

## Antikorozivna zaščita plovil – 2. del

(foto in tekst Tadej Povhe)

V prvem prispevku Učinkovita protikorozivna zaščita plovil v izdaji revije Val št. 97 / marec 2005 smo govorili predvsem o katodni zaščiti na splošno, o primernih materialih za žrtvene anode in o vzrokih nepravilnega delovanja anod pri ščitenju plovil. V tem prispevku pa bomo pozornost usmerili predvsem na pravilno dimenzioniranje žrtvenih anod glede na velikost plovila, pravilno izbiro anod glede na montažno mesto na plovilu in podali priporočila za učinkovito montažo in ukrepe vzdrževanja žrtvenih anod. Anode, izdelane iz cinka, so najprimernejše za ščitenje plovil v morski vodi, zato bodo vsi podatki in preračuni veljali za cinkove anode, v kolikor to ne bo drugače navedeno.

Osnovna zahteva žrtvenih anod je zagotavljanje zadostne katodne zaščite določeni strukturi oziroma materialu, ki bo za lastnika plovila dovolj ekonomična in predvidljiva preko določenega obdobja. Z ustrezno katodno zaščito bodo škodljivi naravni procesi korozije omejeni na sprejemljivo raven, ki ne bo povzročala poškodb oziroma korodiranja ščitene materiala v življenjski dobi plovila. Z namenom primerne zaščite plovila mora ustrezna žrtvena anoda zagotavljati zadostno napetost, ki bo omogočala primeren električni tok, s pomočjo katerega bo omogočena učinkovita katodna polarizacija. Z drugimi besedami to pomeni, da mora imeti žrtvena anoda bolj negativen potencial, kot ga ima material, ki ga želimo ščititi. Material žrtvene anode mora imeti razmeroma konstanten potencial ne glede na električni tok, ki teče v sklenjenem tokokrogu, imeti mora ustrezno kapaciteto, ne sme pasivirati, korodirati mora enakomerno ter mora biti ekološko sprejemljiv. Izkušnje pa kažejo, da se lastniki plovil ne ukvarjajo toliko s teorijo in kvaliteto osnovnega materiala žrtvenih anod, temveč se jih večina zaustavi pri povsem praktičnih vprašanjih, kot so: Koliko žrtvenih anod potrebujem? Katere oblike naj izberem? Kam in kako naj jih namestim?, Kdaj naj jih zamenjam in podobno. V nadaljevanju prispevka bom poskušal odgovoriti na ta pogosta praktična vprašanja.

### **Izbira ustreznega števila anod, njihove količine in površine**

V laični javnosti velja prepričanje, da je najpomembnejši kriterij učinkovite katodne zaščite količina žrtvenih anod, ki se jih namesti na plovilo. Omenjeni kriterij je izjemno pomemben, vendar ni edini, z vidika kratkotrajne katodne zaščite plovila pa niti ni najpomembnejši. Poleg količine žrtvenih anod je izjemno pomembna tudi površina žrtvenih anod, od katere je odvisna velikost električnega toka, ki ga anoda proizvede in s tem omeji, če ne celo izniči škodljive procese korozije. Površina žrtvenih anod je torej generator zadostne velikosti električnega toka, ki zavira naravne procese korozije, medtem ko s količino oziroma težo žrtvenih anod zagotavljamo trajanje ustreznega električnega toka v določeni medservisni dobi plovila. Omenjeno pomeni, da je katodna zaščita lahko neustrezna tako v primeru premajhne površine anod kot v primeru premajhne mase anod. Če imamo primer premajhne površine anod in zadostne mase, je katodna zaščita premajhna v celotni medservisni dobi plovila, če pa imamo obraten primer zadostne površine in premajhne mase anod, je katodna zaščita primerna, vse dokler se ne potroši celotna masa anod, ki pa je premajhna glede na določeno medservisno dobo plovila.

Velikokrat je bilo že povedano, da je stopnja korozije in s tem poraba žrtvenih anod odvisna od velikega števila faktorjev (slanost, temperatura, sestava morja, električni viri, vrsta ščitene materiala...), zato enoličnega odgovora, kolikšna površina cinkovih žrtvenih anod ustreza ščitenu železne površine, ni. Kljub temu obstajajo priporočila, da minimalna površina cinkove žrtvene anode ustreza 1 – 2 odstotkom železne površine, ki jo želimo ščititi. Omenjeno priporočilo ni garancija za ustrezno katodno zaščito, zato je potrebno ščiteni material pogosto preveriti in če se kljub nameščenim anodam pojavlja korozija, povečati površino anod oziroma drugod iskati vzroke korozije (nepravilna električna napeljava itd.). S tem ko smo opredelili potrebno površino žrtvenih anod za določeno plovilo, moramo določiti tudi njihovo težo, ki bo zagotavljala katodno zaščito z ustreznim električnim tokom prek celotne medservisne dobe plovila, ki je največkrat eno leto. V teoriji se skupno težo potrebnih količin žrtvenih anod za določeno življenjsko dobo izračuna po enačbi (1).

