Uporaba zaštitnih premaza u održavanju trupa broda

Franc, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:107407

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Tomislav Franc

UPORABA ZAŠTITNIH PREMAZA U ODRŽAVANJU TRUPA BRODA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za vodni promet**
Predmet: **Tehnika u vodnom prometu I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3552

Pristupnik: **Tomislav Franc (0135227111)**
Studij: Promet
Smjer: Vodni promet

Zadatak: **Uporaba zaštitnih premaza u održavanju trupa broda**

Opis zadatka:

Održavanje broda jedan je od najvažnijih aspekata u životnom vijeku broda. Ono predstavlja velike troškove za brodara, posebno u suvremenim trendovima poslovanja. Pod pojmom održavanja broda podrazumijeva se sprečavanje kvarova na sustavima broda, otklanjanje nastalih kvarova te produženje životnog vijeka broda i njegovih sustava. Cilj ovog rada je prikaz utjecaja zaštitnih premaza na trupu broda u smislu osnovne zaštite trupa od korozije i obraštanja. Starost broda, veličina i područje njegove plovidbe su samo neki od aspekata koji utječu na odabir odgovarajućeg sustava zaštitnih premaza. Zaštita brodskog trupa premazima može se vršiti tijekom pomorsko plovidbenog procesa, ali najučinkovitije je u remontnim brodogradilištima. Obraštanje označuje nastanak životinjskih i biljnih morskih organizama na uronjenim površinama broda koji izazivaju ozbiljne probleme. Kroz povijest su se razvile mnoge metode zaštite od obraštanja, a danas su u uporabi premazi koji su sve kvalitetnija i okolišu prihvatljivija rješenja. U tehnologiji nanošenja zaštitnih premaza jednako su bitni priprema površine, uvjeti okoliša i pravilno nanošenje kvalitetnog premaza.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor:

dr. sc. Tomislav Rožić

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

UPORABA ZAŠTITNIH PREMAZA U ODRŽAVANJU TRUPA BRODA

USAGE OF PROTECTIVE COATINGS IN SHIPS HULL MAINTENANCE

Mentor: Dr.sc. Tomislav Rožić

Student: Tomislav Franc, 0135227111

Zagreb, 2016.

UPORABA ZAŠTITNIH PREMAZA U ODRŽAVANJU TRUPA BRODA

SAŽETAK

Održavanje broda jedan je od najvažnijih aspekata u životnom vijeku broda. Ono predstavlja velike troškove za brodara, posebno u suvremenim trendovima poslovanja. Pod pojmom održavanja broda podrazumijeva se sprečavanje kvarova na sustavima broda, otklanjanje nastalih kvarova te produženje životnog vijeka broda i njegovih sustava. Cilj ovog rada je prikaz utjecaja zaštitnih premaza na trupu broda u smislu osnovne zaštite trupa od korozije i obraštanja. Starost broda, veličina i područje njegove plovidbe su samo neki od aspekata koji utječu na odabir odgovarajućeg sustava zaštitnih premaza. Zaštita brodskog trupa premazima može se vršiti tijekom pomorsko plovidbenog procesa, ali najučinkovitije je u remontnim brodogradilištima. Obraštanje označuje nastanak životinjskih i biljnih morskih organizama na uronjenim površinama broda koji izazivaju ozbiljne probleme. Kroz povijest su se razvile mnoge metode zaštite od obraštanja, a danas su u uporabi premazi koji su sve kvalitetnija i okolišu prihvatljivija rješenja. U tehnologiji nanošenja zaštitnih premaza jednako su bitni priprema površine, uvjeti okoliša i pravilno nanošenje kvalitetnog premaza.

KLJUČNE RIJEČI: trup broda; zaštitni premazi; zaštita trupa; korozija; obraštanje; priprema površine trupa; nanošenje premaza

---

SUMMARY

Hull maintenance is one of the most important aspect in ships lifetime. It represents big cost for ship owner, especially in modern bussiness trends. Ship maintenance represents prevention of ship system failures, dealing with them and extending ships lifetime. Purpose of this paper is showing the influence of protective coatings in protection of the ships hull against corrosion and fouling. Ships age, size and navigation area all influence in choosing the right protective coating system. Hull protective coating can be applied either during navigation or during ship repair works in shipyard. Fouling is the settlement of animal and plant marine organism on the ships underwater surfaces. Throughout history there were numerous methods of fouling protection, but modern coating are more and more quality and eco-friendly. Surface preparation, environmental conditions and correct application of quality coating are equaly important in antifouling technology.

KEY WORDS: ship's hull; protective coatings; hull protection; corrosion; fouling; surface preparation; coating application

SADRŽAJ

1.UVOD 1
2. ZAŠTITA TRUPA OD KOROZIJE I OBRAŠTANJA 3
2.1 Korozija na brodskom trupu 3
2.1.1 Uporaba plemenitih nehrđajućih čelika 5
2.1.2 Primjena antikorozivnih premaza 5
2.1.3 Uporaba katodne zaštite 9
2.2 Obraštanje na brodskom trupu 12
3. FUNKCIJA ODRŽAVANJA TRUPA BRODA 14
3.1 Vrste pregleda brodskog trupa 15
3.1.1 Redovni pregled 16
3.1.2 Postupni pregled 17
3.1.3 Pregled podvodnog dijela trupa broda 18
3.1.4 Ostali pregledi 21
3.2 Hrapavost uronjene (oplakane) površine broda 22
3.2.1 Podjela hrapavosti 23
3.2.2 Izvorna hrapavost oplakane površine 24
3.2.3 Deterioracija oplakane površine broda u eksploataciji 25
4. PRIPREMA POVRŠINE ZA PREMAZE 27
4.1 Mokri postupak pripreme metalnih površina brodskog trupa 31
4.2 Suhi postupak pripreme metalnih površina brodskog trupa 32
4.3 Mehanička priprema metalne površine trupa broda 34
4.4 Defektacija brodskog trupa 35
4.5 Izbor sustava antikorozivne zaštite brodskog trupa 35
5. VRSTE I IZBOR PREMAZA ZA ODRŽAVANJE TRUPA 38
5.1 Antikorozivni premazi 41
5.1.1 Temeljni premazi 42
5.1.2 Međupremazi 43
5.2 Antivegetativni premazi 46
5.2.1 Biocidni antivegetativni premazi 47
5.2.2 Neobraštajući antivegetativni premazi 48
6. NANOŠENJE PREMAZA ZA ODRŽAVANJE TRUPA 52
7. PRAVNE REGULATIVE U ODRŽAVANJU TRUPA BRODA 57

8. ZAKLJUČAK 62
LITERATURA 65
POPIS SLIKA 67
POPIS TABLICA 68

1.UVOD

Brod je složena cjelina više kompleksnih konstrukcija i tehnologija. Iz tog je razloga vrlo složen za izgradnju, pa i s time vrlo skup finalni proizvod od kojeg se očekuje životni vijek od nekoliko desetaka godina ekspoatacije. Zbog toga je potrebno mnogo ulaganja u zaštitu svih brodskih kompleksa, a pogotovo onih koji su u direktnom doticaju s razarajućim efektima vode, soli, vjetra, sunca itd. Najveći problem održavanju broda predstavlja upravo podvodni dio trupa i njegove oplakane površine jer su upravo one najviše izložene tim iznimno nepovoljnim uvjetima. Održavanje broda moguće je odraditi dok je brod u eksploataciji i tijekom dokovanja. Vremena dokovanja propisuju klafisikacijska društva. Ako i nisu potrebni nikakvi radovi na trupu, brod se mora dokovati barem dva puta u pet godina zbog pregleda, čisćenja i ponovnog nanošenja boje.

Tema ovog završnog rada je **Uporaba zaštitnih premaza u održavanju trupa broda**, a cilj rada je što podrobnije objasniti svrhu koju obavljaju premazi u životnom vijeku broda. Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Zaštita trupa od korozije i obraštanja
3. Funkcija održavanja trupa
4. Priprema površine za premaze
5. Vrste i izbor premaza za održavanje trupa
6. Nanošenje premaza za održavanje trupa
7. Pravne regulative u održavanju trupa
8. Zaključak

Drugo poglavlje odnosi se na koroziju trupa, uvjete za njen nastanak, postupcima za sprečavanje nastanka korozije, razlici između korozije i obraštanja na trupu i gdje se ona javlja.

U trećem poglavlju objašnjen je cilj zaštite premazima, koja su zahtijevana načela zaštite, kako se vrše pregledi tijekom plovidbe/dokovanja i tko ih vrši, utjecaj i nastanak hrapavosti brodskog trupa, te njena podjela i deteriozacija.

Poglavlje rednog broja četiri opisuje kako se priprema površina za premaz, koji su postupci pripreme i kako se dijele, defektacija brodskog trupa te izbor odgovarajućeg sustava zaštite trupa.

Peto poglavlje obuhvaća vrste različitih premaza za trup broda,njihov sastav, povijesni razvoj i kako se dijele.

Šesto poglavlje donosi opis nanošenja zaštitnih premaza na trup broda, kojim načinima se izvode i koji su pogodni uvjeti za nanos boje.

U poglavlju sedam sažete su sve pravne regulative koje se odnose na trup broda, njegovo održavanje i pregledi na koje je podložan.

2. ZAŠTITA TRUPA OD KOROZIJE I OBRAŠTANJA

Brod kao složen i skup proizvod svoju funkciju mora obavljati tijekom životnog vijeka od nekoliko desetljeća, u uvjetima koji su s korozijskoga stajališta iznimno nepovoljni. Korozijska oštećenja mogu uzrokovati velike probleme na brodskoj konstrukciji, a s vremenom i kolaps konstrukcije što osim materijalne štete može uzrokovati ljudske žrtve, ekološke probleme i ostale probleme. Tehnički ispravno i pravodobno izvedena antikorozivna zaštita znatno utječe na produljenje životnog vijeka broda. Od konstrukcijskih materijala se očekuje da uz što nižu cijenu imaju izvrsna mehanička svojstva i svojstva obradljivosti, a da u isto vrijeme osiguraju i korozijsku otpornost. Navedena svojstva, osim u slučaju korištenja na primjer visokokorozijski postojanih materijala poput nehrđajućih čelika, legura nikla i ostalih materijala. u praktičnom slučaju rijetko može ispuniti sam konstrukcijski materijal[1].

Stoga se primjenjuju različite metode / tehnologije zaštite od korozije koje se u osnovi mogu podijeliti na:

1. zaštitu od korozije i vegetacije nanošenjem prevlaka,
2. primjena korozijski postojanijih materijala,
3. konstrukcijsko - tehnološke mjere,
4. električne metode zaštite i
5. zaštita promjenom okolnosti (npr. inhibitorima korozije)[2],

koje se vrlo često i međusobno kombiniraju radi učinkovitije zaštite.

2.1 Korozija na brodskom trupu

Sve čelične konstrukcije u moru podvrgnute su koroziji, koja je stalni i kontinuirani proces. Sustav zaštite ima dvojaku ulogu:

1. spriječiti skupu zamjenu korodirane površine
2. održavati površinu netaknutom što dulje vremena u svim radnim uvjetima

Morski zrak je stalno zasićen solju tako da se i na metalnim površinama, iznad razine mora, javlja stalna kondenzacija. Osim toga i djelovanjem vjetra na svim izloženim površinama taloži se morska sol. Na taj način, uz obilne količine kisika i visoke prosječne temperature, ispunjeni su svi uvjeti za nastajanje korozivne atmosfere[3].

Čelik je zahvaljujući izvanrednom svojstvu čvrstoće, dominantni konstrukcijski materijal za gradnju brodova. To je metal heterogenog sastava koji u svojim mikroskopskim

[1] Skupina autora: Mehanizmi zaštite od korozije, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2012.
[2] Ibid
[3] Zaštita od korozije, autorizirana predavanja iz kolegija Zaštita i korozija metala, Pomorski fakultet u Splitu, Split, 2007.

česticama utjecajem vode (vlage) i kisika iz zraka, generira galvanski članak. Već i najmanja razlika potencijala pokreće elektrokemijsku reakciju. Dodatno se elektrokemijski proces korozije snažno pooštrava u području pojasa gaza zbog jake turbulencije mora (plovidbom u balastu) i nadvođa u ekstremnim uvjetima izmjeničnog vlaženja i sušenja, jakog vjetra, visoko zasićene aerirane atmosfere morske soli i snažnog katalitičkog ultravioletnog efekta, slika 1. Proces korozije tj. brzina i djelovanje ovisi i o temperaturi medija, u ovom slučaju morske vode, kao i njenog sastava, posebno udjela soli. Veća slanost i viša temperatura uzrokuju i bržu koroziju. Brzina protoka odnosno kretanja plovila također utječe na koroziju. Brže kretanje plovila uzrokuje i brži proces korozije. Naravno, u zatvorenim područjima marina i lučica gdje je i zagađenost mora različitim organizmima i kemijskim spojevima veća i proces korozije je brži, bez obzira na to što plovilo zapravo miruje. Međutim ne ponašaju se u procesu korozije svi metalni oksidi jednako. Kod aluminija izloženog atmosferskim utjecajima na površini se vrlo brzo stvori sloj metalnog oksida koji poput zaštitnog filma štiti aluminij od daljnje korozije. Ovaj film je vrlo kompaktan i zatvara sve pore, tako da kisik ne može prodrijeti u unutrašnjost i nastaviti proces korozije. Nasuprot tome, hrđa tj. željezni oksid je vrlo porozan i ne predstavlja nikakvu branu za daljnju koroziju. Kada proces korozije na željeznoj površini započne skoro ga je nemoguće zaustaviti bez radikalnih zahvata u strukturu materijala (brušenje, pjeskarenje, rezanje)[4].



Slika 1. Brzina korozije u morskoj vodi u odnosu na položaj objekta

Izvor:[5]

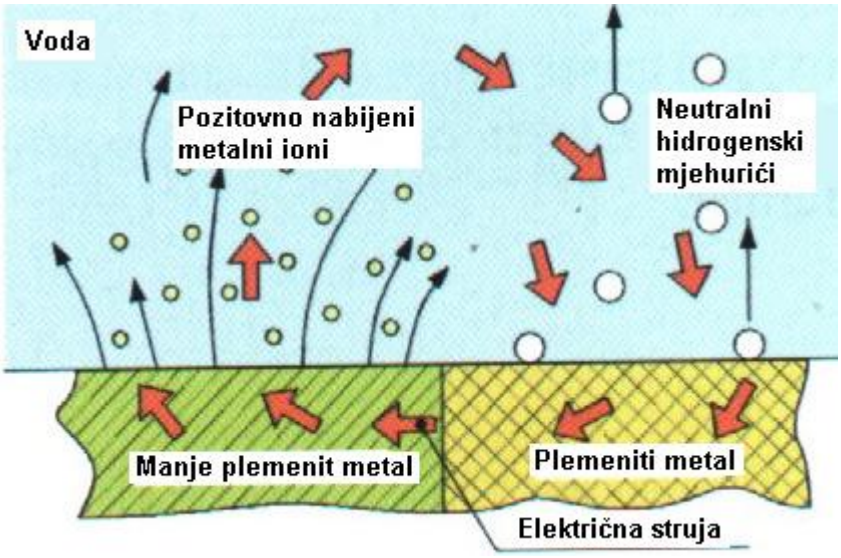
[4] Zaštita od korozije, autorizirana predavanja iz kolegija Zaštita i korozija metala, Pomorski fakultet u Splitu, Split, 2007.

Tri su postupka za rješavanje problema korozije: uporaba plemenitih, korozijski postojanih, primjena antikorozivnih premaza i katodna zaštita.

2.1.1 Uporaba plemenitih nehrđajućih čelika

Uporaba nehrđajućih čelika je optimalno rješenje. Budući da je nehrđajućem čeliku glavni nedostatak visoka cijena, koristi se samo na najizloženijim dijelovima (vanjski cjevovodi i vitalni dijelovi opreme na brodovima i „offshore“ konstrukcijama). Privremeno kompromisno jeftinije rješenje je oblaganje standardnih brodskih ugljičnih čelika nehrđajućim oblogama. Ipak, standardni brodograđevni čelik, i čelik povišene čvrstoće, nemaju zamjene u skoroj budućnosti[5].

Utjecaj vode na plemenite i nepremenite metale prikazan je slikom 2.



Slika 2. Galvanska korozija metala

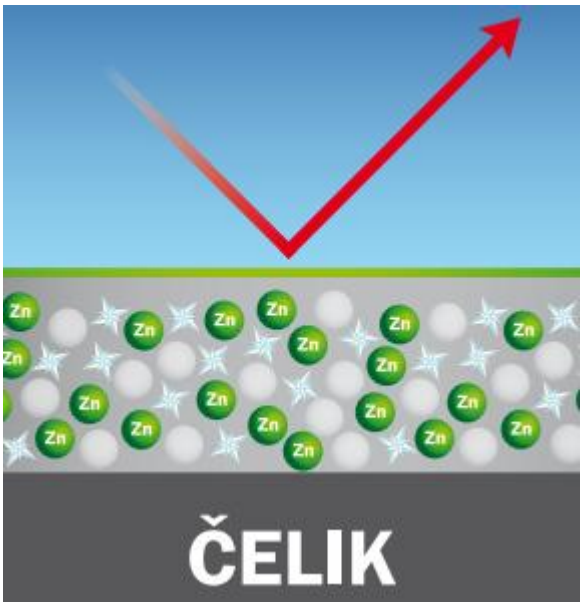
Izvor: [5]

2.1.2 Primjena antikorozivnih premaza

Poznavanje osnovne funkcije antikorozivnih premaza preduvjet je za razumijevanje njihovog djelovanja. Premazi predstavljaju barijeru između visokoreaktivnih agensa u moru, iona klorida, sulfata, karbonata i kiselina i alkalija iz čelične ili aluminijske podloge. Činjenica da samo tanki film odvaja dva vrlo visoko reaktivna medija (more i čelična površina broda) , ukazuje na presudnu važnost neprekinutosti premaza. Osim kontinuiranosti premaz mora posjedovati jednoliku debljinu suhog filma premaza, u protivnom, mjesta manje debljine postaju točke početka korozije i razaranja čelične strukture. Uvjet, da samo nekoliko

[5] Skupina autora: Mehanizmi zaštite od korozije, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2012.

stotinki milimetra premaza formira dielektričku barijeru, dakle da spriječi kontakt zraka, vlage i slane atmosfere s čeličnim substratom, teško je posve ispuniti, a prikazano je slikom 3.



Slika 3. Prikaz dielektričke barijere čelika i atmosfere

Izvor: www.hempel.hr

Brodski premazi, poput drugih premaza, moraju imati dobru adheziju, žilavost, kemijsku otpornost, otpornost na vremenske uvjete, vlažnost i more. Nadalje, moraju štititi brodsku strukturu od abrazije, a i u ekstremno oštrim vremenskim uvjetima trebaju ostavljati dobri vizualni dojam. Izloženi djelovanju soli, moraju spriječiti prolaz iona kroz premaz i posjedovati visoki koeficijent elastičnosti. Dakle, na brodske premaze postavljaju se iznimno oštri zahtjevi. Optimalni premaz mora ispuniti sve navedene funkcije kroz period dovoljno dug da bi opravdao cijenu koštanja i aplikacije[6].

Idealni premaz trebao bi imati sljedeća svojstva:

1. Izvanrednu otpornost na vodu: Premaz mora izdržati stalni dodir s vodom i morem, i to tako da ne dolazi do snižavanja adhezije, pucanja, omekšavanja, bubrenja, stvaranja mjehurića. Premaz nadalje mora izdržati konstantni ciklus, od stanja potpuno mokre do stanja potpuno suhe površine.
2. Niska apsorpcija vode: Apsorpcija vode u premazu je količina vode koja je inkorporirana u međumolekularnom prostoru temeljne smole. Kad je premaz već jednom formiran, i u uporabi, sadržaj vode postiže ravnotežno stanje. U suhom stanju voda evaporira, a u mokrom, premaz apsorbira vodu. Svaki premaz ima svoj vlastitu

[6] Belamarić, B.: Utjecaj hrapavljenja oplakane površine na eksploatacijaska svojstva broda, doktorski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.

razinu apsorpcije, ali povećana apsorpcija, premda nije kritična, može sudjelovati u koroziji ako se kombinira s drugim faktorima korozije. Premazi više kvalitete pokazuju nižu apsorpciju vode.

