

**Богдан ДАЦКО**

## **ШВИДКІСТЬ КОНТАКТНОЇ КОРОЗІЇ ГАЛЬВАНОПАР СТАЛІ 20 – 09Г2С**

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України  
вул. Наукова, 5, 79060, м. Львів. E-mail: [datsko.bohdan@gmail.com](mailto:datsko.bohdan@gmail.com)*

**Bogdan DATSKO**

### **VELOCITY OF CONTACT CORROSION OF GALVANIC COUPLES OF STEELS 20 AND 09Mn2Si**

*Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine  
5, Naukova Str., 79060, Lviv, Ukraine. E-mail: [datsko.bohdan@gmail.com](mailto:datsko.bohdan@gmail.com)*

#### **ABSTRACT**

The corrosion rate of 20 steel and 09Mn2Si steel and their galvanic couples at different ratios of areas of samples  $S_{20}:S_{09Mn2Si} - 1:1, 1:2$  and  $2:1$  in solutions, model of sea water – 3% solution of sea salt (weight %:  $NaCl \leq 86,5$ ;  $Ca^{2+} \leq 1,5$ ;  $Mg^{2+} \leq 2,0$ ;  $K^+ \leq 1,11$ ;  $SO_4^{2-} \leq 7,68$ ;  $HCO_3^- \leq 0,41$ ; other  $\leq 0,8$ ) and model of sea water, saturated with hydrogen sulfide, and standard NACE solution (5% water solution of  $NaCl + 0,5\%$   $CH_3COOH$ , saturation of  $H_2S$ , pH 3 ... 4,  $22 + 3^\circ C$ ) have been studied. In all studied environments passes of activation of electrode processes in both steels of regardless of size of sample area, occurs blistering steels 20 and 09Mn2Si and the formation of corrosion products.

**KEY WORDS:** *steel, modeling sea water, sulfide hydrogen, galvanic couples.*

#### **ВСТУП**

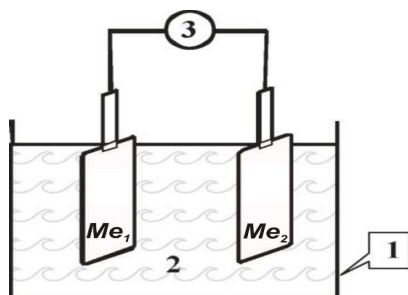
У газонафтодобувній промисловості і будівництві металоконструкцій на шельфі Чорного моря використовують різні сталі, їх контакт при експлуатації може призвести до інтенсифікації корозійних процесів, протікання яких за наявності  $H_2S$  не достатньо вивчено. Тому постає питання усунення контактної корозії металів, потребуючи знання корозійних і корозійно-механічних властивостей конструкційних матеріалів, методів і засобів їх захисту від сірководневої корозії, а також правильний підбір гальванічних елементів для проектування будівництва морських об'єктів. Метою роботи було встановити вплив  $H_2S$  на корозійну поведінку гальванопари зі сталей 20 та 09Г2С.

Щорічні витрати, пов'язані з протикорозійним захистом металевих елементів конструкцій, за останніми оцінками становлять значну частину валового продукту. Окрім економічних витрат та технологічних затримок виробництва, корозія може призвести до пошкодження конструкцій, що мають вплив на навколишнє середовище та людей [1, 2].

#### **МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Досліджували гальванопари зі сталей 20 та 09Г2С, які використовують у нафтогазовій промисловості, з різним співвідношенням площ зразків ( $S_{20}:S_{09Г2С}$ ), – 1:1, 1:2 та 2:1 розмірами  $30 \times 20 \times 4$  та  $15 \times 20 \times 4$  мм. Окремо визначали швидкість корозії сталей 20 та 09Г2С. Після завершення експерименту (360 годин) всі зразки виймали, промивали проточною водою, видаляли продукти корозії, зважували та розраховували масовий показник корозії. Для електрохімічних досліджень використовували потенціостат П-5827М.

Випробування проводили у середовищі модельної морської води (ММВ) – 3% розчин морської солі (мас. %:  $NaCl \leq 86,5$ ;  $Ca^{2+} \leq 1,5$ ;  $Mg^{2+} \leq 2,0$ ;  $K^+ \leq 1,11$ ;  $SO_4^{2-} \leq 7,68$ ;  $HCO_3^- \leq 0,41$ ; інші  $\leq 0,8$ ) та ММВ, насиченої сірководнем, стандартному розчині NACE (5%-ий водний розчин  $NaCl + 0,5\%$ -ий  $CH_3COOH$ , насичення  $H_2S$ , pH 3...4,  $22+3^\circ C$ ) [5]. Зразки розміщували в електролітичній комірці, закріпивши в клеммах один навпроти одного (рис. 1).