$$W = \frac{i_{av} \cdot A \cdot l \cdot 8760}{C} \quad (1)$$

, kjer je

- W – skupna masa anod (kg)
- $i_{av}$  – povprečna zahtevana gostota toka (A/m<sup>2</sup>)  
(od 0,06 do 0,09 A/m<sup>2</sup> – odvisno od vrste elektrolita)
- A – ščitena površina (m<sup>2</sup>)
- l – predvideno trajanje v letih ( 1 leto = 8760 h)
- C – kapaciteta anode (Ah/kg) za Zn = 780Ah/kg

Tabela 1: Teoretično potrebna masa žrtvenih anod glede na golo površino železa za področje Jadrana za dobo enega leta

površina (m <sup>2</sup> )	masa (kg)
0	0
5	3,9
10	7,8
20	15,7
30	23,6
40	31,5
50	39,3

V promocijskem gradivu posameznih izdelovalcev žrtvenih anod je mogoče zaslediti podobne vrednosti potrebnih količin žrtvenih anod, ki so predstavljene v Tabeli 2, le da so izračuni manj natančni od teoretičnih. Proizvajalci skušajo v priporočilih izkustveno zajeti večino faktorjev, katere smo omenili na začetku in ki vplivajo na potrošnjo anod, zato priporočila podajajo v intervalih.

Tabela 2: Vrednosti izdelovalcev žrtvenih anod

površina (m <sup>2</sup> )	magnezij (kg)	aluminij (kg)	cink (kg)
5-10	0,5	0,5	5,5
10-20	1,5	1,0	9,5
20-30	2,5	1,5	15
30-40	3,0	2,0	20
40-50	4,5	2,5	25

S tem ko smo določili zahtevano površino in maso žrtvenih anod za določeno dobo, je število žrtvenih anod, ki jih montiramo na plovilo, pogojeno s pestrostjo ponudbe anod na trgu. Masa in površina anod nam glede na razpoložljivo obliko že določata število anod, obliko anod pa izbiramo glede na kriterije, ki bodo analizirani v nadaljevanju. Istočasno stremimo, da je količina anod enakomerno porazdeljena po plovilu glede na potrebe ščitenja posameznih kovinskih podvodnih delov, tako da ne ustvarjamo nepotrebnih električnih in masnih neravnotežij.

## Izbira ustrezne oblike žrtvenih anod

Najpogostejši kriterij, ki določa izbiro primerne žrtvene anode, je montažno mesto. Predvideno montažno mesto določa tako obliko anode kot tudi njeno velikost. V primeru, ko anode pritrdimo na trup plovila ali krmilo (*Slika 1*) navadno izberemo okrogle, podolgovate ali solzaste oblike (*Slika 2*), ki se z enim ali več vijaki pritrdijo na plovilo. Pri tem je pomembno, da upoštevamo kriterij čim manjše hidroupornosti, saj lahko neprimerne anode pri hitri plovbi povzročajo turbulentne tokove in potencialne tresljaje. Pri namestitvi tovrstnih anod je potrebno zagotoviti najmanjši možen prečni vodni upor na anodo, prav tako pa moramo biti pozorni na izjemno pomemben kriterij kakovostnega električnega stika. Pravilno in učinkovito delovanje anod je zelo odvisno od kakovosti električnega stika med anodo in ščiteno kovino, zato v teh primerih priporočam uporabo anod, ki se na plovilo pritrjujejo z dvema ali več vijaki oziroma uporabo tistih anod, ki imajo vstavljeno jedro. Dva vijaka povečujeta možnost kakovostnega električnega stika, razen v primeru, ko ima anoda na en vijak vstavljeno jedro, prek katerega se pritrjuje na plovilo. V slednjem primeru sta kriterija izbire anode predvsem potrebna velikost (masa, površina) in hidrodinamičnost anode.



Slika 1



Slika 2



Slika 3

Pri nameščanju žrtvenih anod na pogonsko gred uporabljamo kroglaste ali obročaste oblike, ki so sestavljene iz polovic. Pri tovrstnih anodah se stik med anodo in ščiteno kovino vzpostavlja neposredno prek naležnega mesta žrtvene anode in ne prek vijakov, zato je pomembna oblika naležnega mesta. Pravilno oblikovana naležna površina tovrstnih anod (*Slika 3*) mora zagotavljati čim večjo naležno silo in s tem kakovosten električen stik. Poleg krogle oziroma obroča se na pogonsko gred namesti tudi pokrovček, ki je na koncu pogonske gredi z vijakom pritrjen na matico propelerja (*Slika 4*).