3. Brzina prolaza vodene pare: Brzina prolaza vodene pare je bitni fenomen u zaštiti čelika. To je djelovanje vodene pare u molekularnom stanju, prolazom kroz organsku supstancu. Dok je apsorpcija vode količina vode zadržana unutar premaza, MVTR (Moisture Vapour Transfer Rate) je brzina kojom vodena para prolazi kroz premaz. Svaki premaz ima svoju karakterističnu brzinu prolaza vodene pare, ali, općenito, vrijedi odnos: što je niža MVT brzina premaz je bolje kvalitete.
4. Otpor prolazu iona: Premaz mora biti otporan za prolaz iona, i on je zapravo prepreka penetraciji klorida, sulfata, karbonata, ili drugih iona. Penetriranjem u film ioni mogu inducirati koroziju ispod površine premaza.
5. Osmotski otpor : Taj fenomen snažno djeluje na trajnost premaza. Može se definirati kao prolaz vode kroz semipermeabilnu membranu iz otopine niže koncentracije u otopinu više koncentracije. Kako svi organski premazi propuštaju vodenu paru, oni su polupropusne membrane koji djeluju na principu osmoze. To se odnosi na premaze izložene vodi: premaz nanešen na nečistu površinu s kloridima, sulfatima ili drugim ionima, penetriranjem vodene pare stvara koncentriranu otopinu na svojoj površini koja prolazom kroz premaz rezultira nastajanjem mjehurića i kidanjem filma premaza.
6. Otpor elektroendoosmozi: Ovaj fenomen predstavlja drugi uzrok kidanja filma premaza, a definiran je silom vode kroz membranu kao električki potencijal u smjeru pola istog naboja membrane. Mnogi premazi su negativno nabijeni pa čelična površina u slučaju i najmanjeg izlaganja postaje katodom, odnosno sadrži višak negativnih elektrona.
7. Dielektrična sila: Premaz mora biti jaki dielektrik da pruži otpor prolazu bilo kojih postojećih elektrona od anode na ogoljenim mjestima čeličnog substrata.
8. Otpor na vodu: Vrlo je važna izvanredna otpornost na vodu budući da su neke strukture stalno izložene vodi. Premaz mora zadržati originalna svojstva sjaja, debljine, boje, i homogenost kontinuiteta filma kroz nekoliko godina, a da ne dođe do delaminiranja filma, pucanja i gubljenja mehaničkih svojstava.
9. Otpor na kemikalije: Uz otpornost na ionsku penetraciju premaz mora općenito biti otporan na kemikalije budući da je stalno izložen solima, kiselinama i alkalijama unutar širokog pH područja kao i organskim substancama (diesel gorivo, benzin, mazivo i sl.) Otpornost na alkalije je važna za primer. Jedna od kemijskih reakcija u

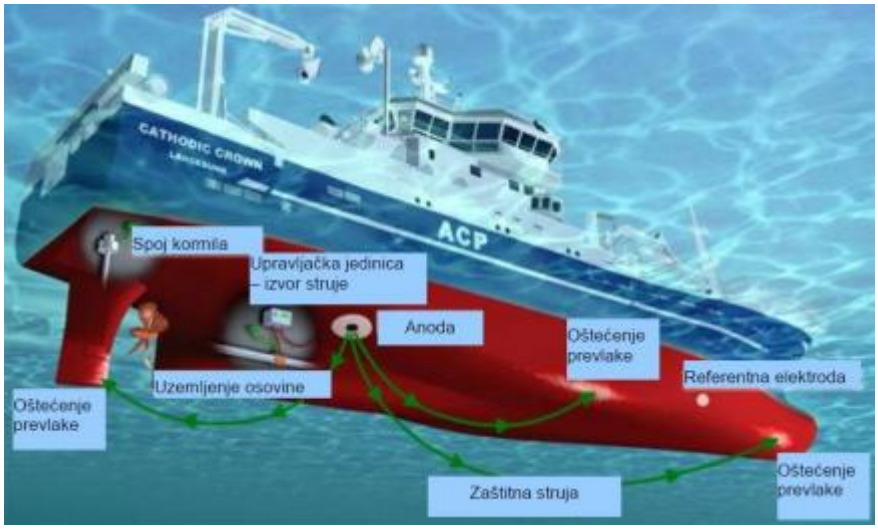
procesu korozije je nastajanje jakih alkalnih uvjeta oko katode. Tako se temeljni premaz (primer) koji nije otporan na alkalije "kida" oko područja katode, s posljedicom širenja erozije ispod premaza.

10. Adhezija: Premaz mora imati visoka adhezijska svojstva. To je iznimno važno svojstvo. Jaka adhezija premaza prije svega je potrebna da prevlada fizikalno djelovanje osmoze i elektroosmoze i da ne dođe do kidanja filma i delaminacije uslijed mehaničkih oštećenja. Dakle, jaka adhezija sprečava vodenu paru od prolaska kroz premaz i kondenzaciju, u protivnom slaba adhezija prouzrokuje pojavu mjehurića na premazu.
11. Otpor abraziji: Premaz mora biti visoko otporan na abraziju. Premaz koji nije vrlo žilav, tvrd i otporan na mehaničke udare brzo će erodirati na bilo kojoj površini gdje je došlo do abrazije. Primjeri su površine na pojasu gaza, zatim habanja od brodskih lanaca, užadi, bokobrana, leda, te mehaničkih oštećenja u luci i dokovima.
12. Otpor na prethodni premaz: Premazi koje naknadno apliciramo na istrošenu površinu postojećeg premaza moraju biti kompatibilni s prethodnim da se izbjegne otapanje starih slojeva. Stoga zaštita počinje od podloge, odnosno primera na koji se nanašaju daljnji slojevi premaza.
13. Inhibicija: Premaz mora imati inhibitorsko djelovanje. To znači da bi kod oštećenja sam materijal premaza minimizirao kidanje i ograničio koroziju.
14. Laka primjena: Premaz bi se morao lako primjenjivati. To je važno svojstvo premaza za kritičnu izloženost. Veličina i oblik površina otežavaju aplikaciju. Čak i u najboljim uvjetima za primjenu premaza, brodska struktura obiluje zavarenim spojevima, kutovima, izloženim rubovima kao potencijalnim točkama korozije.
15. Otpornost na gljivice i bakterije: Djelovanje bakterija i gljivica može uništiti i premaze najviše kakvoće. Otpor biološkim agensima često je svojstvo koje nije moguće predvidjeti.
16. Popravci: Premazi se moraju lako popravljati (touch-up), i vratiti na početnu debljinu premaza, a time i djelotvornost.
17. Otpornost na starenje: Svojstva premaza moraju ostati nepromijenjena za čitavo predviđeno vrijeme trajanja.
18. Izgled: Stalnost izgleda jedno je od najvažnijih svojstava filma premaza za vrijeme predviđenog trajanja[7].

[7] Ibid

2.1.3 Uporaba katodne zaštite

Postupak katodne zaštite materijala se temelji na privođenju elektrona metalu, bilo iz negativnoga pola istosmjerne struje (narinuta struja) bilo iz neplemenitijeg metala (žrtvovana anoda), sve dok potencijal objekta ne padne ispod zaštitne vrijednosti jednake ravnotežnom potencijalu anode korozijskoga članka, čime nestaje afinitet za koroziju, tj. metal postaje imun, slika 4[8].



Slika 4. Primjer karodne zaštite broda

Izvor: [6]

Djelotvorna zaštita čelika postiže se ako je konstrukcija polarizirana na vrijednosti elektrodnog potencijala koje se nalaze unutar intervala zaštitnih potencijala između -1,05 < E < -0,8 V (prema referentnoj elektrodi Ag/AgCl u morskoj vodi). U teoriji i praksi je dokazano da iako je korozija zaustavljena, pri potencijalima negativnijim od -1,05 V, dolazi do prezaštićenosti konstrukcije. Prezaštićenost može imati za posljedicu nepotrebno veliku struju zaštite i trošenje anoda, pojavu vodikove krhkosti i oštećenje premaza koji su primijenjeni na konstrukciji[9].

Katodna zaštita je, uz zaštitu premazima, najčešća metoda zaštite od korozije. Najbolje rezultate daje u kombinaciji sa sustavima premaza, gdje zaštitni sloj prevlake odvaja materijal od okoline, a katodna zaštita mijenja vanjske činitelje oštećivanja smanjenjem pokretne sile oštećivanja.

[8] Skupina autora: Mehanizmi zaštite od korozije, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2012.
[9] Martinez, S.: Katodna zaštita konstrukcija u moru, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb

2.1.3.1 Protektorska katodna zaštita

Protektorska zaštita se provodi spajanjem kostrukcije s neplemenitijim metalom u galvanski članak, u kojem je protektor anoda. Anoda se počinje otapati, a na konstrukciji se uspostavlja elektrodni potencijal pri kojem se odvija katodna reakcija. Za zaštitu čeličnih konstrukcija rabe se protektori od cinka (Zn), magnezija (Mg), aluminija (Al) i njihovih legura, a za zaštitu konstrukcija od bakra (Cu) i bakrovih legura rabe se protektori od željeza (Fe). Struja koju daje sustav katodne zaštite mora pomaknuti potencijal čitavog objekta katodno za 0,3-0,5 V tj. ispod zaštitne vrijednosti koja ovisi o metalu i elektrolitu te o temperaturi. Na brodu se elektrokemijske korozijske reakcije najčešće mogu očekivati u području između propelera te okolnog čelika pa se stoga žtvujuće anode u pravilu tamo i postavljaju, prikazano slikom 5[10].



Slika 5. Žrtvujuće anode na području propelera

Izvor: [6]

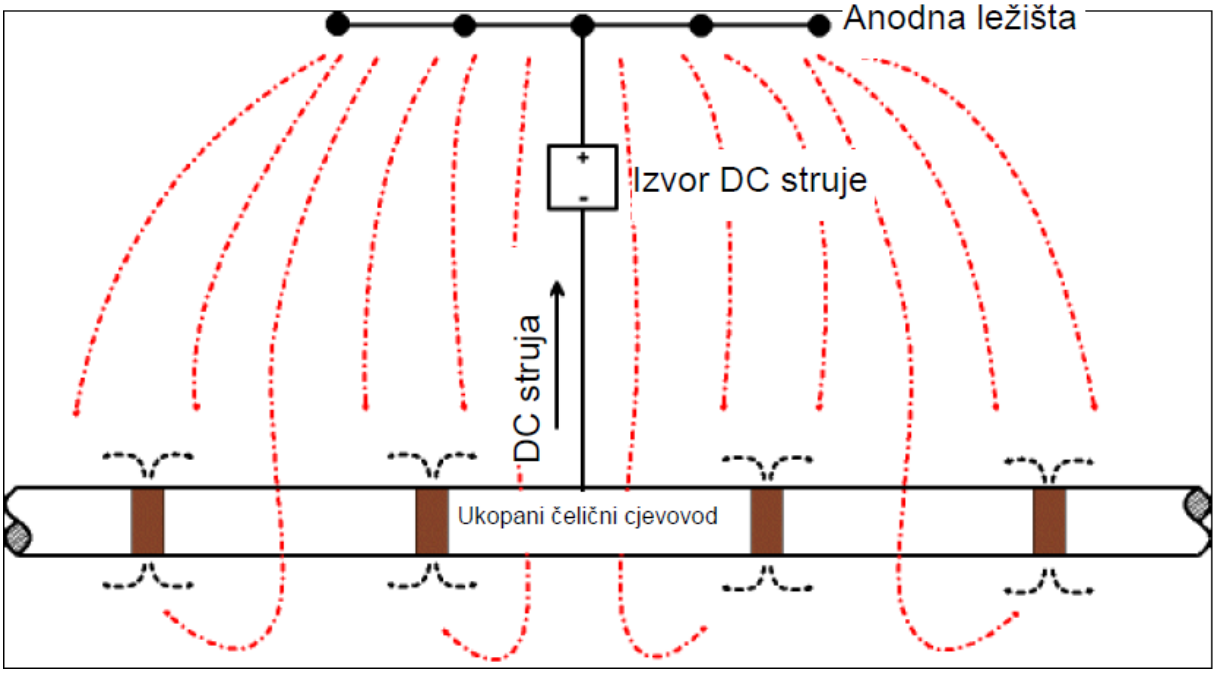
2.1.3.2 Zaštita narinutom strujom

Zaština narinutom strujom temelji se na privođenju elektrona metalu iz negativnog pola istosmjerne struje. U ovom slučaju metal koji ima ulogu anode, ne mora imati niži potencijal od metala kojeg štiti, već prirodni polaritet mijenja narinuta struja u zatvorenom strujnom krugu. Anode kod ovog oblika zaštite mogu biti topljive (ugljični čelik) i netopljive (ferosilicij, grafit, ugljen, nikl, olovo, platinirani titan, itd.). Zaštita narinutom strujom koristi

[10] Skupina autora: Mehanizmi zaštite od korozije, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2012.

se za štićenje različitih ukopanih i uronjenih konstrukcija poput npr. ukopanih cjevovoda (slika 6), spremnika, a posebno se često koristi i u za zaštitu brodskih konstrukcija[11].

Kod katodne zaštite narinutom strujom, npr. brodski trup najčešće je spojen preko regulatora na minus pol izvora struje, dok su na plus pol spojene anode koje se zbog mogućih oštećenja ugrađuju u oplatu broda. Anode se izrađuju od plemenitih postojanih materijala (platina, grafit, vodljivi poliplasti, smjesa metalnih oksida i dr.)[12].



Slika 6. Shema sustava katodne zaštite narinutom strujom

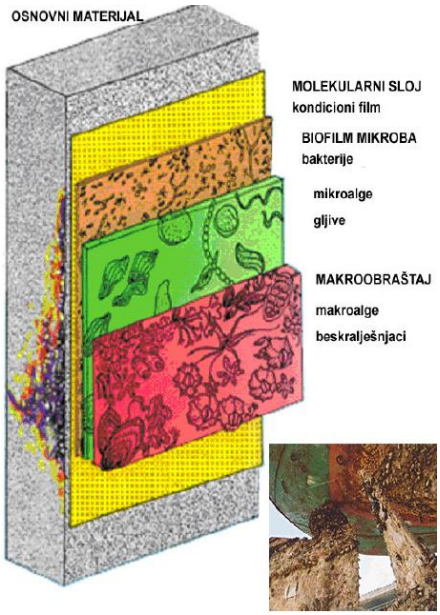
Izvor: [6]

Za razliku od galvanskih anoda, kod inertnih anoda nije propisan njihov međusobni razmak, jer se mogu regulirati struja i domet zaštite. Struja i napon katodne zaštite mijenjaju se u ovisnosti o veličini broda, udjelu oštećene površine dijela broda, brzini broda, salinitetu morske vode, broju i položaju anoda. Područje brodskog trupa oko postavljenih anoda treba biti zaštićeno posebnim premazom - kitom debljine najmanje 1 mm (zbog pretjerane katodne polarizacije u blizini anode, te lužina koje se razvijaju i mogu oštetiti zaštitni premaz). Nedostaci su: početni visoki troškovi, mogućnost pogrešnog spajanja sustava što uzrokuje brzo i intenzivno korozijsko oštećivanje brodskog trupa, a prejaka struja zaštite može oštetiti zaštitne premaze[13].

[11] Ibid
[12] Ibid
[13] Protective Coatings Europe, Volume 7, srpanj 2002.

2.2 Obraštanje na brodskom trupu

Fouling (engl. obraštanje), sasvim uobičajen izraz i u hrvatskom jeziku, označava kolonije biljnih i životinjskih morskih organizama na uronjenim površinama brodova, bova i potopljenih objekata. Najvidljiviji i najbolje poznati oblici takvog obraštanja su balanidi (priljepci, engl. barnacles), mekušci i morske trave. Nadzirati obraštanje u naravi znači riješiti problem adhezije morskih organizama koja se odvija u četiri glavna stadija, prikazano slikom 7. Obraštanje počinje u trenutku kad je umjetno stvoreni objekt uronjen u more. Bilo da je riječ o kovini, drvu, kamenu ili plastici, njegova površina brzo akumulira otopljenu organsku tvar i molekule kao što su polisaharidi, proteini i fragmenti proteina, što se smatra prvim stadijem obraštanja. Bakterije i dijatomeje tad imaju povoljne uvjete na površini i nastane se na njoj tvoreći biofilm mikroba. Ovaj drugi stadij obraštanja uključuje izlučivanje ljepljivih muko-polisaharida i drugih kemikalija sa znatnim efektima (npr. uzrokuju biokoroziju). Prisutnost adhezijskih izlučevina i hrapavost kolonija mikroba pomažu nastanku dodatnih čestica i organizama. To uključuje spore algi, morske gljivice i protozoe. Prijelazni stadij od biofilma mikroba na složeniju zajednicu smatramo trećim stadijem obraštanja. Četvrta i završna faza uključuje naseljavanje i rast većih morskih beskralježnjaka (kao što su balanidi, mekušci, mahovnjaci), zajedno s rastom makroalgi (morske trave)[14].



Slika 7. Faze obraštaja brodskog trupa

Izvor: [12]

[14] Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T.: Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.

Obraštanje je vrlo dinamičan proces na koji mogu utjecati strujanje mora, mehanička oštećenja, slanost mora, količina svjetla, temperatura, zagađenje i dostupnost nutrijenata. Jačina obraštanja je i sezonski fenomen koji ovisi i o zemljopisnom položaju. Poznavajući područje u kojem će brod ploviti moguće je procijeniti rizik od obraštanja. Najugroženiji su brodovi koji plove pri nižim brzinama, brodovi male aktivnosti, te brodovi koji najviše plove u tropskim i suptropskim morima. Horizontalna raspodjela organizama na brodskom trupu dobro je definirana:

1. na površini od vodne linije pa 1-2 metra u dubinu dominiraju alge i možda nekoliko školjaka (balanidi). Obraštanje u ovom pojasu nastupa prvo i najjače je izraženo.
2. niže od toga pojasa pojavljuju se razasute školjke, mahovnjaci i crvi cjevaši
3. ravnim dnom broda dominiraju hidroidi (engl. hydroids), balanidi (priljepci, engl. barnacles), školjke (engl. mussels), plaštenjaci (engl. tunicates) i mahovnjaci (engl. bryozoa)[15]

Osim povećanja mase uronjenih konstrukcija zbog obraštanja, povećanja otpora i smičnih naprezanja problem je i anaerobna korozija kovnih površina koja nastaje kad organizmi s ljuskama stvore barijeru između morske vode i površine. Takva barijera stvara mikrookolicu s pH vrijednošću u kiselom području, visokim sadržajem Cl- iona i bez prisutnosti kisika. U takvim uvjetima pojača se intenzitet korozije pogotovo kad je potaknut razvoj sulfatno-reducirajućih bakterija. Te bakterije generiraju sulfidne ione i proizvode enzime koji ubrzavaju koroziju, pa je mogućnost pojave hidrodinamičkih i strukturnih problema velika[16].

Glavni su ciljevi brodovlasnika u životnom vijeku broda maksimizirati učinkovitost u eksploataciji i minimizirati potrošnju goriva. Obraštanje i dotrajalost površine glavni su uzroci povećanja hrapavosti, a hrapavost izvanjske oplate podvodnog dijela trupa ima najveći utjecaj na otpor trenja. Kod sporih brodova, u koje možemo ubrojiti većinu trgovačkih brodova, udio otpora trenja u ukupnom otporu može iznositi i do 90%. Općenito se smatra da prisutnost sluzi na podvodnom dijelu oplate broda uzrokuje povećanje otpora od 1-2%, morske trave otpor će povećati za 10%, a školjke na dnu za čak 40%. S pojavom obraštanja rastu troškovi održavanja broda (brod mora češće u dok, priprema površine i nanošenje premaza iziskuju više vremena i sredstava), a smanjuje se upravljivost broda[17].

[15] Ibid
[16] Ibid
[17] Ibid

3. FUNKCIJA ODRŽAVANJA TRUPA BRODA

Osnovni cilj održavanja broda je da pomorsko prijevozna usluga bude učinkovita i izvedena na zahtijevanoj razini sigurnosti. Kako bi se udovoljilo zahtijevanim načelima potrebno je:

1. preventivno djelovati kako bi se izbjeglo moguće nastajanje zastoja i kvarova na brodskim sustavima,
2. nastale kvarove otkloniti optimalnim korištenjem ljudskih i materijalnih resursa u zadanom vremenu,
3. težiti produljenju vremena korištenja komponenti sustava[18].

