

Галина ЧУМАЛО, Богдан ДАЦКО, Володимир ГВОЗДЕЦЬКИЙ, Ярина СІРАК

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМЕТАЛІЗАЦІЙНОГО АЛЮМІНІЄВОГО ПОКРИТТЯ НА ГАЛЬМУВАННЯ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА КОНТАКТУ РІЗНОРІДНИХ СТАЛЕЙ У СІРКОВОДНЕВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

*Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України
вул. Наукова, 5, 79060, м. Львів. E-mail: gchumalo@ipm.lviv.ua*

Halyna CHUMALO, Bohdan DATSKO, Volodymyr HVOZDETSKYI, Yaryna SIRAK

INFLUENCE OF ELECTROMETALLIZED ALUMINUM COATING ON INHIBITION OF CORROSION PROCESSES FOR CONTACT OF DIFFERENT STEELS IN A HYDROGEN SULFIDE ENVIRONMENT

*Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine
5, Naukova Str., Lviv, 79060, Ukraine. E-mail: gchumalo@ipm.lviv.ua*

ABSTRACT

We have investigated influence of electrometallized aluminum coating on inhibition of corrosion processes for contact of different steels in a hydrogen sulfide environment. The possibility of reducing the corrosion rate of 20 steel and 09Г2С steel in contact with 08Х18Н10Т steel by the use of electrometallization aluminum coating has been established.

Electrometallization aluminum serves as an effective protector for corrosion protection of galvanic couple electrochemically active steels with corrosion-proof: the corrosion rate decreases in seawater at ~ 20 times, in seawater saturated with hydrogen sulfide at ~ 10 times and in the solution of NACE in ~ 4 times. The highest efficiency of protector protection for investigated galvanic couples is observed in model sea water, and in model sea water, saturated with hydrogen sulfide, the lowest in NACE solution.

KEY WORDS: *corrosion, galvanic couple, aluminum coating, protector.*

Термін служби металевих конструкцій у природних умовах навколишнього середовища часто досить короткий. Продовжити його можна декількома способами, які широко використовують на практиці [1]. Одним з таких способів є ізоляція поверхні конструкції від контакту з агресивним середовищем. Застосування захисного шару на металевих об'єктах – найпоширеніший метод. Для захисту від морської корозії дуже часто використовують металеві захисні покриття. Найпоширеніше – цинкове [2, 3]. Його можна застосувати і як самостійне захисне покриття, і як основу під фарбування. Метод гарячого цинкування найпоширеніший для захисту заліза та його сплавів і полягає у зануренні металу в розплав цинку при 440...600°C. Під час цинкування покривають як зовнішню, так і внутрішню поверхню деталей. Товщина покриття складає 60...100 μm. Термін служби оцинкованого металу може складати від 20 до 65 років залежно від товщини покриття та агресивності навколишнього середовища.

Протикорозійні протекторні покриття на основі алюмінію стали активніше застосовувати для захисту від корозії у 80-90-х роках минулого століття, що регламентувалось стандартами ISO 2064 [4] та ISO 2178 [5]. В основному покриття використовували для захисту трубопроводів, мостів, різних сталевих конструкцій. Найбільш поширеним методом нанесення алюмінієвих покриттів є електродугове напилення [6–8]. У промислових і морських умовах швидкість корозії алюмінію приблизно втричі менша від швидкості корозії цинку, причому корозія сповільнюється з часом завдяки утворенню на алюмінії щільної плівки оксидів із високими бар'єрними властивостями та адгезією. Використання протекторних покриттів для магістральних трубопроводів були включені в ГОСТ Р51164 [9].

Мета роботи – обґрунтування вибору методу підвищення корозійної тривкості гальванопари шляхом застосування алюмінієвого протекторного захисту в умовах дії сірководневих середовищ.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ефективність протекторного захисту гальванопари досліджували гравіметрично. Для цього використовували зразки у вигляді пластин $20 \times 30 \times 4$ mm. Зразок із металізаційним алюмінієвим покриттям використовували як протектор. Покриття нанесено електродуговим напиленням ($U = 30$ V; $I = 150$ A; тиск повітря 6 atm; відстань до зразка 150 mm). Товщина покриття 200 μ m. Зразки розміщували в електролітичній комірці та закріплювали в клеммах. (рис. 1). У комірці заливали розчини до одного рівня та з'єднували пластини, відзначаючи початок досліду. Проходження корозійного струму фіксували за допомогою мікроамперметра. Через встановлений час всі зразки виймали, промивали проточною водою, висушували та видаляли продукти корозії. Зразки зважували та розраховували масовий показник корозії.

