



nova

Noćna mora za vlasnike plovila

Korozija

U nekim od prethodnih brojeva NBN povremeno smo pisali o koroziji, ali nikada do sada nismo temeljito obradili ovaj proces, odnosno nismo ovoj temi dali prostora koji ona zaista zaslužuje. Korozija je problem s kojim se susreće svaki vlasnik plovila, ali ne samo plovila. Korozije ima svuda oko nas, ali na plovilu koje je uronjeno u more, a koje je ujedno i elektrolit, učinci korozije vidljivi su posvuda. Na neki način stupanj korozije pojedinih dijelova plovila stvara opći dojam o vašem plovilu, a time indirektno utječe i na cijenu plovila kada ga želite prodati. O stupnju korozije pojedinih vitalnih metalnih dijelova ovisi sigurnost posade i plovila. Da nema procesa korozije veliki željezni trgovački brodovi mogli bi plovi-

Svaki iskusni nautičar odmah će prepoznati znakove korozije, bez obzira na to gdje se ona pojavila, ali kada treba objasniti o čemu je zapravo riječ, kako i zbog čega nastaje, a posebno kako spriječiti ili barem usporiti njezino razorno djelovanje, nailazimo na podosta konfuznih i kontradiktornih tumačenja. Posebno kada je riječ o tome kako se zaštititi od korozije. Stoga ćemo u ovom i par sljedećih nastavaka pokušati pojasniti i približiti ovu problematiku

ti desecima godina, samo bi mijenjali potrošne dijelove motora ili opreme. Međutim baš zbog korozije njihov vijek trajanja je relativno kratak.

Prepoznavanje korozije

Taman kada mislimo da smo se riješili korozije time što smo nešto dobro očistili i preventivno premazali bojom, lakom ili pocinčali, korozija ponovno napada! Osim što je ružna, može biti i vrlo opasna. Pojavljuje se na svim dijelovima, plovila: osovini, propeleru,

kormilu, natezačima, sajlama, vijcima i svim metalnim priključcima na oplati, motoru i ispuhu, a njeni znakovi vidljivi su posvuda, na drvu, metalu, prokromu, aluminiju, mjedi ali i na svim ostalim dijelovima plovila. Zamjećujemo je kao piting, male točkice hrđe na prokromu, ali i kao velike mrlje hrđe na željeznim dijelovima, kao bijeli prah na aluminiju, zelenu tvar na mjedenoj (mesinganoj) površini, na bronci, pa čak i na drvu. Možda vam ovo zvuči čudno, ali proces korozije može ugrozi-

ti i drvene dijelove plovila, o čemu ćemo riječ-dvije reći kasnije.

Svaki iskusni nautičar odmah će prepoznati znakove korozije bez obzira na to gdje se ona pojavila, ali kada treba objasniti o čemu je zapravo riječ, kako i zbog čega nastaje, a posebno kako je spriječiti ili barem usporiti njeno razorno djelovanje, tada u objašnjenjima često vlada poprilična konfuzija jer su ona često proturječna. Posebno kada je riječ o tome kako se zaštititi od korozije. Neki tvrde da svu opremu treba uzemljiti i povezati, dok drugi smatraju da samo neke dijelove treba uzemljiti, a da neke dijelove uopće ne treba štiti. Ovako različiti savjeti i objašnjenja unose popriličnu zbrku i djeluju zbunjujuće na vlasnike plovila, a često i proizvođači podliježu ovoj konfuziji, pa problem zaštite od korozije možete imati i s novim plovilom.

Do korozije može doći na metalu izloženom slanoj vodi ili samo zraku u kojem ima morske vode u obliku kapljica. U svakom slučaju koroziju moramo imati pod kontrolom jer u protivnom troškovi popravka ili zamjene pojedinih dijelova mogu biti vrlo visoki. Nerijetko mogu biti i uzrokom havarija ili većih oštećenja koja mogu ugroziti i plovilo i posadu.

Što je to korozija?

Najkraće rečeno, korozija je destruktivni proces na površini metala koji nastaje u reakciji s medijem koji ga okružuje. U većini slučajeva to je elektrokemijski proces odnosno reakcija. Ona može nastati i mehaničkim djelovanjem npr. kavitacijska korozija koja

nastaje na propeleru ili nekim drugim dijelovima koji se brzo kreću kroz medij. No u našim razmatranjima ograničit ćemo se samo na elektrokemijske vrste korozije.

Za potpuno razumijevanje ovog procesa neophodno je elementarno poznavanje strukture materijala bolje rečeno atoma. Vrlo pojednostavnjeno; atom se sastoji od pozitivnih i negativnih čestica odnosno iona. Uslijed električnog napona, a uz pomoć medija, tj. elektrolita, dijelovi odnosno čestice atoma putuju s atoma jednog metala na atom drugog metala. Pri tome metal koji gubi čestice polako nestaje ili pojednostavnjeno rečeno biva "pojeden" ili se zbog promjene strukture atoma mijenja kemijski sastav, pa se površina metala kemijski mijenja u oksidne spojeve.

Već smo rekli da je korozija vrlo kompleksan elektrokemijski proces. U stručnim publikacijama, ovisno o autoru, naći ćete opise dvadesetak različitih vrsta korozijskih procesa. Mi ćemo se ograničiti samo na tri osnovne kategorije karakteristične za plovilo u



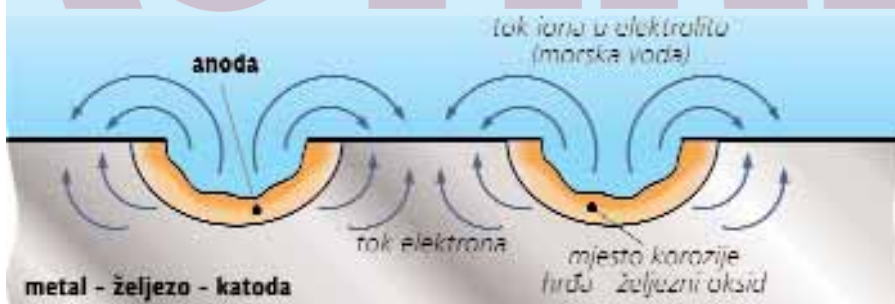
Premazivanje bojom ne zaustavlja proces korozije

slanom morskom okruženju, koje najčešće napadaju naše plovilo i bitno utječu na njegovo opće stanje.

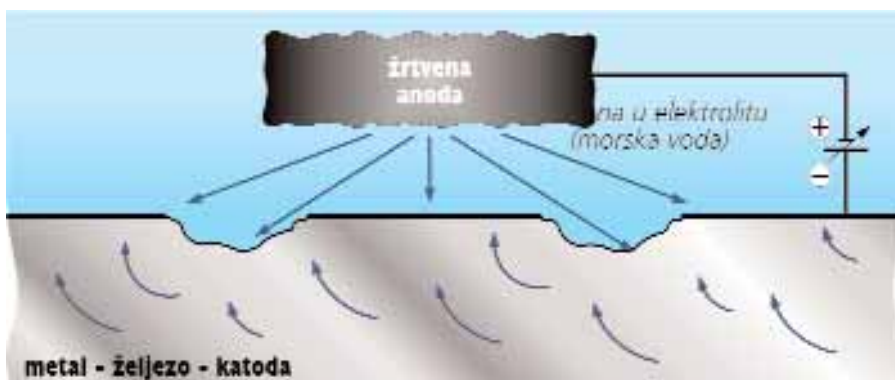
Vrste korozije

Jednostavna elektrokemijska korozija

U ovoj vrsti korozije uključen je samo jedan metal, i to čist kao što je npr. čelik, aluminij, cink ili neka legura poput bronce, mjedi, nehrđajućeg čelika (inox), koji je u kontaktu s elektroli-



Slika 1 - Proces galvanske korozije - kad je jedan metal u elektrolitu



Slika 2 - Proces galvanske korozije - kada su dva različita metala u elektrolitu

tom. Elektrokemijska korozija može djelovati u zraku ili pod vodom. Ovaj proces se odvija stalno, ali vrlo sporo. Npr. novi aluminijski jarbol vrlo brzo prekrije tanki sloj aluminijevog oksida koji je uzrokovala ova vrsta korozije.

Galvanska korozija

Galvanska korozija je korozija između dva ili više različitih metala. Ona se javlja kod metala koji imaju različiti elektrokemijski potencijal (vidi



Bezazleno, ali ružno

tablicu elektrokemijskih potencijala pojedinih metala ili legura), a međusobno su povezani preko elektrolita ili provodnika. Tok struje između navedenih metala koji nastaje zbog razlike potencijala između njih, uzrokuje koroziju odnosno nestajanje metala s nižim električnim potencijalom koji nazivamo anodom. Metal s višim električnim potencijalom nazivamo katodom. Metali moraju biti povezani metalnim provodnikom ili u izravnom dodiru s elektrolitom kao što su slana voda ili slani zrak. Proces galvanске korozije je taj koji je odgovoran za nagrizanje cink-protektora, na podvodnom dijelu plovila. Cink protektor je u našem slučaju anoda (slika 1 i 2).

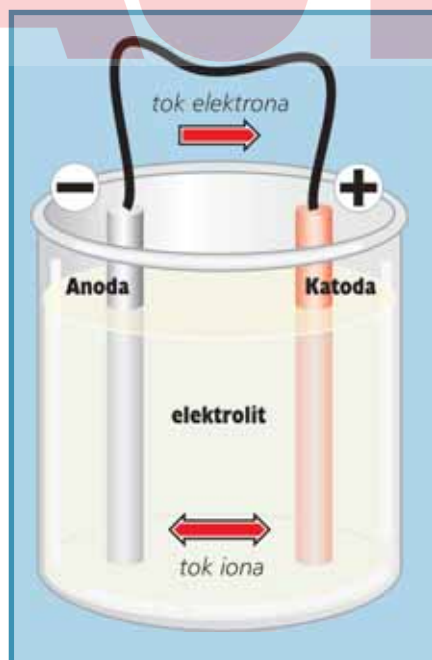


Elektrolitska korozija

Elektrolitska korozija nastaje kada su dva različita metala u dodiru s elektrolitom, ali u ovom slučaju korozija nastaje zbog električne struje koja teče između dva metala, a koja dolazi sa strane. Ona se događa npr. kada pozitivni vodič na pumpi kaljuže ide izravno kroz motor pumpe, a na prekidaču ili plovku za uključivanje kaljužne pumpe prekidamo negativni vodič, ili ako jednostavno imamo proboj pozitivnog vodiča na bloku motora ili u vodi kaljuže. Ova vrsta korozije se može događati istovremeno s galvanском korozijom. Međutim njeni učinci u negativnom smislu mogu biti vrlo brzi i dramatični. U roku od nekoliko mjeseci mogu u potpunosti nestati pojedini dijelovi strojeva ili opreme, npr. nestane rotor neke pumpe ili dio propelera. Stoga je važno što ranije otkriti mjesta na kojem je došlo do proboja i što ranije otkloniti kvar.

Korozijski proces

Da bi uopće došlo do korozije moraju biti uključena četiri elementa. To su anoda, katoda, metalni provodnik i elektrolit. Pri tome katoda i anoda moraju biti



Slika 3 - Jednostavna galvanška ćelija. Struja, odnosno tok elektrona ide s anode prema katodi preko metalnog provodnika. U elektrolitu ioni putuju dvosmjerno, pozitivni ioni putuju prema negativnoj anodi, a negativni ioni prema pozitivnoj katodi

u kontaktu s elektrolitom. Ova četiri elementa čine galvanšku ćeliju (slika 3).

Kisik i vodik također sudjeluju u procesu korozije. Ili su prisutni u zraku ili kao produkt kemijske reakcije razlaganja vode na vodik i kisik. 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 mari-



Odavde mogu početi ozbiljni problemi

na 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.

Koroziju možemo promatrati kao borbu prirode da ono što smo izvukli iz zemlje vrati u prvobitno stanje! Iz zemlje vadimo željezne rude, u osnovi željezni oksid koji se preradom pretvara u željezo. Proces korozije pretvara željezo u hrđu, odnosno ponovno u metalni oksid kakav je bio prije prerade.

Metalni oksid bilo kojeg metala krajnji je produkt korozije. Slično se događa i s aluminijem, ali i bezbroj drugih stvari koje nas okružuju. Priroda se sama pobrinula da se stvari recikliraju. 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. Naravno da se ni sve vrste aluminijskih legura u morskom okruženju ne ponašaju jednako. Zato u našem slučaju uzimamo u obzir samo one vrste proizvedene baš za ovu namenu; npr. AlMg4,5 i slične.

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).

Zaključak

U uvjetima kada nema vanjskih utjecaja korozija je vrlo spor proces, posebno ako je riječ o legurama bakra npr. bronca. Problem počinje kada su uključeni jedan ili više vanjskih faktora koji ovisno o vrsti i brojnosti dramatično ubrzavaju ovaj proces. Neko od tih glavnih utjecaja su:

- jakost odnosno koncentracija elektrolita,
- temperatura elektrolita,
- oplakuje li elektrolit metal ili se proces događa u statičnim uvjetima,
- zagađenost elektrolita kemikalijama i organizmima,
- vrsta električnog (mehaničkog) kontakta između različitih metala,
- napon i jakost električne struje,
- način spajanja žrtvenih anoda,
- mjesto i broj žrtvenih anoda,

Utjecaj korozije na drvo

Dvije stvari se događaju tijekom korozijskog procesa. Atomi metala nestaju s anode. To je korozija. Pri tome ioni putuju kroz morsku vodu. Oni mogu formirati zaštitni sloj na katodi ili proizvesti alkalne spojeve koji napadaju drvo.

Ako voda sadrži više kisika i vodika (OH-) nego vodika (H+), kažemo da je voda kisela. Morska voda je u normalnoj situaciji blago kisela. Ako vodikov oksid koji proizvodi katoda nije u ravnoteži s reakcijom anode (žrtvene anode nema ili je pogrešno postavljena) i ako se on koncentrira oko katode, što je slučaj kada brod miruje u zatvorenim vodama marine ili lučice, voda u okolici katode postaje ekstremno kisela. Ona pak uzrokuje rastvaranje lignina koji je osnovno vezivo među celuloznim vlaknima u drvu i koji daje čvrstoću stanicama drva. Ovu pojavu nazivamo alkalna delignifikacija i najčešće se događa oko brončanih, mjedenih ili ispusta od nehrđajućeg čelika na podvodnim dijelovima drvenog broda. Prepoznajemo je po sitnim bijelim kristalčićima koji se nakupljaju oko ispusta. Drvo postaje mekano i porozno. Iz navedenog je jasno da je ispust u ovom slučaju katoda i da s antikorozivnom zaštitom nešto nije u redu.

TABLICA ELEKTROKEMIJSKIH POTENCIJALA ZA NEKE METALE I LEGURE

Magnezij i legure magnezija	-1,60 do -1,63 V
Cink	-0,98 do -1,03 V
Aluminijske legure	-0,76 do -1,00 V
Mekani i visoko legirani čelici	-0,60 do -0,71 V
Nehrđajući čelik 304 nepasiviziran	-0,46 do -0,58 V
Nehrđajući čelik 316 nepasiviziran	-0,43 do -0,54 V
Aluminijska bronca	-0,31 do -0,42 V
Čisti kalaj (kositar)	-0,31 do -0,32 V
Bakar	-0,30 do -0,57 V
Nehrđajući čelik za osovine (UNS S 20910)	-0,25 do +0,06 V
Bronca	-0,24 do -0,31 V
Olovo	-0,19 do -0,25 V
Nikal	-0,10 do -0,20 V
Nehrđajući čelik 304 pasiviziran	-0,05 do -0,10 V
Titani	-0,05 do -0,06 V
Nehrđajući čelik 316 pasiviziran	-0,00 do -0,10 V
Zlato	+0,10 do +0,22 V
Platina	+0,19 do +0,25 V
Grafit	+0,20 do +0,30 V

Potencijalna razlika koja postoji između različitih metala i otopina njihovih soli određuje se prema standardnoj vodikovoj elektrodi pri određenom tlaku tj. u laboratorijskim uvjetima.

U tablici su ove vrijednosti korigirane prema realnim uvjetima koji vladaju u morskom okruženju, slanosti i temperaturi mora. (prema ABYC standard E-2.)

Svi metali mogu korodirati. Čisti metali poput čelika ili aluminija korodiraju u pravilu brže nego njihove legure kao što su nehrđajući čelici ili bronca, a svi se oni klasificiraju prema molekularnoj strukturi i električnom potencijalu.

Metali s većim negativnim predznakom korodiraju brže od metala s višim elektrokemijskim potencijalom. Što je razlika potencijala između dva metala veća, odnosno što su oni u tablici međusobno više udaljeni, to je tok struje veći, a time i proces korozije anode (metala s većim negativnim potencijalom) brži.

U tablici nije specificirana legura aluminija i cinka od koje se proizvode žrtvene anode (cink-protektori). Potencijal za ovu leguru ne smije biti viši od -1,100 V.

Dodatne probleme s korozijom može dodatno zakomplicirati:

- način na koji je cijeli brodski sustav uzemljen,
- iako je u cijeli sustav uključena i gromobranska instalacija

Jednostavnim i kvalitetnim testovima možemo odrediti koliko je naše plovilo potencijalno ugroženo korozijom, što znači da probleme možemo preduhitriti ili ako već postoje onda ih je odgovarajućom metodom moguće riješiti ili barem ublažiti. U svakom slučaju proces korozije možemo nadzirati i kontrolirati kako ne bi došlo do ozbiljnih problema.

Ali prije nego dodemo do ovog dijela, potrebno je malo podrobnije objasniti neke procese. Stoga ćemo u sljedećem broju malo podrobnije objasniti jednostavnu elektrokemijsku, galvansku i elektrolitsku koroziju i mjesta gdje se one javljaju u praksi.

Marko Cvitanić