Isto tako, održavanje se mora provoditi određenim načelima i pravilima, stoga podrazumijeva poslove koji se održavaju prema preporukama proizvođača opreme za pojedine brodske sustave i prema zahtjevima klasifikacijskog zavoda i drugih nadležnih organizacija. Pregled i nadzor brodova izvode za to ovlaštene organizacije koje djeluju u ime vlade dotične zemlje. Zaštiti trupa kao osnovnom strukturalnom elementu broda pridaje se značajna pažnja. Tijekom plovidbe u najvećoj mjeri trup broda održava posada palube. Prvi časnik palube dužan je voditi zabilješke o učinjenim radovima od strane časnika i posade palube, a izvještaje uobičajeno dostavlja tehničkom inspektoru zaduženom za brod te se na temelju dostavljenih izvještaja izvode procjene učinkovitosti održavanja i donose se smjernice za daljnja djelovanja[19].

Potrebno je naglasiti kako se pristup održavanju broda može sagledati sa stanovišta troškova i pouzdanosti. Pristup sa stajališta troškova podrazumijeva postizanje najmanje mogućih troškova koji su potrebni za održavanje brodova pri čemu se ne uzimaju u obzir mogući kvarovi, dok pristup sa stajališta pouzdanosti podrazumijeva sprečavanje kvarova i njihove posljedice[20].

Brod je složena jedinica od više sustava koja se razlikuje po svome značenju sa stajališta sigurnosti stoga se održavanje brodskih sustava može sagledati kroz planirano i neplanirano održavanje. Planiranim održavanjem se nastoji spriječiti kvar na način da se elementi zamijene na vrijeme kako bi troškovi bili najmanji. Korektivni pristup održavanju broda podrazumijeva poduzimanje zahvata tek kada se kvar dogodi, a pogodno je za brodske sustave koji nemaju značajniji utjecaj na sigurnost broda i njegovo ekonomsko iskorištavanje. Održavanje podvodnog dijela brodskog trupa se izvodi putem zaštitnih premaza i katodnom

[18] Chandler, K.A.: Marine and Offshoer Corrosion, Butterworths, London, 2009.
[19] Ibid
[20] Mohović, R., Zorović, D., Ivče, R.**:** Održavanje broda, zaštita materijala, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2007.

zaštitom čime se produžuje vijek trajanja broda. Razdoblje između dokovanja propisuju klasifikacijska društva koja svojim propisima također predviđaju periodične te specijalne preglede. Međunarodna zajednica ulaže napore kako bi postavljenim normama osigurala zahtijevanu razinu sigurnosti i postigla prevenciju od nezgoda i onečišćenja. Brodar i posada broda dužni su poduzimati odgovarajuće mjere održavanja kako bi brod bio komercijalno učinkovit te sa zahtijevanom razinom sigurnosti, stoga se od zapovjednika broda zahtijeva visoka razina profesionalnosti i posvećivanje posebne pažnje mogućim oštećenjima brodske strukture i opreme. Iskustva pokazuju kako strukturalna oštećenja nisu predvidljiva što se može najbolje usporediti i vidjeti na primjerima brodova koji imaju potpuno identična obilježja i sasvim različite razine oštećenja i mjesta nastanka oštećenja. Prevencija strukturalnih oštećenja broda od strane posade temelji se na pridržavanju sigurnosnih postupaka rukovanja brodom i odgovarajućim planiranjem i provođenjem održavanja[21].

Tijekom iskorištavanja broda smanjuje se učinkovitost broda, a jedan od uzroka smanjenju učinkovitosti je povećanje hrapavosti podvodnog dijela trupa broda koji utječe na povećavani otpor broda. Smanjenje hrapavosti moguće je, ukoliko se poduzima korektivno održavanje podvodnog dijela broda koji se održava na suhom ili danas sve učestalije podvodno. Napredovanjem i usavršavanjem brodske tehnologije vremenski razmak između dva dokovanja broda znatno se povećao. Posada palube obavlja neophodne poslove održavanja koji imaju utjecaj na sigurnost i komercijalnu iskoristivost broda, stoga saniranje oštećenih površina nije moguće obavljati onim intenzitetom kako se to obavljalo nekada. Ukoliko se radi s brojnijom posadom to podrazumijeva izvođenje svih zahvata održavanja od strane posade tijekom ekonomskog iskorištavanja, osim poslova koji se tiču podvodnog dijela trupa. Treba imati u vidu da zbog atmosferskih uvjeta te boravka broda u lukama gdje nisu dozvoljeni nikakvi radovi na održavanju, posada biva često nedovoljno uposlena. Međutim valja naglasiti da je zbog konkurentnosti na tržištu brodskog prostora tendencija brodara smanjivanje posade a samim time se i opseg poslova održavanja smanjuje uvijek vodeći računa o propisanom minimalnom broju članova posade[22].

3.1 Vrste pregleda brodskog trupa

Jedan od važnijih aspekata u brodskom životnom vijeku svakako su pregledi brodskih sustava i dijelova. Prema pravilima za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova razlikuju se četiri glavne vrste pregleda:

[21] Chandler, K.A.: Marine and Offshoer Corrosion, Butterworths, London, 2009.
[22] Mohović, R., Zorović, D., Ivče, R.: Održavanje broda, zaštita materijala, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2007.

1. Redovni pregled
2. Postupni pregled
3. Pregled podvodnog dijela trupa broda
4. Ostali pregledi[23]

3.1.1 Redovni pregled

Redovni pregledi su obvezni pregledi kojima podliježe postojeći brod, bez obzira na njegovu veličinu ili područje plovidbe prigodom prvog upisa u odgovarajući upisnik Republike Hrvatske (upisnik pomorskih brodova, upisnik jahti ili upisnik plutajućih objekata), prije početka stavljanja u službu kada mu se po prvi put izdaju odgovarajuće statutarne isprave u ime Ministarstva, u vremenskim razmacima, te se mogu obaviti odjednom ili unutar dopuštenog vremenskog perioda. Brodovi koji se pregledavaju po sustavu postupnog pregleda trupa nisu oslobođeni od ostalih redovnih pregleda (npr. međupregleda)[24].

Godišnji pregled je opći pregled stavki koje se odnose na pojedinu svjedodžbu u svrhu utvrđivanja da se iste održavaju i ostaju u zadovoljavajućem stanju s obzirom na namjenu broda. Godišnji pregled se može obaviti u periodu od tri mjeseca prije do tri mjeseca nakon svake godišnjice dospijeća pregleda odnosne svjedodžbe, osim za pregled teretnog uređaja kod kojeg se godišnji pregled mora obaviti ne kasnije od 12 mjeseci od datuma obavljanja prethodnog godišnjeg ili obnovnog pregleda[25].

Međupregled je pregled određenih stavki koje se odnose na pojedinu svjedodžbu, u svrhu utvrđivanja da se iste održavaju i ostaju u zadovoljavajućem stanju s obzirom na namjenu broda međupregled se može obaviti u periodu od tri mjeseca prije ili tri mjeseca nakon druge ili treće godišnjice dospijeća pregleda odnosne svjedodžbe umjesto jednog od godišnjih pregleda. Pregled stavki međupregleda obuhvaćenih Svjedodžbom o sigurnosti konstrukcije teretnog broda a koje su dodatne zahtjevima godišnjeg pregleda (pregledi balastnih tankova i skladišta tereta), može se započeti prilikom drugog godišnjeg pregleda, i nastaviti se kroz narednu godinu, s tim da se dovrši do završetka trećeg godišnjeg pregleda (tj. može se obaviti u vremenskom intervalu od 18 mjeseci)[26].

Obnovni pregled je pregled određenih stavki koje se odnose na pojedinu svjedodžbu, koji uključuje, dodatno zahtjevima godišnjeg pregleda, preglede, ispitivanja i provjere dovoljnog opsega da se utvrdi da su pregledane/ispitane stavke u zadovoljavajućem stanju obzirom na namjenu broda za slijedeći period valjanosti odnosne svjedodžbe. Nakon

[23] Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, 2011.
[24] Ibid
[25] Ibid
[26] Ibid

obavljenog Obnovnog pregleda brodu se izdaju nove svjedodžbe, za razliku od ostalih redovnih pregleda nakon kojih se brodu potvrđuju postojeće svjedodžbe. Kada se obnovni pregled obavlja u nekoliko navrata, ili kada ga obavlja više različitih područnih ureda, pregledane stavke treba evidentirati prema listi stavki trupa. Prije početka bilo kojeg dijela pregleda mora se održati sastanak između predstavnika kompanije, priznate organizacije[27] i operatora koji će provesti mjerenje debljina. Kao dio pripreme za obnovni pregled, mjerenje debljina strukture može biti obavljeno prije dovršetka pregleda. Mjerenja debljina se ne mogu prihvatiti za obnovni pregled ukoliko su obavljena više od 15 mjeseci prije isteka obnovnog pregleda. Obnovni pregled se mora obaviti prije isteka valjanosti odnosne svjedodžbe. Ako se obnovni pregled završi u periodu od tri mjeseca prije isteka brodu izdane svjedodžbe, nova će se svjedodžbe izdati računajući od dana isteka prethodne. Ako se obnovni pregled završi izvan perioda od tri mjeseca prije datuma isteka brodu izdane svjedodžbe, nova će se svjedodžbe izdati računajući od dana završetka pregleda. Ako se obnovni pregled završi nakon isteka brodu izdane svjedodžbe nova će se isprava izdati računajući od dana isteka prethodne[28].

3.1.2 Postupni pregled

Na zahtjev kompanije, RO može u zamjenu za obnovni pregled odobriti da se trup broda i oprema trupa i/ili strojni uređaj i/ili rashladni uređaj pregledavaju po sustavu postupnih pregleda, što znači da se umjesto odjednom (prilikom obnovnog pregleda), svake godine vrši pregled 20 - 25% stavki (prema listi odobrenoj od RO), uz uvjet da se do završetka valjanosti brodu izdane svjedodžbe pregledaju sve stavke[29].

Najveći dozvoljeni razmak između dva pregleda pojedine stavke iznosi pet godina (uz mogućnost odgode do tri mjeseca). Kod tankera za ulje i kemikalije, brodova za rasuti teret, te brodova za mješoviti teret na koje se odnose zahtjevi Pojačanog programa pregleda (ESP) ne odobrava se vršiti pregled trupa po sustavu postupnih pregleda. Počevši od 1. lipnja 2005. godine, brodovi za suhi opći teret moraju odustati od sustava postupnih pregleda trupa najkasnije do prvog od slijedećih datuma: dospijeća međupregleda ili dovršetka već započetog ciklusa postupnog pregleda. U svezi s tim:

1. sve stavke postupnog pregleda priznate u posljednjih 15 mjeseci prije dana odustajanja od sustava postupnih pregleda mogu se priznati bez pregleda, ukoliko inspektor tako odluči

[27] U daljnjem tekstu RO
[28] Ibid
[29] Ibid

2. sve ostale stavke mora se pregledati i priznati sa datumom odustajanja od sustava postupnih pregleda[30].

3.1.3 Pregled podvodnog dijela trupa broda

Prema mjestu pregleda, razlikujemo pregled podvodnog dijela trupa broda na suhom ili u vodi.

3.1.3.1 Pregled podvodnog dijela trupa broda na suhom (dokovanje)

Kod svih čeličnih brodova pregled podvodnog dijela trupa obavlja se najmanje dva puta u svakom petogodišnjem razdoblju valjanosti Svjedodžbe o sigurnosti konstrukcije teretnog broda ili gdje je primjenljivo Svjedodžbe o sposobnosti broda za plovidbu. Pregled podvodnog dijela trupa se uobičajeno obavlja za vrijeme pregleda trupa na suhom (dokovanja). Najveći dozvoljeni razmak između dva pregleda podvodnog dijela trupa iznosi 36 mjeseci. Odgoda pregleda podvodnog dijela trupa na suhom do 3 mjeseca nakon datuma dospijeća može se dopustiti samo u izvanrednim okolnostima, uz uvjet da od prethodnog pregleda (uključujući i 3 mjeseca produljenja) nije prošlo više od 36 mjeseci[31].

Izvanrednim okolnostima se smatra slijedeće:

1. nepostojanje uvjeta za obavljanje pregleda trupa na suhom;
2. nepostojanje uvjeta za obavljanje popravaka; nedostupnost osnovnih materijala, opreme ili rezervnih dijelova;
3. kašnjenja prouzročena postupcima poduzetim kako bi se izbjegli loši vremenski uvjeti[32]

Za sve teretne brodove, izrađene od čelika, s GT $\geq$ 500 jedan od dva obvezna pregleda trupa na suhom mora se obaviti za vrijeme, ili nakon četvrtog godišnjeg pregleda kao dio obnovnog pregleda Svjedodžbe o sigurnosti konstrukcije teretnog broda, ili gdje je primjenljivo Svjedodžbe o sposobnosti broda za plovidbu. Kod putničkih brodova koji plove u međunarodnoj plovidbi pregled podvodnog dijela trupa obavlja se svake godine. U bilo kojem petogodišnjem ciklusu (pod pojmom bilo kojeg petogodišnjeg ciklusa podrazumijeva se petogodišnji period valjanosti Međunarodne svjedodžbe o teretnim linijama) dva takova pregleda moraju se obaviti kao pregled trupa na suhom (dokovanje). Najveći dozvoljeni razmak između dva pregleda trupa na suhom iznosi 36 mjeseci. Umjesto pregleda trupa na suhom (u godinama kada nije obavezan pregled trupa na suhom), potrebno je obaviti pregled

[30] Ibid
[31] Ibid
[32] Ibid

podvodnog dijela trupa u vodi. Putnički brodovi, izuzev ro-ro putničkih brodova, koji plove u međunarodnoj plovidbi, i uz uvjet da nisu stariji od 15 godina mogu, unutar bilo kojeg petogodišnjeg ciklusa, pregled podvodnog dijela trupa obaviti jednom na suhom, uz ostala četiri pregleda podvodnog dijela trupa u vodi. Ovakav sustav pregleda mora, za svaki brod zasebno, biti odobren od Ministarstva, na preporuku RO, temeljem pisanog zahtjeva kompanije upućenog RO. Putnički brodovi, izuzev ro-ro putničkih brodova, koji ne plove u međunarodnoj plovidbi**,** čiji je trup izrađen iz čelika, te koji nisu stariji od 15 godina, mogu, unutar jednog petogodišnjeg ciklusa valjanosti Svjedodžbe o sposobnosti broda za plovidbu, pregled podvodnog dijela trupa obaviti jednom na suhom, uz ostala četiri pregleda podvodnog dijela trupa u vodi. Ovakav sustav pregleda mora, za svaki brod zasebno, biti odobren od RO temeljem pisanog zahtjeva kompanije. Pregled podvodnog dijela trupa putničkih brodova starijih od 15 godina, te ro-ro putničkih brodova, koji ne plove u međunarodnoj plovidbi, mora se obavljati svake godine, s time da se dva takova pregleda moraju se obaviti kao pregled trupa na suhom (dokovanje). Najveći dozvoljeni razmak između dva pregleda trupa na suhom iznosi 36 mjeseci. Umjesto pregleda trupa na suhom (u godinama kada nije obavezan pregled trupa na suhom), potrebno je obaviti pregled podvodnog dijela trupa u vodi. Kod svih plutajućih objekata pregled podvodnog dijela trupa obavlja se jednom u svakom petogodišnjem razdoblju valjanosti Svjedodžbe o sigurnosti konstrukcije plutajućeg objekta. U određenim slučajevima, temeljem posebnog zahtjeva kompanije, RO može prihvatiti i drugačiji periodicitet i način pregleda podvodnog dijela trupa na suhom, razmatrajući svaki slučaj zasebno, uzimajući u obzir namjenu i izvedbu pojedinog objekta, njegovu starost, njegovu lokaciju, te prethodnu povijest pregleda[33].

3.1.3.2 Pregled podvodnog dijela trupa broda u vodi

Pregled podvodnog dijela trupa može se, umjesto svakog drugog pregleda trupa na suhom, obaviti u vodi, i to za brodove:

1. Za koje kompanija RO dostavi izjavu da brod u prethodnom periodu nije pretrpio nikakva oštećenja podvodnog dijela trupa.
2. Kojima je RO dodijelio oznaku IWS („Inwater Survey“ – oznaka kojom se podrazumijeva da je brod odgovarajuće opremljen i označen za podvodni pregled trupa), osim brodova koji ne plove u međunarodnoj plovidbi za koje se ne zahtijeva oznaka IWS, nego RO, razmatrajući svaki slučaj zasebno

[33] Ibid

3. Kada se pregled podvodnog dijela trupa ne obavlja u sklopu Osnovnog ili Obnovnog pregleda odnosne svjedodžbe
4. Kada nema primjedbi/uvjeta kojima se zahtjeva popravak na podvodnom dijelu trupa, kormilu, vratilu vijka ili vijku[34].

Za brodove starosti iznad 15 godina (osim brodova za rasute terete i tankera), obavljanje podvodnog pregleda trupa u vodi podložno je posebnom razmatranju i odobrenju Ministarstva na preporuku RO. Za tankere i brodove za rasute terete starosti iznad 15 godina pregled podvodnog dijela trupa mora se obaviti kao pregled trupa na suhom (dokovanje). RO oznaku IWS dodjeljuje brodovima koji udovoljavaju slijedećim zahtjevima:

1. Podvodni dio trupa zaštićen je od korozije odgovarajućim sustavom premaza i/ili vanjskom katodnom zaštitom te je, gdje je potrebno označen trajnim oznakama na odabranim mjestima vanjske oplate, koje omogućavaju utvrđivanje položaja ronioca i položaja bilo kojeg oštećenja podvodnog dijela trupa.
2. Postoje osigurana sredstva za utvrđivanje zračnosti u stražnjem ležaju vratila vijka, kao i zračnosti ležaja i štenaca kormila u uvjetima pregleda trupa u vodi.
3. Košuljice osovine kormila, štenci i ležajevi kormila označeni su na način da ronilac može uočiti bilo koji pomak ili zakret.
4. Postoji mogućnost čišćenja pod vodom usisnih košara u slučaju potrebe. U tu svrhu izvedba zatvarača rešetki mora omogućavati roniocu sigurno rukovanje pri otvaranju/ zatvaranju.
5. Svi otvori za usis/ispust na vanjskoj oplati koji se nalaze ispod teretne vodne linije, imaju mogućnost nepropusnog zatvaranja (odvajanja) u svrhu provedbe održavanja i popravaka.
6. Postoje utvrđeni zahtjevi za način pregleda ostale opreme kao što su npr. pramčani poprečni brodski vijci ili stabilizatori.
7. Dokumentacija sa podacima u svezi prethodno navedenih stavki (uključujući plan podvodnog dijela trupa sa primijenjenim oznakama, slike u boji osnovnih detalja podvodnog dijela trupa, upute za mjerenja zračnosti i rukovanje zatvaračima rešetki usisa i sl.) mora se nalaziti na brodu u svrhu provedbe pregleda trupa u vodi[35].

Pregledom trupa u vodi moraju se, koliko je moguće pribaviti podaci do kojih se inače dolazi prilikom pregleda trupa na suhom. Posebno je potrebno razmotriti način utvrđivanja

[34] Ibid
[35] Ibid

zračnosti ležaja kormila i zračnosti ležaja vratila vijka sa uljnom brtvenicom na osnovu provjere zapisa o povijesti rada, provjere funkcionalnosti i provjere izvještaja o uzorcima ulja[36].

3.1.4 Ostali pregledi

Program inspekcija i održavanja trupa koji provode kompanije treba poticati kao sredstvo za održavanje sukladnosti sa zahtjevima klasifikacijskih društava i statutornim zahtjevima između redovnih pregleda broda. Međutim, ni u kom slučaju takvi programi se ne mogu prihvatiti kao alternativa ili zamjena za obavljanje potrebnih redovnih pregleda trupa od strane RO. Izvanredni (prigodni) pregled je obvezni pregled kojem podliježe postojeći brod:

1. Nakon što pretrpi nezgodu, nesreću, havariju ili se pronađu nedostaci koji mogu utjecati na sposobnost broda za plovidbu.
2. Prigodom popravaka ili obnove dijelova broda.
3. Prilikom odgode redovnih pregleda.
4. Kada je brod u raspremi dulje od jedne godine.
5. Prigodom privremene promjene namjene ili područja plovidbe.
6. Kada to za određeni brod zahtjeva Ministarstvo ili RO, kao dodatak redovnim pregledima[37].

