

УДК 669.621

Ю. Є. Шамарін, д.т.н., проф.;

М. Г. Штанько

## АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ВИРОБІВ МОРСЬКОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Деталі виробів морського приладобудування (радіогідроакустичні буї, буйкові станції, стаціонарні й пересувні гідроакустичні системи і т.д.) виготовляються з різних видів матеріалів: міді та її сплавів, алюмінію та його сплавів, сталей з різним вмістом вуглецю й ін.

У конструкції виробів застосовується багато сталевих деталей, міцнісні властивості яких впливають на експлуатаційну надійність розроблених об'єктів.

Досвід показав, що в процесі виготовлення сталевих деталей, а також під час тривалого збереження готових виробів або у період експлуатації відбувається наводнювання сталей, особливо з впливом на них морських кліматичних факторів: виникає контактна корозія сталі й алюмінію [1].

Основним методом захисту деталей виробів морського приладобудування від цього впливу є нанесення покриття.

Відповідно до конструкторської документації основним лакофарбовим покриттям є покриття ґрунтовкою ВЛ-02 з 5 % алюмінієвої пудри ПАП-2. Ґрунтовка [2] є фосфатувальною і призначена для покриття деталей з алюмінію та його сплавів замість фосфатування.

Покриття ґрунтовкою ВЛ-02 характеризується [3] високим опором, термостійкістю до температури 573 К. Воно не змінює властивостей металу, що покривається: його твердості, міцності і магнітних характеристик.

Однак, покриття крихке, має малу зносостійкість, не витримує ударів, не піддається паянню та зварюванню.

Покриття ґрунтовкою ВЛ-02 має високу стійкість до впливу масел, бензолу, толуолу, різних газів, за винятком сірководню.

Застосовуваними гальванічними покриттями деталей виробів морського приладобудування є: кадмування, сріблення та анодно-окисні покриття.

Анодно-окисні покриття [3] є гарною основою для нанесення лакофарбових покриттів. Заповнення пор анодно-окисного покриття різними барвниками застосовується для додання деталям декоративного вигляду.

Анодно-окисні тверді покриття (товщиною 15 — 60 мкм) характеризуються високою мікротвердістю, рівною 1280 — 3920 МПа, зносостійкістю, а також мають тепло- і електроізоляційні властивості.

Деталі з твердими анодно-окисними покриттями можуть піддаватися механічному обробленню.

Анодно-окисні покриття мають пористу будову, крихкі й схильні до розтріскування в разі нагрівання вище 373 К і при деформаціях.

Електроізоляційні анодно-окисні покриття (товщина 15 — 120 мкм) характеризуються високим електричним опором  $10^9$  Ом·см<sup>2</sup>, пробивною напругою до 500 В. Пробивна напруга залежить від технології одержання і товщини плівки і зростає пропорційно збільшенню товщини одержуваної плівки. Воно збільшується до 800 В для просоченого лаками покриття (бакелітовим, ФЛ-582, ВЛ-931 і ін.), що забезпечують вологозахист і збереження електроізоляційних властивостей покриття.

Анодно-окисні покриття мають високу корозійну стійкість і захисну здатність у вологій атмосфері.

За зовнішнім виглядом [4] анодно-окисне покриття може бути від ясно-сірого до темно-сірого кольору, анодно-окисне наповнене в хромпіку — від ясно-зеленого до жовто-зеленого кольору.

У виробках морського приладобудування ці покриття призначаються для деталей з алюмінію та його сплавів.

Срібне покриття [3] має найбільш високу електро- і теплопровідність в порівнянні з іншими металами, а також високу відбивну здатність.

Його мікротвердість складає 1078 — 1370 МПа, але з часом мікротвердість покриття зменшується до 590 МПа.

Срібне покриття має низьку зносостійкість, налипає й наволікається під час тертя. Однак, воно еластичне, витримує вигини, розвальцювання, зберігається під час згинчування.

Срібне покриття добре паяється.

Воно є катодним відносно металів, і захищає деталі від корозії механічно.

Покриття має добрі захисні властивості у вологій атмосфері навіть для товщин 3—6 мкм. Воно має високу корозійну стійкість у питній воді й в атмосфері чистого повітря, що не містить сірководень, сірчистий газ і хлор.

