

УДК 669.621

Шамарін Ю.Є¹, Штанько М.Г.²¹ Державний науково-дослідний інститут гідроприладів. Україна, Київ.² ТОВ "Новокаховський електромашинобудівний завод". Україна, Нова Каховка**ХАРАКТЕРИСТИКА РАДІОГІДРОАКУСТИЧНИХ БУЇВ****Анотація**

У статті зроблений аналіз факторів наводнювання конструкційних матеріалів. Зазначено на необхідність у розробці нових технологій виготовлення відповідальних деталей виробів морського приладобудування. Визначено вид термічної обробки і вид покриття, що зменшують агресивну дію водню на сталеві деталі.

Abstract

Hydrogenation of the constructional materials is analysed in the article. Indicated the call to work out new technologies for making accountable of the maritime instrument constructions products. Determined the kind of the thermal treatment and the kind of the covering, diminishing the aggressive influence of the hydrogen on the steel details.

У виробках морського приладобудування застосовується багато сталевих деталей, механічні характеристики яких впливають на експлуатаційну надійність розроблених об'єктів.

Для підвищення надійності приладів виникає необхідність у розробці нових технологій виготовлення відповідальних деталей.

Виробами морського приладобудування являються буйкові станції, які класифікуються таким чином [1]:

- 1) якірні станції;
- 2) поверхневі буйкові системи;
- 3) заглиблені буй;
- 4) вільно дрейфуючі буйкові станції.

До поверхневих буйкових систем належать авіаційні радіогідроакустичні буї пасивного типу ненаправленої дії, призначені для виявлення підводних об'єктів, які рухаються, по створюваним ними акустичним сигналам (шумам) і ретрансляції цих сигналів на борт носія, прийому

і ретрансляції сигналів радіолокаційної станції носія. Конструктивно виконані у виді автономних виробів, які складаються із закінчених радіоелектронних приладів і блоків, розміщених в герметичних відсіках корпусно-механічної частини.

Основними частинами виробів являються опускаючий пристрій і поплавець, які за допомогою вузлів механізму розчленовування конструктивно об'єднані корпусно-механічною частиною.

Радіогідроакустичний буй, зокрема РГБ-16, є виробом одноразового застосування в морській воді з температурою в межах від 271 до 303 К і солоністю від 19 до 40‰. Затоплення виробу відбувається не пізніше ніж через 40 годин після постановки його в заданому районі морської акваторії з носія.

Масогабаритні характеристики виробу, підготовленого до застосування:

- 1) маса — 9,5–10,5 кг
- 2) діаметр — 120 мм
- 3) довжина — 1260 мм.

У цілому виріб складається з 236 деталей, в тому числі:

- 1) деталі з алюмінію та його сплавів — 68 шт.;
- 2) деталі з міді та її сплавів — 32 шт.;
- 3) сталеві деталі — 100 шт.;
- 4) деталі з пластмас і гуми — 36 шт.

Корпусна частина виробу являє собою цільно-розкатну трубу з алюмінієвого сплаву АМг5.

У механізм розчленовування, у тому числі, входять наступні деталі: КЦ 8.249.120 — кільце (рис. 1) і КЦ 8.610.766 — пластина (рис. 2), що виготовлені зі сталі 10. Основними операціями виготовлення цих деталей являються:

- вирубка штампуванням, у результаті якої відбувається поява внутрішніх напружень металу;
- операція нанесення гальванічного покриття, при якій відбувається наводнювання конструкційного матеріалу.