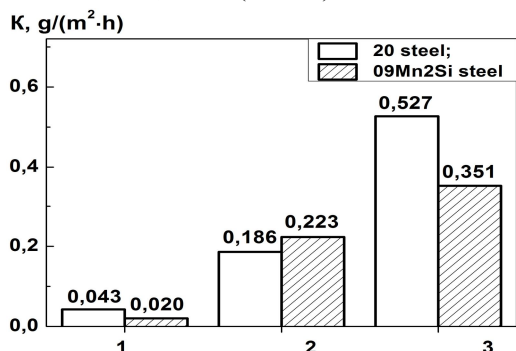
**Рис. 1.** Схема моделі корозійного гальванічного елемента:

1 – склянка; 2 – розчин; 3 – мікроамперметр.

**Fig. 1.** Scheme of modelcorrosive of galvanic element:  
1 – glass; 2 – solution; 3 – microammeter.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Показано, що швидкість корозії ( $K$ ) сталей 20 та 09Г2С зростає з підвищенням агресивності середовища (рис. 2). Для сталей 20 та 09Г2С  $K$  у морській воді становить 0,043 та 0,020 г/(м<sup>2</sup> год), у середовищі ММВ, насиченої сірководнем, 0,186 та 0,223 г/(м<sup>2</sup> год) та в розчині NACE 0,527 та 0,651 г/(м<sup>2</sup> год) відповідно.



**Рис. 2.** Швидкість корозії сталей 20 та 09Г2С за відсутності контакту:

1 – ММВ; 2 – ММВ насичена H<sub>2</sub>S; 3 – NACE.

**Fig. 2.** The rate of corrosion of steels 20 and 09Mn2Si without contact:

1 – modeling of sea water;  
2 – modeling of sea water; saturated with hydrogen sulfide;  
3 – NACE.

Електрохімічні дослідження (табл. 1) показали, що для сталі 09Г2С спостерігається від'ємніший потенціал корозії, ніж для сталі 20, отже, вона теоретично у цій гальванопарі може бути анодом.

**Таблиця 1.** Потенціали корозії сталей 20 і 09Г2С та гальванопари у різних середовищах

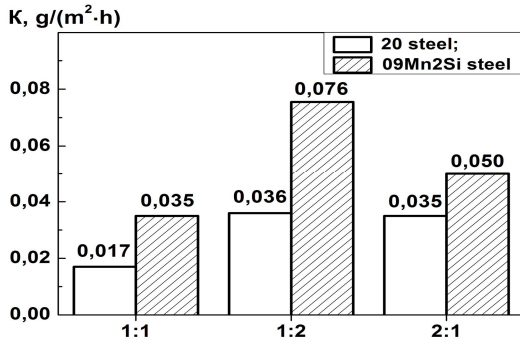
**Table 1.** Corrosion potentials galvanic couples and of steels 20 and 09Mn2Si in different environments

Сталі	Середовище		
	ММВ	ММВ+H <sub>2</sub> S	NACE
E, mV			
Сталь 20	-0,632	-0,687	-0,635
09Г2С	-0,652	-0,690	-0,642
Сталь 20 – 09Г2С	-0,655	-0,695	-0,652

Швидкість корозії сталі 20 у ММВ за контакту з 09Г2С та співвідношення площ 1:1 (рис. 3), зменшується в ~ 2,5 рази порівняно з одиничними зразком і складає 0,017 г/(м<sup>2</sup> год). Натомість швидкість корозії сталі 09Г2С зростає в ~ 1,7 рази проти показника корозії без контакту і становить 0,035 г/(м<sup>2</sup> год). За співвідношення площ зразків  $S_{20}:S_{09Г2С}=1:2$  швидкість корозії цих сталей зростає більше, ніж у 2 рази порівняно із попереднім випадком. За  $S_{20}:S_{09Г2С}=2:1$  швидкість корозії сталі 20 дорівнює 0,035, а 09Г2С – 0,050 г/(м<sup>2</sup> год). Загалом продукти корозії спостерігаються на обох сталях, що свідчить про відсутність стабільного розподілу катодних і анодних процесів на них.

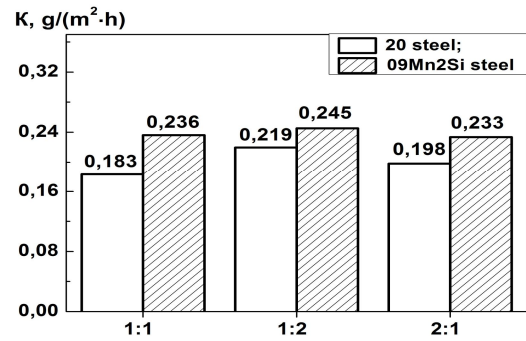
Швидкість корозії досліджуваної гальванопари у ММВ, насиченій сірководнем (рис. 4), за усіх співвідношень площ зразків  $S_{20}:S_{09Г2С}=1:1, 1:2, 2:1$  проти їх показників корозії без контакту відрізняються не значно і дорівнюють для сталі 20 та 09Г2С 0,183 та 0,236 г/(м<sup>2</sup> год), 0,219 та 0,245 г/(м<sup>2</sup> год) 0,198 та 0,233 г/(м<sup>2</sup> год) відповідно.