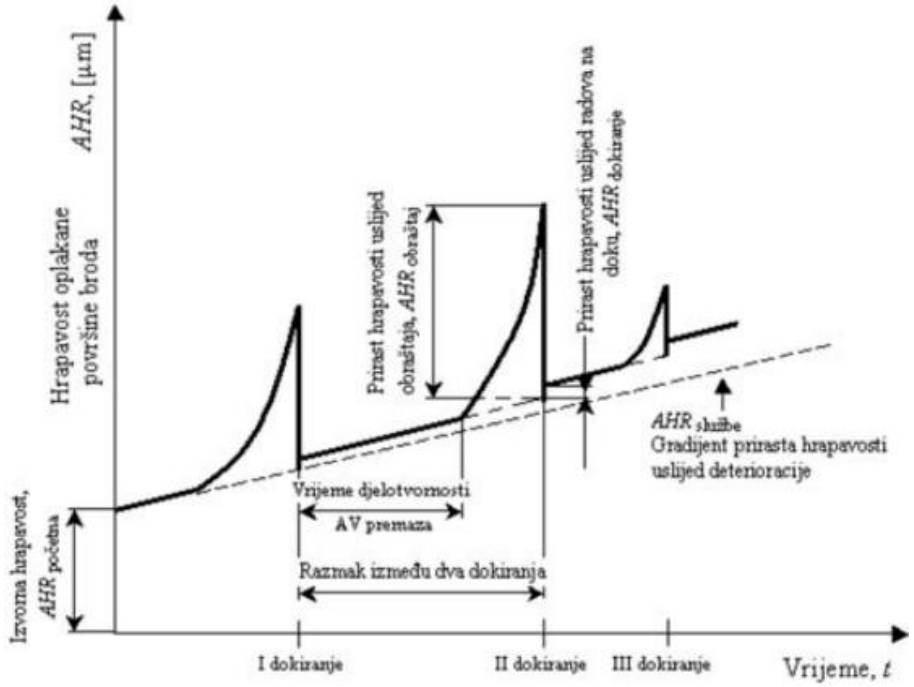
Popravci trupa, strojnog uređaja ili opreme, koji utječu, ili bi mogli utjecati na neku od brodu izdanih isprava, i koji bi se obavili od strane posade ili osoblja ukrcanog na brod za vrijeme plovidbe moraju biti unaprijed planirani. Kompletan postupak popravka, uključujući njihov opseg i potrebu za nazočnost inspektora za vrijeme plovidbe, potrebno je dostaviti unaprijed na odobrenje RO. Ako kompanija ne izvijesti RO dovoljno unaprijed o planiranim popravcima RO može suspendirati izdane isprave. Navedeno ne obuhvaća radove održavanja i pregledavanja trupa, strojnog uređaja i opreme u skladu s preporukama proizvođača i ustaljenom pomorskom praksom, te se za isto ne zahtjeva posebno odobrenje RO. Kada se u hitnim okolnostima popravci moraju izvršiti odmah, takovi popravci moraju biti dokumentirani u brodskom dnevniku i nakon toga dostavljeni RO za utvrđivanje dodatnih zahtjeva za pregled. U svakom slučaju svi popravci koji kao rezultat održavanja i pregledavanja utječu ili bi mogli utjecati na neku od brodu izdanih isprava moraju se upisati u brodski dnevnik i dati na uvid inspektoru RO radi utvrđivanja mogućih daljnjih zahtjeva pregleda[38].

[36] Ibid
[37] Ibid
[38] Ibid

3.2 Hrapavost uronjene (oplakane) površine broda

Fenomen hrapavosti oplakane površine trajni je proces, neodvojiv od broda, od početka gradnje do kraja eksploatacije. Svi operativni segmenti tijekom gradnje, polazeći od strukturne hrapavosti samih limova tipa tehnološkog procesa, kvalitete i performansi antikorozivnog[39] i antivegetativnog[40] premaza, kvalificiranosti radne snage i kvalitete aplikacije, sudionici su kumulativnog efekta hrapavosti novogradnje. Smanjenje potrošnje, goriva odnosno čim manji pad izvorne brzine broda, ovisi isključivo o racionalnom održavanju broda u službi i u pravilnom izboru AC i AV premaznog sustava. Praćenje općeg stanja oplakane površine ključno je za kreiranje tehnoekonomskog modela praćenja broda u službi. Dva su bitna čimbenika koji generiraju hrapavost:

1. deterioracija oplakane površine, koja je trajni proces, i
2. biološki obraštaj kao privremeni proces[41].



Slika 8. Prikaz promjene hrapavosti broda u eksploataciji

Izvor: [9]

Hrapavost uslijed deterioracije substrata, tijekom godina, ima stalni, uglavnom linearni porast, prikazan slikom 8. U doku se uklanja obraštaj koji je privremenog karaktera, ali koji se superponira trajnoj hrapavosti uzrokovanoj deterioracijom brodske oplate tijekom službe.

[39] U daljnjem tekstu AC
[40] U daljnjem tekstu AV
[41] Belamarić, B.: Utjecaj hrapavljenja oplakane površine na eksploatacijaska svojstva broda, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.

Pjeskarenje oplakane površine te aplikacija novog sustava premaza postupak je koji se preporučuje bar jednom ili dva puta za vrijeme eksploatacije broda. Iako se tim postupkom ne može vratiti izvorna hrapavost, pouzdano je da će se gornje vrijednosti hrapavosti prepoloviti na kraju života broda. Stalnim mjerenjem stanja oplakane površine te praćenjem brodskih izvještaja moguće je predvidjeti optimalno vrijeme za spomenutu obnovu oplakane površine. Misao vodilja svih tih postupaka jest snižavanje deterioracije na što moguće manju mjeru.

3.2.1 Podjela hrapavosti

Opsežna je literatura o deterioraciji, ili porastu hrapavosti brodske oplate sa starošću broda. Deterioraciju ili slabljenje izvornih performanci broda uvjetuje niz faktora, čije međusobno ispreplitanje otežava kvantifikaciju i otkrivanje zakonitosti njihovog međusobnog djelovanja. Problem hrapavosti, odnosno efekt oštećenja uronjene površine brodskog trupa u eksploataciji, neodvojivo je povezan s različitim biološko-fizikalno-kemijskim čimbenicima koji su, uz elementarne nepogode, neodvojivo inkorporirani u živi morski ambijent. Prema elementu trajnosti hrapavost dijelimo na:

1. privremenu
2. trajnu[42]

Privremena hrapavost topografski je određena, a zahvaća manje ili više izolirana područja na površini brodske oplate. Uzrokuju je:

1. pogreške samog sustava AV premaza (ljuštenje, boranje, poroznost,
2. odslojavanje itd.),
3. korozija,
4. obraštaj[43].

Privremenu hrapavost moguće je standardnim postupcima, tijekom radova u doku, u velikom stupnju uspješno, kadkad i u potpunosti odkloniti.

Trajnu hrapavost oplate broda, ili deterioraciju broda u službi, određuje nepovratno progresivno razaranje strukture brodske oplate. Uz brojne druge uzroke fenomena deterioracije najznačajniji su:

1. stanje čeličnog substrata nakon nanašanja radioničkog premaza,
2. hrapavost premaza uslijed nekvalitetne aplikacije,
3. plastična deformacija premaza,
4. radovi za vrijeme dokiranja,
5. mehanička oštećenja[44].

[42] Ibid
[43] Ibid

Trajna i privremena hrapavost sastoji se od dva različita procesa:

1. biološki,
2. fizikalni[45].

Biološka hrapavost, kao posljedica obraštaja, nije jednolična; mijenja se i oblikom i teksturom. Za razliku od fizikalne hrapavosti, biološka hrapavost je elastična, što znatno utječe na pogreške u kvantifikaciji

Procjena privremene hrapavosti obraštaja temelji se na podacima o:

1. djelotvornom vijeku trajanja AV premaza,
2. duljini vremena broda u luci,
3. ekološkim uvjetima u luci[46].

Fizikalnu hrapavost ili deteroraciju, kao proces trajne hrapavosti, definira stalno razaranje oplakane površine tijekom eksploatacije broda. Uzroci mogu biti mehanički i nemehanički. U mehaničke uzroke spadaju sve vrste sudara (led, struganje sidrenih lanaca, lučke instalacije), ali kadkad i preenergično čišćenje s posljedicom trajne abrazije površine lima. U nemehaničke fizikalne uzroke ubrajaju se:

1. elektrokemijska reakcija (korozija) zbog neprimjerene katodne zaštite,
2. nepotpuna priprema površine prije aplikacije premaza,
3. porozni izlučeni AV premaz,
4. ljuštenje premaza zbog nekompatibilnosti između AC i AV premaza,
5. sastav premaza (veliki udjeli otapala, prevelika absorpcija vode kao omekšavala, plastična deformacija, nepotpuna polimerizacija),
6. loša aplikacije premaza,
7. nepoštivanje režima sušenja slojeva,
8. utjecaj okoliša pri aplikaciji premaza u doku (vlaga, vjetar, temperatura),
9. vremenski uvjeti pod kojima brod plovi,
10. izvorna hrapavost substrata[47].

Hrapavost brodske oplate, sa znanstvenog stajališta, interdisciplinarnog je značaja. Stoga i podjela hrapavosti, kao fenomena, nije egzaktna. Nerijetko se jedna vrsta hrapavosti pripisuje drugoj, a češće različiti tipovi hrapavosti imaju iste razorne efekte.

3.2.2 Izvorna hrapavost oplakane površine

Iako je izvorna hrapavost novogradnje odijeljena od hrapavosti deterioracijom, već u

[44] Ibid
[45] Ibid
[46] Ibid
[47] Ibid

izvornoj hrapavosti dio je čimbenika inicijacije procesa deterioracije broda u službi. Izvornu hrapavost uzrokuju:

1. strukturna hrapavost substrata prije i nakon pjeskarenja,
2. pogreške na varovima limova,
3. mehanička oštećenja limova prilikom operacije zavarivanja,
4. nedovoljna adhezija radioničkog premaza na čelični lim uslijed kondenzacije,
5. nestručna aplikacija radioničkog, AC i AV premaza,
6. nedovoljno kvalitetan sastav i loša reologija AC i AV premaza,
7. nedovoljna inkompatibilnost između AC i AV premaza,
8. curenje premaza vezano za debljinu premaza i prekratko vrijeme sušenja i
9. hrapavost AV premaza[48].

Brušenje varova uobičajeno je kod nekih jedinica ratne mornarice, primjerice na podmornicama, te na skupim megajahtama; u potonjem primjeru uglavnom iz estetskih razloga. Međutim, kad bi se uspilo i postići idealnu hrapavost, takva površina substrata ne bi bila dostatna za sidrenje premaza. Studije su pokazale, da se ulaganja u dobre i pouzdane sustave AC i AV premaza višestruko vraćaju kroz redukciju troškova održavanja i smanjenu potrošnju goriva. Nedostatak nekadašnjih AC i AV premaza bila je nedovoljna kompatibilnnost sa substratom. Dodatni problem predstavljao je kemijski sastav formulacije AC i AV premaza, nerijetko međusobno neusklađenih fizikalnih svojstava. S tog razloga problem AC i AV premaza tretirao se odvojeno. U primjeni AC premaza težilo se manjem broju debljih premaza, kratkog vremena sušenja i brze polimerizacije, dok se na AV premaze postavljao zahtjev za duljim vijekom trajanja. Međutim zahtjev za manjim brojem debljih slojeva premaza povećavao je izvornu hrapavost, zbog:

1. mase debelog sloja; kompozicija debljih premaza mora biti izvanredno strukturirana, u suprotnom dolazi do curenja premaza uslijed nepotpune pretvorbe disperzijske otopine premaza (sol) u kruto koloidno stanje premaza (gel) i
2. brzine sušenja; brzo rukovanje i kratki intervali aplikacije s kompozicijama s lakohlapljivim otapalima kadkad poremete režim sušenja i pogorša fizikalna svojstva površine premaza[49].

3.2.3 Deterioracija oplakane površine broda u eksploataciji

Deterioraciju označavamo kao trajni proces pogoršanja izvornih performanci broda tijekom eksploatacije. Za razliku od obraštaja, kao privremene hrapavosti, deterioracija brodske oplate je trajni, ireverzibilni proces, i prati svako plovilo tijekom njegove službe. Cilj održavanja

[48] Ibid
[49] Ibid

površine trupa u eksploataciji jest održavati plovilo što je moguće bliže izvornom stanju za vijeka trajanja broda. Proces deterioracije je neupitan, ali ne postoji utemeljeni jednostavni odnos između vijeka broda i veličine hrapavosti oplakane površine. U svakom slučaju dobro održavanje, ispravna katodna zaštita, dobre performance i kvaliteta AC i AV premaza uz broj dokiranja i njihov vremenski razmak nedvojbeno usporavaju dinamiku procesa hrapavljenja broda u eksploataciji. Međutim, vrijednost varira ovisno o tipu i uvjetima eksploatacije broda. U konačnici za status OPB najrelevantnija je poslovna strategija, prema kriteriju kvalitete održavanja broda[50].

U osnovi hrapavost u eksploataciji determinira:

1. izvorna hrapavost,
2. pogreške na bočnim i uzdužnim linijama varova,
3. utjecaj okoliša kao struganje sidrenih lanaca, oštećenja uslijed odbojnika remorkera, oštećenja uslijed leda, osobito u pojasu gaza, manji sudari i sjedanja na dno, te sve vrste mehaničkih oštećenja,
4. elektrokemijske reakcije (korozija) zbog neprimjerene katodne zaštite,
5. nepotpuno čišćenje površine prije aplikacije premaza,
6. svojstva pripisana AC i AV premazu - loša kvaliteta i primjena AV premaza,
7. ljuštenje i plastična deformacija premaza uslijed prevelikog udjela otapala i nedovršene polimerizacije, poremećeni režim sušenja, poroznost izvorne matrice nakon izlaska biocida iz premaza,
8. vremenski uvjeti plovidbe,
9. broj dokiranja i njihov interval,
10. utjecaj okoliša i
11. obraštaj[51]

[50] Naess, E.: Reduction of Drag Resistance caused by Surface Roughness and Marine Fouling, Norwegian Maritime Research; br. 4/80; str. 12-16.

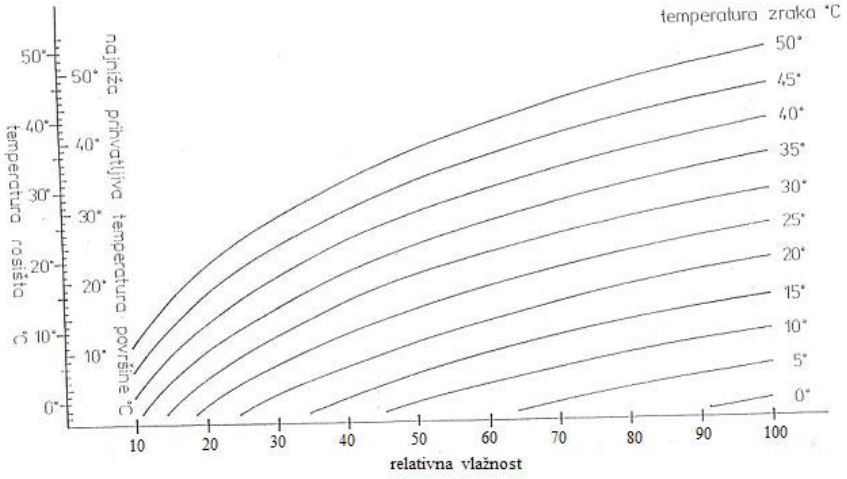
[51] Belamarić, B.: Utjecaj hrapavljenja oplakane površine na eksploatacijaska svojstva broda, doktorski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.

4. PRIPREMA POVRŠINE ZA PREMAZE

Pregled i ocjena oštećenja brodskog trupa ili defektacija brodskog trupa odvija se nakon pripreme površine brodskog trupa. Opseg mjerenja utvrđuje vještak klasifikacijskog društva u pratnji predstavnika brodovlasnika i brodogradilišta[52].

Defektacija može biti kontrolna, djelomična i potpuna. Mjesta defektacije određuje vještak klasifikacijskog društva koji posebnu pozornost posvećuje istrošenju strukture u području tankova goriva i balasta, koferdama, kaljužnih zdenaca i usisnih košara. Nakon obavljene defektacije trupa broda i unošenja podataka u posebne tablice i nacrte uspoređuju se oštećenja s dopuštenim veličinama. U slučaju većih oštećenja trupa ili preinaka, remontno brodogradilište izrađuje tehničku, tehnološku i plansku dokumentaciju kao i kalkulaciju potrebnih radnih sati[53].

Radovi na pripremi površine brodskog trupa započinju odmah po dokovanju broda. Postoji više sustava pripreme površine trupa za nanošenje zaštitnih premaza, te samih tehnika nanošenja premaza. Primjena određenog sustava pripreme površine kao i sama tehnika nanošenja premaza prvenstveno ovisi o tehničko tehnološkoj opremljenosti brodogradilišta kao i o zahtijevima vlasnika broda. Priprema površine i čišćenje mogu se izvoditi pri temperaturi od najmanje 3° C iznad rosišta ili ako je relativna vlažnost zraka ispod 90%, osim ako proizvođač premaza ne preporučuje drukčije[54].



Slika 9. Odnos između relativne vlažnosti, temperature zraka i temperature površine

Izvor: [8]

[52] Knifić, Ž., Ivče, R., Komadina, P.: Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2014.
[53] Ibid
[54] Mohović, R., Zorović, D., Ivče, R.**:** Održavanje broda, zaštita materijala, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2007.

Metalnu površinu prije nanošenja premaza potrebno je pripremiti na način da se prije nanošenja premaza ukloni oksidni film, korozijske produkte i sve ostale nečistoće. U uobičajene metode pripreme metalnih površina trupa prije nanošenja premaza ubrajaju se:

1. odmašćivanje,
2. uklanjanje oksidnog filma izlaganjem atmosferskim utjecajima,
3. mehaničko odstranjivanje korozijskih produkata električnim i pneumatskim sredstvima,
4. pjeskarenje, sačmarenje,
5. odstranjivanje korozijskih produkata abrazivima i vodom,
6. odstranjivanje korozijskih produkata vatrom,
7. kemijsko i elektrokemijsko čišćenje i uklanjanja korozijskih produkata i
8. ultrazvukom[55].

Primjena i trajnost nanesenog premaza u velikoj mjeri ovise o pripremljenosti same površine. Stoga se nakon izvedene pripreme površine izvodi pregled kako bi se utvrdilo postignuto stanje pripremljenosti površine.

Korektno izvođenje tehnoloških operacija od iznimne je važnosti u tehnologiji nanošenja premaza. Priprema podloge provodi se u cilju čišćenja i kondicioniranja površine konstrukcijskog materijala, kako bi se postiglo što čvršće prianjanje prevlake. Za kvalitetnu predobradu podloge redovito je potrebno nekoliko operacija. Njihov izbor i redoslijed ovise o vrsti osnovnog materijala, o prethodnom stanju njegove površine i stanju koje treba postiči. U brodogradnji se koristi isključivo mehanička priprema. Primarna priprema površine se izvodi odmah nakon izlaska iz skladišta, kako bi se omogućilo kvalitetno nanošenje temeljnog radioničkog premaza tj. shopprimera. Lim na skladištu je nezaštićen pa korodira pod utjecajem okoline, a na njemu se nakuplja i prašina. Prašina je nepovoljna jer može prouzročiti odvajanje boje od podloge. Ako je skladište u blizini mora, lim dolazi u kontakt sa slanom atmosferom gdje sol uzrokuje nastajanje mjehurića i smanjuje prianjanje boje. Adekvatna priprema podrazumijeva otklanjanje svih nečistoća i postizanje ravnomjerne hrapavosti. Postupak čišćenja se redovito vrši mlazom abrazivnog sredstva. Cijela operacija predobrade odvija se automatizirano, a zbog sprečavanja korozije, odmah nakon sačmarenja nanosi se shopprimer, temeljni radionički premaz[56].

[55] Knifić, Ž., Ivče, R., Komadina, P.: Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2014.
[56] Esih, I.: "Osnove površinske zaštite", Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2003.

Sekundarna priprema površine je priprema oštećenih ili propalih dijelova površine, koji su ranije bili zaštićeni shopprimerom. Sekundarna priprema površine ima za cilj i uklanjanje različitih onečišćenja s površine, nehomogenosti nastale zavarivanjem, postizanje određenog stupnja i oblika hrapavosti te otprašivanje. Redoslijed operacija sekundarne pripreme površine je: uklanjanje soli, odmaščivanje, mehanička priprema površine i otprašivanje[57].