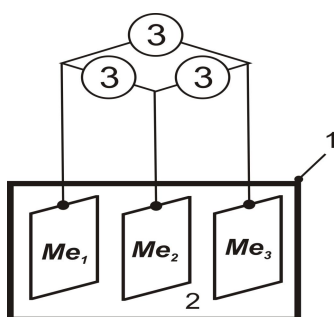


Рис. 1. Схема моделі протекторного захисту гальванічного елемента:

1 – склянка; 2 – розчин; 3 – мікроамперметр;
Me₁, Me₃ – метал гальванопари; Me₂ – протектор.

Fig. 1. Scheme of the protector protection model of the galvanic element:

1 – glass; 2 – solution; 3 – microampermeter;
Me₁, Me₃ – metal of galvanic couple; Me₂ – protector.

Ефективність протекторного захисту характеризували величинами захисного ефекту (Z) та ступенем захисту (γ).

$$Z = \left(\frac{K_0 - K_1}{K_0} \right) \cdot 100\%,$$

$$\gamma = \frac{K_0}{K_1},$$

де K_0 , K_1 – масові показники швидкості корозії до та після захисту, $g/(m^2 \cdot h)$.

Для досліджень обрано гальванопари, які найчастіше зустрічаються в нафтогазовій промисловості: сталь 20 – 08X18H10T, 09Г2С – 08X18H10. Для встановлення можливостей зниження швидкості корозії сталей 20 та 09Г2С у контакті зі сталлю 08X18H10T електрометалізаційним алюмінієвим покриттям виконували дослідження контактної корозії різних пар за наявності третього зразка із покриттям.

Для досліджень використовували стандартний розчин NACE (5%-ий водний розчин NaCl + 0,5% CH₃COOH, насичення H₂S, pH = 3,4, 22+3°C); – модельну морську воду (ММВ): NaCl \leq 86,5%; Ca²⁺ \leq 1,5%; Mg²⁺ \leq 2,0%; нерозчинні у воді речовини \leq 3,0%; ММВ, насичену сірководнем.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Показано (рис. 2, табл.), що за наявності алюмінієвого електрометалізаційного покриття швидкість корозії сталей 20 і 09Г2С за контакту зі сталлю 08X18H10T суттєво знижується у всіх досліджених середовищах. Так у ММВ вона знижується більше, ніж на порядок – до 0,003 ($g/m^2 \cdot h$) для обох гальванопар.

Однак для гальванопари 08X18H10T–09Г2С вплив протекторного захисту є суттєвіший: швидкість контактної корозії в ММВ знижується в $\sim 22,7$ рази. Для гальванопари 08X18H10T–сталь 20 за цих же умов швидкість контактної корозії знижується в ~ 19 разів.

У ММВ, насиченій сірководнем, вплив протекторного захисту суттєвіший для гальванопари 08X18H10T–сталь 20: для обох гальванопар: швидкість контактної корозії знижується в

~ 17 разів, проте швидкість корозії сталі 09Г2С є в ~ 3,7 рази більшою, ніж сталі 20 – 0,022 g/(m²·h) проти 0,006 g/(m²·h).

Таблиця. Швидкість корозії сталей 20 та 09Г2С за контакту зі сталлю 08Х18Н10Т та ефективність протекторного захисту електрометалізаційним алюмінієвим покриттям

Table. Corrosion rate of 20 and 09Г2С steels for contact with 08Х18Н10Т steel and efficiency of protector protection by electrometallization aluminum coating

Морська вода				
Гальванопара	K ₀ g/m ² ·h	K ₁ g/m ² ·h	Z, %	γ
08Х18Н10Т–сталь 20	0,065	0,003	94,7	18,9
08Х18Н10Т–09Г2С	0,059	0,003	95,6	22,7
Морська вода+H ₂ S нас.				
08Х18Н10Т–сталь20	0,108	0,006	94,2	17,1
08Х18Н10Т–09Г2С	0,363	0,022	94,1	16,8
NACE				
08Х18Н10Т–сталь20	0,678	0,155	77,2	4,4
08Х18Н10Т–09Г2С	1,333	0,156	88,3	8,5

