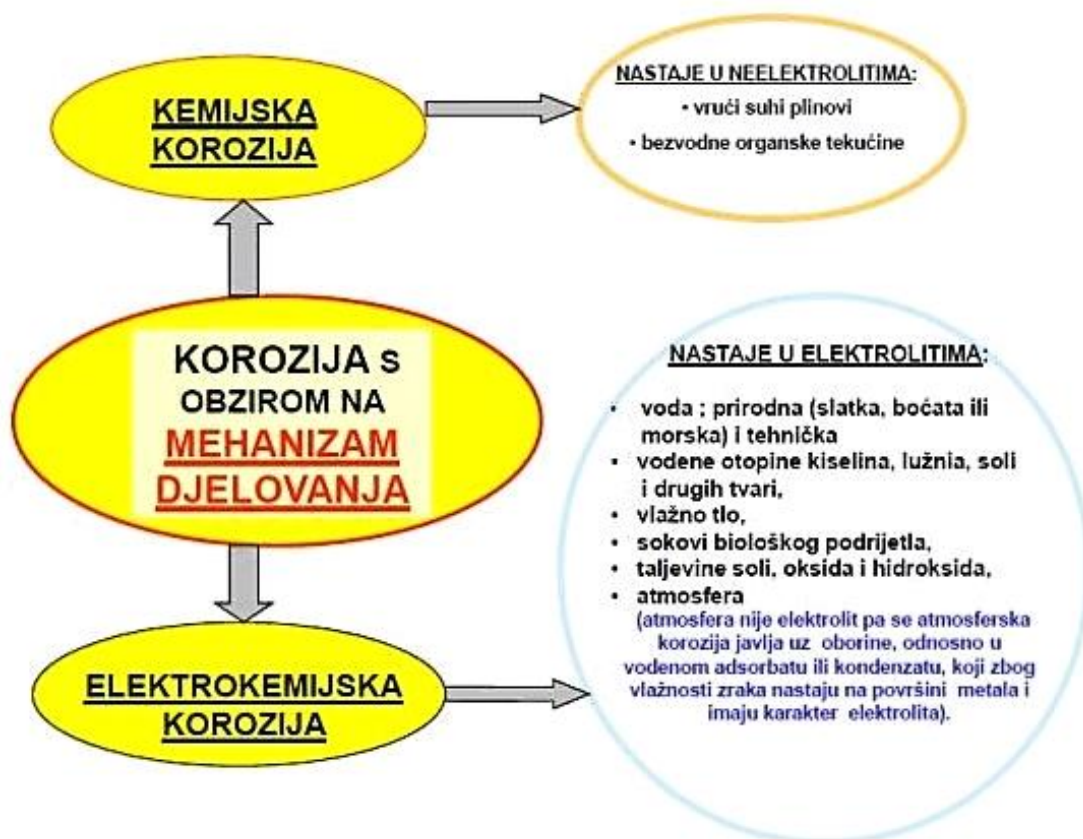
Juraga i sur. (2012.) navode da je najvažnija podjela korozije prema mehanizmu djelovanja na dva osnovna oblika – kemijsku i elektrokemijsku koroziju.

Prema Levaniću (2009.), kemijska korozija nastaje djelovanjem agresivnog kemijskog elementa u neelektrolitima (medijima koji ne provode električnu struju) na površinu materijala. Najčešći neelektroliti koji u praksi izazivaju kemijsku koroziju metala su vrući plinovi i organske tekućine. U kemijsku koroziju ubraja se tzv. plinska korozija koja nastaje kao produkt izgaranja plinova na visokim temperaturama, uz uvjet da su ti plinovi suhi. Do nje može doći kod vruće obrade metala, pirometalurškim i termoenergetskim postrojenjima,

u motorima s unutrašnjim sagorijevanjem prilikom izgaranja goriva. Najvažnije tekućine koje ne sadrže vodu su nafta i derivati, otapala za odmašćivanje i razrjeđivanje boja i lakova.

Za elektrokemijsku koroziju Čavka (2016.) navodi da nastaje na metalima i legurama u dodiru s elektrolitima kao što su voda i vodene otopine kiselina, lužina i soli, pri čemu se odvijaju kemijski procesi oksidacije i redukcije. Pritom, autor ističe da je elektrokemijska korozija vrlo raširena jer je veliki broj metalnih konstrukcija i postrojenja izložen vodi ili otopinama, vlažnom tlu ili vlažnoj atmosferi. Jedan vid elektrokemijske korozije je i atmosferska korozija koja se zbiva djelovanjem oborina, odnosno u vodenom adsorbatu ili kondenzatu koji zbog vlažnosti zraka nastaju na površini metala i imaju karakter elektrolita.

S prethodno navedenom podjelom na kemijsku i elektrokemijsku koroziju slaže se i Jelić Mrčelić (2010.), prikazujući takvu podjelu shematski, kao što je prikazano na slici 5.



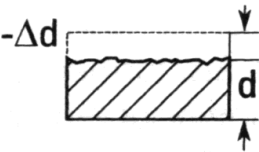
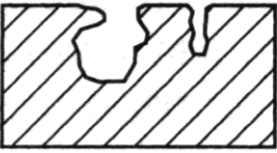
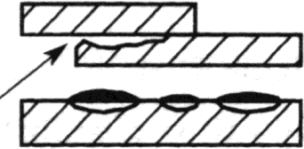
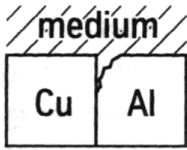

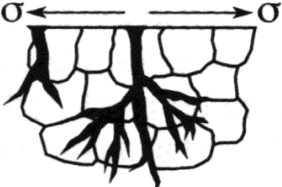
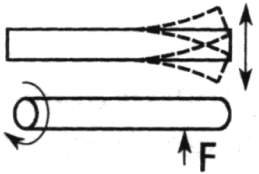
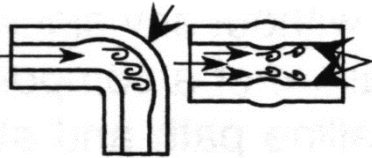
Slika 5. Podjela korozije prema mehanizmu djelovanja (Izvor: Jelić Mrčelić, 2010.)

Alar i sur. (2011.) navode da, prema geometriji, tj. prema obliku razaranja materijala korozija može biti opća, lokalna, selektivna i interkristalna. Karakteristike navedenih oblika korozije su:

- Opća korozija zahvaća čitavu izloženu površinu metala, a može biti ravnomjerna ili neravnomjerna. Mikroskopski gledano nije ni ravnomjerna korozija svuda jednako brza, pa obično uzrokuje ohrapavljenje glatke metalne površine. Ipak je takva korozija u praksi najmanje opasna jer se lako može pratiti proces i predvidjeti kad valja metalni predmet zamijeniti novim. Opasnija je, naravno, neravnomjerna opća korozija.
- Lokalna korozija može biti pjegasta (školjkasta), tj. ograničena na pojedine veće dijelove metalne površine, ili točkasta (jamičasta), tj. usko lokalizirana na žarišta približno kružnog presjeka, pri čemu je dubina korozijskog oštećenja nekoliko puta veća od početnog promjera. Razumije se da je pjegasta korozija, a pogotovo točkasta korozija, mnogo opasnija od opće korozije, jer je korozijski proces teže kontrolirati. Stoga su moguće havarije, osobito u mehanički opterećenim konstrukcijama. Točkasta korozija često se naziva piting (eng. pitting – stvaranje udubina). Ona se katkad širi ispod površine metala (potpovršinska korozija), pri čemu konačno nastaje korozijsko mjehuranje ili raslojavanje. Poseban oblik pjegaste i točkaste korozije javlja se na kontaktu dvaju elemenata u elektrolitu. Ako su ti elementi od različitih metala, nastaje galvanska kontaktna korozija neplemenitijeg metala, a ako se radi o dva elementa od istog metala, odnosno od metala i nemetala, pojavljuje se kontaktna korozija u procijepu.
- Selektivna korozija legura može uništavati jednu fazu višefazne legure (npr. grafitizacija sivog lijeva), ili jednu komponentu dvofazne legure (npr. decinkacija mjedi).
- Interkristalna (intergranularna) korozija širi se uzduž granica metalnog zrna u dubinu. Ta vrsta korozije može dugo ostati nevidljiva, pa je najopasnija, pogotovo s obzirom na naglo smanjenje čvrstoće elemenata. Konačna posljedica interkristalne korozije jest lom ili čak raspad metala u prah. Interkristalne pukotine mogu nastati kao posljedica napetosne korozije, premda se pri tom pukotine šire i transkristalno. U praksi se često istodobno pojavljuju različiti oblici korozije. Tako npr. točkasta korozija može biti prikrivena općom korozijom.

U tablici 1. prikazana je podjela i navedeni su utjecajni čimbenici osnovnih oblika korozijskog razaranja.

Tablica 1. Osnovni oblici korozijskog razaranja (Izvor: Alar i sur., 2011.)

| Skica korozijskog razaranja   | Oblik korozije – mehanizam – utjecajni čimbenici   |
|---|--|
|    | <p><b>OPĆA KOROZIJA</b><br/> Ravnomjeran (predvidljiv) gubitak, <math>\text{g/m}^2</math> ili <math>\text{mm/a}</math>.<br/> <b>Čimbenici:</b> okoliš, koncentracija, temperatura</p>  |
|    | <p><b>RUPIČASTA (PITING) KOROZIJA</b><br/> Nastanak rupica u obliku kratera ili jamica kod materijala sklonih pasiviranju prvenstveno zbog klorida ali i na mjestima uključina u metalu kao što su to MnS.<br/> <b>Čimbenici:</b> koncentracija klorida, brzina strujanja, temperatura, pH</p> |
|    | <p><b>KOROZIJA U PROCJEPU</b><br/> Lokalna korozija na mjestima nastanka procjepa – brtvi, ispod nakupina, kod materijala koji se pasiviraju.<br/> <b>Čimbenici:</b> koncentracija klorida, temperatura, brzina strujanja, diferencijalna aeracija, pH.</p>                                    |
|  | <p><b>BIMETALNA KOROZIJA</b><br/> Galvanska korozija: manje „plemenit“ materijal se otapa<br/> <b>Čimbenici:</b> razlika potencijala, vodljivost elektrolita, temperatura.</p>   |
|  | <p><b>INTERKRISTALNA KOROZIJA</b><br/> Korozija po ili uz granice zrna koja imaju precipitate, npr. kod Cr-Ni čelika s visokim udjelom C i nestabiliziranih.<br/> <b>Čimbenici:</b> medij, toplinska obrada, temperatura.</p>  |
|  | <p><b>NAPETOSNA KOROZIJA</b><br/> Specifični korozivni medij i materijal; visoka mehanička (također i zaostala unutarnja) naprezanja.<br/> <b>Čimbenici:</b> medij, naprezanje, temperatura.</p>   |
|  | <p><b>KOROZIJSKI ZAMOR</b><br/> Zamor materijala u korozivnim uvjetima.<br/> <b>Čimbenici:</b> frekvencija, naprezanje, koncentracije, temperatura.</p>  |
|  | <p><b>EROZIJSKA KOROZIJA</b><br/> Velike brzine protoka, oštri zavoji, turbulencije</p>  |

## 2.2. Korozijska u poljoprivredi

Wiederholt (1973.) je, među prvima, dao opsežan pregled korozijske strojeva i uređaja u poljoprivredi, ukazavši na specifične čimbenike koji se u toj grani pojavljuju. Istaknuo je da se uobičajena kemijska opterećenja strojeva, uređaja i materijala u poljoprivredi, uvjetovana utjecajem zraka, vode i tla, dodatno povećavaju uslijed zagađenja, te korištenja prirodnih i umjetnih materijala za povećavanje prinosa, zaštitu bilja i deratizaciju. Kao temeljne čimbenike korozijske poljoprivrednih strojeva naznačio je atmosferu, vodu i tlo, a kao dodatne čimbenike istaknuo je prirodne tvari i kemikalije koje se pojavljuju u poljoprivrednoj proizvodnji, ovisno o tome o kojem području se radi. Navedeni dodatni čimbenici utječu na materijale od kojih su izrađeni strojevi, kako samostalno tako i u uzajamnoj interakciji s atmosferom, vodom ili tlom. Pritom su posebno bitne tvari, koje su u sastavu mineralnih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja, a koje mogu djelovati izrazito korozijski na materijale od koji su izrađeni različiti poljoprivredni strojevi i uređaji.