У вологому повітрі під дією слідів сірководню, сірчистого газу або перебуваючи в замкнутих об'ємах із матеріалами органічного походження, які містять у своєму складі сірку (гуми, компаунди, пластмаси), срібне покриття тьмяніє й покривається плівкою сульфідів срібла чорного чи коричневого кольору.

Допустима робоча температура покриття складає 873 К.

Срібне покриття за зовнішнім виглядом [4] являє собою покриття сріблито-білого кольору.

Основним недоліком срібного покриття є його вартість. Згідно [5] хімічні елементи поділяються на дешеві: *N, Al, Ar, Fe, O, Si, Mg, Cu, Na, Pb, C, Cl, F, Zn*; недорогі: *Br, H, I, K, Ca, Mn, Ni, Sb, Ti, P, Cr, Cd*; дорогі: *Ba, B, V, Bi, W, He, Co, La, Mo, Nb, Sn, Hg, Th, Zr*; дуже дорогі: *Be, Ga, Ge, Dy, In, Kr, Xe, Nd, Pr, Ta, Pd, U, Ag, Er*; дорогоцінні: *Hf, Eu, Ir, Yb, Os, Re, Rh, Se, Au, Pt*; безцінні – інші.

Отже, срібло *Ag* являється дуже дорогим матеріалом. Тому покриття сріблом призначається в технічно обґрунтованих випадках.

Для виробів морського приладобудування срібне покриття призначається згідно [6] на деталі з міді та її сплавів, які входять у високочастотні пристрої з метою забезпечення контактів у ланцюзі надвисоких частот, а також на друковані плати для передачі малих струмів, малого поверхневого опору й сталості його протягом терміну служби виробів.

Кадмієве покриття [4] по зовнішньому вигляду являє собою покриття ясно-сірого або сріблито-сірого кольору, кадмієве покриття з райдужним хроматуванням — золотаво-жовтого кольору з райдужними відтінками.

Покриття кадмієм є анодним [3] і захищає сталь від корозії в атмосфері і морській воді електрохімічно, у прісній воді — механічно. Воно володіє високою захисною здатністю.

Кадмієве покриття характеризується малою твердістю, високою пластичністю та еластичністю, добре витримує розвальцювання, запресовування, штампування, протягання й згинчування. Мікротвердість покриття складає 340 — 490 МПа.

При кадмуванні відбувається наводнювання і зв'язане з ним окрихчування сталі.

Кадмієве покриття гарно паяється.

Для підвищення корозійної стійкості покриття воно піддається хроматуванню. При необхідності в паянні хроматування кадмієвого покриття не виконується.

Покриття кадмієм у вологій, морській атмосфері і у морській воді володіє високою корозійною стійкістю. Однак в умовах морської атмосфери дане покриття піддається корозійному руйнуванню у виді знебарвлення хроматної плівки; потемніння покриття у виді крапок, плям; білого щільного або пухкого нальоту солей кадмію, що не знижують захисних властивостей покриття. Для підвищення корозійної стійкості і захисної здатності кадмієвого покриття застосовують додатковий захист лаками або емалями.

Кадмій не слід наносити на деталі, які працюють у повітряній атмосфері промислових районів, у контакт з паливами, що містять сірчисті з'єднання. Кадмієве покриття дуже швидко руйнується при контакт з виробами, які містять оліфу, масляні лаки, мастику, різні мастильні матеріали, а також із

пластмасовими деталями, що виділяють газоподібні агресивні з'єднання в результаті неповної полімеризації.

Припустима робоча температура кадмієвого покриття складає 523 К.

Кадмування застосовується для деталей зі сталей, які експлуатуються в умовах впливу морських кліматичних факторів і морської воді, а також [7] для захисту сталевих і мідних деталей з метою попередження контактної корозії алюмінієвих і магнієвих сплавів.

У виробках морського приладобудування кадмієве покриття застосовується для сталевих деталей.

Однак, відповідно до ГОСТ 9.303-84 [8] кадмій є найбільш небезпечним із усіх металевих забруднень продуктів, споживаних людиною. Окисли кадмію токсичні. Тривале надходження кадмію в організм людини викликає важкі захворювання.

Тому, з метою охорони навколишнього середовища і поліпшення умов праці працюючих, кадмування сталевих деталей виробів морського приладобудування було замінено на цинкування.