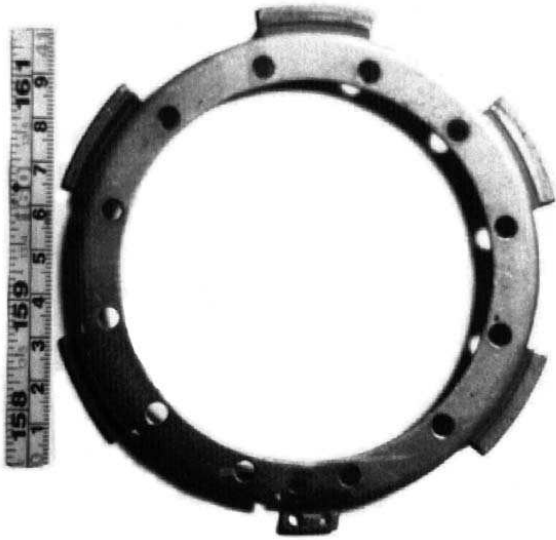


Рис. 1. Деталь КЦ 8.249.120 — кільце

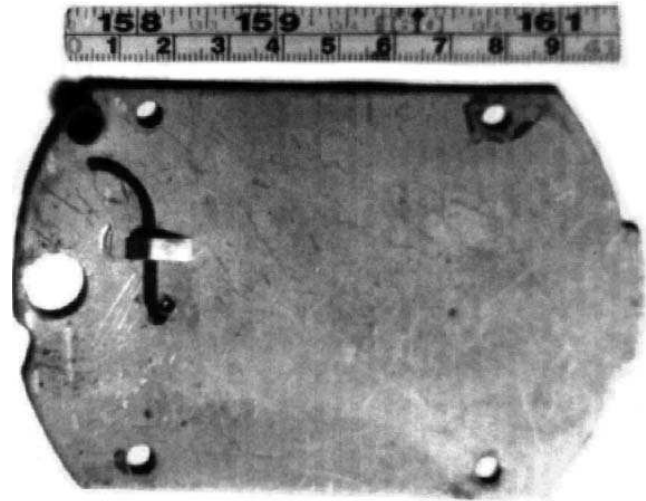


Рис. 2. Деталь КЦ 8.610.766 — пластина

У момент приводнення, у результаті удару головної частини гідроакустичного буя об воду, відбувається розчленовування виробу. При цьому, за рахунок наявного запасу позитивної плавучості, поплавець спливає на поверхню. Опускний пристрій, маючи негативну плавучість, досягає до заданої глибини, величина якої встановлюється при підготовці виробу до застосування.

З метою збільшення швидкості занурення й забезпечення високої надійності досягнення заданої глибини в опускному пристрої установлені штики КЦ 8.352.164 (рис. 3), виготовлені за сталі 45 токарно-автоматною обробкою з наступним нанесенням гальванічного покриття.

Коефіцієнт надійності виробу складає 0,95.

Статистика відмовлень виробів в експлуатуючих організаціях, а також при проведенні періодичних і натурних іспитів показує, що в цілому виробу працездатні із зазначеним ступенем надійності. Однак, на другому місці по числу відмовлень, після радіоелектронних приладів, стоїть механізм розчленовування корпусно-механічної частини, яка складається в основному із сталевих деталей.

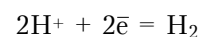
Зусилля розчленовування складових частин радіогідроакустичного буя не повинне перевищу-

вати 45–105 кгс. У процесі прийомо-здавальних іспитів 100% виробів перевіряються по цьому параметру на спеціальному стенді двічі: спочатку при здачі відділу технічного контролю, а потім — представнику замовника. Однак, в експлуатації мають місце відмовлення наступного характеру: не відбувається розчленовування виробу, опускний пристрій не встановлюється на задану глибину, відбувається саморозчленовування виробу.

У результаті аналізів виявлені основні причини відмовлень: деформація й тріщини сталевих деталей механізму розчленовування, які утворюються в результаті технологічної обробки конструкційних матеріалів (штампування, токарська обробка, нанесення гальванічних покриттів).

Тому, для підвищення надійності виробів виникає необхідність у розробці нових технологій виготовлення сталевих деталей.

До основних особливостей виробництва гідроакустичної апаратури відносяться [2, 3] високі вимоги до застосовуваних матеріалів по корозійній стійкості в морській воді, стійкості до вібрації й ударів, міцності, збереженню фізики-механічних властивостей у процесі збереження й експлуатації та іншим параметрам. Особливий інтерес для заводу-виготовлювача представляє аналіз впливу морських кліматичних факторів і водяного середовища на механічні властивості сталевих деталей для вживання заходів по підвищенню надійності виробів, тому що у воді [4] присутні іони водню, які здатні відновлюватися:



Іони водню являються окислювачами, викликають наводнювання і наступне водневе окрихчування сталей.



Рис. 3. Деталь КЦ 8.352.164 — шток

Слід зазначити, що процес наводнювання металів [5] складається з декількох стадій.

1. Надходження до поверхні металу іонів водню H^+ .

