

ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ НАСОСНИХ ШТАНГ

¹ Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу МОН України

Анотація.

Оцінено ступінь деградації низьколегованих сталей 20Н2М та 35ХМ насосних штанг після їх тривалої експлуатації (5,5 років) за зниженням їх корозійної тривкості, опору втомному та корозійно-втомному руйнуванню у кислому хлоридному розчині з рН = 3,1, що моделює пластові води. Зокрема, тривала експлуатація сталей 20Н2М та 35ХМ спричинила зниження у модельній пластовій воді їх корозійної тривкості (на 10-15%) та опору корозійно-втомному руйнуванню (на майже 25%).

Ключові слова: насосні штанги, експлуатаційна деградація, сталь, циклічне навантаження, корозія, корозійна втома.

Важливим елементом нафтодобувного обладнання є насосні штанги, руйнування яких спричиняє значні негативні наслідки [1]. Вони експлуатуються в режимі багатоциклового навантаження за дії корозивно-агресивної пластової води, тому показники корозійно-втомної витривалості штанг вважають одними з визначальних для забезпечення їх цілісності [2–4].

У даній праці оцінили експлуатаційну деградацію низьколегованих сталей 20Н2М та 35ХМ насосних штанг, експлуатованих ~ 5,5 років. Вважали, що експлуатаційна деградація металу стосувалася лише найбільш навантаженої робочої частини штанги, тому зразки, вирізані з головки штанги, в якій напруження були вдвічі меншими, приймали умовно за вихідний стан.

Мікроструктура сталей – ферито-перлітна з чітко окресленими межами зерен з полієдричною морфологією. Середній розмір зерна фериту для вихідного стану (метал головки штанги) був дещо більший, ніж для експлуатованого (85 та 65 мкм, відповідно), що пов'язали з можливою рекристалізацією деформованого металу внаслідок високотемпературного висаджування головки [4]. Виявили вищу схильність до травлення меж зерен у структурі експлуатованого металу, що є ознакою більшої густини дефектів вздовж меж зерен.

Корозивним середовищем слугував модельний розчин (МР) пластової води: 1%-й розчин NaCl з барботуванням CO₂ з рН = 3,1. Електрохімічними дослідженнями виявили, що сталі кородують з катодно-анодним контролем. Експлуатовані сталі характеризуються нижчим на 10-15% опором корозії, ніж сталі в умовно вихідному стані.

Виявлено підвищення границі плинності для обох сталей внаслідок експлуатаційного циклічного напручування (табл. 1). Сталі 35ХМ з нижчою міцністю властиве також зниження пластичності – відносне звуження сталі в експлуатованому стані на 20% нижче, ніж у вихідному (табл. 1).

Таблиця 1 – Механічні та корозійно-механічні властивості сталей у МР (рН = 3,1)

Сталь	Стан	Границя міцності σ_B , МПа	Границя плинності $\sigma_{0,2}$, МПа	Відносне звуження ψ , %	Період зародження корозійно-втомної тріщини $N_i \cdot 10^3$ циклів	
					повітря	МР
20Н2М	Вихідний	1004	807	55	500	45
	Експлуатований	1008	937	55	440	34
35ХМ	Вихідний	793	473	69	330	36
	Експлуатований	817	634	57	250	28

Оцінили опір втомному та корозійно-втомному руйнуванню сталей за інкубаційним періодом N_i зародження тріщини на зразку з V-подібним вирізом радіусом 0,1 мм (табл. 1) за

циклічного напруження $\sigma = 350$ МПа, що майже вдвічі вище границі витривалості σ_{-1} сталей 20Н2М та 35ХМ у повітрі (~ 200 МПа). Сталі 20Н2М властивий вищий опір втомному та корозійно-втомному руйнуванню, ніж сталі 35ХМ, в обох досліджених станах. Експлуатація спричиняє суттєвіше зниження опору втомному руйнуванню для сталі 35ХМ, а опір корозійно-втомному руйнуванню обох сталей в експлуатованому стані є нижчий на майже 25%, ніж у вихідному. Виявлено суттєвіший вплив корозивного середовища на корозійно-втомну витривалість сталі 20Н2М в обох станах порівняно із сталлю 35ХМ, водночас він практично не залежить від стану сталі 35ХМ.

Отже, тривала (5,5 років) експлуатація низьколегованих сталей 20Н2М та 35ХМ насосних штанг спричинила зниження у модельній пластовій воді з $\text{pH} = 3,1$ їх корозійної тривкості (на 10-15%) та опору корозійно-втомному руйнуванню (на майже 25%).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Liang H, Li X. M. Analysis on failure mechanism of sucker rod pumping system. *Advanced Materials Research*. 2014. 875–877. P. 1219–24.
2. Li D.-J., Wang W., Pang B. Influence factors on corrosion fatigue life of sucker rod steel used in coalbed methane well. *Transactions of Materials and Heat Treatment*. 2017. 38(3). P. 121–127.
3. Elevation of the fatigue strength of pump rods as a result of treatment with a special medium / B. V. Kopei, O. I. Zvirko, T. P. Venhrynyuk et al. // *Materials Science*. 2020. 56(1). P. 125–131.
4. Kret N. V., Svirska L. M., Venhrynyuk T. P. Corrosion-fatigue crack propagation in exploited pump rods made of 20N2M steel. *Materials Science*. 2020. 56(2). P. 279–283.

Звірко Ольга Іванівна – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів; olha.zvirko@gmail.com.

Венгринюк Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу МОН України, Івано-Франківськ; venhryniuktetyana@gmail.com.

Крет Наталія Володимирівна – молодший науковий співробітник відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів.

EVALUATION OF OPERATIONAL DEGRADATION OF SUCKER RODS

Abstract.

The degradation degree of the low-alloyed 20H2M and 35XM steels of sucker rods after their long-term (5.5 years) operation has been estimated by decreasing their corrosion resistance, and resistance to fatigue and corrosion-fatigue failure in an acid chloride solution with $\text{pH} = 3.1$, modelling formation water. In particular, long-term operation of the 20H2M and 35XM steels caused a decrease of their corrosion resistance (by 10-15%), and corrosion-fatigue durability (in approximately 25%) in model formation water with $\text{pH} = 3.1$.

Key words: sucker rods, operational degradation, steels, cyclic loading, corrosion, corrosion fatigue.

Olha Zvirko – D.Sc., Senior Researcher, Head of Department of Diagnostics of Materials Corrosion-Hydrogen Degradation, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv; olha.zvirko@gmail.com.

Tetyana Venhrynyuk – Ph.D., Associate Professor of Department of Oil and Gas Field Machinery and Equipment, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk; venhryniuktetyana@gmail.com.

Nataliya Kret – Junior Researcher of Department of Diagnostics of Materials Corrosion-Hydrogen Degradation, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv.