

# Učinkovita antikorozivna zaščita plovil 1.del

(foto in tekst Tadej Povhe)

Večina lastnikov plovil se je že na takšen ali drugačen način seznanila s pojavom korozije, zato se ob tem postavljajo vprašanja, kako najbolj učinkovito zaščititi svoje plovilo pred nevarnim pojavom korozije oziroma galvanskim razjedanjem, kako plovilo vzdrževati in kako se izogniti nenamernim napakam. Z namenom odpravljanja napak pri katodni zaščiti plovil v prispevku podajam osnove elektrokemičnih procesov, ki se pojavljajo v procesu galvanskega razjedanja, nasvete za primerno izbiro žrtvenih anod in njihovo montažo pri katodni zaščiti plovila ter priporočila za vzdrževanje plovila. Na tem mestu bi se rad v naprej opravičil strokovni javnosti pri rabi posameznih izrazov, ki morda v posameznih primerih niso najbolj strokovno primerni, vendar je njihova raba upravičena zaradi želje po čim bolj plastičnem oziroma jasnem prikazu problema in poljudni usmerjenosti prispevka.

Prvi zabeleženi primer uporabe katodne zaščite pripisujejo kemiku Sir Huphreyju Davyju, ki je v letih 1820 katodno zaščito predlagal za antikorozivno zaščito angleških vojnih ladij. Mnogo kasneje v letih 1930 se je katodna zaščita pričela množično uporabljati za zaščito visokotlačnih cevovodov za zemeljski plin in naftne derivate na področju Združenih držav Amerike. Šele v štiridesetih letih prejšnjega stoletja so pričeli postopke galvanizacije (kemijski postopek nanašanja ene kovine na kovino, ki jo želimo ščititi) uporabljati za zaščito kovin, v sedemdesetih letih pa se je katodna zaščita pojavila tudi v gradbeništvu na področju gradbenih konstrukcij oziroma armiranega betona.

## Osnove katodne zaščite

V osnovi poznamo dva načina razpadanja kovin. Prvi pojav razpadanja oziroma korozije je posledica izpostavljenosti kovine agresivnemu mediju (npr. morska voda), kjer se na površini kovin pričnejo odvijati reakcije oksidacije oziroma oddajanja elektronov, kar ima za posledico korodiranje oziroma razpadanje kovine.

V drugem primeru pa govorimo o tako imenovanem galvanskem razjedanju, kjer sta dve različni kovini v fizičnem stiku in tvorita zaključen električen krog preko elektrolita (morska voda). Zaradi različnih električnih potencialov kovin in medsebojne povezanosti prične teči električni tok med kovinama. Pri tem se bolj aktivna oziroma neplemenita kovina prične obnašati kot anoda, kar se odraža v njenem korodiranju ali razjedanju (žrtvena anoda), medtem ko manj aktivna kovina pridobi lastnosti katode in je zato zaščitena (ladijski vijak, pogonska gred in podobno). Plemenitostno vrsto kovin oziroma podatke o standardnih elektrokemičnih potencialih za nekaj čistih kovin pri standardnih pogojih (v 1 N raztopini lastnih ionov in temp. 25°C ter primerjalno glede na vodikov potencial) najdemo v večini elektrokemičnih priročnikov in služi kot priročnik za izbiro žrtvenih anod glede na kovine, ki jih želimo ščititi.

elementi	potencial v voltih [V]	
Pt/Pt <sup>2+</sup> .....	+1,60	Plemenite ali neaktivne kovine
Au/Au <sup>3+</sup> .....	+1,50	
Ag/Ag <sup>+</sup> .....	+0,81	
Cu/Cu <sup>2+</sup> .....	+0,35	
H <sub>2</sub> /2H .....	0	
Pb/Pb <sup>2+</sup> .....	-0,13	Neplemenite oz. bolj aktivne kovine
Fe/Fe <sup>2+</sup> .....	-0,44	
Zn/Zn <sup>2+</sup> .....	-0,76	
Al/Al <sup>3+</sup> .....	-1,66	
Mg/Mg <sup>2+</sup> .....	-2,37	

Kovino je mogoče katodno zaščititi le z vzpostavitvijo galvanskega člana med to kovino in kovino, ki je bolj aktivna oziroma neplemenita od kovine, ki jo želimo ščititi. V tem primeru se bo zaščitena kovina obnašala kot katoda in ne kot anoda, kar bo preprečevalo njeno korodiranje.