Schouten i Gellings (1987.) su također ukazali na činjenicu da korozijska u poljoprivrednim sredinama općenito može biti vrlo teška i različita. Pritom su ukazali na to, da se u gotovo svim poljoprivrednim aktivnostima primjenjuju brojni agresivni kemijski spojevi, kao što su sastavni dijelovi različitih gnojiva, kemikalije koje se koriste u borbi protiv štetnika, bolesti i za suzbijanje korova (herbicidi i pesticidi), konzervansi koji se koriste prilikom silaže za zaštitu žitarica, soli i slabih kiselina, kemikalija za čišćenje i sterilizaciju, te otopina koje sadrže sulfate i kloride. Također, brojni drugi elementi koji se pojavljuju u poljoprivrednoj proizvodnji, kao što su različite vrste gnojiva, otpad koji nastaje u poljoprivredi, biljni sokovi trava i travnih smjesa, te silaža i gnojnica mogu biti vrlo agresivni u korozijskom smislu.

Prema Emertu i sur. (1997.), oštećenja dijelova poljoprivrednih strojeva, koji u eksploataciji rade pri negativnom utjecaju radnog okoliša, mogu nastati uslijed različitih oblika trošenja:

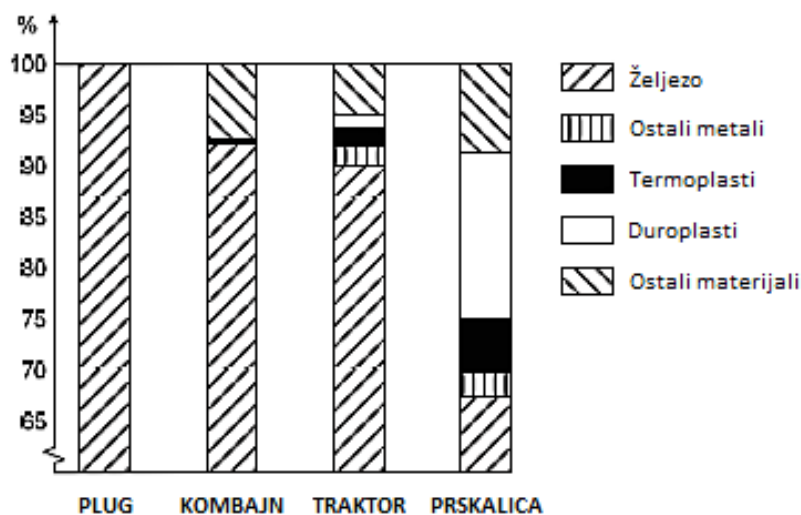
- abrazijskog trošenja,
- molekularno-mehaničkog trošenja,
- trošenja umorom površine,
- mehaničkog trošenja,
- erozijskog trošenja,
- kavitacijskog trošenja,

- korozivno-mehaničkog trošenja,
- izobličenosti i loma.

Pritom, korozija ima samostalno vrlo veliku ulogu u oštećenjima poljoprivrednih strojeva, a također može i značajno pojačati utjecaje ostalih oblika trošenja, koji se u poljoprivredi vrlo često međusobno miješaju, umnažaju i pojačavaju svoj utjecaj.

Heffer i Vujčić (1996.) ističu da na trošenje dijelova poljoprivrednih alata za obradu tla može bitno utjecati kombinacija korozije s drugim oblicima trošenja takvih alata, prije svega s mehanizmom abrazije radnih površina alata česticama tla, budući da su iste, osim svojom strukturom i sastavom, definirane i vlažnošću koja potiče razvoj korozije.

Najveći broj predstavnika poljoprivredne tehnike uglavnom su izrađeni od metala. Iako se u industriji poljoprivrednih strojeva primjenjuju i različiti nemetalni materijali (polimerni, keramički, kompozitni), metalni materijali su još uvijek najzastupljeniji, prije svega zbog mehaničkih svojstava (čvrstoće, nosivosti, itd.). Pri tome je udio metalnih materijala u ukupnoj količini materijala različit, ovisno o vrsti određenog stroja (Heffer i sur., 1998.). Slika 6. prikazuje udio konstrukcijskih materijala kod nekih poljoprivrednih strojeva.



Slika 6. Udio konstrukcijskih materijala kod poljoprivrednih strojeva (Heffer i sur., 1998.)

Brkić i sur. (2005.) navode da skoro svi materijali, s kojima poljoprivredni agregati dolaze u doticaj, imaju izraženo korozijsko svojstvo, vezano za kemijske spojeve u obrađivanom materijalu. Posebno ističu gnojivo, bez obzira koje vrste (prirodno ili mineralno), tlo, maziva koja starenjem dobivaju korozijsko djelovanje i drugo. Također naglašavaju da se korozijsko djelovanje nekih materijala pojačava povećanjem vlažnosti materijala (tlo, biljni ostaci, ...).

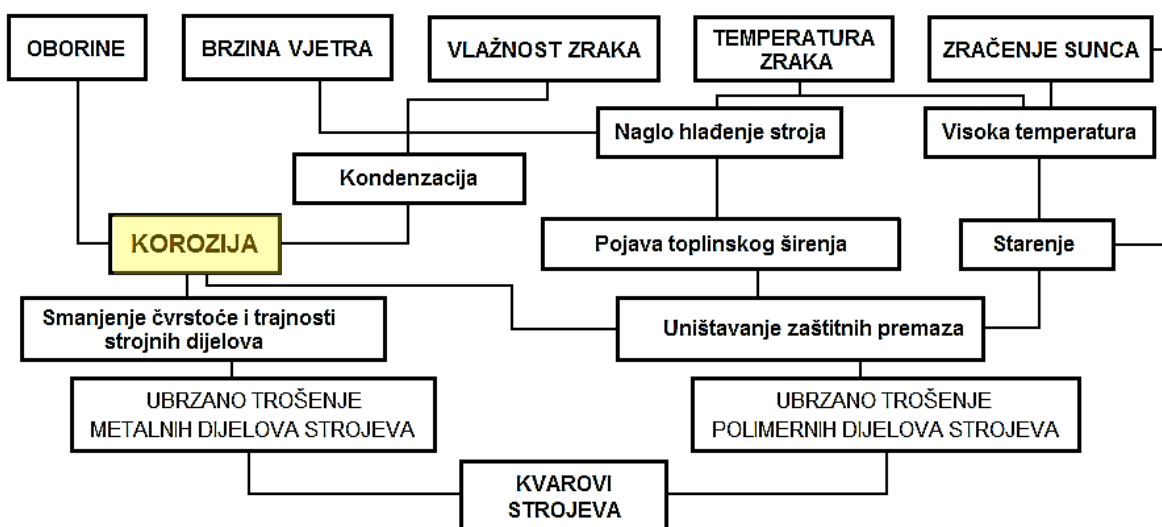


Božić i Radojević (2008.) navode da korozivna sredina u kojoj se primjenjuje poljoprivredna mehanizacija nije jednoznačno određena svojim karakteristikama, nego se vrlo razlikuje ovisno o: mjestu rada, čuvanja i skladištenja strojeva, tehnološkim operacijama koje se s njima izvode, režimima rada, meteorološkim uvjetima, itd. Ona je vrlo specifična i ima promjenjive karakteristike koje ovise o korozivnosti zemljišta, sastavu zemljišnih otopina, atmosferskom djelovanju, vlažnosti zraka, prisutnosti mikroorganizama, mineralnih gnojiva i drugih komponenata koje su korozivne ili u reakciji s drugim tvarima prave korozive. Čimbenici korozivne sredine doprinose nastanku različitih korozivnih oblika mehanizmima kemijske i/ili elektrokemijske korozije koje mogu izazvati različite štetne posljedice.

Karakteristike radnog okoliša poljoprivrednih strojeva vrlo su specifične i doprinose pojavi korozije, što može uzrokovati štetne posljedice. Uz izrazitu sklonost metala ka koroziji, mehanička oštećenja, površinski talozi, promjene temperature, te drugi fizikalni i kemijski čimbenici iz okoliša, mogu uzrokovati brzo razaranje ne samo metalnih dijelova, nego mogu negativno utjecati i na dijelove od drugih tehničkih materijala (Trifunović i sur., 2009.).

Slično prethodnim autorima, Cerovčec (2013.) također navodi da su poljoprivredni strojevi prilikom uporabe izloženi različitim štetnim unutarnjim i vanjskim učincima, pa ih je stoga potrebno zaštititi, a u periodu kada su van uporabe konzervirati i spremati na odgovarajući način, kako bi se, kada se ukaže potreba, što lakše i što prije pustili u rad.

Solovieva (2014.) navodi brojne vanjske čimbenike koji mogu imati štetno djelovanje na poljoprivredne strojeve te uzrokovati ubrzano trošenje njihovih dijelova i kvarove (slika 7.).



Slika 7. Uzroci kvarova poljoprivrednih strojeva u eksploataciji (Izvor: Solovieva, 2014.)

### 2.3. Zaštita od korozije

Alar i sur. (2011.) navode da se metode zaštite od korozije temelje na teoriji korozijskih procesa. Izmjenama unutrašnjih (karakteristike konstrukcijskog materijala) i vanjskih (karakteristike okoline) čimbenika utječe se na usporavanje ili zaustavljanje korozijskih procesa. Iz teorije kemijske korozije proizlazi da se osnovne metode borbe protiv te pojave mogu temeljiti na smanjenju ili poništenju kemijskog afiniteta, na sniženju energetske razine sustava ili na poboljšanju zaštitnih svojstava korozijskih produkata. Korozijski procesi u suštini su spontani procesi između metala i komponenata okoline pri čemu metali prelaze u termodinamički stabilnije stanje. Korozija tako neminovno smanjuje uporabnu vrijednost metala, pa tako i proizvoda koji su napravljeni od njega. Iz tog razloga vrlo je bitna pravovremena i pravilno odabrana metoda zaštite od korozije.

Prema Juragi i sur. (2012.), od konstrukcijskih materijala se očekuje da, uz što nižu cijenu, imaju izvrsna mehanička svojstva i svojstva obradljivosti, te da u isto vrijeme osiguraju i dobru korozijsku otpornost. Navedena svojstva, osim kod primjene npr. visokokorozijski postojanih materijala, poput nehrđajućih čelika, legura nikla i sl., u praktičnom slučaju rijetko može ispuniti sam konstrukcijski materijal. Stoga se primjenjuju različite metode / tehnologije zaštite od korozije koje se načelno mogu podijeliti na:

- zaštitu od korozije nanošenjem prevlaka,
- primjena korozijski postojanijih materijala,
- konstrukcijsko - tehnološke mjere,
- električne metode zaštite,
- zaštita promjenom okolnosti (npr. inhibitorima korozije).

#### 2.3.1. Zaštita od korozije nanošenjem prevlaka

Prema Alar i sur. (2011.), korozija metala može se zakočiti ili spriječiti nanošenjem prevlaka koje, u prvom redu, služe kao barijera prema agresivnom mediju. Razumije se da materijal prevlake mora biti što postojaniji prema tom mediju. Prevlake mogu biti metalne i nemetalne, a nemetalne organske i anorganske. Zaštitno djelovanje prevlake ovisi o vrsti prevlake, o njenoj debljini, o stupnju kompaktnosti i o čvrstoći prijanjanja. S obzirom na to, na kvalitetu prevlake znatno utječe postupak nanošenja, koji uključuje predobradu metalne površine za prevlačenje, nanošenje u užem smislu i

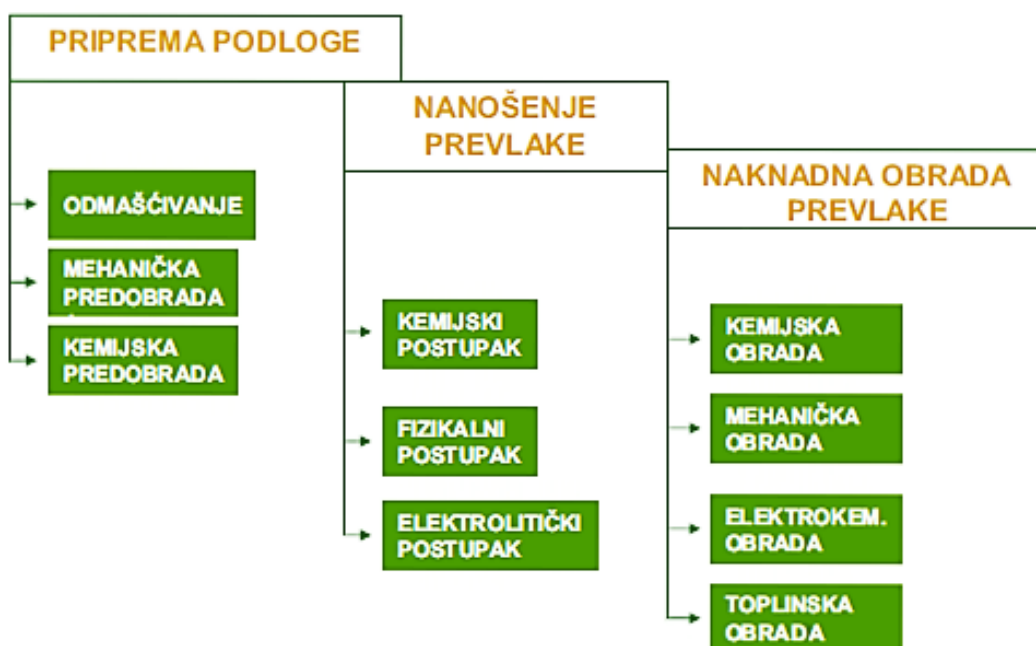
završnu obradu prevlake, koja nije potrebna u svim postupcima prevlačenja.

Zaštitne prevlake su, bez sumnje, najrašireniji proizvodi za zaštitu od korozije. Koriste se za dugotrajnu zaštitu različitih konstrukcija u širokom nizu korozijski agresivnih okoliša, počevši od atmosferskog izlaganja, pa sve do najzahtjevnijih eksploatacijskih uvjeta u postrojenjima kemijske industrije. Činjenica da zaštitne prevlake, koje čine vrlo mali udjel u ukupnom volumenu cijele konstrukcije, čuvaju njezin integritet i osiguravaju mogućnost neometane eksploatacije, dovoljno govori o njihovoj važnosti (Juraga i sur., 2012.).

Juraga i sur. (2011.) navode da se zaštitom metala od korozije prevlakama, ostvaruju:

1. Primarna svrha prevlake – zaštita površine od korozije,
2. Sekundarna svrha prevlake – koja može biti:
  - postizanje određenih fizikalnih svojstava površine,
  - zaštita od mehaničkog trošenja,
  - postizanje estetskog dojma,
  - povećanje dimenzija istrošenih dijelova, odnosno popravak loših proizvoda, ...

Isti autori ukazuju na složenost zaštite materijala prevlačenjem, koja se sastoji od pripreme podloge, nanošenja i naknadne obrade prevlake, u okviru čega je obuhvaćeno više postupaka, kao što je prikazano shemom na slici 8.



Slika 8. Postupci pripreme podloge, nanošenja i obrade prevlake

(Izvor: Juraga i sur., 2011.)

### 2.3.2. Organske prevlake (premazi)

Esih i Dugi (1990.) navode da organske prevlake imaju nezamjenjivu ulogu u zaštiti metalnih konstrukcija od korozije. Pritom, učinkovitost zaštite ne ovisi isključivo samo o svojstvima prevlake već i o karakteru same metalne osnove, pripremi površine i tehnologiji nanošenja prevlake. U praksi je stoga neophodno uzeti u obzir cijeli sustav i tehnologiju izvođenja zaštite uključujući i najčešće kompliciran sastav same prevlake. Zaštita metala premazima jedan je od najrasprostranjenijih postupaka zaštite u tehnici, čak  $\frac{3}{4}$  metalnih površina zaštićeno je premazima. Jedan od osnovnih razloga tome je relativno niska cijena premaza u odnosu na druge metode zaštite od korozije. Premazi se, osim u zaštitne svrhe, nanašaju i zbog poboljšanja estetskog izgleda metalne površine (dekorativni premazi) pa tako postoje bezbojni i različito obojeni premazi, zatim mutni, sjajni i mat premazi, a moguće je postići i dojam sjajnog ili kovanog metala. Postoje i razni specijalni premazi raznolike funkcije, kao na primjer: premazi za električnu izolaciju, kitovi, premazi za označavanje, antivegetativni premazi za zaštitu podvodnih konstrukcija, protupožarni premazi, itd.

Osnovni cilj nanošenja premaza je razdvajanje metalne podloge i okoliša pa stoga oni moraju biti dovoljno postojani i trajni u uvjetima eksploatacije. Tako je i najvažnije tehničko svojstvo premaza njihova trajnost. Sustav zaštite premazima sastoji se obično od temeljnog sloja, jednog ili više međuslojnih slojeva te završnog sloja, od kojih svaki ima svoju ulogu. Općenito se može reći da je premaz materijal koji je nakon nanošenja na podlogu stvorio čvrsti film (Juraga i sur., 2012.)

Organske prevlake (premazi) sastoje se od četiri osnovne komponente (Esih i Dugi, 1990.):

- veziva – neisparljive organske tvari u obliku viskoznih kapljevina ili smola,
- pigmenata – različiti anorganski oksidi, hidroksidi i soli, metalni elementi, ugljik i neki organski spojevi u obliku netopljivih čestica,
- aditiva i punila – npr. katalizatori polimerizacije (umrežavanja), omekšivači (plastifikatori) i organski inhibitori korozije, prirodne i umjetne anorganske tvari (za punila) koje značajno pojeftinjuju premazna sredstva, a mogu djelovati na poboljšavanje određenih svojstava (npr. sprečavanje slijeganja pigmenata)
- otapala – najčešće su to smjese organskih kapljevina koje moraju biti prilagođene vrsti veziva.

Juraga i sur. (2012.) navode da su, s ciljem sprječavanja daljnjeg onečišćavanja okoliša, posljednjih godina razvijani premazi niže molekulske mase – vodorazrjeđivi premazi, čije otapalo ima nezagađujuće svojstvo i kojima se reducira otpuštanje štetnih spojeva u atmosferu. Isto tako, doneseni su brojni propisi kojima se nastoji smanjiti emisija štetnih tvari u okoliš, prije svega smanjenjem korištenja organskih otapala. Zbog ozbiljnosti situacije, propisi o dozvoljenoj količini emisija štetnih tvari u okoliš bivaju sve stroži, kontrole sve intenzivnije, a pritisak na smanjenje organskih otapala povećava se i porastom cijena otapala. Danas se vodorazrjeđivi premazi koriste za bojenje raznih čeličnih konstrukcija, mostova, spremnika, transportnih kontejnera, auto-dijelova, poljoprivrednih strojeva, metalnog namještaja, željezničkih vagona itd. Noviji tipovi epoksi vodorazrjeđivih premaza mogu se koristiti i u zaštiti offshore postrojenja, te za zaštitu metalnih dijelova koji su izloženi jako korozivnim sredinama u teškoj industriji, kao npr. za zaštitu postrojenja za naftu i plin, spremnika, morskih i kemijskih postrojenja te za zaštitu u graditeljstvu.

Prema prethodnim autorima, kemijski proces otvrdnjavanja, koji se često u literaturi i zasebno klasificira prilikom opisa načina otvrdnjavanja premaza je i polimerizacija – tj. proces otvrdnjavanja uslijed oksidacijske kemijske reakcije uz sudjelovanje kisika iz zraka, umrežavanja nezasićenih polimera vlagom iz zraka ili uslijed reakcije između veziva i otvrdnjivača kod dvokomponentnih premaza, a koji se miješaju neposredno prije nanošenja. Premazno sredstvo u tom slučaju polimerizira i tvori umreženu strukturu, a njegova kasnija svojstva uvelike su određena stupnjem i prirodom tog umrežavanja.

Veliki utjecaj na svojstva zaštite od korozije premazima ima i pravilan odabir postupka bojenja. Boja (premaz) može se nanijeti nekim od slijedećih postupaka (Esih i Dugi, 1990.):

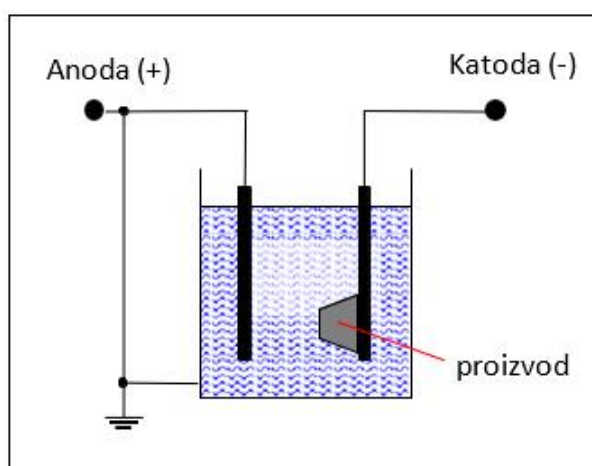
- bojenjem četkama,
- nanošenjem boje lopaticama,
- bojenjem valjcima,
- prskanjem boje („štrcanjem“, „naštrcavanjem“),
- uranjanjem i prelijevanjem,
- elektroforezom.

Postupak nanošenja boje ovisi o vrsti premaza, zahtjevanoj brzini nanošenja (rada), veličini predmeta ili konstrukcije, dostupnosti ventilacije kao i o ekološkoj prihvatljivosti.

### 2.3.3. Kataforeza

Kataforeza ili elektroforeza je postupak pri kojemu se na temelju djelovanja magnetskog polja bojaju metali. Postupak se svodi na prisustvo pozitivno i negativno nabijenih čestica. Bojanje se obavlja u otopinama boja i lakova, pri čemu je voda nabijena suprotno od pigmentata. Djelovanjem električnog polja, boja se nanosi na metalne dijelove gdje se čestice usmjeravaju prema predmetu bojanja, a voda odlazi u suprotnom smjeru. Za ovakav način bojanja metala vrlo je bitna temperatura, tako svaki dio ovog procesa ima različita temperaturna svojstva. Ovaj postupak bojanja vrlo je sličan galvanskom uređaju, ali za razliku od galvanskog uređaja, koristi veći napon (50-300 V) (Jokić, 2017.)

Richter i sur. (1999.) navode da se iskorištenje materijala u industrijskom bojanju može povećati postupcima uranjanja proizvoda koji se boja. Elektro prevlačenje jedan je od klasičnih postupaka koji se izvodi uranjanjem, iako je prikladan samo za određeni raspon veličina proizvoda. U tom procesu, proizvod je spojen kao elektroda, a vezivo i pigment se talože na njegovoj površini pomoću električne struje (elektroforeza) iz vodene disperzije. Prevlačenje anaferezom (proizvod na anodi) u tehničkoj je upotrebi od ranih 1970 -ih, a prevlačenje kataforezom (proizvod na katodi, KTL) od ranih 1980 -ih. Oni se razlikuju po polarizaciji obratka. Zbog bolje kvalitete prevlake, u smislu zaštite od korozije, razvoj je išao u prilog kataforezi. KTL postupak, prikazan shemom na slici 9., posebno je prikladan za prevlačenje šupljina i dijelova koji se nakon nanošenja boje moraju zavrnuti (navoj), jer je debljina sloja boje podložna malom rasponu fluktuacija.



Slika 9. Shema kataforeze – KTL postupka (Izvor: Richter i sur., 1999.)

Za postizanje ravnomjerne debljine sloja boje na dijelovima, važno je pridržavati se kriterija primjenjivih na postupke uranjanja:

- Dijelovi se ne smiju grupirati,
- Dijelovi ne smiju zadržavati mjehuriće zraka,
- Problematična je djelomična pokrivenost površine,
- Prevlačenje se obavlja svih strana.

Prema objavi tvrtke Eurosjaj Hrvatska (2018.), bojanje određenog proizvoda može se, općenito, izvoditi nanošenjem boje na njegovu površinu ili njegovim potapanjem u boju. Pritom, najveći problemi kod bojanja su teško dostupni dijelovi ili nepripremljene površine, gdje boja ne prijanja na osnovni materijal. Takvi problemi uspješno se rješavaju primjenom postupka kataforeznog bojanja (KTL). Postupak kataforeznog bojanja obuhvaća potapanje predmeta u kadu sa bojom koji je povezan sa negativnim polom izvora istosmjerne struje. U kadi se nalaze uronjene elektrode spojene na pozitivan električni naboj. U kadi se nalazi boja koja je sastavljena od pigmenata, veziva, otapala, aditiva i punila koji su otopljeni u vodi. Aktiviranje elektrokemijskog procesa omogućuje nanošenje boje na površinu metala, koji se kasnije stabilizira zahvaljujući „pečenju“ u komori sa visokom temperaturom.