Візуальний огляд зразків після корозії за наявності контакту показав, що у цьому середовищі на обох електродах спостерігалось пухиріння від наводнювання та зменшення їх маси. Отже, як і у ММВ, на сталях 20 та 09Г2С почергово протікають і катодні, і анодні процеси.



**Рис. 3.** Швидкість контактної корозії гальванопар сталь 20 – 09Г2С за різних співвідношень площ зразків у ММВ.

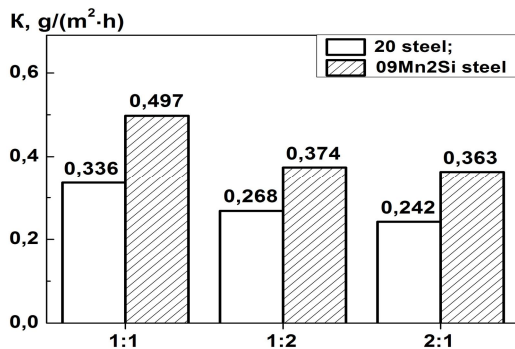
**Fig. 3.** The rate contact corrosion galvanic couples of steels 20 and 09Mn2Si at different ratios of areas of samples in modeling of sea water.



**Рис. 4.** Швидкість контактної корозії гальванопар сталь 20 – 09Г2С за різних співвідношень площ зразків у МВ, насиченій сірководнем.

**Fig. 4.** The rate contact corrosion galvanic couples of steels 20 and 09Mn2Si at different ratios of areas of samples in modeling of sea water, saturated with hydrogen sulfide.

Швидкість корозії сталі 20 за контакту з 09Г2С (рис. 5) у стандартному розчині NACE за співвідношення площ зразків  $S_{20}:S_{09Г2С} = 1:1$  зменшується до 0,336 г/(м<sup>2</sup> год), що є в ~ 1,5 рази менше відносно сталі 20 без контакту. Водночас  $K$  сталі 09Г2С зростає в ~ 1,4 рази порівняно з самою сталлю і становить 0,497 г/(м<sup>2</sup> год). За співвідношення площ зразків  $S_{20}:S_{09Г2С} = 1:2$  та 2:1 швидкості корозії сталей 20 та 09Г2С не суттєво відрізняються і становлять 0,268 та 0,374 г/(м<sup>2</sup> год) і 0,242 та 0,363 г/(м<sup>2</sup> год) відповідно, що є меншим майже в 2 рази для сталі 20 та в ~ 1,4 для 09Г2С, ніж за співвідношення площ зразків 1:1.



**Рис. 5.** Швидкість контактної корозії гальванопар сталь 20 – 09Г2С за різних співвідношень площ зразків у розчині NACE.

**Fig. 5.** The rate contact corrosion galvanic couples of steels 20 and 09Mn2Si at different ratios of areas of samples in standard solution NACE.

Така несуттєва різниця у швидкостях корозії за різних співвідношень площ анода та катода у сірководневих середовищах, підтверджує, що в дослідженій гальванопарі сталь 20 – 09Г2С на обох електродах протікають катодні та анодні процеси.

## ВИСНОВКИ

У модельній морській воді контакт сталей 20 та 09Г2С призводить до незначного зменшення швидкості корозії маловуглецевої сталі і зростання для низьколегованої в 1,7–3,8 рази залежно від співвідношення площ зразків. У модельній морській воді, насиченій H<sub>2</sub>S, контакт цих сталей найменше впливає на їх швидкість корозії. У стандартному розчині NACE за контакту швидкість корозії сталі 20 зменшується ~ 1,5 рази, а 09Г2С зростає в ~ 1,4 рази. Загалом у досліджених сталях не проходить чіткого розмежування катодних та анодних процесів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Fragata F., Salai R.P., Amarin C., Almeida E., Compatibility and Incompatibility in Anticorrosive Painting – The Particular Case of Maintenance Painting // Prog. Org. Coat. – 2006. – № 56. – С. 257.
2. Pandev M.D., Nessim M.A. Reliability-Based Inspection of Post-Tensioned Concrete Slabs // Can. J. Civil Eng. – 1996. – № 23. – С. 242.
3. Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов. – Москва: Металлургия, 1970. – 448 с.
4. Коррозия: Справ. изд. / Под. ред. Л. Л. Шрайера: Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.
5. NACE Standard MR-0175-96. Standard Material Requirements Sulfide Stress Cracking Resistance Metallic Materials for Oilfield Equipment. – Houston, Tx.: National Association of corrosion Engineers (NACE). – 1996. – 30 p.