Slika 4

Na korozijske procese pa nista imuna niti vgradni motor niti vodni izmenjevalnik na mestih, kjer njuno ohišje prihaja v stik z morskimi vodami. V teh primerih se predvideva katodna zaščita s paličnimi žrtvenimi anodami (*čepi* - *Slika 5*), ki jih neposredno oziroma prek za to primernih matic pritrujemo v steno vodnega izmenjevalnika, izpuha, ali bloka motorja (*Slika 6*). Pri tem moramo paziti, da nova paličasta žrtvena anoda dimenzijsko ustreza stari, kajti z neprimernimi anodami lahko zmanjšamo vodni pretok v motorju ali izmenjevalniku in na ta način omejimo potrebno hlajenje. Tudi izvenkrmni motorji so v morskimi vodami izpostavljeni koroziji, zato proizvajalci običajno tudi



Slika 5



Slika 6

tovrstne motorje opremijo z žrtvenimi anodami. V kolikor posamezni izvenkrmni motorji katodno niso zaščiteni oziroma nadomestnih originalnih anod zaradi starosti ali male serije motorjev ni mogoče enostavno dobiti, si pomagamo tako, da na ploščo nad in pod propelerjem namestimo tipsko žrtveno anodo (Slika 7).

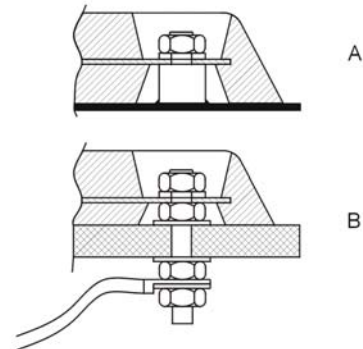


Slika 7

### Učinkovita montaža žrtvenih anod

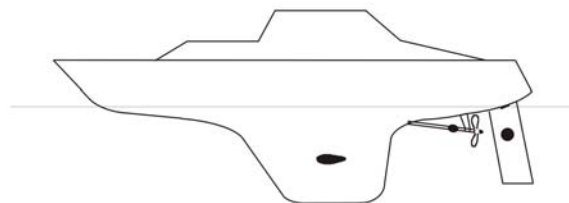
Sedaj, ko vemo, koliko žrtvenih anod potrebujemo, kolikšna mora biti njihova teža in površina in katere oblike so primerne za posamezno montažno mesto, naj navedem še nekaj priporočil za učinkovito montažo, razporeditev in delovanje žrtvenih anod.

Najpomembneje je zagotoviti dober električni stik med žrtveno anodo in kovino, ki jo želimo ščititi (propeler, pogonska gred, krmilo, tečajji, straniščni izlivi in izpusti, izpuhi, ventili, itd.). V kolikor žrtvena anoda ni nameščena neposredno na kovino, ki jo želimo ščititi, je potrebno med



Skica 1

njiju z notranje strani plovila z električnim vodnikom vzpostaviti električno povezavo (Skica 1). Prvi krak električnega vodnika navadno pritrdimo na vijake, na katere se pritrdijo žrtvene anode, drugi krak pa pritrdimo na izpuh, ventil oziroma na kovino, ki jo ščitimo. Električni stik bo primeren le, v kolikor bodo z naležnih površin predhodno odstranjeni neprevodni kovinski oksidi, kar storimo z uporabo primerne brusnega papirja. Za pritrditev anod moramo izbrati dovolj velike vijake, podložke in matice, s katerimi ustvarimo zadovoljivo silo. Pri montaži krogel na pogonsko gred pa moramo omenjeno anodo postopno privijati in jo med tem včasih na gredi tudi poravnati, da se naležno mesto zaradi tolerančnih odstopanj prilagodi pogonski gredi. To storimo tako, da jo s kladivom večkrat nežno poravnamo, ob tem pa na nasprotni strani naslonimo ustrezno maso (npr. kos lesa), ki preprečuje zvitje pogonske gredi ob prileganju anode.



Skica 2

Pomembna je tudi razporeditev anod po truplu plovila (Skica 2). Navadno žrtvene anode razporedimo na gredelj (kobilico), krmilo, pogonsko gred in na matico propelerja, pri čemer upoštevamo površino ščitene kovine. Na mestu, kjer je več nezaščitene kovine, bomo potrebovali tudi več žrtvenih anod, zato je natančna razporeditev odvisna od specifičnih razmer na vsakem plovilu. Anode bodo učinkovito opravljale svojo nalogo le, če bo njihova površina vseskozi aktivna, kar pomeni, da moramo pogosto preveriti čistost površine anod in jih po potrebi ostrgati z nožem. Anode je potrebno zamenjati, ko so le te 50% porabljene, zato v izogib težavam in nevšečnostim priporočam letno menjavo žrtvenih anod na plovilih, s čimer v veliki meri odpravimo negotovost trajanja katodne zaščite plovila.

Pasivna katodna zaščita oziroma zaščita z žrtveno anodo je razmeroma cenena, učinkovita in tudi najbolj razširjena metoda zaviranja naravnih pojavov korozije v morju. Pogosto se njene nevarnosti zavemo šele, ko opazimo poškodbe na plovilih, saj je do tedaj na prosto oko

neopazna oziroma nevidna. Žal pa je takrat že mnogokrat prepozno, zato v smislu dobrega gospodarja letno preverimo stanje žrtvenih anod na plovilu in jih zamenjajmo, saj bomo na ta način preprečili poškodbe in privarčevali veliko denarja za popravila in nadomestne dele.