Цинкове покриття [3] застосовується для захисту від корозії сталевих деталей:

— які експлуатуються у зовнішній атмосфері різних кліматичних районів, в атмосфері промислових районів, у закритих приміщеннях із помірно вологістю або забруднених газами й продуктами згоряння (деталі машин, кріпильні деталі, листи, дрід і ін.);

— дотичних із прісною водою при температурі не вище 333 — 343 К;

— які експлуатуються у контакті з паливами, що містять сірчисті з'єднання, і маслами (бензобаки, бензино- і маслопроводи й ін.).

Захисні дії покриття цинком для деталей, що знаходяться усередині виробів при утрудненому обміні повітря між внутрішнім простором і зовнішнім середовищем і наявності в замкнутому просторі органічних матеріалів: синтетичних смол, оліфи, хлорованих вуглеводнів, які при старінні виділяють летучі агресивні речовини, різко послабляються. Для цих покриттів необхідно передбачати додатковий захист лакофарбовими покриттями.

Цинкове покриття є анодним стосовно чорних металів і захищає сталь від корозії в атмосферних умовах при температурі до 343 К електрохімічно, при більш високих температурах — механічно.

Для підвищення корозійної стійкості цинку покриття піддають хроматуванню. Хроматовані покриття мають задовільну корозійну стійкість при контакті деталей з паливом, що містить сірчисті з'єднання.

Цинкове покриття гарно витримує гнуття і розвальцьовування, не витримує запресовування.

Покриття крихке при температурі вище 523 К і нижче 203 К.

Цинкове покриття паяється погано.

При електрохімічному цинкуванні відбувається наводнювання і зв'язане з ним окрихчування сталі.

Мікротвердість покриття складає 490 — 590 МПа.

Припустима робоча температура цинкового покриття досягає до 573 К.

Вплив морського середовища на цинкове покриття характеризується факторами, приведеними в [1], що вказують на недоцільність застосування цього покриття у виробках морського приладобудування.

Тому виникає необхідність пошуку гальванічних покриттів, у процесі нанесення яких відбувається найменше наводнювання конструкційних матеріалів, а також для захисту сталевих деталей від водню при збереженні й експлуатації їх у морській атмосфері і морській воді.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Штанько М. Г. Оптимизация видов гальванических покрытий и способов их нанесения для защиты от наводороживания стальных деталей изделий морского приборостроения // Матеріали четвертої Національної науково-технічної конференції "Неруйнівний контроль та технічна діагностика". — Київ. — 2003. — С. 246-251.
2. ГОСТ 12707-77. Грунтовки фосфатирующие. Технические условия. — Введ. 01.07.78. — М.: Изд-во стандартов, 1977. — 10 с.

3. ОСТ5.9246-90. Покрытия металлические и неметаллические неорганические для сталей судового приборостроения. Общие требования к выбору. — Введ. 01.07.91. — Л.: 1991. — 100 с.
4. ГОСТ 9.301-86. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования. — Введ. 01.07.87. — М.: Изд-во стандартов, 1989. — 24 с.
5. Гуляев Я. Е. Синтез сплавов. — М.: Металлургия, 1984. — 210 с.
6. НО 005.030. Аппаратура и приборы военного назначения. Приложения. В 5 частях / Отв. Ред. Г. Г. Геворкян, Г. В. Ласточкин. — М.: 1962. — 100 с.
7. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. В 2-х томах / Под ред. М. А. Шлугера. — М.: Машиностроение, 1985. — Т.1., 1985. — 240 с.
8. ГОСТ 9.303-84. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору. — Взамен ГОСТ 14623-69, ГОСТ 14007-68; Введ. 01.01.85. — М.: Изд-во стандартов, 1987. — 62 с.

Рекомендована технології підвищення зносостійкості

Надійшла до редакції 20.07.04  
Рекомендована до друку 17.11.04

**Шамарін Юрій Євгенович** — доктор технічних наук, професор, генеральний директор.  
Київський державний науково-дослідний інститут гідроапаратури.  
**Штанько Марина Георгіївна** — інженер-технолог відділу головного технолога.  
Новокаховське ВАТ “Південний електромашинобудівний завод”.