Kataforeza danas predstavlja jednu od najnaprednijih proizvodnih tehnologija primjene osnovnih boja s visokim stupnjem zaštite metala od korozije. Smatra se da postupak kataforeznog bojanja spada među najnaprednije tehnologije površinskih obrada metalnih proizvoda. Trenutno kataforeza nema usporedivu konkurenciju u serijskim proizvodnim područjima. Najveći doprinos u razvoju tehnologije kataforeze ima automobilska industrija, gdje je naglasak na antikorozivnoj otpornosti karoserije i drugih komponenti u fokusu interesa svih proizvođača. Visoka kvaliteta površinske obrade, zajedno sa ekonomskim i ekološkim prednostima, predodređuje ovu tehnologiju za primjenu i u drugim područjima industrije, inženjstva i proizvodnje robe široke potrošnje. Prednosti KTL-a su:

1. Mogućnost nanošenja boje na bilo koji električno provodljivi objekt, uključivo šuplje i razdvojene predmete,
2. Odgovarajuća antikorozivna osnovna površinska predobrada za boje praškastog premaza,
3. Odgovarajuća antikorozivna osnovna površinska predobrada za bojanje (akrilne boje, boje na bazi vode i sl.),
4. Odgovarajuća antikorozivna završna površinska obrada,
5. Mogućnost bojanja vrućih ili pocinčanih materijala i aluminijskih,
6. Ravnomjerna debljina sloja boje po cijeloj površini,
7. Smanjenje onečišćenja okoliša na minimum zbog sustava na bazi vode.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Tvrtnka „Same Deutz-Fahr Žetelice“ d.o.o. Županja

Grupacija „Same Deutz-Fahr“ (SDF) jedan je od vodećih svjetskih proizvođača traktora, strojeva za žetvu i dizelskih motora. Distribuirala proizvode putem marki SAME, DEUTZ-FAHR, Lamborghini Trattori, Hürlimann i Grégoire. Tvrtnka ima sjedište u sjevernoj Italiji, u gradu Treviglio (Bergamo), na području gdje je posao osnovan 1927. godine, kada su Francesco i Eugenio Cassani razvili traktor Cassani, jedan od prvih svjetskih traktora s dizelskim motorom (<https://www.sdfgroup.com/en/about-sdf/profile>).

Od 2003. godine grupacija SDF postala je većinski dioničar tvrtke „Deutz AG“ iz Njemačke. 2005. godine postaju vlasnici bivše tvrtke „Đuro Đaković“ iz Županje koja je bila u sastavu holdinga „Đuro Đaković“ iz Slavonskog Broda. U tvrtku su uložili i ulažu značajna sredstva, prvenstveno u visoko specijaliziranu radnu snagu (340 zaposlenika), kao i u postrojenja (Jokić, 2017.).

Danas tvrtka posluje pod nazivom „Same Deutz-Fahr Žetelice“ d.o.o. (SDFŽ) i podružnica je pogona za proizvodnju kombajna. Slika 10. prikazuje upravnu zgradu tvrtke SDFŽ.



Slika 10. Tvrtnka „Same Deutz-Fahr Žetelice“ d.o.o. Županja

(Izvor: <https://www.agroklub.com/>)



Hrvatska je sjedište SDF-ove regije jugoistočna Europa (SEE) koja, osim Hrvatske, okuplja još Sloveniju, BiH, Srbiju, Makedoniju, Mađarsku, Rumunjsku, Bugarsku te Grčku. Jedini pogon ove talijanske grupacije, sa sjedištem u Trevigliu u Lombardiji, u blizini Bergama, je upravo u Županji. Kombajni se proizvode u Hrvatskoj i u Francuskoj (Bičak, 2012.).

U početku su se dovozile komponente za kombajne u tvornicu, gdje su se sklapale u gotov proizvod – kombajn. Danas se u tvornici proizvodi oko 60 % komponenti (dijelova) od ukupno 8000 dijelova koje čine gotov kombajn. Motor dolazi direktno iz Njemačke iz „Deutz AG“ i to od 220–400 KS, a motori su euro 4 koji zadovoljavaju EU standarde. Žetveni dio kombajna (heder ili adapter za žitni kombajn) proizvodi se u Mađarskoj, a koristi se „Schumacher“ kosa (noževi). U pogonu u Županji proizvede se više od pola ukupnog broja kombajna koje tvrtka plasira na svjetsko tržište (<https://www.savjetodavna.hr/>).

Na slici 11. je kombajn Deutz-Fahr.



Slika 11. Žitni kombajn Deutz-Fahr C9306 TS

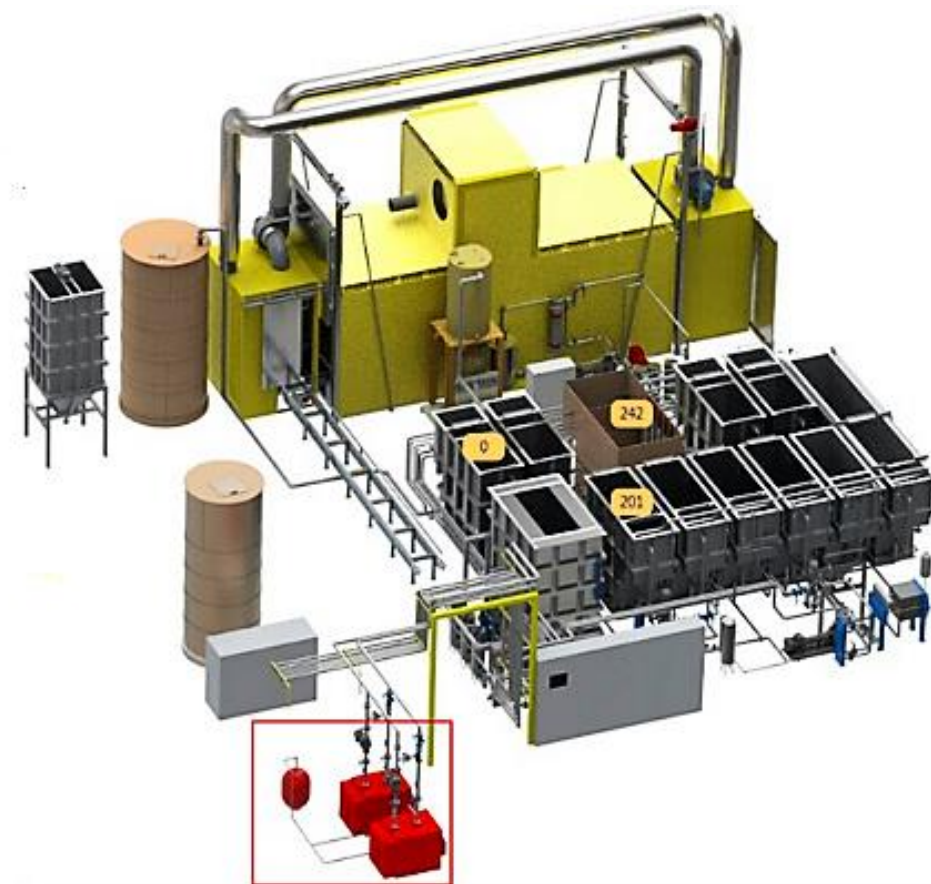
(Izvor: <https://www.agroklub.com/>)

## 3.2. Pogon za površinsku zaštitu dijelova u tvrtci SDFŽ

### 3.2.1. Opći podaci o Pogonu za površinsku zaštitu

Površinska zaštita od korozije u tvrtci SDFŽ provodi se postupkom kateforeznog bojanja (KTL metoda) u Pogonu kateforeze, koji je pušten u proizvodnju 2007. godine. Vrijednost investicije prelazi preko 5.000.000 Eura. Cilj ove investicije bilo je poboljšanje kvalitete bojanja te povećanje proizvodnje, jer je bojanje prije uvođenja kateforeze bilo usko grlo.

Slika 12. Prikazuje shemu Pogona kataforeze.



Slika 12. Shema Pogona kataforeze (Izvor: SDFŽ - Interna dokumentacija)

Slika 13. prikazuje dio žitnog kombajna obojan KTL metodom u Pogonu kataforeze.



Slika 13. Dio žitnog kombajna obojan u Pogonu kataforeze (Izvor: Dugonjić, 2021.)

Prema internoj dokumentaciji tvrtke SDFŽ, Pogon kataforeze ima sljedeće karakteristike:

- nominalna obrada površine – do 250 m<sup>2</sup>/h,
- maksimalna pojedinačna težina proizvoda – 2500 kg,
- maksimalne dimenzije proizvoda – 7000×2800×2500 mm,
- protok kroz proizvodnu liniju – 3 nosača/h.

Prednosti koje su ostvarene otvaranjem pogona:

- boja se razrjeđuje s vodom (82% demineralizirana voda, 10% smola, 5% pigment, 3% otapala),
- jednolično nanošenje obloge, osobito za komade kompliciranog oblika, odlično nanošenje na bridove,
- nanošenje se ostvaruje i na nepristupačnim područjima,
- ne dolazi do efekta ispiranja otapala u udubljenima i šupljinama,
- nema kapanja, curenja i pravljenja mjehurića prilikom bojanja,
- struganje svedeno na minimum,
- površine ne treba sušiti prije nanošenja boje.

Također, pogon dodatno omogućuje sljedeće uštede i sigurnost:

- Uštede:
  - potpuno automatizirani proces,
  - veliki kapacitet,
  - prilagodljiv za različite oblike komada i veličine serija,
  - više od 90 % boje je iskorišteno.
- Sigurnost:
  - mala opasnost od požara i eksplozije,
  - nizak sadržaj hlapljivih organskih spojeva (Volatile organic compounds - VOC),
  - nema opasnog otpada.

### 3.2.2. Tehnološke cjeline Pogona za kataforezu

Pogon za kataforezu sastoji se od sljedećih tehnoloških cjelina:

#### 1. Linija za pripremu

Linija za pripremu sastoji se od kada volumen 80 m<sup>3</sup> i dimenzija 7600×3400×3850 mm. U liniji za pripremu dijelovi se odmaščuju, dekapiraju, ispiru te pripremaju za završno bojanje nanošenjem sloja cink-fosfata. U posljednjoj kadi se sumpornom kiselinom (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) skidaju slojevi kalamina (cinkovog oksida) i čiste se zavari.

## 2. Linija za elektrostatsko bojanje

Linija se sastoji od kada u kojima se dijelovi bojaju primjenom naelektriziranih čestica boje u istosmjernom električnom polju. Višak boje odstranjuje se u kadama ispiranjem ultrafiltratom demineralizirane vode.

## 3. Tunelska peć za polimerizaciju

U tunelskoj peći se obojena površina dijelova, sušenjem na povišenoj temperaturi, stvrdnjava i pretvara u korozijski otporan sloj (polimeriziranje).

## 4. Tunel za hlađenje

U tunelu za hlađenje suhi obojani dijelovi se prinudno hlade strujom zraka okolišne temperature.

## 5. Viseći konvejer

Visećim konvejerom transportiraju se dijelovi tijekom postupka kataforeznog bojanja.

## 6. Transportni sustav s programiranim kranovima

Programirani kranovi također se koriste u transportu dijelova koji se bojaju.

## 7. Sustav za demineralizaciju vode

Sustav je kapaciteta kapaciteta 10 m<sup>3</sup>/h i koristi tehnologiju reverzne osmoze za demineralizaciju vode koja je potrebna u postupku kataforeznog bojanja dijelova.