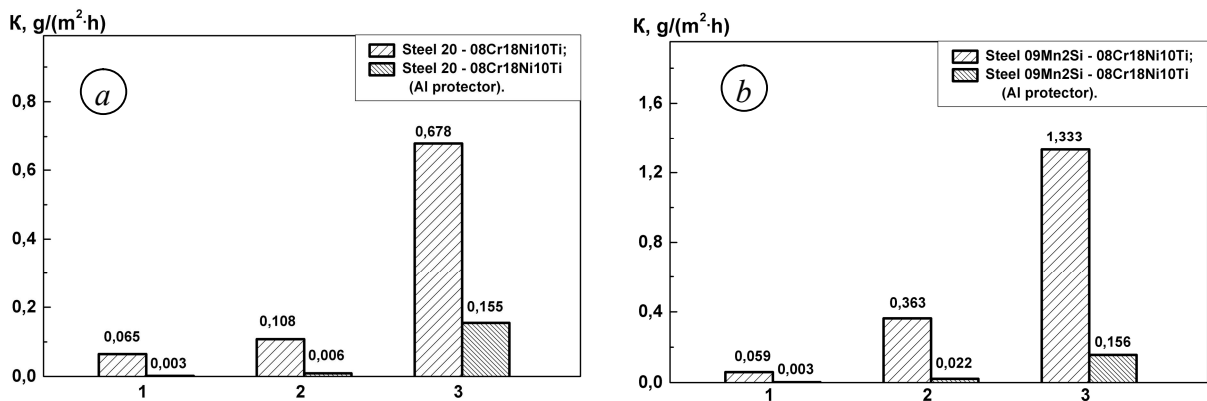


Рис. 2. Швидкість контактної корозії гальванопар 08Х18Н10Т–сталь 20 (а) та 08Х18Н10Т–09Г2С (б) без та з протекторним захистом: 1 – ММВ; 2 – ММВ, насичена H₂S; 3 – розчин NACE.

Fig. 2. Contact corrosion rate of galvanic couple 08Х18Н10Т–20 steel (a) and 08Х18Н10Т–09Г2С (b) without and with protector protection: 1 – model sea water; 2 – model sea water, saturated H₂S; 3 – NACE solution.

У розчині NACE за наявності протекторного захисту швидкість контактної корозії обох гальванопар знижується практично до однієї величини (0,155...0,156 g/m²·h). Проте суттєвіший вплив такий захист чинить на гальванопару 08Х18Н10Т– 9Г2С: швидкість контактної корозії знижується у ~8,5 рази, а для гальванопари 08Х18Н10Т– сталь20 в ~4,4 рази.

Як показали розрахунки, у ММВ ступінь захисту (γ) та захисний ефект (Z) для гальванопари 08Х18Н10Т–09Г2С є дещо вищими, ніж для 08Х18Н10Т–сталь 20: 95,6 % проти 94,7% та 22,7 проти 18,9 відповідно (рис. 3–4, табл. 1). У ММВ, насиченій сірководнем, ступінь захисту та захисний ефект для обох гальванопар практично однакові, в межах 94,1%...94,2% та 16,8...17,1 відповідно. У розчині NACE для гальванопари 08Х18Н10Т–09Г2С ефективність протекторного захисту вища, ніж для 08Х18Н10Т–сталь 20: Z в 1,14 рази (88,3% проти 77,2%) та γ в ~ 2 рази (8,5 проти 4,4).

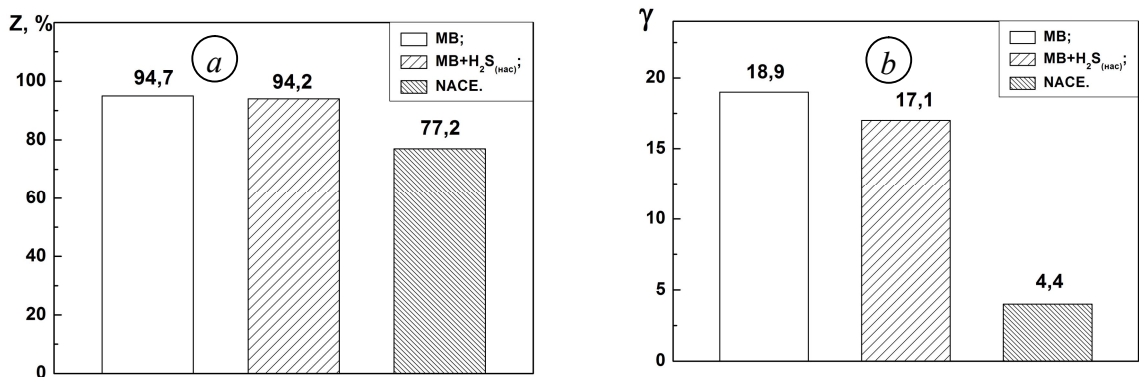


Рис. 3. Захисний ефект Z (a) та ступінь захисту γ (b) для гальванопари 08X18H10T–сталь 20.
Fig. 3. Protective effect Z (a) and degree of protection γ (b) for 08X18H10T–20 steel galvanic couple.

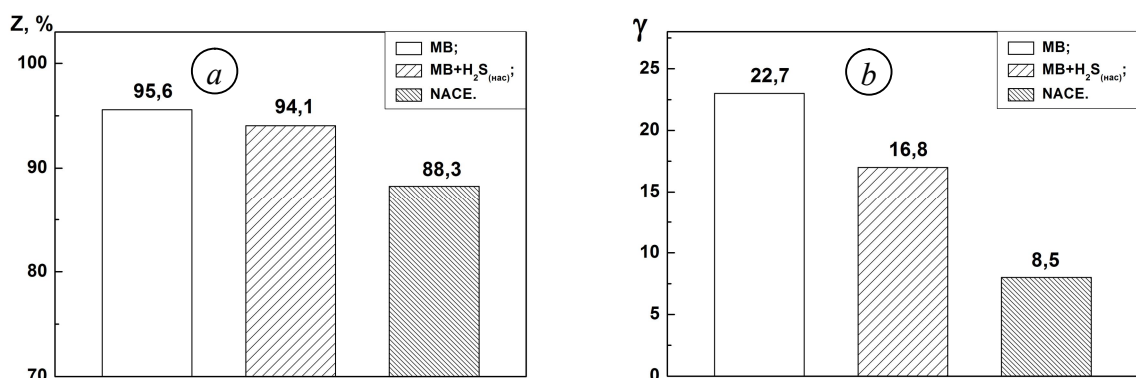


Рис. 4. Захисний ефект Z (a) та ступінь захисту γ (b) для гальванопари 08X18H10T–09Г2С.
Fig. 4. Protective effect Z (a) and degree of protection γ (b) 08X18H10T–09Г2С galvanic couple.

ВИСНОВКИ

Встановлено можливість зниження швидкості корозії сталей 20 та 09Г2С у контакті зі сталлю 08X18H10T шляхом напилення електрометалізаційного алюмінієвого покриття.

Електрометалізаційний алюміній служить ефективним протектором для захисту від корозії гальванопар електрохімічно активних сталей із нержавками: швидкість корозії зменшується у морській воді в ~ 20 разів, у морській воді, насиченій сірководнем, ~ 10 та у розчині NACE ~ 4 . Найвищу ефективність протекторного захисту для досліджених гальванопар спостерігали в ММВ та ММВ, насиченій сірководнем, найнижчу – у розчині NACE.

ЛІТЕРАТУРА

1. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров. Учебник для вузов / М.В. Кузнецов, В.Ф. Новоселов, П.И. Тугунов, В.Ф. Котов. – М.: Недра, 1992. – 238 с.
2. Соколовская А.Г., Эйчис А.П. Прогрессивные методы горячего цинкования. Киев.: Техника, 1967. – 124 с.
3. Смирнов А.В. Горячее цинкование. –М.:Металлургия, 1953. – 289 с.
4. ISO 2064: 1996. Metallic and other non-organic coatings – Definitions and conventions.
5. ISO 2178 : 2016. Non-magnetic coatings on magnetic substrate's.
6. Andrews D.R. The Protection of Iron and Steel by Aluminium Coatings // Metallurgia, Manchr., 1960. – V. 62. – P. 153.
7. Metallizing: Aluminium and Zinc Spraying, DTD 906B.
8. Електродугові відновні та захисні покриття / В.І. Похмурський, М.М. Студент, В.М. Довгунік, Г.В. Похмурська, І.Й. Сидорак. – Львів, Національна академія наук України, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка.–2005. – 192 с.
9. ГОСТ Р51164. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии» (пункт 4.7: Алюминиевые и цинковые покрытия для защиты от коррозии трубопроводов, транспортирующих газ, нефть и нефтепродукты).