Situacija je drugačija što se tiče pripreme brodskog trupa nakon određenog perioda eksploatacije. U tom slučaju čim brod izade na suho započinje se s radovima pripreme površine, što ovisi o području brodskog trupa koje je potrebno odgovarajuće očistiti. Nakon izlaska broda na suho započinje pranje podvodnog dijela broda mlazovima slatke vode pod visokim tlakom od najmanje 100 bara, prikazano slikom 10. Time se s vanjske oplate odstranjuju kloridi, alge, trave, školjke i sl. Ako na oplati ima nauljenih površina, one se čiste raznim otapalima. Mjesta na kojima ima rđe čiste se pjeskarenjem ili mlazom vode pod visokim tlakom od 700 do 2000 bara (suha ili mokra priprema površine), slika 10. Originalni sloj boje na mjestima pjeskarenja se obnavlja, nakon čega se cijela vanjska oplata oboji prema želji brodovlasnika. Kada hrapavost površine podvodnog dijela brodske oplate postane prevelika zbog brojnih slojeva stare boje i lokalnih ogrebotina uslijed struganja oplate o hridi i razne plutajuće prepreke, cijeli podvodni dio oplate se čisti, odstranjuje se kompletna rđa i boja te se izvrši nanošenje nove boje. Proizvođač boje daje savjete, provodi kontrolu i inspekcijske preglede pripreme površine i samog bojenja. U ovisnosti od starosti broda, veličine, cijene i područja plovidbe izabire se pogodan sistem bojenja. Radi pregleda podvodnih dijelova broda, provodi se pregled od strane nadležnog klasifikacijskog društva, u pratnji predstavnika brodovlasnika i brodogradilišta. Naglasak je na pregledu kormila, brodskog vijka, osovine brodskog vijka, udubina, oštećenja, stanja boje, rđe, lomova, stanja zavara i oplatnih priključaka. Uočeni nedostaci koji utječu na klasnu notaciju broda moraju se otkloniti tijekom dokovanja broda, međutim manji nedostaci koji nisu zahtijevani za popravak od strane klasifikacijskog društva mogu biti otklonjeni prema izboru i dogovoru s brodovlasnikom. Nakon pranja oplate broda, završni dio čišćenja obavlja se ručno, pomoću mehaničkih strugalica[58].

[57] Ibid
[58] Skupina autora: Održavanje i remont brodova, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.



Slika 10. Skidanje stare boje brodskog trupa

Izvor: http://radio.hrt.hr/clanak/nova-oprema-zamjenjuje-pjeskarenje-u-lencu/27795/ (4.9.2016.)

Priprema površine brodskog trupa od velikog je značaja za vijek trajanja boje i njezino zaštitno djelovanje. Ona obuhvaća operacije koje se sastoje od uklanjanja nečistoća, obraslina, starog premaza, masnoće, produkata korozije, soli, prašine i ako je potrebno uklanjanja kiselina i lužina. Čim brod izađe na suho započinje se s radovima pripreme površine, što ovisi o području brodskog trupa koje je potrebno odgovarajuće očistiti. Područja brodskog trupa i njegovih tankova na kojima se izvodi priprema površine su sljedeća:

1. brodski trup ispod plovne vodene linije do kobilice broda,
2. brodski trup iznad plovne vodene linije,
3. dijelovi brodskog trupa na kojima su primijećena oštećenja,
4. područja pramčanih i krmenih brodskih vijaka te kormila broda i
5. tankovi tereta, goriva, balasta, pitke i napojne vode[59].

Načini pripreme brodskog trupa i njegovih tankova mogu biti:

1. mokra priprema (mlazom vode pod velikim tlakom),
2. suha priprema (pjeskarenje) i
3. mehanička priprema[60].

Danas se u remontnim brodogradilištima priprema trupa za nanošenje premaza obavlja pjeskarenjem. Iako je postupak suhog čišćenja abrazivnom kvalitetniji, produktivniji i jeftiniji, ima nedostatak što zagađuje sredinu u kojoj se ovi radovi izvode. Prije početka suhe pripreme,

[59] Ibid
[60] Ibid

površina brodskog trupa treba biti očišćena od ulja i masti, a deblje naslage slojeva boje i korozije treba otkloniti piketiranjem, za što se koriste pneumatski čekići i brusilice. Nakon toga priprema se kitanjem, brušenjem i otprašivanjem. Prije samog kitanja površinu na koju se kit nanosi potrebno je dobro ohrapaviti i otprašiti. Čak i najmanji djelići prljavštine mogu kompromirati dobar ishod postupka. Površina na koju je kit nanesen ne smije dugo stajati nezaštićena, treba ju premazati što prije. Tijekom pjeskarenja potrebno je posvetiti posebnu pažnju mjerama sigurnosti i zaštite na radu. Osoblje koje rukuje sapnicama mora biti zaštićeno od ozljeđivanja oklopom od kevlara. Tijekom pjeskarenja dolazi i do mrvljenja samog kvarcnog pijeska, čije se sitne čestice lako mogu udahnuti, pa osobe koje rukuju sapnicama moraju imati hermetički nepropusnu zaštitnu kacigu na glavi. Zaštitna kaciga povezana je preko fleksibilnog crijeva s posebnim kompresorom, koji opskrbljuje osoblje čistim zrakom za disanje, daleko od opasnog područja[61].

4.1 Mokri postupak pripreme metalnih površina brodskog trupa

Iako je postupak suhog čišćenja abrazivom kvalitetniji, produktivniji i jeftiniji, ima i nedostatak jer bez obzira na kemijski sastav zagađuje sredinu u kojoj se ovi radovi izvode. Sprječavanje širenja prašine moguce je dodavanjem vode struji abraziva i zraka. Postoje četiri načina izvođenja ovog postupka:

1. uređajem s vodenom zavjesom,
2. potisnim uređajem s ograničenom količinom vode,
3. uređajem s usisnim vodenim mlazom,
4. uređajem s vodom bez abraziva[62].

Sustav uređaja s vodenom zavjesom koristi kompresor zraka, pumpu vode, spremnik abraziva i odvojeno crijevo za vodu koje oko mlaznice stvara vodenu zavjesu koja sprječava širenje prašine[63].

Kod potisnog uređaja s ograničenom količinom vode pušta se ograničena količina vode u potisni uređaj za suho abrazivno čišćenje u smjesu abraziva i zraka ispred mlaznice[64].

U uređaju s usisnim vodenim mlazom, u spremniku abraziva vlada podtlak i na principu ejektora voda usisava abraziv i stvara smjesu za čišćenje površine vanjske oplate brodskog trupa[65].

[61] Ibid
[62] Ibid
[63] Ibid
[64] Ibid

Pri mokrom čišćenju površine koriste se visokotlačne pumpe, spremnik vode i mlaznica. Postoje mlaznice koje stvaraju koncentriran mlaz i one koje stvaraju lepezasti široki mlaz vode. Pri čišćenju mlazom vode bez abraziva ne pojavljuje se mikrorazaranje površine metala pa se abraziv može dodati direktno s vodom. Time se postiže odgovarajuća hrapavost površine. Da bi se neposredno iza čišćenja izbjeglo stvaranje korozije, u vodu se dodaju sredstva koja sprječavaju nastanak korozije. Ta se sredstva nazivaju inhibitori korozije. Najčešće se upotrebljavaju polifosfati u udjelu 0,5% i amini u udjelu 1 – 5% od ukupne količine vode. Oni stvaraju zaštitni sloj na površini metala brodske konstrukcije[66].

4.2 Suhi postupak pripreme metalnih površina brodskog trupa

Suhi postupak pripreme površine brodskog trupa izvodi se razaranjem metalne površine u struji zraka pod visokim tlakom i abraziva, pjeskarenjem ili sačmarenjem prema uputama standarda ISO 8501. Pored standarda ISO 8501 u brodogradnji se koristi i švedski standard SIS 05 59 00. Standardi pripreme površine su norme koji sadrže više kriterija, pravila i upute za proces suhe pripreme metalnih površina brodskog trupa. Stanje površine čeličnih konstrukcija podijeljeno je u četiri stupnja:

1. A stupanj. Površina čelika prekrivena okujinom i s malo korozije.
2. B stupanj. Površina čelika koja je započela korodirati i iz koje se počinje skidati okujina.
3. C stupanj. Površina čelika s otpalom ili ostruganom korodiranom okujinom i prvim vidljivim naznakama točkaste korozije.
4. D stupanj. Površina čelika koja je jako korodirana i s vidljivom točkastom korozijom[67].

Prije početka suhe pripreme, površina brodskog trupa treba biti odmašćena od ulja i masti, a deblje naslage slojeva boje i korozije treba otkloniti piketiranjem, za što se koriste pneumatski čekići. Suhi postupak pripreme metalnih površina obavlja se abrazivima. Abrazivi su različite vrste materijala određene granulacije pogodne za pripremu površine, pri čemu čestice abraziva s pomoću komprimiranog zraka djeluju na površinu koja se želi očistiti. Kvaliteta pripreme čeličnih površina iskazana je prema sljedećim stupnjevima standarda ISO 8501:

1. S 1: Lagano čišćenje mlazom abraziva s kojim se brzo prelazi preko površine i time uklanja produkte korozije, okujine i stranih tvari. Gledano bez povećanja,

[65] Ibid
[66] Ibid
[67] Ibid

površina treba biti bez vidljivih masnoća, ulja i nečistoca. Mora biti odstranjena sva neprijanjajuća okujina, rđa, boja i strane čestice.

2. S 2: Temeljito čišćenje kod kojeg su s 2/3 bilo kojeg dijela površine uklonjeni produkti korozije, okujine i stranih tvari. Gledano bez povećanja, površina treba biti bez vidljivih masnoća, ulja i nečistoca, vecinom bez okujine, bez rđe, boje i stranih čestica. Zaostale nečistoće koje se čvrsto drže za površinu se ne tretiraju. Na kraju se površina ispuše čistim, suhim komprimiranim zrakom, a površina mora biti sivkaste boje.
3. S 2,5: Čišćenje je skoro do bijelog sjaja metala, tako da se s najmanje 95 % svakog dijela površine uklone produkti korozije, okujine i stranih tvari, što zahtijeva vrlo pažljivo čišćenje. Gledano bez povećanja, površina treba biti bez vidljivih masnoća, ulja i nečistoća, bez okujine, rđe, boje i stranih cestica osim tragova koji mogu zaostati tockasto ili u prugama. Na kraju se površina ispuše čistim, suhim komprimiranim zrakom, a površina mora biti svijetlo sivkaste boje.
4. S 3: Čišćenje do čistog metala. Okujina i produkti korozije moraju biti potpuno uklonjeni. Gledano bez povećanja, površina treba biti bez vidljivih masnoća, ulja i nečistoća, bez okujine, rđe, boje i stranih čestica. Površina mora imati jednolik metalni sjaj. Na kraju se površina ispuše čistim, suhim komprimiranim zrakom, a površina ima jednoliku metalnu boju[68].

Abrazivi koji se koriste za čišćenje metalnih površina mogu se podijeliti na dvije osnovne grupe:

1. Metalni abrazivi

Metalni abrazivi imaju duži vijek trajanja, mogu izdržati veliki broj sudara s površinom prije nego im se promjer toliko smanji da ih treba odbaciti. Kako su skupi, upotrebljavaju se pogonskim postrojenjima gdje je moguća njihova višestruka uporaba. Obično se nalaze unutar zatvorenih stacionarnih uredaja. Prednost im je dobra kvaliteta čišćenja i mali utjecaj na zagadenje okoliša.

2. Mineralni abrazivi

Mineralni abrazivi su jeftiniji od metalnih, ali nakon nekoliko sudara s površinom materijala postaju neupotrebljivi, pa se uglavnom koriste za jednokratnu uporabu[69].

Osnovne karakteristike abraziva su tvrdoća, veličina i oblik. Što je abraziv tvrđi, to je čišćenje metalnih površina brže i dublje. Oblik zrna abraziva može biti:

[68] Ibid
[69] Ibid

1. okrugli abraziv, koji čisti metalnu površinu udaranjem,
2. drobljenac s oštrim rubovima, koji čisti metalnu površinu udarcem urezujući se u metalnu površinu i
3. drobljenac s blažim rubovima, koji čisti metalnu površinu kombinacijom udarca i urezivanja u metalnu površinu[70].

Jednoličnost oblika i veličine abraziva daje pravilniju hrapavost površine. Korozivni premazi bolje prijanjaju na hrapaviju površinu. Vrsta i granulacija abraziva odabire se na osnovi izgleda površine koju treba očistiti, zahtijevane hrapavosti i opreme koja se koristi[71].

4.3 Mehanička priprema metalne površine trupa broda

Mehanička priprema površine izvodi se ručnim ili pneumatskim alatima, slika 11., s abrazivnim brusovima, brusnim papirom, strugačima i čeličnim četkama. Mehanička priprema površine označava se sa "St" i dijeli se u tri stupnja; St 1, St 2 i St 3. Prije mehaničke pripreme površine potrebno je odstraniti veće naslage rđe te vidljive naslage ulja, masti i prljavštine. Nakon mehaničke pripreme, površinu treba očistiti od ostataka prašine i metalnih čestica. Površine stupnja St 1 nije potrebno obrađivati jer se ne primjenjuje za bojenje. Stupanj pripreme površine St 2 obuhvaća potpuno ručno i strojno čišćenje. Gledano bez povećanja, površina treba biti bez vidljivih masnoća, ulja i nečistoca. Sva neprijanjajuća okujina, rđa, boja i strane čestice moraju biti odstranjene. Stupanj pripreme površine St 3 obuhvaća temeljito ručno i strojno čišćenje. Priprema površine je ista kao i kod stupnja St 2, ali je površina obrađena temeljitije što joj daje jasan metalni sjaj[72].



Slika 11. Razni tipovi pneumatskih brusilica

Izvor: [11]

[70] Ibid
[71] Ibid
[72] Ibid

4.4 Defektacija brodskog trupa

Nakon pripreme površine brodske trupa, pristupa se defektaciji. Defektacijom trupa naziva se pregled i ocjena oštećenja mjerenjem deformacija i preostalih debljina elemenata koji podliježu takvom pregledu. Opseg mjerenja utvrđuje inspektor klasifikacijskog društva, u pratnji predstavnika brodovlasnika i brodogradilišta. Defektacija se prema opsegu može podijeliti na:

1. kontrolnu defektaciju, koja uključuje nasumce odabrane limove i elemente strukture,
2. djelomičnu defektaciju, za ograničeni broj elemenata u određenom dijelu strukture brodskog trupa,
3. potpunu defektaciju, za sistemsko ispitivanje svih elemenata brodskog trupa[73].

Uočeni nedostaci kod defektacije dijele se na:

1. lomove, koji onemogućuju daljnju uporabu konstrukcije. Moraju se ukloniti na način koji će se odrediti u ovisnosti o tehničkim mogućnostima i ekonomskoj opravdanosti,
2. oštećenja, koja onemogućuju rad u normalnim uvjetima eksploatacije[74].

Oštećenja mogu biti:

1. istrošenje - smanjenje dimenzija elemenata brodskog trupa zbog korozije, erozije i mehaničkog oštećenja,
2. zaostala naprezanja - uzrokuju promjenu konstrukcije kod preopterecenja,
3. pukotine nastale zbog koncentracije naprezanja, zamora materijala i sl[75].

Mjesta defektacije određuje inspektor klasifikacijskog društva. Posebnu pozornost posvećuje se istrošenju strukture u području tankova goriva i balasta, koferdama, kaljužnih zdenaca, kutija usisa mora, itd. Ukoliko se prilikom defektacije ustanovi da istrošenja prelaze dopuštene granice, provodi se defektacija proširenog opsega[76].

4.5 Izbor sustava antikorozivne zaštite brodskog trupa

Faktori koji utječu na izbor sustava antikorozivne zaštite broda su:

1. brodovlasnik,
2. međunarodne organizacije,
3. proizvođač boje,

[73] Ibid
[74] Ibid
[75] Ibid
[76] Ibid

4. brodogradilište[77].

Brodovlasnik traži adekvatan sustav zaštite trupa koji će zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

1. odgovarajuću trajnost sustava zaštite,
2. sustav zaštite trupa broda kojeg se lako može pregledavati i održavati,
3. sustav zaštite trupa broda na kojem se mogu lako izvoditi radovi remonta,
4. prihvatljivost cijene u odnosu na zahtijevanu kvalitetu[78].

Međunarodne organizacije zahtijevaju:

1. sigurnost sustava zaštite brodskog trupa,
2. sigurnost za zdravlje ljudi,
3. sigurnost zaštite okoliša od zagađenja.

Najvažnije međunarodne organizacije su:

1. nacionalne vlasti,
2. nadležna klasifikacijska društva,
3. IMO (Međunarodna pomorska organizacija)[79].

Proizvođač boje odabran je od strane brodovlasnika i remontnog brodogradilišta i mora ispuniti:

1. zahtjeve brodovlasnika za što boljim i dugotrajnijim sustavom zaštite brodskog trupa,
2. definirati zahtjeve za adekvatnu pripremu površine (mokro i suho čišćenje brodskog trupa),
3. definirati odgovarajući način održavanja sustava zaštite brodskog trupa,
4. preporučiti odgovarajuću debljinu filma zaštitnih premaza,
5. preporučiti odgovarajuću katodnu zaštitu brodskog trupa,
6. definirati tehničke karakteristike zaštitnih premaza za svaki pojedini sustav zaštite brodskog trupa,
7. odrediti preporuke za kvalitetu i stručnost radnika[80].

Brodogradilište ima sljedeće razloge odabira pojedinog sustava zaštite brodskog trupa:

1. uporaba odgovarajućeg sustava zaštite brodskog trupa koja ce polučiti najpovoljnije financijske rezultate uz zadovoljavajuću trajnost i kvalitetu boje,
2. uporabu sustava zaštite brodskog trupa koje brodogradilište obično koristi,

[77] Ibid
[78] Ibid
[79] Ibid
[80] Ibid

3. uvjeti rada prilikom nanošenja zaštitnih premaza, pogotovo kod niskih temperatura[81].

Nakon što su brodogradilište i brodovlasnik definirali adekvatan sustav zaštite brodskog trupa i njegovih tankova, proizvođač boja mora dostaviti sljedeće dokumente:

1. tehničku specifikaciju sustava zaštite broda,
2. zdravstvene i ekološke studije o utjecaju na okoliš,
3. prethodna iskustva i referentnu listu,
4. certifikate i testove o kvaliteti,
5. opće informacije[82].

[81] Ibid
[82] Ibid

5. VRSTE I IZBOR PREMAZA ZA ODRŽAVANJE TRUPA

Zaštitni premaz se nalazi u tekućem obliku te nakon primjene na određenoj površini stvara tijekom sušenja suhi zaštitni sloj. Svaki zaštitni premaz se sastoji od sljedećih glavnih elemenata:

1. veziva,
2. pigmenata,
3. punila,
4. aditiva i
5. otapala[83].

Veziva su nositelji premaza koji povezuju sve komponente u homogenu cjelinu. Kao veziva služe neisparljive organske tvari u obliku viskoznih kapljevina ili smola. Različita kombinacija veziva daje željeno svojstvo premaza. Vezivo premaznog sredstva razlikuje se od tvari koja čini opnu prevlake ako ona nastaje kemijskih otvrdnjavanjem. Podjela veziva je različita, a najčešća je podjela prema načinu sušenja. U tom slučaju veziva se dijele prema fizikalnom i kemijskom sušenju. Osim prema načinu sušenja veziva se dijele i prema kemijskim spojevima koji ih tvore. Tako postoje veziva na osnovi prirodnih smola, derivata celuloze, prirodnog ili sintetičkog kaučuka, sušivih masnih ulja, poliplasta i bituminoznih tvari[84].

Pigmenti se definiraju kao neotopive organske ili anorganske tvari koje selektivno apsorbiraju i reflektiraju svjetlost, a posljedica toga je određeno obojenje koje daju premazima. Osnovna boja i svojstva pigmenata određeni su kemijskim sastavom i njihova glavna uloga je da premaz čine neprozirnim, da povećaju mehanička i zaštitna svojstva kao i njihovu kemijsku i tehničku postojanost te da poboljšaju refleksiju svijetlosti. Zaštitno djelovanje pigmenata može biti pasivizirajuće, neutralizirajuće i inhibitorsko[85].

Pod pojmom punila podrazumijevaju se jeftini pigmenti u obliku praškaste tvari anorganskog podrijetla koje smanjuju poroznost, ali i cijenu finalnog proizvoda. Dobivaju se ili iz prirodnih minerala ili sintetskim taloženjem iz vodenih otopina. Razvrstavaju se na karbonate, sulfate, okside i silikate. Pigmenti i punila obavezno trebaju biti međusobno kompatibilni kao i s vezivima premaznih sredstava i podlogama na koje se nanose, što znači

[83] Rački-Weihnacht, N.: Boje i lakovi - jučer danas sutra, Chromos boje i lakovi d.d., Zagreb, 2004.
[84] Knifić, Ž., Ivče, R., Komadina, P.: Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2014.
[85] Rački-Weihnacht, N.: Boje i lakovi - jučer danas sutra, Chromos boje i lakovi d.d., Zagreb, 2004.

da se moraju lako miješati s vezivima i da ne smiju izazvati štetne kemijske reakcije ni prije ni poslije prevlačenja[86].

Aditivi su tvari koje imaju značajan utjecaj na svojstva premaza. Dodaju se u premaze kako bi spriječili njihove nedostatke. Aditivi obuhvaćaju slijedeće skupine poput sušila, katalizatora, korozijskih inhibitora, konzervansa, disperzanata i svjetlosnih stabilizatora[87].

Otapala ili razrjeđivači predstavljaju organske spojeve u kojima se vezivo otapa i ne dolazi do kemijskih promjena. Obično se upotrebljavaju za postizanje određene viskoznosti zaštitnih sredstava zbog lakog nanošenja na metalnu površinu. Dijele se na ugljikovodike, derivate ugljikovodika s kisikom i klorirane ugljikovodike dok se ugljikovodici opet dijele na alifatske ugljikovodike, aromatske ugljikovodike. Mnoge vrste otapala imaju djelomičnu restrikciju upotrebe od strane agencije za zaštitu okoliša. Restrikcije postoje i prema vrsti i prema maksimalnom sadržaju organskih otapala u pojedinom proizvodu[88].

Osnovna namjena zaštitnih prevlaka i premaza je produljenje životnog vjeka metala koji se štiti. Zaštitne prevlake ili premazi mogu metalni i nemetalni. Nemetalne prevlake mogu biti anorganske i organske. Anorganske uključuju okside i slabo topive slojeve kromata i fosfata, dok se organski premazi i prevlake primjenjuju i u zaštiti od korozije unutarnjih i vanjskih površina brodskog trupa. Subjekti koji utječu na izbor sustava zaštitnog premaza su:

1. brodovlasnik,
2. međunarodne organizacije,
3. proizvođač boje i
4. brodogradilište[89].

Brodovlasnik traži adekvatan sustav zaštite trupa koji zadovoljava uvjete trajnosti sustava zaštite, sustav zaštite broda trupa kojeg se može lako pregledavati i održavati, sustav zaštite trupa broda na kojem se lako mogu izvoditi radovi remonta i prihvatljivost cijene u odnosu na zahtijevanu kvalitetu.

Subjekti koje postavljaju određenu razinu održavanja a koja ima utjecaj na sigurnost broda, ljudi i zaštitu morskog okoliša su organizacije koje djeluju pod okriljem Međunarodne pomorske organizacije, te organizacije i ustanove koje se bave pregledom i nadzorom broda. Proizvođač boje je odabran od strane brodovlasnika i remontnog brodogradilišta. On mora

[86] Knifić, Ž., Ivče, R., Komadina, P.: Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2014.
[87] Ibid
[88] Ibid
[89] Ibid

ispuniti zahtjeve brodovlasnika za što boljim i dugotrajnijim sustavom zaštite premazima. Tijekom nanošenja premaza predstavnik proizvođača premaza izvodi nadzor kako bi premaz postigao željenu učinkovitost. Brodogradilište mora omogućiti zahtijevane uvjete pri nanošenju premaza, te stručne radnike koji će na učinkovit način izvoditi nanošenje premaza. Kvaliteta nanesenog premaza ovisi o više čimbenika među koje se ubrajaju:

1. svojstva premaza,
2. kemijska svojstva površine metala,
3. priprema površine metala,
4. tehnika nanošenja premaza,
5. debljina nanošenog premaza,
6. kvaliteta nanošenja,
7. klimatski uvjeti prilikom priprema površine, za vrijeme nanošenja premaza te nakon nanošenja premaza i
8. agresivnost okoliša za vrijeme nanošenja premaza te tijekom ekonomskog iskorištavanja broda[90].

Osnovna podjela premaza polazi od njihove namjene. Sama namjena premaza pored ostalog uvjetuje i redosljed nanošenja. Polazeći od navedeno mogu se razlikovati sljedeći premazi:

1. temeljni premaz,
2. međupremaz,
3. završni premaz, te
4. antivegetativni premaz za podvodni dio vanjske oplate[91].

Temeljni premaz je prvi zaštitni premaz koji se nanosi na brodsku konstrukciju i koristi se kao privremeni zaštitni sloj nakon rezanja i sačmarenja čeličnog lima, te kao zaštita od korozije u sustavu premaza. Valja napomenuti da se danas koriste i dvokomponentni premazi koji u potpunosti pružaju potrebna zaštitna svojstva. Međupremaz se nanosi u određenom vremenskom odmaku od nanošenja temeljnog premaza. Posjeduje također antikorozivna svojstva kao temeljni premaz, ali služi i kao podloga za nanošenje završnog premaza. Osnovno svojstvo završnog sloja je pružanje zaštite prema vremenskim i kemijskim utjecajima. Antivegetativni premaz ima svrhu zaštite podvodnog dijela brodskog trupa od obraštanja i zadržavanje glatkoće oplate. Pod pogreškama koje utječu na učinkovitost

[90] Ibid
[91] Ibid

premaza se podrazumijevaju svi nedostaci koji djeluju na njegova zaštitna svojstva i u najvećem broju slučajeva dvode do preuranjenog propadanja premaza. Navedeno se može razmatrati kroz:

1. pogrešan izbor premaza,
2. neodgovarajući sastav premaza,
3. nanošenje premaza u neodgovarajućim uvjetima,
4. defekte koji se manifestiraju lošom prionjivošću,
5. loše nanošenje premaza[92].

U većoj ili manjoj mjeri smanjena učinkovitost premaza izravno djeluje na njegova zaštitna svojstva te najčešće dolazi do propadanja štićenog metala ako je to bio jedini način njegove zaštite.

Ovisno o dijelu konstrukcije koji se štiti premazi imaju i druge namjene osim zaštitne (korozije i obraštanja), a to su protuklizni, protupožarni itd. Pogodan sistem premaza odabire se u ovisnosti o:

1. starosti i veličine broda,
2. područja njegove plovidbe,
3. cijene[93].

Pri tom se vodi računa o trajnosti sustava zaštite, lakoći njegovog održavanja i pregledavanja premaza.

5.1 Antikorozivni premazi

Antikorozivni premazi nanose se na sve metalne dijelove broda. Njihova je primarna zadaća spriječiti propadanje materijala na koji se nanose od razarajućeg djelovanja vode, soli, Sunca, mehaničkih oštećenja i drugog. Na njih se na očekivanje oplakane površine trupa nanosi i antivegetativni premaz. Razlikujemo više vrsta antikorozivnih premaza koji uključuju:

1. temeljni premaz.
2. međupremaz,
3. završni premaz.

[92] Knifić, Ž., Ivče, R., Komadina, P.: Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2014.
[93] Premazi, autorizirana predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2007.

5.1.1 Temeljni premazi

Temeljni premazi (shopprimeri) moraju imati odlike prodiranja da bi se zasitila porozna površina i održala adhezija unutar vremena trajanja sistema, slika 12. Vrlo je važan izbor primera, jer o njemu ovisi odabir slijedećih premaza kao i kvaliteta spajanja brodske strukture (zavarivanje). Funkcija temeljnih premaza je zaštita čeličnih limova i profila tijekom gradnje broda. Karakterizira ih ograničeno vrijeme trajanja koje može iznositi od 4-6 tjedana do 6-8 mjeseci.Primjena je limitirana strogo na vrijeme neposredno po završnom pjeskarenju i odprašivanju podloge.



Slika 12. Nanošenje temeljnog premaza

Izvor: [13]

Primere dijelimo po sastavu kompozicije i efektima:

1. Primer cinkovog silikata sastoji se od dvo- ili trokomponentnog primera sa sadržajem cinkovog praha od 92-94% na količinu osušenog filma, dok preostali dio čini vezivo, organski ili anorganski silikatni polimer. Topiv je u vodi, stoga nezapaljiv. Razvija dim kod obradbe (zavarivanje i rezanje) i donekle utječe na kvalitetu zavarenog spoja. Debljina premaza ne smije prelaziti 30 μm. Dobra adhezija za iduće slojeve premaza postiže se nanašanjem polivinil-butiralfosfornog premaza kiselog tipa, ili druge vrste premaza, kompatibilnog s cinkovim primerom, što je potrebno za cjelovitu povezanost sa završnim slojevima. Trajnost tih premaza kreće se do 12 mjeseci, što se dijelom može pripisati elektrokemijskom učinku anodnog djelovanja.
2. Primer cinkovog epoksida je dvokomponentni primer koji se sastoji od pigmenta cinčanog praha u koncentraciji 92-94% na osušeni film u vezivu od epoksidne

smole i poliamida kao ubrzivača. Preporučena debljina premaza je 18- 25 μm. Vijek trajanja iznosi do 9 mjeseci. Ostale karakteristike su iste kao cinkovog silikata. Usprkos problemu obradbe i relativno lošijoj adheziji cinkova primera, gdje udio suhe mase prelazi i 90%, svaka čestica cinkovog praha kad se podvodno aktivira djeluje kao anoda čime je čelični lim oplate potpuno zaštićen. Postiže se kontinuirano zaštićena ploha, umjesto lokalne zaštite pomoću cinkprotektora. Djelovanje galvanskog članka ovisi o pripremi podloge, jer i najmanja nečistoća prekida električni krug zaštite i dezaktivira sistem.

3. Željezno-oksidni pigmentirani epoksid je dvokomponentni primer koji se sastoji od pigmentiranih polimera željeznog oksida i ubrzivača, redovno spoj poliamida. Debljine od 18-25 μm i trajnosti od 4-6 mjeseci, taj primer također nema škodljivih utjecaja kod obradbe (zavarivanje i rezanje).
4. Polivinil-butiralni kopolimeri bazirani na fenolnim spojevima. Pigment je željezni oksid s korozivnim inhibitorima, cinkovim kromatima ili cinkovim fosfatima. Može također sadržavati fosfornu kiselinu. Preporučena debljina suhog premaza iznosi 12-18 μm, a trajanje premaza oko četiri mjeseca. Nema škodljivih utjecaja kod obradbe[94].

5.1.2 Međupremazi

Kompozicija antikorozivnog premaza za zaštitu brodskog trupa sadrži pet komponenata:

1. Vezivo je smjesa jednostavnih ili složenih prirodnih ili sintetičkih smola i drugih kemijskih komponenata. Funkcija dodanih sastojaka jest poboljšanje performanci premaza, odnosno postizavanje trajnih i čvrstih, ujedno i fleksibilnih filmova dobre adhezije.
2. Pigment je bitni sastojak premaza koji daje pokrivnu moć, pojačava film premaza, daje mu boju, utječe na postojanost filma i štiti od UV zračenja.
3. Ekstender je uobičajeni termin za punilo. To mogu biti i specijalni pigmenti različitog oblika i veličine koji u točnim omjerima premazu daju sjaj i pospješuju aplikaciju na substrat, omogućavajući i nanošenje debljih premaza, te poboljšavajući i mehanička svojstva filma premaza.

[94] Belamarić, B.: Utjecaj hrapavljenja oplakane površine na eksploatacijaska svojstva broda, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.

4. Otapala daju viskozitet premazu te omogućavaju postizavanje točne debljine suhog filma premaza. Otapala su jedini faktor odnosa debljine mokrog i suhog filma premaza.
5. Sikativi (sušila), omekšavala i ostali aditivi imaju funkciju kontroliranja sušenja premaza. Funkcija sušila jest intervencija u intermedijarnim reakcijama vezanja kisika iz zraka na reaktivne molekule premaza (oksidacija ili površinsko sušenje), nakon čega slijedi polimerizacija premaza (proces unutrašnjeg sušenja filma)[95].

Prema složenosti, premaze dijelimo na konvencionalne (standardne), i složene ili sofisticirane. Konvencionalni premazi zasnivaju se na lanenom ulju ili njegovom poboljšanom izdanju na bazi sintetičkog alkidnog veziva. Lako se apliciraju, ali su im svojstva zamjetno slabija od složenijih premaza[96].

Prema djelovanju veziva, premaze dijelimo u tri glavne grupe:

1. oksidirajući,
2. fizički sušivi ili jednokomponentni,
3. kemijski sušivi ili dvokomponentni[97].

Svi konvencionalni premazi pripadaju oksidirajućim premazima, dok složeni premazi mogu biti ili fizički, ili kemijski sušivi premazi.

5.1.2.1. Oksidirajući premazi

Oksidirajući ili premazi sušivi na zraku su uljni i alkidni premazi, relativno kratkih molekularnih lanaca otopljenih u vrlo viskoznom vezivu. Prodorom kisika u film premaza lanci se povezuju. Hlapljenjem otapala, najčešće *white spirit*, kisik nastavlja prodirati u premaz, vezujući se za molekule i produljujući lance do veličine kad ih imobilizira. Tim premazima limitirana je debljina filma budući da može doći do istodobnog površinskog hlapljenja otapala i zaustavljanja prodiranja kisika u nutrinu premaza. Tada otapalo iz nutarnjih slojeva ostaje unutar premaza čime se zaustavlja proces oksidacije. Predstavnici: uljni premazi, alkidni premazi, uretanska ulja, epoksi esteri, fenolni premazi. Uporaba: palube, nadgrađa, strojarnice, pojas gaza[98].

5.1.2.2 Fizički sušivi premazi

Fizički sušivi su skupina složenih premaza s duljim molekularnim lancima čije otapanje zahtijeva velike količine otapala. Tijekom hlapljenja otapala lanci se povezuju i

[95] Ibid
[96] Ibid
[97] Ibid
[98] Ibid

imobiliziraju. Nedostatak fizički sušivih premaza jest da se oni ponovno mogu otopiti djelovanjem otapala. S druge strane to biva prednost jer se mogu nanašati povrh prethodnih premaza, lako se povezujući s tim slojevima. Otapala otope površinski sloj filma tako da se novim premazom dobije homogeni sloj koji stari i novi premaz stopi u jedinstvenu cjelinu. Ta se skupina uglavnom sastoji od asfalta i katrana, odnosno bitumenskih premaza. Pogodni su za primjenu jer nisu bazirani na kemijskoj reakciji, i stoga što okolišna temperatura, osim u ekstremnim uvjetima, ne utječe na kvalitetu aplikacije. Brzina sušenja otapala i strujanje zraka dva su parametra koja određuju brzinu sušenja. Ne smiju se premazivati drugim premazima osim antivegetativnim, zbog opasnosti curenja bitumena kroz film. Dobro podnose vlagu pa se kao primer mogu primijeniti na podvodnim dijelovima broda, pigmentirani s aluminijem. Ne zahtijevaju specijalne postupke pripreme. Predstavnici:

1. Bitumenski premazi (konvencionalni). Primjena: podvodni primer (pigmentiran s aluminijem); antikorozivni premazi u tankovima, lančanicima.
2. Klorirani kaučuk - nanašanje premaza zahtijeva posebnu pripremu zbog mogućnosti da otapalo oljušti prethodne slojeve premaza. Sadrži male količine krutih tvari, otporan je na vodu, vlagu i mehanička oštećenja, traži dobru pripremu (pjeskarenje) i specijalna otapala; nije ovisan o temperaturi aplikacije. Primjena: oplakana površina oplate, paluba.
3. Vinilni premazi – vrlo otporni na vodu, vlagu i mehanička oštećenja; sadrže male količine suhe tvari, traže dobru pripremu (pjeskarenje); ne podnose vlagu za vrijeme aplikacije (moguće ljuštenje), iziskivaju specijalna otapala i nisu ovisni o temperaturi aplikacije. Primjena: pojas gaza, bokovi broda, nadgrađe.
4. Vinil-katranski premazi (kombinacija konvencionalnih i složenih premaza). Nanašanje traži specijalnu pripremu (pjeskarenje) zbog mogućnosti da otapalo oljušti prethodne slojeve filma premaza; vrlo dobra otpornost na vodu i ulja. Primjena: primer za oplakanu površinu, zaštitni premazi za balastne i skladišne tankove[99].

5.1.2.3 Premazi s kemijskom vezom

Premazi s kemijskom vezom (dvokomponentni) su složeni premazi. Imaju vezivo i učvršćivač s tako formiranim molekularnim lancima da isključivo pridržavanjem točno propisanih omjera miješanja postižu ciljani efekt. Njihova iznimna mehanička čvrstoća, otpornost na abraziju te otpornost na djelovanje agresivnih kemikalija rezultat su kemijske

[99] Ibid

veze. Nedostatak im je potreba savršeno pripremljene podloge (pjeskarenje je obvezatno) budući da otapala iz završnog sloja, primjerice kod epoksidnih premaza, ne mogu difundirati u prethodne međupremaze. To je razlog što je za postizanje adhezije nužno hrapavljenje, odnosno pjeskarenje podloge. To nije zajednička karakteristika za sve vrste takvih premaza jer, primjerice, dvokomponentni poliuretanski premaz ipak se otapanjem dovoljno čvrsto veže za podlogu. Svi ti premazi moraju biti aplicirani u određenom temperaturnom rasponu, diktiranim kemijskom reakcijom. Novi generički tip premaza s kemijskom vezom su polisiloksani, polimerne molekule s karakterističnom grupom silicij-kisik (Si-O), koja najnovijim premazima daje izvanredna svojstva na starenje[100].

Uvođenjem nove tehnologije polisiloksana u epoksidne molekule poboljšane su performanse dvokomponentnim premazima. Treba istaknuti svojstvo inertnosti polisiloksanskog lanca na djelovanje kisika, ultravioletnih i sunčevih zraka, kao i izvanrednoj otpornosti na kemijske agense. U usporedbi s dvokomponentnim premazima poliuretanima, ne sadrže izocijanate, a imaju i višu stabilnost sjaja. Prednosti dvokomponentnih premaza na osnovi tehnologije polisiloksana:

1. mogu se neogranično premazivati bez skupog struganja
2. posjeduju visoku otpornost na starenje
3. ne sadrže štetne izocijanate i teške metale
4. sadrže niski udio hlapljivih komponenata[101].

5.2 Antivegetativni premazi

Već su i stari Feničani i Kartažani primjetili stvaranje nakupina biljne flore na trupu broda te su sukladno tome pokušavali spriječiti njihovo nastajanje. Premazivali su trupove drvenih brodova katranom, te mješavinom arsena, sumpora i ulja. Grci su koristili katran ili ulje te su oblagali trupove olovnim oplatama u smislu obrane od brodskih crva. Tijekom 18. st. bakar je prepoznat kao izvrsno rješenje za borbu protiv obraštanja. Uvođenje čeličnih brodova uporaba bakrenih obloga više nije bila moguća zbog korozivnog djelovanja bakra na čelik. Iz tog se razloga ozbiljno predlagao povratak na bradnju drvenih brodova oloženih bakrom. Tek se sa većim brzinama plovidbe uvidjelo koliko je zapravo bitna antivegetativna zaštita. Pokrenuta je potraga za odgovarajućim materijalom koji bi zamijeni bakrene obloge ili njenom izolacijom prema čeliku. Prva prevlaka patentirana isključivo kao sredstvo protiv obraštaja bila je ona Willama Bealea iz 1625. godine te se sastojala od željeza u prahu,

[100] Ibid
[101] Ibid

cementa i nekog bakrenog spoja. Nakon 1835. godine shvaćenoje ozbiljna problem galvanske korozije trupa, pa se javlja potreba za sredstvom koje će to negirati. Tako su počeli eksperimenti sa tvarima koji ispuštaju otrov. Prva takva sredstva bila su preskupa, kratkog vijeka trajanja, a nerijetko i nepouzdana. Početkom 20. st. Talijanska Moravia, premaz na osnovi plastike, smatran je jednim od najboljig antivegetativnih premaza. Međutim, prije nanošenja bilo ga je potrebno grijati što je predstavljalo dodatni trošak i gubitak vremena, pa se tehnologije okrenula premazima koji se suše isparavanjem otapala. Tijekom 60-tih godina 20. st. premazi na osnovi organokositrenih spojeva smatrani su čudotvornim rješenjem jer su predstavljali potpunu zaštitu od obraštanja u trajanju od 5 godina, no za nekih dvadesetak godina otkriveno je da organokositreni spojevi ne ubijaju samo organizme koji obraštaju brodove, već truju i šiti spektar ostalih morskih organizama. Ubrzo nakon toga su izbačeni iz uporabe i zabranjeni za uporabu.

Suvremene tehnologije zaštite trupa od obraštanja sastoje se gotovo isključivo od premaza koje dijelimo u dvije skupine:

1. biocidni i
2. neobraštajući premazi[102].

5.2.1 Biocidni antivegetativni premazi

Učinkovitost biocidnih antivegetativnih premaza ovisi i o samom biocidu i o tehnologiji koja nadzire otpuštanje biocida. Bakar (Cu2O, CuSCN i metalni bakar) je glavno biocidno sredstvo (učinkovit protiv obraštaja životinjskih organizama dok biljni organizmi pokazuju veću otpornost prema djelovanju bakra) koje se koristi u antivegetativnim premazima zajedno sa brzo razgradivim pojačivačima biocida. Glavne značajke uspješno pojačanog biocida su:

1. vrlo niska topivost u morskoj vodi,
2. bezopasnost za čovjeka/okoliš i
3. prihvatljiva cijena[103].

Prema mehanizmu otpuštanja biocida suvremena tehnologija AF premaza dijeli se na:

1. tehnologija premaza temeljenih na prirodnim smolama koji mogu biti:
    a) premazi s topivom matricom
    b) premazi s netopivom matricom

[102] Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T.: Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.
[103] Ibid

2. tehnologija samopolirajućih kopolimera
3. tzv. hibridna SPC/CDP tehnologija[104].

Antivegetativni premazi s topivom matricom sadrže više od 50 posto prirodne smole ili njezinih derivata u vezivu, a biocid je bakreni oksid zajedno s pojačivačima. Iako se u teoriji ovi premazi mogu otapati i imaju polirajući efekt, u praksi se to ne događa zbog gomilanja bakrenih soli i ostalih netopivih spojeva što stvara debeli iscrpljeni sloj. Značajke su im zadovoljavajuće za primjenu u područjima s niskom stopom obraštanja i na brodovima s kratkim intervalima između dokiranja[105].

Premazi protiv obraštanja s netopivom matricom kod ove vrste premaza zbog malog udjela smole nema otapanja tijekom vremena, pa se na površini stvara debeli iscrpljeni sloj (difuzija biocida iz dubljih slojeva je usporena, a prazna matrica povećava hrapavost). Premaz je moguće reaktivirati struganjem prazne matrice, ali to može izazvati ponovni rast morskih trava koje su se naselile u šupljinama[106].

Samopolirajući kopolimerni premazi djeluju na bazi otpuštanja biocida u procesu hidrolize ili ionskom zamjenom između akrilnoga polimera i morske vode isključivo u blizini površine (sloj tanji od 30 μm) što omogućava nadzor otpuštanja biocida i proizvodi efekt samozaglađivanja (povoljno s hidrodinamičkoga stajališta). Idealni su za primjenu na novogradnjama (čvrst i trajan film premaza). Glavni biocid je bakreni oksid zajedno s cinkovim oksidom (ZnO, ZnO_2), pojačivačem koji se brzo razgrađuje, a ne akumulira se u morskom okolišu. Mnogo su učinkovitiji od CDP premaza (stopa otpuštanja biocida je konstantna dokle god postoji sloj premaza)[107].

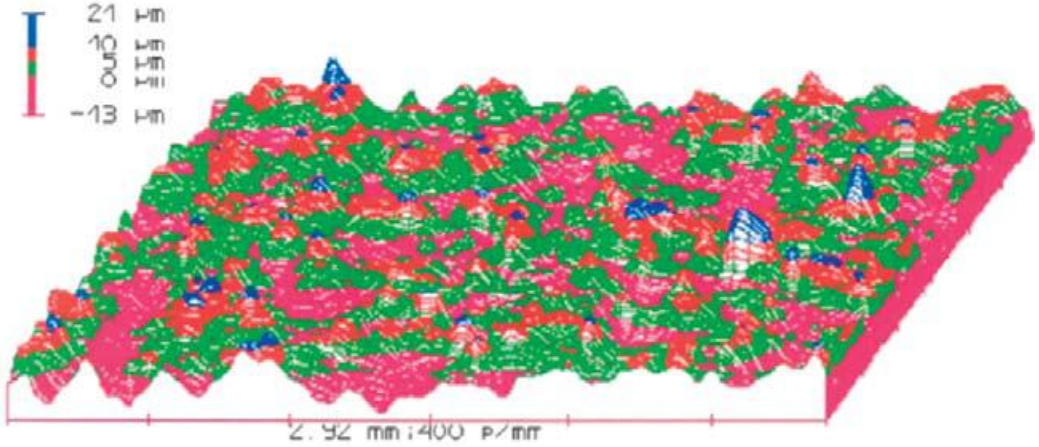
Hibridni SPC/CDP premazi protiv obraštanja je relativno novi tip antivegetativnih premaza te je kombinacija samopolirajućih premaza i CDP tehnologije na osnovi prirodnih smola (mali udio otapala, smanjen iscrpljeni sloj). Smoli su dodani vodotopivi polimer (npr. bakreni akrilat) i pojačivač (cinkov oksid). Učinkovitosti i cijena ovoga tipa premaza nalaze se između performansi i cijena SPC i CDP tehnologija[108].

5.2.2 Neobraštajući antivegetativni premazi

Sa stajališta zaštite okoliša najpoželjniji pristup zaštiti broda od obraštanja svakako je onaj koji se ne oslanja na otpuštanje biocida u morski okoliš. Od mnogih zamisli samo je foul

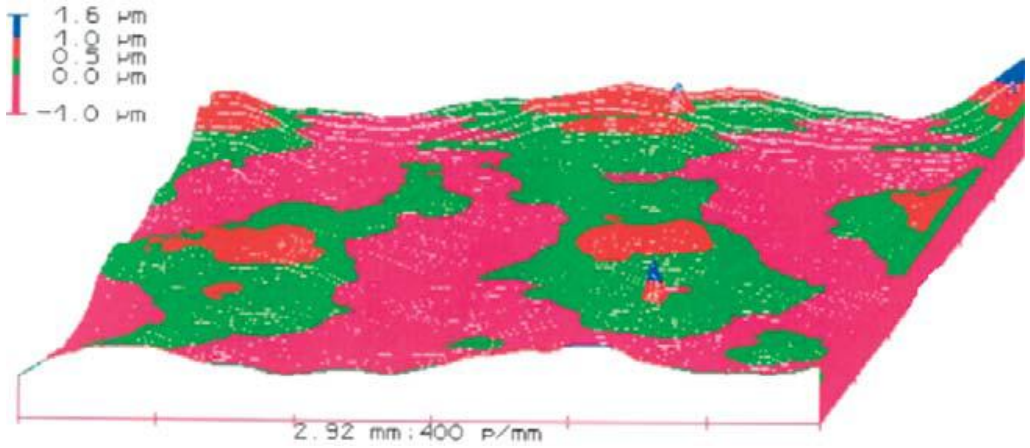
[104] http://www.international-marine.com/antifoulings, 21.7.2016
[105] Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T.: Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.
[106] Ibid
[107] Ibid
[108] Ibid

release tehnologija uspješno komercijalizirana. Foul release silikonski premazi su vrlo glatki što otežava adheziju morskih organizama (morski organizmi radije obraštaju hrapave površinetigmotaktična priroda obraštanja). Dok samopolirajući (SPC) premazi, slika 12., imaju zatvorenu teksturu s učestalim šiljcima i udolinama nalik na površinu planinskog lanca, foul release sustavi, slika 13., imaju površinu otvorene teksture nalik na malo valovitu morsku površinu. Fluorirani silikonski elastomerni polimeri imaju dobra svojstva stvaranja tankoga filma i kemijsku i biološku inertnost, ali su im mehanička svojstva loša. Na brzim brodovima premaz se čisti od obraštaja samim prolaskom trupa kroz vodu dok je na sporim brodovima potrebno provoditi čišćenje (ispiranjem pod niskim tlakom)[109].



Slika 13. Tekstura površine samopolirajućeg premaza

Izvor: [7]



Slika 14. Tekstura površine foul-release premaza

Izvor: [7]

[109] http://www.international-marine.com/antifoulings, 21.7.2016

Na sveučilištima u Newcastleu, Hamburgu i Hirošimi razvijaju se daljinski upravljani roboti za podvodno čišćenje. U tablici 1 dan je prikaz glavnih značajki pojedinih vrsta AF premaza. Unatoč atraktivnim značajkama neobraštajućih premaza do njihove šire primjene nije došlo uglavnom zbog toga što većinu svjetske flote čine tankeri i brodovi za rasuti teret koji ne plove pri dostatno velikim brzinama i nemaju dostatnu aktivnost da bi danas dostupni foul release premazi pokazali svoju učinkovitosti opravdali svoju cijenu koja je 5 do 10 puta viša od cijene ostalih AF premaz[110].

[110] Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T.: Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.

Tabela 1. Prikaz glavnih značajki pojedinih antivegetativnih premaza

Vrsta premaza	Svojstva
Premazi s netopivom matricom	- visoka mehanička čvrstoća - prazna matrica pridonosi povećanju hrapavosti brodskog trupa - premaz je moguće reaktivirati struganjem prazne matrice, ali to može izazvati ponovni rast morskih trava koje su se naselile u šupljinama - kratki životni vijek, do 18 mjeseci
Premazi s topivom matricom, CDP	- visoki udio prirodne smole, bakar kao glavni biocid - niska mehanička čvrstoća - debeli iscrpljeni sloj zbog gomilanja netopivih spojeva (soli, nečistoće) - pruža zaštitu u trajanju do 36 mjeseci - cijena najniža među AF premazima bez kositra
Samopolirajući kopolimeri, SPC	- otpuštanje biocida i otapanje polimera u tankom površinskom sloju – efekt samozaglađivanja - čvrst i trajan fi lm premaza – idealno za primjenu na novogradnjama - glavni biocid je bakarni oksid sa cinkovim oksidom kao pojačivačem - stopa otpuštanja biocida je konstantna dokle god postoji sloj AF premaza - zaštita do 60 mjeseci, ovisno o uvjetima u službi
Hibridni CDP/SPC	- mali udio otapala, kontrolirana stopa otpuštanja biocida - trajniji fi lm u odnosu na CDP premaze - učinkovitost i cijena između performansi CDP i SPC tehnologija - životni vijek do 36 mjeseci
Foul-release premazi	- bez biocida - silikonska baza stvara vrlo glatku površinu koja otežava obraštanje - vrlo mekani, podložni mehaničkim oštećenjima - za samočišćenje potrebna je velika brzina plovidbe ili visoka aktivnost broda - 5-10 puta skuplji od ostalih AF premaza

Izvor: Juraga, I. Stojanović, I., Noršić, T.: Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.

6. NANOŠENJE PREMAZA ZA ODRŽAVANJE TRUPA

Neposredno prije nanošenja premaza, a u cilju što uspješnijeg i potpunijeg prijanjanja premaza na površinu brodske strukture, potrebno je izvršiti kontrolu temperature i vlažnosti zraka. Utjecajni faktori koji se mjere pri nanošenju zaštitnih premaza su:

1. temperatura zraka,
2. relativna vlažnost zraka,
3. temperatura površine i
4. prisutnost vlage na površini čelika brodskog trupa[111].

Temperatura zraka se mjeri termometrom. Relativna vlažnost zraka se mjeri higrometrom, a temperatura površine metala brodske strukture se mjeri kontaktnim termometrom. Na osnovi temperature zraka i relativne vlažnosti može se odrediti minimalna dozvoljena temperatura površine metala brodske strukture na koji se nanosi zaštitni premaz. Ta vrijednost se očitava iz posebnog dijagrama koji se zove nomogram. Najniža temperatura površine metala brodske strukture do koje se može nanositi zaštitni premaz iznosi 3°C iznad temperature rosišta. Ovo se može testirati puhanjem daha prema površini. Ako se na površini vlaga kondenzira, mora nestati u nekoliko minuta. Temperatura rosišta je temperatura na kojoj započinje kondenzacija, jer se na toj temperaturi postiže maksimalni tlak para. Relativna vlažnost je tada 100%. Ako se temperatura spusti, vlaga će kondenzirati na hladnijim površinama[112].

Nanošenje premaza protiv obraštanja na novogradnjama izvodi se u dvije faze:

1. na navozu i
2. u doku.

Razlozi tome su sljedeći:

1. brod će nakon porinuća provesti od 2 do 3 mjeseca u moru, privezan na opremnoj obali, pa ga je potrebno zaštititi od obraštanja već prije porinuća
2. radi ležanja na potkladama nemoguće je zaštititi sva mjesta na podvodnom dijelu trupa
3. u fazi izgradnje na navozu na oplatu broda zavaren je određen broj uški i profila (za transport i manevriranje sekcijama, potporni elementi za porinuće) koje je u doku potrebno odstraniti
4. često je nemoguće premaz nanijeti odjednom u zahtijevanoj debljini.

[111] Skupina autora: Održavanje i remont brodova, autorizirana predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
[112] Ibid

U fazi izgradnje broda na navozu na podvodni dio trupa nanosi se sustav premaza antikorozivne zaštite, te prvi sloj AF premaza. Pripremu površine prije nanošenja svakoga sloja i nanošenje zaštitnih premaza važno je izvoditi u propisanim okolišnim uvjetima. Priprema površine na navozu izvodi se ručnim postupcima čišćenja, najčešće do čistoće St3 prema ISO 8501-1:1988 normi. Nepovoljni uvjeti okolice (npr. prevelika relativna vlažnost zraka) mogu uzrokovati kondenzaciju na čeliku što će izazvati pojavu korozije na nezaštićenim površinama čelične oplate i gubitak prionjivosti premaza na podlogu (supstrat). Proizvođač boje jamči svojstva zaštitnih premaza samo u zadanim uvjetima okolice za vrijeme nanošenja i sušenja (stvrdnjavanja). Potrebno je stoga mjeriti parametre okolice i to: relativnu vlažnost zraka (mora biti manja od 85 posto) i točku rosišta (dew point, temperatura čelika mora biti najmanje 3°C viša od točke rosišta). Kod zaštite od obraštanja novogradnje u doku prva je aktivnost pranje podvodnog dijela trupa pod visokim tlakom i odmašćivanje. Slijedi skidanje montažnih i drugih privremenih elemenata, te steel work i priprema površine koja se provodi pjeskarenjem do čistoće Sa 2.5 prema ISO 8501-1:1988 normi. Nakon pripreme površine pristupa se nanošenju slojeva antikorozivne zaštite i prvoga sloja AF (flekanje). Završna faza tehnologije zaštite od korozije u doku jest nanošenje završnoga sloja AF premaza na podvodni dio brodskoga trupa. AF premazi kojima se zaštićuju bokovi podvodnog dijela (vertikale) i dno broda moraju odgovarati ponešto različitim zahtjevima, pa se iz tog razloga na bokove i na dno nanose različiti premazi u različitim debljinama (premaz na bokovima u eksploataciji se više troši od premaza dna, organizmi koji naseljavaju dno i bokove se razlikuju)[113].

Nadzor nad cijelim procesom obavljaju tri inspektora: inspektor brodogradilišta, inspektor proizvođača boje i inspektor brodovlasnika. Nakon svake pojedine faze inspektori svojim potpisima na Primopredajnom listu označavaju završetak iste. Što su zahtjevi zaštite veći, povećavaju se i zahtjevi izvedbe pojedinih radova i stupnja kvalitete te nadzora pri bojenju. Nadziranje se odvija u tri različite faze koje se kreću u skladu s postupkom površinske zaštite. Tako određene faze se dijele na:

1. Kontrole prije bojenja – pregledava se da li je pripremnjena površina za bojenje u skladu s definiranim standardom,
2. Kontrola tijekom bojenja – međufazne kontrole premaza; uz kontrolu prijašnjih faza, kontrolira se i debljina mokrog filma i

[113] Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T.: Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.

3. Kontrola nakon bojenja – pregledava se debljina suhog filma, potrebno je i provjeriti/ispitati zahtjeve vezane i uz opće pregled i kontinuitet (bez rupica) premaza, adheziju te glatkoću nanesenog premaza[114].

Nakon obavljenog čišćenja, prvi časnik palube u pratnji stručnjaka klasifikacijskog zavoda obavlja pregled vanjske oplate broda. Zadaća prvog časnika palube je utvrditi je li oplata broda ispravno obrađena i da na njoj nema nakupina morske soli. Nakon što je čitava oplata očišćena od prljavštine i obraštaja, moguće je započeti pripremu za nanošenje prvog sloja temeljnog premaza. Nanošenje premaza je važan proces te ima ključne čimbenike:

1. mikro klima tokom nanošenja,
2. aplikacijska oprema (vrsta i stanje),
3. stvrdnjavanje premaza,
4. stručnost osoba koje izvode proces i
5. kontrola kvalitete premaza[115].

Velik utjecaj na svojstva zaštite od korozije i obraštanja premazima ima i pravilan odabir postupka bojenja. Boja, odnosno premaz, može se nanijeti nekim od sljedećih postupaka:

1. Bojenje četkama,
2. Nanošenjem boje lopaticama,
3. Bojenjem valjcima,
4. Prskanjem boje,
5. Uranjanjem i prelijevanjem i
6. Elektroferezom[116]

Odabir postupka nanošenja boje ovisi i o vrsti premaza, zahtijevanoj brzini nanošenja, veličini predmeta ili konstrukcije, dostupnosti ventilacije i o ekološkoj prihvatljivosti.

Nanošenje boje četkama s površine se odstranjuje prašina i do neke mjere čak i vlaga, što čini ovu metodu vrlo pogodnom za nanašanje prvog sloja primera. Ova metoda je dobra za grube i rupičaste površine ako je izvedena pravilno. Njeni nedostaci su sporost, velik broj potrebnih radnih sati i sporo sušenje, ukoliko se želi održavati željena točnost premaza. Pojava tragova od kista, što lokalno daje neravnomjerne debljine boje i neestetski vizualni dojam smatra se još jednim nedostatkom ove metode. Bojenje kistom se prvenstveno koristi

[114] Ibid
[115] Ibid
[116] Ibid

za zaštitu manjih površina na mjestima gdje je otežana ventilacija, odnosno gdje je prskanje neizvedivo (unutrašnjost broda) te na mjestima gdje su spojevi, prijelazi i zavari[117].

Pri ličenju valjcima postiže se uravnoteženiji i glađi sloj boje, ali je pokrivenost premaza dosta slaba (pojava rupica). Gubici su relativno mali, a obično se ne koristi razrjeđivač. Rijetko se koristi u brodogradnji[118].

Kod prskanja zrakom, prskanje se obavlja stlačenim, odnosno komprimiranim, zrakom na sobnoj ili povišenoj temperaturi s pomoću pištona u koji se uvodi zrak pod tlakom od 0.12 do 0.5 Mpa i premazno sredstvo koje se raspršuje zrakom. Premazno sredstvo se raspršuje zrakom u vidu sitnih kapljica, a usis se iz spremnika vrši tlačno ili gravitacijski. Viskoznost se smanjuje dodatkom razrjeđivača, što donosi i niz nedostataka poput duljeg sušenja, tanjeg i prozirnijeg sloja, zagađenja te eksplozivnosti. Glavna prednost zračnog prskanja je visoka produktivnost te ravnomjerna debljina i estetski dojam prevlake[119].

Uz prskanje zrakom, postoji i bezračno prskanje, slika 15., kod kojeg mlaz premaznog sredstva nastaje u pištolju bez miješanja sa zrakom. Ova je metoda najzastupljenija u brodogradnji jer omogućuje brzu primjenu boje na širokim površinama. Odlikuje je vrlo visok učinak, mogućnost nanošenja debljih slojeva i dobra penetracija koja je od posebne važnosti pri nanošenju temeljnog premaza[120].



Slika 15. Nanošenje premaza bezračnim prskanjem

Izvor: [12]

Elektrofereza je postupak kod kojeg se boja visokonaponskim generatorom prije aplikacije električno nabije (pozitivno), a objekt na koji će se boja aplicirati mora se uzemljiti. Time se generira sila privlačenja između boje i objekta, što rezultira optimalnom aplikacijom

[117] Ibid
[118] Huljev, B.: Korozije u brodogradnji, diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.
[119] Ibid
[120] Ibid

boje s minimalnim gubicima. Postupak se izvodi u zatvorenim prostorima, moguće ga je automatizirati, a najveće prednosti pokazuje pri bojenju dugoljastih predmeta poput cijevi i profila[121].