## 8. Sustav za obradu otpadnih voda

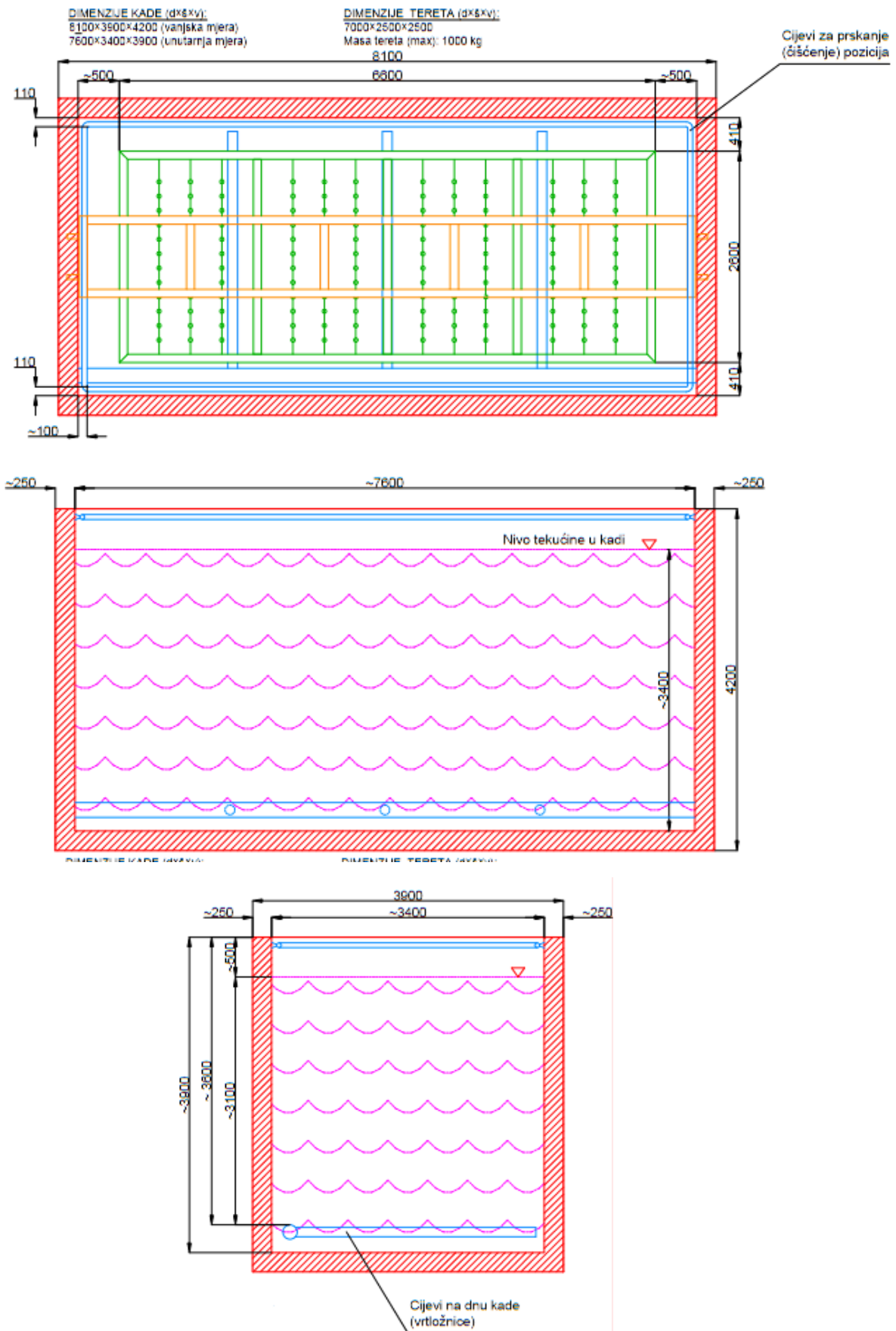
Sustav se sastoji se od kanala izvedenih u podu hale, u koje se ispuštaju nečistoće iz kada. Prikupljanje vode s alkalnom i kiselom bazom, te otpadne vode od ispiranja, provodi se odvojeno i transportira u spremnike volumena 50 m<sup>3</sup>.

### 3.2.3. Konstrukcijski podaci o kadama za kataforezu

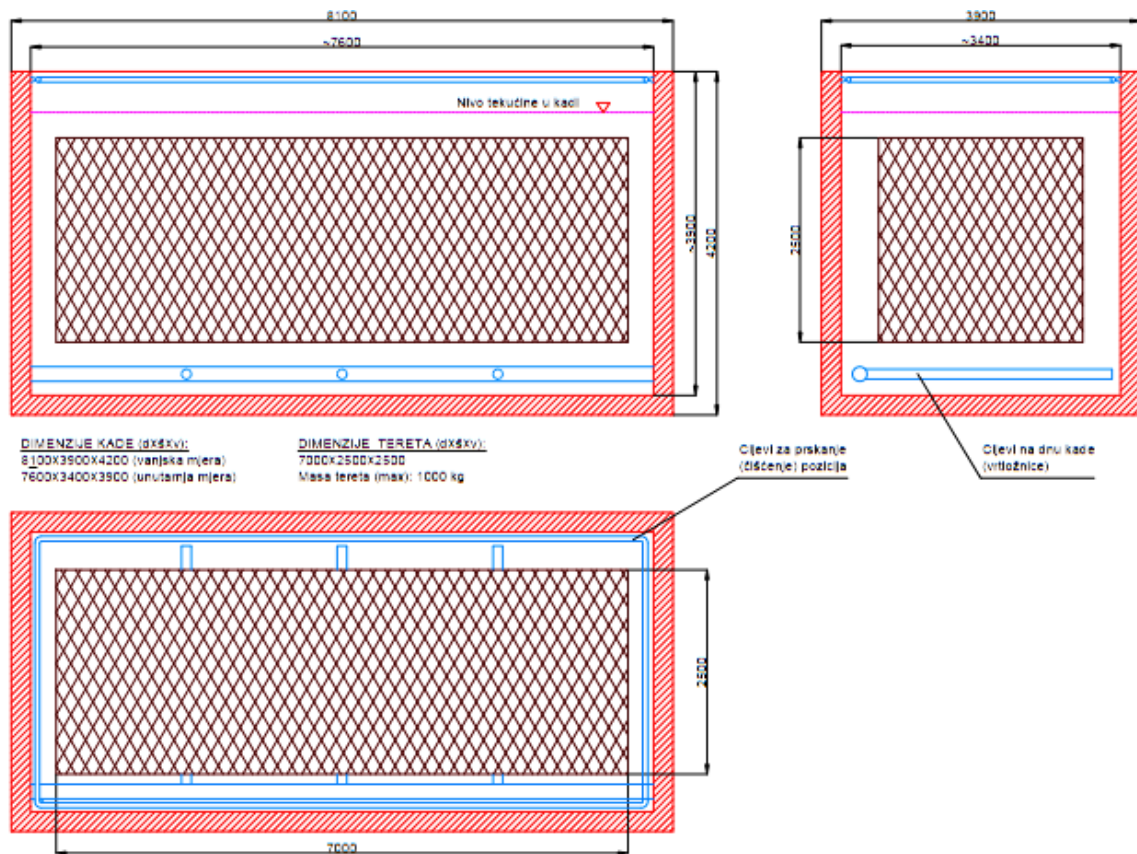
Sve kade koje se koriste u postupku kataforeze jednakih su dimenzija i iznose :  $d \times \check{s} \times v = 7600 \times 3400 \times 3900$  mm, kao što je prikazano slikom 14.

Dopuštene dimenzije konstrukcije (strojnog dijela) koja se uranja u kadu ograničene su unutarnjim dimenzijama kade i iznose:  $d \times \check{s} \times v = 7000 \times 2500 \times 2500$  mm. Najveća težina konstrukcije smije iznositi 1000 kg. Dimenzije dijelova su uvjetovane zahtjevom da se prilikom njihovog uranjanja u kade, treba osigurati da sve površine koje se bojaju budu udaljene od zida kade za određeni slobodan prostor, kako bi se omogućio ravnomjeren pristup česticama boje, a samim time i kvalitetno bojanje.

Slika 15. prikazuje način uranjanja proizvoda u kadu za kataforezu.



Slika 14. Dimenzije kade za kataforezu (Izvor: SDFŽ - Interna dokumentacija)



Slika 15. Način uranjanja proizvoda (strojnog dijela) u kade za kataforezu  
 (Izvor: SDFŽ - Interna dokumentacija)

U kade za neku od operacija kataforeze mogu se uranjati veliki dijelovi, koji su u okviru prethodno naznačenih dimenzija, kao i veći broj manjih dijelova istovremeno koji su ovješeni na odgovarajuće specijalne nosače. Slika 16. prikazuje primjer kade za kataforezu s ovješnim dijelovima koji su pripremljeni za uranjanje u otopinu.



Slika 16. Kada za kataforezu s ovješnim dijelovima (Izvor: Dugonjić, 2021.)

### 3.2.4. Tehnički podaci o boji za kataforezu

Kod svakog kombajna uočljivi su sastavni dijelovi koji su bojani postupkom kataforeze, budući da je riječ o dijelovima koji su crne boje.

Osnovna vrsta boje koja se koristi za bojanje strojnih dijelova kombajna je Aqua EC 3000 koja ima sljedeće karakteristike:

- dvokomponentni sastav – disperzija epoksidne smole i paste crnog pigmenta,
- kiselost – pH 5,3 ÷ 6,3 (blago kisela otopina),
- provodljivost – 1100 ÷ 1900  $\mu$ S/cm,
- temperatura kupke – 29 ÷ 31 °C,
- napon – 160 ÷ 400 V,
- temperatura sušenja – 170 ÷ 200 °C.

### 3.2.5. Vrste boja za završno bojanje kombajna

Za završno površinsko bojanje kombajna u zelenu zaštitnu boju tvrtke SDFŽ, bojanje oznaka, natpisa te drugih elemenata različitih boja i nijansi, koristi se više vrsta boja različitih proizvođača:

- Rezistol 2K PUR EMAJL JEDNOSLOJNI 9011,
- Agrohel 2K PUR EMAJL 9011,
- Agrohel 2K PUR EMAJL 9011,
- Agrohel 2K PUR EMAJL 6018, DEUTZ,
- Helios 2K PUR EMAJL 3002,
- Glasurit 2K 9011,
- Agrohel 2K PUR EMAJL 7046,
- Transparentni vodeni lak bezbojni.

### 3.2.6. Kontrola parametara obojenih dijelova

Svi dijelovi koji su obojani u svrhu površinske zaštite od korozije podvrgavaju se kontroli parametara kojima se utvrđuje razina kvalitete bojanja. Postupci kontrole, koji se pritom primjenjuju, prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Kontrola parametara obojenih dijelova (Izvor: Davor Pejnović)

| Karakteristika                        | Preporuka vremena i uvjeta mjerenja                      | Način mjerenja-uređaj                                 |
|---------------------------------------|--|---|
| Sjaj                                  | Min. Cca 1 sat nakon sušenja                             | Mjerač sjaja - Glossmetar                             |
| Adhezija                              | Cca 24 sata nakon sušenja                                | Mjerač adhezije – Cros tester<br>Nož 1mm/2mm, mrežica |
| Debljina                              | Na ohlađenim predmetima<br>min. Cca 1 sat nakon sušenja  | Mjerač debljine – Byko test                           |
| Otpornost na udarce, (Tvrdoća IMPACT) | Cca 24 sata nakon sušenja na sidca (0,8) pločicama       | Mjerač tvrdoće – IMPACT tester direct                 |
| Elastičnost                           | Cca 24 sata nakon sušenja, uzorci pločica                | Konični ispitivač elastičnosti                        |
| Estetika                              | Na ohlađenim predmetima,<br>min. Cca 1 sat nakon sušenja | Vizualno  |

Rezultati internih kontrola i mjerenja se unose u odgovarajuće obrasce koji se analiziraju i na temelju njih se planiraju eventualni daljnji postupci u vezi bojanja. Primjeri naziva obrazaca i vrsta kontrola koje se u njih unose su sljedeći:

- KTL-MK (KTL proces – mehanička kontrola) prilog br.1. - za KTL bojane dijelove,
- KTL – KB (Kataforeza – kontrola bojanja) prilog br.2. – za KTL bojane dijelove,
- KBL1 (kontrola bojanja Linija 1) prilog br.3. – za dijelove bojane na Liniji 1,
- KBL2 (kontrola bojanja Linija 2) prilog br.4. – za dijelove bojane na Liniji 2.

Ako se parametri nalaze izvan zadanih granica, ovisno o procjeni uzroka odstupanja, treba kontaktirati dobavljače boja i/ili za greške vlastite proizvodnje poduzeti korektivne aktivnosti (debljina, adhezija, estetika) (Pejnović, 2016.).



## 4. REZULTATI

Dijelovi žitnog kombajna (žetelice) površinski se zaštićuju tehnološkim postupkom kataforeze (KTL), koji se odvija poluautomatski, odnosno pojedine faze transporta u procesu obavljaju se ručno, dok se glavina procesa odvija automatski prema predprogramiranim vremenima trajanja pojedinih tehnoloških faza, pod nadzorom PLC-kontrolora. Ciklus postupka traje oko 3h i 30 min. Površina proizvoda se u prvih 11 kada kemijski tretira s ciljem odmašćivanja, antikorozivne zaštite i pripreme podloge za nanošenje završnog sloja temeljne boje. Nakon predtretiranja proizvodi idu u 3 faze bojanja, svaka faza procesa je jedna kada. Nakon završnog procesa bojanja proizvodi se transportiraju u tunelsku peć za polimerizaciju. Po završetku polimerizacije proizvodi se hlade u tunelskom hladnjaku, u koji se ventilatorom upuhuje okolišnji zrak. Voditelj kataforeze dužan je osigurati sigurno i pravilno izvođenje postupka, te voditi evidenciju o ulazu i izlazu dijelova iz kataforeze.

