

НАПРЯМ 12. ТЕОРЕТИЧНІ І ПРАКТИЧНІ ПИТАННЯ ТА ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЩОДО ЕНЕРГО- Й РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ГАЛУЗЯХ ПРОМИСЛОВОСТІ, МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-502-3-52>

Дергач Т. О.,

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технології металів та матеріалознавства
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету
м. Харків, Україна*

Сухомлин Д. А.,

*кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри хімії та хімічної інженерії
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна*

ЕФЕКТИВНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМІНУ БЕЗРЕМОНТНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРУБ У ЖОРСТКИХ УМОВАХ НАФТОГАЗОДОБУВАННЯ

Однією з характерних особливостей сучасного нафтогазовидобування є тенденція до посилення режимів експлуатації свердловинного обладнання, в тому числі, трубних колон, і значне збільшення обсягів робіт, що вимагають проведення спуско-підйомних операцій [1–2]. За збитками внаслідок корозії нафтогазова галузь посідає одне з перших місць серед усіх галузей промисловості. Аварії через корозійно-ерозійні руйнування нафтопромислових трубопроводів призводять не лише до втрат великої кількості труб, простоїв обладнання та недобору нафти, а й до незворотного забруднення навколишнього середовища нафтою та стічними водами. За наявними даними, витрати на ліквідацію несприятливих наслідків корозійних руйнувань становлять до 30% витрат на видобуток нафти і газу [3–4].

Найбільш поширеними причинами аварій чорних (без покриття) насосно-компресорних труб (НКТ) є корозія, знос різьблення та втомні

руйнування. За даними промислової статистики, кількість аварій з НКТ часом сягає 80% від загальної кількості аварій свердловинного устаткування.

Відповідно до викладеного, розробка технологій виробництва та впровадження нових видів труб з підвищеною корозійною стійкістю та експлуатаційною надійністю є надзвичайно важливим завданням.

Застосування труб із низьколегованих і легованих сталей (а також труб із склопластиків) дозволяє збільшити термін їхньої служби. Однак, як показують розрахунки, їх використання на дрібних нафтових родовищах, які останніми роками є найпоширенішими та рентабельними, є економічно неефективним. Крім того, застосування зазначених труб не вирішує основного завдання – збільшення надійності та довговічності різьбових з'єднань НКТ.

Одним із ефективних шляхів підвищення експлуатаційної надійності трубної продукції є захист їх різними покриттями. Обсяги виробництва таких труб у світі постійно зростають. Для захисту НКТ від корозійно-ерозійної дії нафтовиками використовувалися різні покриття (полімерні, склоемалеві та ін.), які наносилися в основному на внутрішню поверхню труб. Аналіз показує, що серед численних способів збільшення якості та експлуатаційної надійності НКТ одним із перспективних є спосіб термохімічного дифузійного цинкування. Він дозволяє наносити захисне покриття на НКТ з нарізними кінцями та на муфти до них. При цьому утворюється захисне покриття з корозійно-ерозійностійкого залізоцинкового сплаву як на внутрішній і зовнішній поверхнях труб і муфт, так і на їх різьбових ділянках.

Універсальність дифузійних цинкових покриттів підтверджується їх властивостями: у порівнянні з полімерними вони не схильні до старіння, мають високу твердість, зносостійкість, а дифузійний зв'язок забезпечує високий ступінь зчеплення з основою труби.

Досить проста технологія дифузійного цинкування у поєднанні з універсальними властивостями одержуваних покриттів дозволяють ефективно захищати внутрішню та зовнішню поверхню НКТ, а також нарізні кінці, що не забезпечується при використанні інших типів покриттів. Дифузійно оцинковані труби легко транспортувати без пошкодження покриття, що важко здійснити для труб з неметалевими покриттями, особливо емалевими або склоемалевими.

Особливо важливим є такий показник покриття, як мікротвердість, оскільки вона багато в чому визначає експлуатаційні характеристики дифузійно оцинкованих НКТ і нафтогазопровідних труб при їх роботі в корозійно-ерозійному середовищі [5]. Було досліджено мікротвердість покриття до і після корозійних випробувань на загальну корозію за методиками NACE. Результати вимірювання мікротвердості дифузійних цинкових покриттів на НКТ розміром 73×5,5 мм груп міцності D, E і P110 до і після експлуатації наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Мікротвердість (кГ/мм²) дифузійного цинкового покриття на зразках НКТ, до і після випробувань на загальну корозію в розчині NACE TM 0177

Група міцності	Значення мікротвердості покриття	
	до корозійних випробувань	після випробувань
Е	•418 •428 •457	•425 •489 •457
	•317 •336	•336 •336
	•356 •457 •356	•457 •457 •428
P110	•428 •402 •428	•402 •402 •428
	•328 •300	•318 •301
	•402 •378 •378	•390 •415 •378

Примітки: 1. Випробування проводили за методикою NACE (5% NaCl+0,5% CH₃COOH, насичений H₂S, pH ≤ 3,5); T = 297⁰ K), час випробувань 96 год.; 2. Область білого кольору – сталь з ДЦП і без покриття.

Встановлено, що після вищезгаданих випробувань дифузійно оцинкованих зразків НКТ мікротвердість покриття не змінилася.

Результати замірів товщини дифузійного цинкового покриття на зразках після промислових випробувань в агресивних газових свердловинах показали, що товщина дифузійного залізоцинкового шару в процесі випробувань практично не змінилася (рис. 1).

Результати корозійних випробувань показали закономірну значно більш високу корозійну стійкість дифузійно оцинкованих зразків порівняно зі зразками без покриття.



Рис. 1. Структура дифузійного цинкового покриття на зразку НКТ групи міцності Е після промислових випробувань у газодобувній свердловині газоконденсатного родовища, × 300

Середня швидкість корозії останніх була у 4,1...6,1 разів вищою, ніж дифузійно оцинкованих зразків. При цьому чим агресивнішим було середовище свердловини, тим більшою була різниця у швидкості корозії сталевих зразків без покриття і дифузійно оцинкованих зразків на користь останніх.

Наявний досвід експлуатаційних випробувань дифузійно оцинкованих НКТ на газових родовищах України показує, що при збільшенні тривалості випробувань ця різниця буде збільшуватися, – внаслідок згасання швидкості корозії дифузійно оцинкованих зразків під дією бар'єрного ефекту продуктів корозії (відомого як ефект самозахисту дифузійних залізоцинкових покриттів).

Список використаних джерел:

1. M. B. Kermani and L. M. Smith (eds.): 'CO₂ corrosion control in oil and gas production – design considerations', EFC Publication No. 23; 2017, London, The Institute of Materials. Maney Publishing Format. 1 online resource (64 p).

2. Sun J., Sun C., Lin X., Cheng X. Effect of chromium on corrosion behavior of P110 steels in CO₂-H₂S environment with high pressure and high temperature. *Materials*. 2016. Vol. 9. No 3. P. 200.

3. Большаков В. І., Дергач Т. О., Сухомлин Д. А. Гладкі та нарізні труби нафтогазового сортаменту підвищеної корозійної стійкості. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2021. № 3 (94). С. 7–18.

4. Дергач Т. О., Сухомлин Г. Д., Сухомлин Д. А. Труби підвищеної надійності для нафтогазової галузі. *Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Прикладні науково-технічні дослідження»*. 2019. С. 120–121.

5. Похмурський В. І., Хома М. С., Чучман М. Р., Дацко Б. М. Корозія та наводнювання сталі 17Г1С-У у сірководневих середовищах різної концентрації. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2023. Т. 56. № 5. С. 15–22.