[121] Ibid

7. PRAVNE REGULATIVE U ODRŽAVANJU TRUPA BRODA

U cilju osiguranja provedbe zahtjevanih mjera sigurnosti plovidbe i zaštite okoliša brodovi su podvrgnuti inspekcijskom nadzoru. Razlikuju se inspekcijski nadzor kojeg izvode:

1. ovlaštene organizacije države čiju brod zastavu vije i
2. preglede stranih brodova koji uplovljavaju u obalne vode pojedine države[122]

Obveze provedbe inspekcijskog pregleda temeljene su na međunarodnim konvencijama i zahtjevima**.** Cilj pregleda je:

1. u prvom redu spriječiti brodare u izbjegavaju primjena odredbi pojedinih Konvencija i
2. nepridržavanja zahtijevane razine sigurnosti i zaštite morskog okoliša[123].

Brod se zaustavlja na temelju procjene ovlaštene osobe o stanju broda i opreme tijekom inspekcijskog pregleda, a obavlja se u ime vlade države potpisnice memoranduma. Utvrđivanjem stanja koje ne zadovoljava zahtijevanu razinu sigurnosti plovidbe brod se zadržava u luci. Prije isplovljenja poduzimaju se korektivne radnje kojima se otklanjaju uočeni nedostaci. Ponovnim pregledom se utvrđuje postignuta razina sigurnosti plovidbe te dopušta isplovljenje u slučaju zadovoljenja postavljenih uvjeta. Nedostaci koji mogu dovesti do zadržavanja broda temeljeni na Konvenciji o teretnim vodenim linijama su sljedeći:

1. utvrđivanje područja značajno oštećenih uslijed učinka korozija,
2. utvrđivanje rupičaste korozije koja ima utjecaj na nosivost palube i strukturalne elemente trupa,
3. oštećenja poklopaca skladišta i
4. oštećenje vremenskih i vodonepropusnih vrata[124].

Područja brodske strukture značajno oštećena uslijed učinka korozije se u većini slučajeva javljaju u teretnim prostorima i prostorima balastnih tankova broda te na neodgovarajuće zaštićenom dijelu vanjskih dijelova broda. Značajna oštećenja brodske strukture su moguća kao posljedica svih oblika korozije. Najčešće se radi o lokalnoj koroziji te koroziji uslijed naprezanja i to kao posljedica:

1. nehomogene strukture materijala izloženog homogenom sastavu medija,
2. homogene strukture materijala koja je uslijed raznih onečišćenja podvrgnuta
3. nejednakoj koncentraciji kisika,
4. nejednolikoj temperaturi,

[122] Barić, M.: Pravna regulativa vezana uz održavanje broda, autorizirana predavanja, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2005.
[123] Ibid
[124] Ibid

5. strujanjima elektrolita,
6. odnosno svim uvjetima koji dovode do heterogenog stanja na površini metala,
7. kombinacijom nehomogene strukture materijala i uvjetovanih heterogenih stanja na površini metala[125].

Kod korozije uslijed naprezanja opseg oštećenja temeljen je uobičajeno na vizualnoj prosudbi osobe koja obavlja inspekcijski pregled. Procjena debljine korozivne naslage, dubine oštećenja temeljena su u većini slučajeva na subjektivnom pristupu (svaki subjektivni pristup unosi mogućnost pogreške). Zadržavanje broda temelji se na opsegu oštećenja i utjecaju na sigurnost plovidbe[126].

Tehnički nadzor pomorskih brodova, određivanje standarda i propisane razine sigurnosti tijekom gradnje te ekonomskog iskorištavanja provode klasifikacijski zavodi. Klasifikacijski zavodi obavljaju pregled i nadzor brodova u ime vlade dotične zemlje.U ime Vlade Republike Hrvatske te poslove obavlja Hrvatski registar brodova koji:

1. U dijelu 24 pravila za tehnički nadzor pomorskih brodova propisuje zahtjeve koji se odnose na zaštitu trupa čeličnih brodova od korozije.
2. Zaštitu od korozije drugih tipova brodova, od drugih građevnih materijala Registar posebno razmatra i odlučuje o posebnim mjerama zaštite koje treba poduzeti[127].

Registar također zahtijeva poduzimanje svih potrebnih mjera kojima se isključuje stvaranje kontaktne korozije koja se javlja zbog primjene metala s različitim potencijalima, a koji mogu doći u dodir sa elektrolitom. Registar kod zaštite trupa broda od korozije pored ostalog postavlja zahtjeve pri zaštiti:

1. teretnih prostora,
2. podvodnog dijela trupa,
3. balastnih tankova[128].

Prije ugradnje materijala u brodski trup pregledava se od strane vještaka koji na temelju njegovih obilježja utvrđuje mogućnost primjene. Zaštita čeličnih dijelova od utjecaja korozije tijekom transporta, skladištenja i procesa ugradnje provodi se radioničkim zaštitnim temeljnim premazom. U normalnim radnim uvjetima brodogradilišta, za postizanje odgovarajuće korozivne zaštite za period od 6 mjeseci, potrebno je nanijeti premaz čija

[125] Ibid
[126] Ibid
[127] Ibid
[128] Ibid

debljina suhog sloja iznosi između 15 μm i 20 μm. Premaz mora biti visoko otporan na mehanička naprezanja kojima se izlaže tijekom gradnje broda. Registar zahtijeva zaštitu podvodnog dijela brodskog trupa odgovarajućim sustavom zaštite od korozije koji se sastoji od:

1. zaštite premazima, i
2. katodne zaštite[129].

Kod primjene premaza zahtijeva poštivanje preporuka proizvođača glede pripreme površina, uvjeta primjene te izvođenja zaštite. Nakon ugradnje katodna zaštite provjerava se njena funkcionalnost u morskoj vodi. Sve postignute vrijednosti zaštitne struje i napona valja zabilježiti i sačuvati. Izvještaj podnesen na odobrenje sadrži podatke o svim provjerama za vrijeme izvođenja sustava zaštite. Podvodni dio trupa može se prema Registru zaštititi nanošenjem premaza odobrenih tipova i sustava koje proizvode proizvođači odobreni za takvu proizvodnju. Prilikom prihvaćanja određenog premaza provjerava se:

1. adhezija;
2. otpornost na djelovanje morske vode,
3. temperaturno područje,
4. otpornost na starenje,
5. otpornost na mehanička oštećenja,
6. biološka otpornost,
7. otpornost na odvajanje pri kombinaciji s katodnom zaštitom,
8. sposobnost za obavljanje popravaka tijekom ugradnje i eksploatacije[130].

Postupci zaštite premazima podnose se Registru na odobrenje. Cilj inspekcijskog pregleda Tehničkog direktora je utvrditi odgovara li činjenično stanje zapisa o održavanju i tehničkog stanja broda s trenutnim stanjem broda i vođenim zapisima održavanja. Zapovjednik broda je dužan u vremenskom razdoblju ne manjem od tri mjeseca utvrditi stanje svih brodskih sustava i opreme, osim sustava stroja i pripadajuće opreme te o tome pismenim putem izvijestiti Tehničkog direktora. Upravitelj stroja je dužan u vremenskom razdoblju ne manjem od tri mjeseca utvrditi stanje sustava stroja i pripadajuće opreme. Redovni pregledi obuhvaćaju ispitivanja, mjerenja i kontrolu. Redovno održavanje obuhvaća, ako je potrebno, demontažu, čišćenje, bojanje, zamjenu istrošenih dijelova, itd. Preventivno održavanje je skup aktivnosti koje obuhvaćaju unaprijed planirane zahvate održavanja u određenom vremenskom

[129] Ibid
[130] Ibid

intervalu. Sadržaj radova preventivnih pregleda je promatranje, mjerenje, očitavanje, uspoređivanje, opipavanje i sl. Preventivne preglede izvršava posada broda u toku svog radnog vremena, a zabilješke o izvršenim preventivnim radnjama bilježe se na obrascima. Ako se otkriju nepravilnosti u toku rada pojedinih uređaja, dežurni časnik ili član posade dužan je obavijestiti zapovjednika broda ili upravitelja stroja. Kontrolni pregledi slični su preventivnim pregledima, osim što zahtijevaju pribor za mjerenje ili postupke mjerenja. Kontrolne preglede obavlja posada broda i/ili vanjski izvršitelji. U kontrolne preglede spadaju i oni pregledi koje obavljaju stručne službe ili institucije prema zakonskim i ostalim pravilima i propisima. Učestalost kontrolnih pregleda utvrđuje se prema važećim propisima te uputama Društva, pridržavajući se uputa proizvođača opreme, klasifikacijskih društva, te svih drugih relevantnih preporuka. Tehnički direktor može u bilo koje vrijeme naložiti izvršenje kontrolnih pregleda. Planske obnove/zamjene mogu se izvoditi tijekom eksploatacije broda ili tijekom boravka broda u brodogradilištu. Radove planirane izmjene, odnosno obnove komponenti sustava i opreme mogu izvoditi članovi posade broda ili radionice s kopna. Zapovjednik broda, upravitelj stroja ili druga osoba ovlaštena od strane tehničkog direktora dužna je nadgledati rad vanjskih izvršitelja. Po završetku radova, zapovjednik broda odnosno upravitelj stroja, ovjeriti će izvršenje radova i obavijestiti Tehničkog direktora o tome Izvješćem o izvršenim radovima[131].

Cilj korektivnog održavanja je otkloniti nastali zastoj, kvar ili oštećenje na brodskim sustavima, njihovim komponentama i opremi. Oštećenje je promjena stanja uređaja/opreme koja još ne smeta funkciji, ali se može razviti u kvar. Kvar je promjena stanja uređaja ili opreme kojim je onemogućena njihova funkcija. Zastoj podrazumijeva da je funkcija brodskih sustava djelomično ili potpuno u prekidu, a uzrokovana je oštećenjem ili kvarom. Oštećenje trupa je promjena stanja trupa koja može ugroziti integritet broda. Izvanredni pregled potrebno je poduzeti nakon kvara, zastoja ili oštećenja u slučaju kada to izričito traži klasifikacijsko društvo, odnosno proizvođač komponente sustava ili opreme u cilju da se nakon izvedenog zahvata utvrdi ispravnost. Izvanredno održavanje je potrebno poduzeti nakon kvara, zastoja ili oštećenja. Nakon utvrđivanja zastoja, kvara ili oštećenja za koje se zahtjeva korektivno održavanje Zapovjednik broda dužan je izvijestiti Voditelja tehničkog odjela. Zastoje, kvarove ili oštećenja koje posada može otkloniti sama, otklanja u najkraćem mogućem vremenu. Za sve zastoje, kvarove ili oštećenja za koje se zahtjeva korektivno održavanje, a koje posada ne može sama otkloniti, Voditelj tehničkog odjela dužan je

[131] Ibid

organizirati radionice s kopna. Voditelj tehničkog odjela ne može odgoditi korektivno održavanje za zastoje, kvarove ili oštećenja koje utječu na spremnost broda za plovidbu[132].

[132] Ibid

8. ZAKLJUČAK

Zaštita trupa od korozije i obraštanja predstavlja veliki dio u održavanju broda. Ono služi kao sprečavanje nastanka nepoželjnih korozivnih utjecaja na materijale trupa kao i sprečavanje nastanka nakupina raznih morskih životinjskih i biljnih skupina koji utječu na performanse broda poput otpora i brzine. Što se tiče sprečavanja nastanka korozije, u tu se svrhu koriste tri postupka, a to su uporaba plemenitih, korozijski postojanih, primjena antikorozivnih premaza i katodna zaštita. Antikorozivni premazi predstavljaju barijeru između metalnog trupa broda i mora. Pošto bi sloj premaza treba biti što ujednačeniji i iste debljine, a to je veoma teško postići, vrlo često se koristi u kombinaciji sa katodnom zaštitom.

Osnovni cilj održavanja brodskog trupa je da njegova prjevozna usluga bude učinkovita, profitabilna i sigurna. To se postiže preventivnim djelovanjima i otklanjanjem nastalih kvarova. Održavanje se provodi određenim načelima i pravilima koje su propisale klasifikacijska društva. Pristup održavanju broda može se sagledati sa dva stanovišta, stanovišta troškova i koristi. Dok pristup sa stajališta troškova podrazumijeva postizanje najmanjih mogućih troškova održavanja koji je uzimaju u obzir eventualne troškove kvarova, pristu stajališta pouzdanosti zahtijeva sprečavanje kvarova i njihovih posljedica. Održavanje brodskih sustava može biti planirano i neplanirano. Jedan od važnijih aspekata u održavanju broda svakako su pregledi njegovih sustava i komponenti. Razlikujemo četiri glavne vrste pregleda, a to su redovni pregled, postupni pregled, pregled podvodnog dijela trupa i ostali pregledi. Hrapavost oplakane površine utječe na smanjenje učinkovitosti broda na način da povećava njegov otpor. Ono je trajni proces od početka bradnje do završetka eksloatacije. Deterioracija oplakane površine je trajni proces pogoršanja performansi broda. Deterioracija je ireverzibilni proces, a upravo je cilj održavanja premazima ključan u održavanju plovila što bliže izvornom stanju deterioracije za životnog tijeka broda.

Priprema metalnih dijelova za premaz počinje odmah po dokovanju broda. Postoji više tehnologija pripreme površine za premaz, a ponajviše oviti o tehničko-tehnološkoj opremljenosti brodogradilišta. Priprema površine mogu se izvoditi pri temperaturi od najmanje 3° C iznad rosišta ili pri relativnoj vlažnosti zraka ispod 90%. Prije nanošenja premaza, metalnu je površinu potrebno pripremiti na način da se ukloni oksidni film, korozijske produkte i sve ostale nečistoće. To se postiže odmašćivanjem, pjeskarenjem, kemijskim i elektrokemijskim čišćenjem itd. Postoje tri postupka pripreme metalne površine, a to su suhi, mokri i mehanički. Nakon izvedene pripreme izvodi se pregled površine koji utvrđuje stanje pripremljene podloge. Sam cilj pripreme podloge je što bolje prianjanje boje

na tu površinu. Kad je utvrđeno stanje pripremljene podloge, pristupa se defektaciji kojom se pregledavaju i ocjenjuju oštećenja mjerenjem deformacije. Izbor odgovarajućeg sustava antikorozivne zaštite ovisi o mnogobrojnim elementima koji su navedeni u tom poglavlju.

Zaštitni premazi su tekućine koje nakon primjene na površini stvaraju suhi zaštitni sloj. Sastoje se od nekolicine glavnih elemenata poput veživa, pigmenata, punila, aditiva i otapala. Njihova je osnovna namjena produljenje životnog vijeka metala kojeg štite. Redoslijed nanošenja premaza i njihova namjena dijeli ih na temeljne premaze, međupremaze, završni premaz i antivegetativni premaz. Prva tri služe za antikorozivnu zaštitu, dok antivegetativni, kako mu i sama riječ govori, služi za zaštitu podvodnog dijela brodskog trupa od obraštanja i zadržava glatkoću oplate. Smanjena učinkovitost premaza izravno utječe na zaštitna svojstva metala kojeg štiti. Premazi imaju i druge namjene poput sprečavanje klizanja i požara. Antikorozivni premazi nanose se na sve metalne dijelove broda. Njihov cilj je sprečavanje propadanja materijala na koji se nanose. Antivegetativni premazi dijele na biocidne i neobraštajuće premaze.

Prije samog nanošenja boje potrebno je napraviti kontrolu tempereture i vlažnosti zraka. To je od presudne važnosti jer ako nisu zadovoljeni uvjeti minimalne temperature i vlažnosti zraka boja neće dovoljno penetrirati u materijal te premaz neće biti kvaliteno nanešen. Vrijednost povoljnih uvjeta očitava se iz nomograma. Nanošenje premaza izvodi se ili na navozu ili u doku. Odmah nakon čišćenja pristupa se nanošenju slojeva antikorozivne zaštite i prvog sloja antivegetativne zaštite. Nanošenje premaza završava sa posljednjim slojem antivegetativnom premaza. Potrebna su tri inspektora za nadzor nanošenja premaza. Oni izvršavaju kontrole prije, tijekom i nakon bojenja. Pravilan odabir postupka bojenja ima velik utjecaj na svojstva zaštite. Njegov odabir ovisi o vrsti premaza, brzini nanošenja, veličini objekta, vrsti ventilacije i o ekološkoj prihvatljivosti. Neki od postupaka nanošenja boje su nanošenje četkama, valjcima, prskanjem ili elektroferezom.

Pravne regulative osiguravaju provedbe zahtjevanih mjera sigurnosti plovidbe i zaštite okoliša. To se naziva inspekcijskim nadzorom. Na temelju procjene ovlaštene osobe o stanju broda brod se zaustavlja kako bi se izvršio inspekcijski nadzor. Ako su uočeni nedostaci brod ostaje u toj luci sve dok se oni ne uklone. Posljedica svih oblika korozije su oštećenja brodske strukture. Tehnički nadzor pomorskih brodova, određivanje standarda i propisane razine sigurnosti tijekom gradnje te ekonomskog iskorištavanja provode klasifikacijski zavodi. U ime Vlade Republike Hrvatske te poslove obavlja Hrvatski registar brodova. Podvodni dio

trupa može se prema Registru zaštititi nanošenjem premaza odobrenih tipova i sustava koje proizvode proizvođači odobreni za takvu proizvodnju. Registar odobrava sve postupke zaštite premazima.

LITERATURA

KNJIGE:

1. Martinez, S.: Katodna zaštita konstrukcija u moru, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
2. Chandler, K.A.: Marine and Offshore Corrosion, Butterworths, London, 2009.
3. Esih, I.: Osnove površinske zaštite, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2003.
4. Rački-Weihnacht, N.: Boje i lakovi - jučer danas sutra, Chromos boje i lakovi d.d., Zagreb, 2004.

OSTALA LITERATURA:

5. Zaštita od korozije, autorizirana predavanja iz kolegija Zaštita i korozija metala, Pomorski fakultet u Splitu, Split, 2007.
6. Skupina autora: Mehanizmi zaštite od korozije, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2012.
7. Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T.: Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.
8. Mohović, R., Zorović, D., Ivče, R.**:** Održavanje broda, zaštita materijala, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2007.
9. Belamarić, B.: Utjecaj hrapavljenja oplakane površine na eksploatacijska svojstva broda, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.
10. Knifić, Ž., Ivče R., Komadina P.: Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2014.
11. Skupina autora: Održavanje i remont brodova, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
12. Huljev, B.: Korozije u brodogradnji, diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.
13. Premazi, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.
14. Barić, M.: Pravna regulativa vezana uz održavanje broda, autorizirana predavanja, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2005.
15. Protective Coatings Europe, Volume 7, srpanj 2002.
16. Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, 2011.

INTERNET IZVORI

17. http://www.international-marine.com/antifoulings, 21.7.2016

POPIS SLIKA

Slika 1. Brzina korozije u morskoj vodi u odnosu na položaj objekta 4
Slika 2. Galvanska korozija metala 5
Slika 3. Prikaz dielektričke barijere čelika i atmosfere 6
Slika 4. Primjer karodne zaštite broda 9
Slika 5. Žrtvujuće anode na području propelera 10
Slika 6. Shema sustava katodne zaštite narinutom strujom 11
Slika 7. Faze obraštaja brodskog trupa 12
Slika 8. Prikaz promjene hrapavosti broda u eksploataciji 22
Slika 9. Odnos između relativne vlažnosti, temperature zraka i temperature površine 27
Slika 10. Skidanje stare boje brodskog trupa 30
Slika 11. Razni tipovi pneumatskih brusilica 34
Slika 12. Nanošenje temeljnog premaza 42
Slika 13. Tekstura površine samopolirajućeg premaza 49
Slika 14. Tekstura površine foul-release premaza 49
Slika 15. Nanošenje premaza bezračnim prskanjem 55

POPIS TABLICA

Tabela 1. Prikaz glavnih značajki pojedinih antivegetativnih premaza 51

METAPODACI

Naslov rada: Uporaba zaštitnih premaza u održavanju trupa broda

Student: Tomislav Franc

Mentor: dr.sc Tomislav Rožić

Naslov na drugom jeziku (engleski): Usage of protective coatings in ships hull maintenance

Povjerenstvo za obranu:

- Prof.dr.sc Kristijan Rogić _____ predsjednik
- Dr.sc Tomislav Rožić _____ mentor
- Dr.sc Vlatka Stupalo _____ član
- Prof.dr.sc Natalija Kavran _____ zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za vodni promet

Vrsta studija: Preddiplomski

Studij: Promet

Datum obrane završnog rada: 13.9.2016.

Napomena: pod datum obrane završnog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan i necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **Uporaba zaštitnih premaza u održavanju trupa broda**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademsko repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 9/4/2016 Tomislav Fuzec

(potpis)