Linija za postupak kataforeze prikazana je na slici 17.



Slika 17. Linija za postupak kataforeze (Izvor: Dugonjić, 2021.)

Tehnološki postupak kataforeze obuhvaća 5 tehnoloških faza:

1. Priprema dijelova i vješanje na nosače
2. Priprema dijelova za bojanje (predtretiranje)
3. Bojanje dijelova
4. Sušenje (pečenje) dijelova
5. Hlađenje dijelova

#### 4.1. Priprema dijelova i vješanje na nosače

Dijelovi koji su pripremljeni za bojanje ručno se vješaju na specijalne nosače, a ograničeni su veličinom kade i ne smiju prelaziti dužinu od 7000 mm, širinu od 2500 mm i visinu od 2500 mm. Ukupna težina pojedinačnog nosača ne smije prelaziti 2000 kg, s tim da je težina nosača oko 1000 kg, prema tome može se objesiti 1000 kg pozicija.

#### 4.2. Priprema dijelova za bojanje (predtretiranje)

Priprema dijelova za bojanje, odnosno predtretiranje, provodi se u kadama kataforeze. Kade su postavljene visoko, linijski i smještene su u posebnoj hali. Predtretiranje se provodi u kadama za predtretiranje volumena od 80 m<sup>3</sup> i dimenzija 7600×3400×3850 mm. U okviru predtretiranja dijelovi se odmašćuju, dekapiraju, ispiru i pripremaju za nanošenje boje.

##### 4.2.1. Odmašćivanja dijelova

Odmašćivanje dijelova žitnog kombajna provodi se u kadama broj 1 i 2. Vrijeme kontakta otopine i strojenog dijela je 15-16 minuta, u ovisnosti od potrebe. Sredstva koja se koriste u prvoj kadi su Ridoline 1574 i Ridosol 27 B. Ridoline 1574, poznatiji kao BONDERITE C-AK 1574, snažno je alkalno sredstvo specijalno dizajnirano za uklanjanje hrđe, boje i drugih teških tvari s čelika prije nanošenja završnog sloja boje. Uglavnom se koristi u kombinaciji s Ridosolom 27 B ili BONDERITE C-AK 0683. Vodena otopina u kadi je temperature 60-65 °C. Slika broj 18. prikazuje kadu broj 1.



Slika 18. Kada broj 1 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

Kada broj 2, prikazana na slici 19., slična je prvoj kadi i također služi za odmašćivanje, odnosno za uklanjanje nakupljene masnoće. Sredstva koja se koriste u ovoj otopini su Ridoline 1574 i Ridosol 27 B. Razlika između prve i druge kupke je u radnoj temperaturi. Kupka broj 2 radi pri nešto nižim temperaturama, tj. pri 50-55 °C. Vrijeme kontakta je također nešto kraće, u odnosu na kadu broj 1, te iznosi 9-10 minuta.



Slika 19. Kada broj 2 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

#### 4.2.2. Ispiranje odmašćenih dijelova

Ispiranje prethodno odmašćenih dijelova provodi se u kadi broj 3, prikazanoj na slici 20. Vrijeme kontakta između vodene otopine i materijala je 6-7 minuta. Otopina je na okolišnoj temperaturi, a kao sredstvo se koristi industrijska voda.



Slika 20. Kada broj 3 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

#### 4.2.3. Bajcanje (dekapiranje) dijelova

Bajcanje, odnosno dekapiranje ili luženje materijala je kemijsko tretiranje metalnih materijala pri kojoj je strojni dijelovi uranjaju u posebne otopine kako bi se očistili ili zaštitili od moguće korozije. Postupak kemijskog tretiranja metalnih dijelova se odvija u kadi broj 4, prikazanoj na slici 21. Vrijeme natapanja u kupki je 17-18 minuta pri temperaturi 50-55 °C. Sredstva koja se upotrebljavaju su P3-Chemacid 3520 i P3-Galvaclean 81. P3-Chemacid 3520 je brzodjelujuće kemijsko sredstvo na bazi mineralnih kiselina koje služi za uklanjanje prašine sa čeličnih i željeznih površina. Bijele je do blago žute nijanse boje.



Slika 21. Kada broj 4 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

#### 4.2.4. Ispiranje bajcanih dijelova

Ispiranje bajcanih dijelova provodi se u kadama broj 5 i 6, prikazanim na slikama 22. i 23. Kupka u kadi broj 5 služi za drugo ispiranje (prvo je bilo u kadi broj 3) koje traje 3-4 minute. Temperatura je kao u prvom ispiranju, okolišna. Sredstvo otopine je industrijska voda. Kupka u kadi broj 6 služi za treće ispiranje. Vrijeme ispiranja je 2,5-3 minute. Temperatura otopine je okolišna. Sredstvo koje se koristi u otopini je također industrijska voda.



Slika 22. Kada broj 5 (Izvor: Dugonjić, 2021.)



Slika 23. Kada broj 6 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

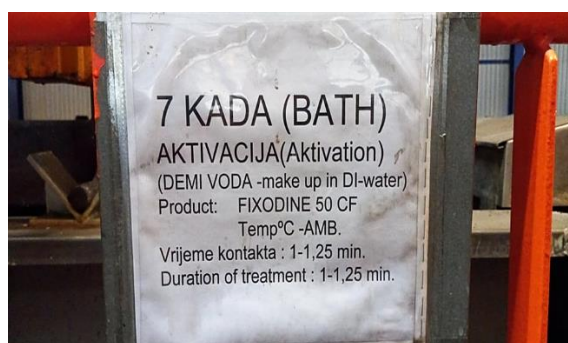
### 4.3. Bojanje dijelova

Bojanje dijelova izvodi se na način da se pozitivno naelektrizirane čestice boje koje svoj naboj dobivaju s anoda, spojenih na pozitivni pol ispravljača i uronjenih u kadu s bojom, lijepe na negativno nabijenu površinu proizvoda (katoda) koji su preko nosača spojeni na negativni pol istog ispravljača. Kada s bojom je električno izolirana i posebno uzemljena. U procesu nanošenja boje u rezervoaru se stvaraju određeni kemijski spojevi koji nepovoljno utječu na cjelokupni proces nanošenja boje, te ih je potrebno konstantno izdvajati iz kupke.

Skupljanje i izdvajanje neželjenih kemijskih spojeva iz kupke izvodi se pomoću jedinice za dijalizu, koja održava postavljene uvjete za odvijanje procesa. Kako bi se održali radni uvjeti kupke, temperature 29-31 °C, boja mora cirkulirati kroz izmjenjivač topline u kojem se rashlađuje na temperaturu koja je potrebna za proces bojanja. Medij za hlađenje boje je voda.

#### 4.3.1. Aktivacija boje

Kupka u kadi broj 7, prikazanoj na slici 24., služi za aktivaciju sredstva, odnosno za ubrzanje procesa bojanja. Vrijeme trajanja aktivacije je 1-1,25 minuta, pri okolišnoj temperaturi. Sredstva koja se uglavnom koriste su demineralizirana voda i Fixodine 50 CF 19.



Slika 24. Kada broj 7 (Izvor: Dugonjić)

#### 4.3.2. Cink-fosfatiranje

U kadi broj 8, prikazanoj na slici 25., odvija se postupak cink-fosfatiranja. Fosfatiranje je tehnika zaštite čeličnih površina od korozije putem stvaranja kemijske konverzijske prevlake na osnovi fosfata željeza, mangana ili cinka.



Slika 25. Kada broj 8 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

Vrijeme kontakta dijelova u otopini za cink-fosfatiranje je 4-5 minuta pri temperaturi 45-65 °C. Sredstva koja se koriste za fosfatiranje su Granodine 4360 It Alim, Granodine 4360 It Prep, Grano starter 65 i Grano toner 134.

#### 4.3.3. Ispiranje fosfatiranih dijelova

Četvrti korak ispiranja odvija se u kadi broj 9, prikazanoj slikom 26. Vrijeme kontakta u kadi je 1,5-2 minute, pri okolišnoj temperaturi. Kao sredstvo otopine koristi se industrijska voda.



Slika 26. Kada broj 9 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

#### 4.3.4. Pasivacija dijelova

U kadi broj 10, prikazanoj na slici 27., provodi se postupak pasivacije. Pasivacija uključuje stvaranje određenog vanjskog sloja zaštitnog materijala koji se ponaša kao mikrozaštita.



Slika 27. Kada broj 10 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

Takvi zaštitni pasivacijski slojevi nastaju kemijskim reakcijama s osnovnim materijalom ili kao spontani sloj oksida zbog djelovanja zraka. Kao primjenjena tehnika, pasivacija koristi lake zaštitne materijale, poput metalnih oksida, kako bi se stvorila zaštita od korozije.

#### 4.3.5. Ispiranje pasiviranih dijelova

Ispiranje dijelova nakon pasivacije provodi se pri okolišnoj temperaturi u kadi broj 11. Vrijeme kontakta je kratko i iznosi 1 minutu. Kao sredstvo koristi se demineralizirana voda, tj. voda iz koje su uklonjeni minerali. Slika 28. prikazuje kadu broj 11.



Slika 28. Kada broj 11 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

#### 4.3.6. Bojanje dijelova

Bojanje dijelova provodi se u kadi broj 12, koja je prikazana na slici 29. Vrijeme kontakta između otopine kupke i strojnog dijela je 5 minuta, pri temperaturi 29-31 °C. Tijekom odvijanja postupka bojanja, kupka (koja je u stvari elektrolit) zagrijava se zbog protoka struje. Zbog održavanja radne temperature kupke u potrebnom intervalu (29-31 °C), boja cirkulira kroz izmjenjivač topline u kojem se rashlađuje na postavljenu radnu temperaturu. Medij za hlađenje boje u izmjenjivaču topline je voda.

Sredstva koja se koriste u otopini kupke za bojanje su Aqua EC 3000 Pigmentpaste, Aqua EC 3000 Dispersion i sl. Zbog mogućnosti trovanja otopinom boje, radnici koji rade u pogonu kataforeze obvezni su nositi zaštitne maske tijekom izvođenja postupka.





Slika 29. Kada broj 12 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

#### 4.3.7. Završno ispiranje dijelova

Završno ispiranje bojanih dijelova provodi se u dva koraka. U predzadnjem koraku postupka kateforeze provodi se kratko ispiranje u kadi broj 13, prikazanoj slikom 30., koje traje 30 sekundi. Temperatura kupke je okolišna, a sredstvo koje se koristi je demineralizirana voda. Ovim ispiranjem se odstranjuje višak nanasene boje.



Slika 30. Kada broj 13 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

Isprani dijelovi se zatim iz prethodne kade transportiraju u kadu broj 14, prikazanu slikom 31., u kojoj se provodi završno ispiranje, nakon čega se dijelovi transportiraju visećim konvejerima na sušenje.



Slika 31. Kada broj 14 (Izvor: Dugonjić, 2021.)

#### 4.4. Sušenje (pečenje) dijelova

Obojani dijelovi transportiraju se u tunelsku peć za polimerizaciju, koja je prikazana na slici 32., gdje se pri temperaturi od 180 °C i trajanju od 71 minuta polimerizira nanese sloj boje. Polimerizacijom nastaje čvrsti, kemijski postojan, sloj boje otporan na atmosferske utjecaje i UV-svjetlost. Tunelska peć se zagrijava plinskim plamenikom preko izmjenjivača topline. Plinovi koji su nastali u peći odvođeni su kroz poseban dimnjak u atmosferu.



Slika 32. Tunelska peć (Izvor: Dugonjić, 2021.)

#### 4.5. Hlađenje dijelova

Obojeni dijelovi se iz tunelske peći transportiraju u tunel za hlađenje, gdje se hlade oko 20 minuta upuhivanjem zraka okolišne temperature pomoću ventilatora. Hlađenje, samo po sebi, ne predstavlja segment tehnološkog postupka površinske zaštite dijelova kombajna, ali je bitno zbog ubrzanja cjelokupnog procesa i olakšanog skidanja dijelova s nosača, na kojima su bili ovješeni tijekom postupka kataforeze. Slika 33. prikazuje ovješene dijelove u tunelu za hlađenje.



Slika 33. Hlađenje dijelova (Izvor: Dugonjić, 2021.)

Nakon završetka hlađenja gotovi dijelovi kombajna, površinski zaštićeni tehnološkim postupkom kataforeze, skidaju se s nosača i spremni su za otpremu u montažu kombajna.