Poznamo in uporabljamo dve vrsti katodnih zaščit in sicer zgoraj opisano pasivno katodno zaščito z žrtevno anodo in aktivno katodno zaščito, kjer se na elektrode dovaja tok iz posebnih namenskih izvorov, najpogosteje akumulatorjev. To zahteva redno polnjenje akumulatorja, kar na žalost vedno ni mogoče. Posledica tega je izpraznjenost akumulatorja in nedelujoča katodna zaščita, ki je včasih tudi posledica napak na elektroniki. Sistem aktivne katodne zaščite se uporablja pri kompleksnih zaščitah in slabo prevodnih medijih, je bolj zahteven in tudi dražji, medtem ko je sistem pasivne katodne zaščite enostaven in cenen ter najprimernejši za zaščito v morski vodi.

## Materiali za anode

Žrtvene anode so največkrat izdelane iz cinka, aluminija, magnezija in zlitin aluminij-cinka, katerim so dodani posamezni legirni elementi, odvisno od vrste elektrolita (morje, sladka voda) in njegove vegetacije. Nadzorovano dodani legirni elementi omogočajo enakomerno raztapljanje posameznih žrtvenih anod v uporabljenem mediju brez pasivacije, to je zaščitnih prevlek, ki preprečujejo učinkovito raztapljanje in zmanjšujejo razpoložljiv električni potencial.

Najprimernejše anode za katodno zaščito plovil v morski vodi so cinkove anode, katerih energijska kapaciteta znaša približno 780 Ah/kg. Pri tem je zelo pomembna kvaliteta oziroma čistost osnovnega materiala – cinka, ki mora znašati (99,995 %), pri čemer elementi, kot so železo, baker in svinec, ne smejo presegati nekaj tisočink odstotka. Do prekoračitev zahtevane čistosti pa prav gotovo pride pri pretapljanju starih cinkovih anod, povrhu še neznanega porekla, v neprimernih – železnih talilnih loncih in z neustreznim livarskim orodjem. Dodaten vnos nečistoč (železa) v anode pa nekateri proizvajalci in »hišni« izdelovalci vnesejo tudi z vstavljanjem varilnih ali pritrditvenih trakov ter jeder, izdelanih iz navadnega železa. Kljub temu, da ima železo



Slika 1

višje tališče od taline, se tudi na tak način vnese železo v talino, saj ima talina značaj odtapljanja. Poleg tega se zaradi železnih jeder v anodah ustvarja galvanski tok že v sami anodi, kar predstavlja dodaten vir blodečih tokov, ki so pogost vzrok poškodb na plovilu. Kvalitetnejše žrtvene anode imajo zaradi zagotavljanja boljšega električnega stika vstavljena jedra (*slika 1*), ki torej ne smejo biti železna. Tovrstne anode je mogoče dobiti pri slovenskem proizvajalcu Povhe Navigacija iz Ljubljane, cenejše in manj kvalitetne anode pa se na plovilo vijači neposredno preko osnovnega materiala in ne preko vstavljenega jedra.

Magnezijeve anode, ki imajo energijsko kapaciteto cca. 2200Ah/kg in aluminijeve anode s kapaciteto 2600 Ah/kg so primernejše za medij z večjo električno upornostjo, torej za sladke vode in blatna jezera, kjer je potrebno za enako katodno zaščito imeti na razpolago višji električni potencial. Magnezij z morsko vodo hitro reagira, kar se odraža v hitri porabi in se zato uporablja za kratkotrajne zaščite in druge namene. Zlitine aluminija z dodatki živega srebra, ki so sicer ene od najučinkovitejših med tovrstnimi zlitinami, pa so zaradi toksičnosti celo prepovedane.

### Nepravilno delovanje anod

Napake pri izdelavi anod, v smislu kvalitete materiala vodijo k spreminjanju anodnega značaja žrtvene anode, kar preprečuje učinkovito katodno zaščito in posledično nastanek poškodb na plovilih. Zato je pomembno, da uporabljamo anode proizvajalcev, ki z izjavo o kvaliteti materiala dokazujejo pravilno sestavo svojih anod in ekološko naravnost kot posledico usmeritev Evropske unije, kajti z namenom hitrega raztapljanja anod posamezni izdelovalci dodajajo ekološko neprimerne elemente, kot je živo srebro in podobno. Na tem mestu je potrebno opozoriti, da prekomerno raztapljanje oziroma razpadanje žrtvenih anod v velikih kosmih (*slika 2* in *slika 3*) ni priporočljivo, saj se v tem primeru žrtvena anoda neučinkovito porablja, katodna zaščita pa ni ustrezna, saj je katoda prezaščitena. Nekateri proizvajalci umetno ustvarijo razmere za prekomerno razpadanje žrtvenih anod, s čimer dvigujejo prodajo anod in kupce prepričujejo o učinkovitem delovanju njihovih anod, čeprav temu ni tako. Pravilno delovanje oziroma raztapljanje anod prikazujeta *slika 4* in *slika 5*, kjer je vidna enakomerna poraba, ki je pomembna tako z vidika učinkovite katodne zaščite kot tudi z vidika enakomerne uravnoveženosti vrtečih se delov plovila. V primeru, da je velika anoda nameščena na pogonsko gred in je njeno raztapljanje neenakomerno, lahko med vožnjo plovila prihaja do nezaželenih vibracij, ki so posledica



Slika 2



Slika 3



Slika 4

neuravnotežene mase na pogonski gredi. Zato posamezni proizvajalci pogosto izdelajo anode, izpostavljene vrtenju, iz materiala, ki nima lastnosti pretiranega odtapljanja. Tovrstne žrtvene anode vzdržujemo s pogostejšim mehničnim čiščenjem. Nasprotni primer prevelikemu raztapljanju žrtvenih anod je nično oziroma minimalno delovanje anod, ki je lahko posledica pasivacije anod (slika 6) ali določenih nečistoč v materialu samem (slika 7). V obeh primerih je najpogostejši vzrok nedelovanja anod nepravilna sestava materiala, iz katerega so narejene žrtvene anode. Ena izmed pomembnih lastnosti kvalitetne žrtvene anode je tudi njena drobna zrnatost (slika 8), ki sama po sebi še ne zagotavlja učinkovitega delovanja anode, vendar je potrebna za enakomerno raztapljanje oziroma korodiranje anode. Zrnatost anode pa je mogoče opaziti ob njenem prelomu.

### Vplivi zunanjih dejavnikov na delovanje anod

Do sedaj smo govorili o tem, da je vzrok povečanega ali premajhnega korodiranja anod v njihovi sestavi, kar neizpodbitno drži, vendar na raztapljanje anod vplivajo tudi zunanji dejavniki. Na povečano galvansko razjedanje anod vplivajo plazilni oziroma blodeči električni tokovi, ki so posledica napačne priključitve akumulatorja in napak v alternatorju, napak v inštalacijah in drugih električnih virov. Svoj delež prispevajo tudi sidrne verige plavajočih pontonov brez lastne zaščite, slabo izvedeni betonski pomoli s slabo vgrajeno železno armaturo in podobno. Vse te pojave pa lahko delno preprečimo tako, da vse podvodne dele plovila povežemo na negativni (-)

pol akumulatorja. Poleg omenjenih dejavnikov na porabo anod vplivajo tudi temperatura medija(elektrolita), njegova kemijska sestava in hitrost gibanja plovila.

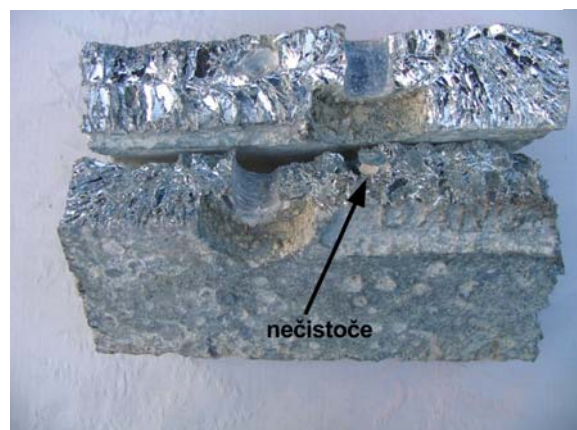
Pogosto pa so ljudje zaskrbljeni zaradi slabega korodiranja oziroma neraztapljanja žrtvenih anod. Vzroka sta največkrat dva, bodisi nekvalitetna anoda ali nepravilna montaža anode na plovilo. Pri montaži anod je najpomembneje zagotoviti dober stik (kontakt) anode na plovilo in enakomerno razporeditev, ki bo omogočala dovolj visoke napetostne potenciale na ščitenih delih. Pred namestitvijo anode na plovilo je



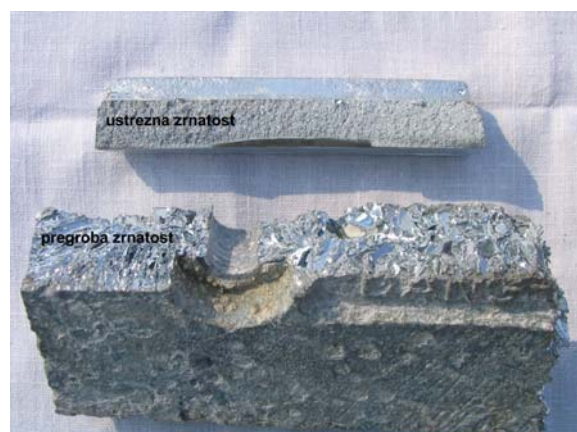
Slika 5



Slika 6



Slika 7



Slika 8

zaželeno mesto namestitve kot tudi samo anodo očistiti z brusnim papirjem, ki ne vsebuje železa. Z montažnega mesta na ta način odstranimo morda nastale neprevodne okside, z anod pa masti, olja in silikone, ki so ob vzdrževanju plovila vedno v bližini. Zato z vidika zagotavljanja najboljšega stika med anodo in mestom namestitve podvodna menjava oziroma montaža anod ni najbolj priporočljiva. Zaradi zagotovitve primerne vijalne sile in stika je potrebno izbrati primerno velike vijake in podložke. Pozornost pa je potrebno posvetiti tudi oksidaciji, ki v nadaljevanju nastaja na naležnih površinah, zato je priporočljivo, da pritrilna mesta po privitju prekrijemo s Sikafleksom ali nevtralnimi silikonom. S tem zavremo nastajanje oksidov, ki so električno neprevodni in preprečujejo pravilno delovanje anode. Včasih se na površinah anod pojavijo tudi alge in školjke, ki jih lahko kar pod vodo odstranimo s sirkovo krtačo ali pa jih ostrgamo z nožem. Na ta način zagotovimo aktivno površino žrtvene anode, ki je nujna za ustrezno ščitenje podvodnih delov plovila.

Na tem mestu pa je potrebno tudi opozoriti, da se isti procesi korozije pojavljajo tudi v samem motorju oziroma vodnem izmenjevalcu, kjer morska voda prihaja v stik s kovinami. V teh primerih se anode v obliki čepov oziroma čepov z maticami različnih vrst vijaki neposredno v blok motorja oziroma vodni izmenjevalec. Praksa potrjuje, da na tovrstno menjavo anod ljudje pogosto pozabijo.

## **Sklep**

Kvalitetna katodna zaščita z žrtveno anodo je torej odvisna od kvalitetne anode, električne povezave oziroma stika med anodo in ščitenim delom, aktivne površine anode, ki je v stiku z vodo, ter razporeditve anod. Ustrezne anode morajo imeti kontrolirane vsebnosti nekaterih pomembnih nečistoč, zato je potrebno zaupati proizvajalcem, ki to izvajajo in imajo izjavo oziroma potrdilo za to usposobljenega inštituta. Škoda, ki nastane zaradi neprimerne katodne zaščite, je včasih zelo velika, zato se neprevidnost pri izbiri anod, varčevanje z njihovo količino, nenatančnost pri montaži in slabo vzdrževanje ne izplačajo. Kljub številnim člankom na to temo se vedno najdejo primeri, ko so ljudje z namenom dobre zaščite plovila prebarvali tudi žrtveno anodo, kar je dokaz, da je znanje med lastniki plovil o korozijski zaščiti plovil še vedno pomanjkljivo.