2. Розряд або відновлення цих іонів з утворенням атомів водню, які адсорбуються на поверхні металу. Реакція відновлення іонів водню має вид:



3. Молізація атомів водню. З'єднуючись один з одним, відновлені атоми утворюють молекули:



Утворення молекулярного водню приводить до збільшення дефектності поверхневого шару конструкційного матеріалу з утворенням дрібних поверхневих тріщин, що й обумовлює негативний вплив наводнювання на механічні (міцнісні і пластичні) характеристики сталі [5, 6].

Крім того, морська вода [7] у своєму складі містить розчинені мінеральні солі, головним чином, хлорид натрію $NaCl$ (табл. 1). Середня солоність S морської води складає 35%. Присутність у морській воді аніонів Cl^- прискорює процес корозії, тому що перешкоджає виникненню пасивних плівок на поверхні металу [5].

В результаті впливу кліматичних факторів відбувається утворення на поверхні сталей плівки води при відносній вологості 60–70%, що також приводить до водневої корозії цих матеріалів. Швидкість корозії складає приблизно 0,030 мм/рік [4].

Близькість моря (до 2–2,5 км) підсилює корозію сталей [4]. Оцінка впливу атмосферних умов на швидкість корозії дана в табл. 2.

При впливі морських кліматичних умов і водяного середовища виникає контактна корозія

(табл. 3) [8], що ще більш підсилює наводнювання.

Для виробу РГБ-16 контактна корозія, у процесі збереження, виявляється таким чином. Як уже відзначалося, до складу виробу входять деталі з алюмінію, його сплавів і сталі. Для алюмінію Al^{3+} стандартний електродний потенціал [9] складає $-1,67$ В; для заліза Fe^{2+} , яке є основним елементом сталі, $-0,441$ В. У морській воді та в результаті впливу атмосферних умов виникає різниця електродних потенціалів і створюється гальванічний елемент. При цьому алюміній виступає як анод, а сталь як катод. До сталі спрямовуються іони водню, і відбувається її наводнювання.

У процесі експлуатації сталеві деталі, зокрема КЦ 8.249.120 – кільце, КЦ 8.610.766 – пластина, КЦ 8.352.164 – шток, одержують ударні навантаження в момент приводнення виробу РГБ-16 і вібраційні навантаження при транспортування виробів у відсіках носія до місця застосування.

При наводнюванні цих деталей може відбутися їх руйнування від отриманих навантажень. У цьому випадку неможливо привести виріб у робоче положення.

Одним із методів боротьби з наводнюванням є створення й застосування корозійностійких матеріалів і сплавів. Однак ці матеріали дорогі. Тому основним економічним методом захисту сталей від агресивного впливу водню являється нанесення покриттів.

У процесі виконання технологічного циклу нанесення покриттів наводнювання конструкційних матеріалів відбувається при проведенні наступних операцій:

- 1) травлення;
- 2) активації;
- 3) нанесення гальванічного покриття.

Таблиця 1

Концентрація головних іонів у морській воді при $S = 35\%$ (по С.В. Бруєвичу)

Іони й молекули	аніони						катіони				
	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Br^-	F^-	H_3BO_3	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Sr^{2+}
Концентрація г/кг	19,3534	2,7007	0,1427	0,0659	0,0013	0,0265	10,7638	1,2970	0,4080	0,3875	0,0136
%-еквівалент	45,09	4,64	0,19	0,07	0,01	–	38,66	8,81	1,68	0,82	0,03

Таблиця 2

Вплив атмосферних умов на швидкість корозії

Атмосферні умови	Збільшення швидкості корозії
Зміна агресивності атмосфери:	
від сільської до міської	у 2 рази
від сільської до морської	у 1,3–8 разів

Таблица 3

Припустимі й неприпустимі контакти між металами

Сполучені метали й покриття	Ag	Au, Pt, Pd	Хромо-нікелева сталь	Cr	Cu і сплави	Ni	Sn, Sn-Pb	Ti	Хромиста сталь	Вуглецева сталь	Cd	Al _{окс}	Al	Zn	Mg
Ag	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	2	2	2	2
Au, Pt, Pd	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	2	2	2	2
Хромо-нікелева сталь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2
Cr	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	2	2	2	2
Cu і сплави	0	0	0	1	0	0	1	0	1	2	2	2	2	2	2
Ni	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2	2
Sn, Sn-Pb	1	1	0	1	1	0	0	0	1	2	1	0	1	1	2
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2	2
Хромиста сталь	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	2	2	2	2
Вуглецева сталь	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2
Cd	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	0	0	1	1	2
Al _{окс}	2	2	2	2	2	1	0	1	2	2	0	0	0	0	1
Al	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	0	0	0	1	2
Zn	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	0	1	0	1
Mg	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	0

У м о в н і п о з н а ч к и: 0 — корозія відсутня; 1 — слабка корозія; 2 — значна корозія

На наводнювання сталей при нанесенні покриттів визначальний вплив роблять [4] склад розчинів і електролітів, щільність струму й інші характеристики.