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Kataforezna zaštita dijelova kombajna

Budući da su žitni kombajni poljoprivredni strojevi koji rade na otvorenom prostoru, u vrlo teškim radnim uvjetima opterećenja, atmosferske izloženosti sunčevoj svjetlosti, oborinama, vlažnosti, temperaturi, različitim onečišćenjima, itd., površinska antikorozivna zaštita takvih strojeva je od iznimnog značaja. S obzirom da se sastoje od brojnih konstrukcijskih dijelova, različitih oblika i dimenzija, te da su svi oni podjednako izloženi prethodno navedenim utjecajima, provođenje kvalitetne zaštite njihovih površina od korozije predstavlja veliki tehnološki izazov. U izboru brojnih postupaka površinske zaštite, kataforezno bojanje (kataforeza, KTL postupak) predstavlja najvišu razinu tehnologije koja se može primjeniti u zaštiti od korozije dijelova žitnih kombajna. Stoga nije iznenađujuće da se tvrtka “Same Deutz-Fahr Žetelice” odlučila za investiranje značajnih financijskih sredstava i uvođenje takve tehnologije u svoj proizvodni proces. Postupak kataforeznog bojanja bitno poboljšava antikorozivnu otpornost kombajna tvrtke SDFŽ, te općenito podiže razinu njihove kvalitete.

### 5.2. Kontrola površinske zaštite

Juraga i sur. (2014.) navode kako je uspješnu i dovoljno trajnu i pouzdanu površinsku zaštitu moguće je ostvariti jedino na temelju rezultata raznovrsnih ispitivanja koja moraju pratiti zaštitne postupke i mjere u svim fazama njihove realizacije, tj. od projektiranja preko izvođenja zaštite do održavanja zaštićenog objekta.

U Pogonu za površinsku zaštitu dijelova tvrtke SDFŽ pri izboru boje važnu ulogu imaju laboratorijska, kao i terenska korozijska ispitivanja. Izboru boje daje se posebna pažnja, pri čemu se poštuju normativi kvalitete matične tvrtke “Same Deutz-Fahr”. Upravo zbog toga, koristi se boja poznatog slovenskog proizvođača “Helios” iz Domžala. Najvažnija boja u postupku kataforeznog bojanja (KTL) je boja Aqua EC 3000, renomiranog proizvođača boja i sustava antikorozivnih prevlaka “Axalta Coating Systems” iz Mechelena (Belgija). Riječ je o 2-paketnom epoksidnom premazu, koji je prvi izbor za mnoge europske proizvođače automobilskih dijelova i automobilske opreme, električnih kućišta, sklopki i računalnih komponenti. Nudi izvrsna mehanička svojstva, dobru kemijsku otpornost i vrhunsku zaštitu od korozije. Aqua EC 3000 posebno je vrijedan tamo gdje je problem korozije na dijelovima

s oštrim rubovima. Temeljni premaz je formiran na bazi vode, bez olova i kositra, što ga čini iznimno ekološki prihvatljivim te usklađenim s europskom okolišnom REACH direktivom. Još jedna prednost ove boje je njezina velika moć bacanja, pa se teško dostupna područja lako premazuju. Ova karakteristika pomaže kod složenih konfiguracija dijelova. Budući da Aqua EC 3000 može proizvesti debljinu filma veću od 35 µm ispunjava sve automobilske OEM zahtjeve za stavke kao što su rezervni dijelovi i osovine, što je bitno i za kombajne.

Pri bojanju dijelova kombajna redovito se kontroliraju tehnološki parametri: kvaliteta pripremljene površine dijelova koji se planiraju bojati, debljina ostvarenog sloja nanese boje te kvaliteta i dugotrajnost prevlake. Osim nadzora i kontrole tijekom provođenja postupka površinske zaštite, po završetku bojanja dijelova, a radi potvrđivanja sukladnosti s propisanim zahtjevima tvrtke provodi se interna kontrola parametara na obojanim dijelovima. Pri ovoj kontroli provode se provjere i mjerenja slijedećih karakteristika: sjaj, adhezija, debljina sloja, otpornost na udarce (tvrdoća), elastičnost i estetski izgled. Ispravno vođenje evidencije o provedenim kontrolnim pregledima omogućuje praćenje proizvodnog postupka i pravovremeno reagiranje u slučaju pojave nepredviđenih problema, vezanih uz provođenje tehnologije površinske zaštite i materijale koji se u istoj primjenjuju.

### **5.3. Popravak boje**

Elementi koji se jednom tretiraju postupkom kataforeznog bojanja ne mogu ponoviti taj postupak. Pri samom postupku mogu se pojaviti pogreške koje se mogu popraviti na različite načine. Minimalni popravci mogu se obavljati posebnim kistovima s mekanom dlakom. Popravci boje trebaju se obavljati istom vrste boje koja je prethodno nanescena prilikom prvog bojanja. Pod sitnim popravcima podrazumjevaju se različite ogrebotine i sitna oštećenja na površinskim dijelovima materijala. Nešto veći popravci se obavljaju pomoću zračnog pištolja za raspršivanje boje. Boja koja se koristi za popravak je 2K Epoxy, temeljna RAL 9011, sjaj 40 ÷ 50%. Ako se na mjestu popravka stvorila korozija, ona se prije bojanja treba odstraniti. Korozija se odstranjuje brusnim papirom raznih granulacija (od 80 do 240). Završna obrada obavlja se brusnim papirom granulacije 240. Prije samog bojanja mjesto popravka je potrebno odmastiti lako hlapljivim sredstvom za odmašćivanje „Antisilikon“ koji može biti pakiran u spreju ili u kanisteru. Riječ je o vrhunskom sredstvu za odmašćivanje renomiranog talijanskog proizvođača kemikalija “Dollmar”. Nakon toga, mjesto popravka potrebno je prebrisati suhom krpom i ispuhati zrakom. Za sitnije korekcije slabije obojenih

površina upotrebljava se i KTL sprej, ali uz napomenu „za eksternne zahtjeve moguće je element koji je KTL tretiran cijeli pjeskariti, te nakon toga ponoviti KTL postupak“.

#### **5.4. Sustav za demineralizaciju vode**

Demineralizirana voda iznimno je važan tehnološki resurs koji se koristi u postupku kataforeznog bojanja dijelova kombajna. To je voda iz koje su uklonjeni minerali pomoću kemikalija, ionskim izmjenom ili postupcima destilacije. Svaka kada u pogonu SDFŽ spojena je posebnim pumpama na sustav za demineralizaciju vode. Pumpe odvođe vodu, koja se koristi u kupkama, do pogona za demineralizaciju vode, pune silos za vodu, te ju posebnim postupcima destilacije demineraliziraju i kasnije ju ponovno koristi u pogonu kataforeznog bojanja. Sustav za demineralizaciju vode je postrojenje za obradu vode tehnologijom reverzne osmoze kapaciteta 10 m<sup>3</sup>/h. Demineralizirana voda koristi se kod formiranja kupke u kadama za aktivaciju, pasivaciju, završno ispiranje prije elektrostatskog nanošenja boje, te u svim fazama procesa elektrostatskog bojanja.

#### **5.5. Sustav za obradu otpadnih voda**

Sustav za obradu otpadnih voda iznimno je bitan sustav u tvrtki SDFŽ, budući da se u postupcima bojanja dijelova kombajna koriste velike količine vode, koja se tijekom tih postupaka onečišćuje. Sustav se sastoji od kanala izvedenih u podu hale u koje se ispuštaju sve nečistoće s vodom koje su se nakupile u kadama. Vode alkalne i kisele baze te otpadne vode od ispiranja prikupljaju se odvojeno i transportiraju se pumpama u spremnike čiji volumen prelazi 50 m<sup>3</sup>. Iz spremnika se prikupljene otpadne vode doziraju na liniju za obradu. Iz otpadnih voda kontinuirano se uzimaju uzorci koji se šalju na analizu u poseban odjel u tvornici, gdje kemijski tehničari kontroliraju stanje otpadnih voda i ispituju njihova svojstva. U okviru toga kontroliraju se propisane granične vrijednosti onečišćenja. Takva aktivnost jedna je od najvažnijih mjera zaštite okoliša i ekološki odgovornog ponašanja tvrtke. O rezultatima analiza i stanja otpadnih voda redovito se izvješćuje nadležne institucije, sukladno važećim propisima iz područja zaštite voda i ostalih sastavnica okoliša.

## 6. ZAKLJUČAK

Korozija je neželjena pojava koja se pojavljuje u svim područjima gospodarskih djelatnosti koje primjenjuju različita tehnička sredstva (strojeve, uređaje, opremu, itd.). Ona uzrokuje velike materijalne štete i ekonomske troškove, koji mogu biti direktni (štete na tehničkim sredstvima) i indirektni (zastoji u radu zbog korodiranih dijelova). S obzirom na navedeno, zaštita od korozije iznimno je značajna djelatnost u svakoj proizvodnji.

Korozija je razaranje konstrukcijskih materijala kemijskim međudjelovanjem materijala i okolnog medija, čineći ga material neprimjenjivim za namjenu radi koje je i nastao. Među najvažnijim mjerama zaštite od korozije je nanošenje prevlaka na površinu materijala.

Jedan od postupaka površinske zaštite materijala poljoprivrednih strojeva prevlačenjem je kataforezno bojanje (KTL postupak) dijelova koji su izloženi djelovanju nepogodnih vanjskih utjecaja. Kataforezno bojanje završni je tehnološki postupak zaštite metalnih površina tankim organskim slojem boje. Prednost kataforeze je u tome što omogućuje bojanje unutarnjih šupljina i teško dostupnih površina strojnih dijelova. Sam proces kataforeze temelji se na djelovanju magnetskog polja na otopinu s česticama boje koje se usmjeravaju na bojanu površinu materijala.

Tvrtka "Same Deutz-Fahr Žetelice" je, uvođenjem postupka kataforeznog bojanja dijelova kombajna, značajno podigla razinu kvalitete svojih proizvoda i ukupnu prepoznatljivost tvrtke. U okviru rada analizirana je tehnologija površinske zaštite dijelova žitnog kombajna, u kojoj postupak kataforeznog bojanja predstavlja središnji tehnološki dio. Opisani su dijelovi postupka kataforeze i sredstva koja se pritom koriste.

Uz opisanu kvalitetno provedenu površinsku zaštitu, te pravilnu eksploataciju, održavanje i garažiranje žitnih kombajna "Same Deutz-Fahr", za očekivati je njihov dugi vijek trajanja.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Alar, A., Šimunović, V., Juraga, I. (2011.): Teorijske osnove korozijskih procesa i metode zaštite. Autorizirana predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb
2. ASM International (2003.): ASM Handbook, Volume 13A Corrosion: Fundamentals, Testing and Protection. <http://www.tratter.com.ar/soporte/Facultad/download/Metals-%20handbook/ASM%20HandBook%20Volume%2013A%20%20Corrosion%20Fundamentals,%20Testing,%20and%20Protection.pdf> (18.08.2021.)
3. Božić, S., Radojević, S. (2008.): Korozija sredstava mehanizacije u poljoprivredi. Zaštita materijala 49/3, 45-50
4. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet Osijek
5. Čavka, J. (2016.): Obrada vode inhibitorima u energetici. Diplomski rad, Strojarski fakultet Slavonski Brod
6. Cerovčec, Đ. (2013.): Priprema poljoprivredne mehanizacije za proljetne radove. <http://www.savjetodavna.hr/savjeti/19/377/priprema-poljoprivredne-mehanizacije-za-proljetne-radove/> (28.08.2021.)
7. Emert, R., Bukvić, Ž., Jurić, T., Filipović, D. (1997.): Popravak poljoprivrednih strojeva. Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet Osijek
8. Esih I., Dugi Z. (1990.): Tehnologija zaštite od korozije I. Školska knjiga, Zagreb
9. Esih, I. (2003.): Osnove površinske zaštite. Sveučilišni udžbenik, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb
10. Eurosjaj Hrvatska (2018.): Kataforezno bojanje (KTL). <https://www.facebook.com/eurosjajhr/posts/339637106870269/> (20.08.2021.)
11. Heffer, G., Vujčić, M. (1996.): Čimbenici trošenja poljoprivredne mehanizacije pri obradi tla. Zbornik radova 24. međunarodnog simpozija iz područja mehanizacije poljoprivrede "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede", Opatija, 89-94