Захист сталевих деталей, які входять у виробництво морського приладобудування, від агресивного впливу водню здійснюється за допомогою гальванічних покриттів: в основному, кадмування.

Однак, оксид кадмію, що застосовується при виробництві захисних і захисно-декоративних покриттів, являється отруйною речовиною. Вплив кадмію на організм людини [10] викликає важкі захворювання: пневмонію, набряк легень, розширення серця, збільшення печінки, болі в суглобах. 15% виробничих отруєнь кадмієм закінчуються смертельним результатом.

Тому кадмування сталевих деталей, які входять у виробництво морського приладобудування, було замінено на цинкування.

Цинк, згідно [11], мало токсичний для людини. Однак, його застосування із причин, зазначених у [12], у виробках, що експлуатуються в морській воді і піддаються впливу морського туману, недоцільно.

Структура матеріалу також впливає на схильність сталей до водневого окрихчування. Однак, термічну обробку деталей, які входять у виробництво морського приладобудування, виконують, в основному, для зняття напруги матеріалу, що виникає в процесі виготовлення деталі. У наявних технологіях для захисту деталей зі сталей від агресивного впливу водню термічна обробка не застосовується і її вплив [6] на схильність конструкційних матеріалів до водневої крихкості вивчено не достатньо.

У виду сказаного, виникає необхідність вибору оптимального виду покриття, а також визначення того виду термічної обробки, при яких буде досягнутий найбільший захист конструкційних матеріалів від наводнювання.

У ході експерименту встановлено [13, 14], що зменшення агресивної дії водню на сталеві деталі виробів морського приладобудування відбувається при виконанні відпалу повного або загартування і високої відпустки з наступним покриттям нікелем товщиною 30 мкм.



Література

1. Берто Г.О. Океанографические буи. — Л.: Судостроение, 1979. — 220 с.
2. Технология акустических антенн // Подводная электроакустическая аппаратура и устройства. В девяти томах / Ю.Е. Шамарин, А.Г. Лейко, А.Ю. Шамарин, В.П. Ткаченко. — Т. 2. — К.: Аванпостприм, 2001. — 256 с.
3. Рабинович А.Г., Рубанов А.А. Технология производства гидроакустической аппаратуры. — Л.: Судостроение, 1973. — 224 с.
4. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. В 2-х томах / Под ред. М.А. Шлугера. — М.: Машиностроение, 1985. — Т. 1. — 240 с.
5. Шрейдер А.В. Водород в металлах. — М.: Знание, 1979. — 64 с.
6. Похмурский В.И., Швед М.М., Яремченко Н.Я. Влияние водорода на процессы деформирования и разрушения железа и стали. — К.: Наукова думка, 1977. — 60 с.
7. Иванов-Францкевич Г.Н. Морская вода // БСЭ. — 3-е изд. — М., 1974. — Т. 16. — С. 584.
8. Ямпольский А.М., Ильин В.А. Краткий справочник гальванотехника. — Л.: Машиностроение, 1972. — 224 с.
9. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия. — Л.: Химия, 1974. — 568 с.
10. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В трех томах / Под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и докт. биол. наук проф. И.Д. Гадаскиной. — Л.: Химия, 1977. — Т. 3. — С. 376—383.
11. 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.
12. 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". — К., 2003. — С. 246—251.
13. Шамарин Ю.Е., Штанько М.Г. Влияние наводороживания стальных деталей на их прочностные характеристики // Технологические системы. — 2004. — № 1. — С. 34—37.
14. Шамарин Ю.Е., Штанько М.Г. Вплив водню на злам сталевих деталей виробів морського приладобудування // Вісник Технологічного університету Поділля, 2004. — № 5. — С. 47—49.