12. Heffer, G., Vujčić, M., Mendušić, I. (1998.): Recikličnost poljoprivrednih strojeva. Zbornik radova 26. međunarodnog savjetovanje iz područja mehanizacije poljoprivrede “Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede”, Opatija, 131-136
13. <https://www.agroklub.com/agrogalerija/posjet-tvrtki-same-deutz-fahr-zetelice-doo-11400/> (10.08.2021.)
14. <https://www.savjetodavna.hr/2013/06/27/modernom-tehnikom-do-uspjeha/> (11.08.2021.)
15. <https://www.sdfgroup.com/en/about-sdf/profile> (10.08.2021.)
16. Jelić Mrčelić, G. (2010.): Korozija i zaštita materijala. Skripta. Pomorski fakultet u Splitu. <http://documents.tips/download/link/skripta-zastita-materijala> (20.08.2021.)
17. Jokić, A. (2017.): Pogon za proizvodnju kombajna Same Deutz-Fahr. Završni rad, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku
18. Juraga, I., Alar, V., Šimunović, V., Stojanović, I. (2011.): Korozija i metode zaštite od korozije. Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb. [https://www.fsb.unizg.hr/korozija/PROIZVODNI\\_POSTUPCI.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/korozija/PROIZVODNI_POSTUPCI.pdf) (18.08.2021.)
19. Juraga, I., Alar, V., Šimunović, V., Stojanović, I. (2012.): Mehanizmi zaštite od korozije. Autorizirana predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb. [https://bib.irb.hr/datoteka/749414.Mehanizmi\\_zatite\\_od\\_korozije\\_-\\_skripta\\_2015.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/749414.Mehanizmi_zatite_od_korozije_-_skripta_2015.pdf) (18.08.2021.)
20. Koch, G.H.; Brongers, M.P.H.; Thompson, N.G.; Virmani, Y.P; Payer, J.H. (2002.): Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States, NACE International, Rep. FHWA-RD-01-156, <https://www.nace.org/uploadedFiles/Publications/ccsupp.pdf> (12.08.2021.)
21. Laser inženjering d.o.o. (2021.): Korozija i kako zaštititi metal od nje. <http://www.laser-ing.hr/blog/antikorozivna-zastita-metala/> (16.08.2021.)
22. Levanić, T. (2009.): Zaštita konstrukcija od korozije primjenom premaza. Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb

23. Noria Corporation (2013.): Common Causes of Machine Failures, A Noria Publication, <http://machinerylubrication.com/Read/29331/machine-failure-causes> (17.08.2021.)
24. Pejnović, D. (2016.): Kataforeza. Završni rad, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
25. Richter, K.; Faßhauer, D.; Handreg, I. (1999.): Handbuch zum Quatro-Projekt Oberflächentechnik. SGS Institut Fresenius GmbH, Dortmund. [https://www.institut-fresenius.de/files/filestore/89/sgs\\_handbuch\\_oberflaechentechnik.pdf](https://www.institut-fresenius.de/files/filestore/89/sgs_handbuch_oberflaechentechnik.pdf) (1.09.2021.)
26. Same Deutz-Fahr: Interna dokumentacija tvrtke
27. Schouten, J.C., Gellings, P.J. (1987.): Quantitative Measures of Corrosion and Prevention: Application to Corrosion in Agriculture. J. agric. Engng. Res. 36. 217-231
28. Solovieva S.P. (2014.): Increasing the efficiency of storing agricultural machinery by justifying the parameters of the protective thermal shield, Thesis, Michurinsky State Agrarian University, Ryazan, Rusia, [http://mgau.ru/file\\_article/ds/dissol.pdf](http://mgau.ru/file_article/ds/dissol.pdf) (9.08.21.)
29. Stupnišek-Lisac, E. (2007.): Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala. Sveučilišni udžbenik, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Zagreb
30. Trifunović M., Lačnjevac Č., Perić R. (2009.): Korozija i zaštita poljoprivrednih mašina, Poljoprivredna tehnika br. 1, 61-70
31. Wiederholt, W. (1973.): Korrosion und Korrosionsschutz von Geräten und Maschinen in der Landwirtschaft. Grundlagen der Landtechnik. Bd. 23 (1973) Nr. 3. 70-84

## 8. SAŽETAK

U prvom dijelu rada objašnjene su vrste korozije, njihov nastanak te moguće metode kojima se zaštićuju površine od korozije. Središnji dio rada je analiza postupka površinske zaštite dijelova žitnog kombajna u tvrtki “Same Deutz-Fahr Žetelice” Županja pomoću kataforeznog bojanja. Kataforeza je postupak kojim se, djelovanjem magnetskog polja, bojaju metali. Cijeli proces se svodi na prisustvo pozitivno i negativno nabijenih čestica. Kataforezno bojanje se obavlja u otopinama boja i lakova, pri čemu je voda suprotnog naboja od pigmenata. Djelovanjem električnog polja, boja se nanosi na metalne dijelove, pri čemu se čestice boje usmjeravaju prema predmetu bojanja, a voda odlazi u suprotnom smjeru. Ovakva zaštita dijelova žitnog kombajna i ostalih dijelova poljoprivrednih strojeva je odlična jer osigurava optimalnu zaštitu dijelova stroja. Cijeli postupak kataforeze je veoma brz, siguran, automatiziran i ekološki prihvatljiv zbog otpadnih voda koje se odmah nakon zadnjeg koraka bojanja posebnim pumpama odvede do dijela pogona u kome se prerađuju u demineraliziranu vodu, koja se kasnije ponovo koristi u postupku bojanja.

**Ključne riječi:** korozija, površinska zaštita, kataforezno bojanje, KTL

## 9. SUMMARY

The first part of the work explains the types of corrosion, their occurrence and possible methods that protect surfaces from corrosion. The central part of the paper is the analysis of the procedure of surface protection of parts of a grain harvester in the company "Same Deutz-Fahr Reapers" Županja using cataphoretic painting. Cataphoresis is a process by which metals are painted by the action of a magnetic field. The whole process comes down to the presence of positively and negatively charged particles. Cataphoretic painting is performed in solutions of paints and varnishes, where the water is of the opposite charge of pigments. By the action of an electric field, the paint is applied to the metal parts, whereby the paint particles are directed towards the object to be painted, and the water goes in the opposite direction. This protection of combine harvester parts and other parts of agricultural machinery is excellent because it ensures optimal protection of machine parts. The whole cataphoresis process is very fast, safe, automated and environmentally friendly due to wastewater which is immediately pumped by special pumps to the part of the plant where it is processed into demineralized water, which is later reused in the painting process.

**Keywords:** corrosion, surface protection, cataphoretic painting, KTL

## 10. POPIS TABLICA

|            |   |         |
|------------|---|---------|
| Tablica 1. | Osnovni oblici korozijskog razaranja .....  | Str. 8  |
| Tablica 2. | Kontrola parametara obojenih dijelova ..... | Str. 26 |

## 11. POPIS SLIKA

|           |  |         |
|-----------|--|---------|
| Slika 1.  | Uzroci gubitka uporabnih svojstava strojeva .....                  | Str. 2  |
| Slika 2.  | Troškovi korozije i korozijske zaštite u industriji SAD-a .....    | Str. 3  |
| Slika 3.  | Klasifikacija korozijskih procesa .....                            | Str. 4  |
| Slika 4.  | Klasifikacija korozije .....                                       | Str. 5  |
| Slika 5.  | Podjela korozije prema mehanizmu djelovanja .....                  | Str. 6  |
| Slika 6.  | Udio konstrukcijskih materijala kod poljoprivrednih strojeva ..... | Str. 10 |
| Slika 7.  | Uzroci kvarova poljoprivrednih strojeva u eksploataciji .....      | Str. 11 |
| Slika 8   | Postupci pripreme podloge, nanošenja i obrade prevlake .....       | Str. 13 |
| Slika 9.  | Shema kataforeze – KTL postupka .....                              | Str. 16 |
| Slika 10. | Tvrtka „Same Deutz-Fahr Žetelice“ d.o.o. Županja .....             | Str. 18 |
| Slika 11. | Žitni kombajn Deutz-Fahr C9306 TS .....                            | Str. 19 |
| Slika 12. | Shema Pogona kataforeze .....                                      | Str. 20 |
| Slika 13. | Dio žitnog kombajna obojan u Pogonu kataforeze .....               | Str. 20 |
| Slika 14. | Dimenzije kade za kataforezu .....                                 | Str. 23 |
| Slika 15. | Način uranjanja proizvoda (strojnog dijela) u kadu za kataforezu   | Str. 24 |
| Slika 16. | Kada za kataforezu s ovješanim dijelovima .....                    | Str. 24 |
| Slika 17. | Linija za postupak kataforeze .....                                | Str. 27 |
| Slika 18. | Kada broj 1 .....  | Str. 28 |
| Slika 19. | Kada broj 2 .....  | Str. 29 |
| Slika 20. | Kada broj 3 .....  | Str. 29 |
| Slika 21. | Kada broj 4 .....  | Str. 30 |
| Slika 22. | Kada broj 5 .....  | Str. 31 |
| Slika 23. | Kada broj 6 .....  | Str. 31 |
| Slika 24. | Kada broj 7 .....  | Str. 32 |

|           |                         |         |
|-----------|-------------------------|---------|
| Slika 25. | Kada broj 8 .....       | Str. 32 |
| Slika 26. | Kada broj 9 .....       | Str. 33 |
| Slika 27. | Kada broj 10 .....      | Str. 33 |
| Slika 28. | Kada broj 11 .....      | Str. 34 |
| Slika 29. | Kada broj 12 .....      | Str. 35 |
| Slika 30. | Kada broj 13 .....      | Str. 35 |
| Slika 31. | Kada broj 14 .....      | Str. 36 |
| Slika 32. | Tunelska peć .....      | Str. 36 |
| Slika 33. | Hlađenje dijelova ..... | Str. 37 |

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijek  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, smjer Mehanizacija

Diplomski rad

## Tehnologija površinske zaštite dijelova žitnog kombajna

Martina Dugonjić

### Sažetak:

U prvom dijelu rada objašnjene su vrste korozije, njihov nastanak te moguće metode kojima se zaštićuju površine od korozije. Središnji dio rada je analiza postupka površinske zaštite dijelova žitnog kombajna u tvrtki "Same Deutz-Fahr Žetelice" Županja pomoću kataforeznog bojanja. Kataforeza je postupak kojim se, djelovanjem magnetskog polja, bojaju metali. Cijeli proces se svodi na prisustvo pozitivno i negativno nabijenih čestica. Kataforezno bojanje se obavlja u otopinama boja i lakova, pri čemu je voda suprotnog naboja od pigmenta. Djelovanjem električnog polja, boja se nanosi na metalne dijelove, pri čemu se čestice boje usmjeravaju prema predmetu bojanja, a voda odlazi u suprotnom smjeru. Ovakva zaštita dijelova žitnog kombajna i ostalih dijelova poljoprivrednih strojeva je odlična jer osigurava optimalnu zaštitu dijelova stroja. Cijeli postupak kataforeze je veoma brz, siguran, automatiziran i ekološki prihvatljiv zbog otpadnih voda koje se odmah nakon zadnjeg koraka bojanja posebnim pumpama odvede do dijela pogona u kome se prerađuju u demineraliziranu vodu, koja se kasnije ponovo koristi u postupku bojanja.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Goran Heffer

**Broj stranica:** 49

**Broj slika:** 33

**Broja tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 31

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** korozija, površinska zaštita, kataforezno bojanje, KTL

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Goran Heffer, mentor
3. dr.sc. Ivan Vidaković, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.



# BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies, course Mechanization

Graduate thesis

Surface protection technology of parts of a combine harvester

Martina Dugonjić

## Abstract:

The first part of the work explains the types of corrosion, their occurrence and possible methods that protect surfaces from corrosion. The central part of the paper is the analysis of the procedure of surface protection of parts of a grain harvester in the company "Same Deutz-Fahr Reapers" Županja using cataphoretic painting. Cataphoresis is a process by which metals are painted by the action of a magnetic field. The whole process comes down to the presence of positively and negatively charged particles. Cataphoretic painting is performed in solutions of paints and varnishes, where the water is of the opposite charge of pigments. By the action of an electric field, the paint is applied to the metal parts, whereby the paint particles are directed towards the object to be painted, and the water goes in the opposite direction. This protection of combine harvester parts and other parts of agricultural machinery is excellent because it ensures optimal protection of machine parts. The whole cataphoresis process is very fast, safe, automated and environmentally friendly due to wastewater which is immediately pumped by special pumps to the part of the plant where it is processed into demineralized water, which is later reused in the painting process.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Goran Heffer

**Number of pages:** 49

**Number of figures:** 33

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 31

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Key words:** corrosion, surface protection, cataphoretic painting, KTL

**Thesis defended on date:**

## Reviewers:

1. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, president
2. prof.dr.sc. Goran Heffer, mentor
3. dr.sc. Ivan Vidaković, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.