

СУЧАСНІ МЕТОДИ БОРотьБИ З КОРОЗИЄЮ ГЛИБИННОГО ОБЛАДНАННЯ ШТАНГОВИХ НАСОСНИХ УСТАНОВОК

Б.В.Копей, О.О.Онищук, С.Ю.Онищук, В.Б.Копей

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15,
тел. (03422) 42166, e-mail: koreyb@ninq.edu.ua

Приводится описание существующих на сегодня методов борьбы с коррозией подземной части оборудования штанговой глубинной насосной установки, приводится оценка их относительной эффективности. Обосновывается целесообразность применения технологии повышения прочности насосных штанг с применением полимерно-композитных материалов. Описана предлагаемая авторами технология упрочнения, приводятся основные параметры упрочняющего материала. Приводится перечень преимуществ метода упрочнения стеклотканевой лентой.

The article gives description of existing methods for fight against corrosion of underground part of equipment of the oil pumping units. An estimation is pointed on their relative efficiency. Expedience of application of technology of strengthening of sucker rods is grounded with application of polymeric-composite materials. The technology of strengthening offered by authors is described, the basic parameters of strengthening material are resulted. The list of advantages of method of strengthening by a polymeric bandage is pointed.

Метою статті є огляд і аналіз відомих методів боротьби із корозією підземної частини обладнання штангових насосних установок із виділенням їх переваг та недоліків. На основі даних аналізу пропонується розроблений авторами метод зміцнення насосних штанг, що має ряд переваг перед описуваними способами.

Однією із основних причин зниження працездатності штангових насосних установок для видобування нафти є корозія глибинного обладнання, яка призводить до значних витрат коштів і часу на ремонт, заміну обладнання і спуско-підіймальні операції. Істотний вплив корозійного зношування пояснюється великою металомісткістю обладнання, наявністю високоагресивних середовищ і високим вмістом в продукції пласта кислих газів – H_2S , CO_2 .

Результати аналізу даних про відмови на нафтових промислах дають підстави стверджувати, що переважна більшість аварій на промислах пов'язана із корозійними процесами. І це, однозначно, впливає на вартість продукції свердловин. Так, за даними Державного трубного інституту ім. Я.Є. Осади (м. Дніпропетровськ) затрати на ліквідацію несприятливих наслідків корозійних руйнувань складають до 30% від витрат на видобуток нафти [1].

Зважаючи на важливість проблеми корозійного руйнування каналу насосно-компресорних труб (НКТ) та насосних штанг (НШ), розглянемо детальніше існуючі методи боротьби із цим явищем.

Переважна більшість нафтових родовищ в Україні експлуатуються вже багато років, а ті, що розробляються зараз, проектується на тривалий термін роботи. Отже процес їх експлуатації супроводжується або супроводжуватиметься їх виснаженням і виникненням потреби у застосуванні технологій підтримки пластового тиску. А це часто передбачає закачування мінералізованих стічних вод, поверхнево-активних речовин та різних хімреагентів, що

сприяє інтенсифікації корозійних процесів у колоні НКТ та НШ, які і так піддаються корозійному впливу природного нафтового і газового середовища. Найбільш небезпечними тут є вуглекислота корозія та сірководневе розтріскування.

На сьогодні для боротьби із корозією труб НКТ застосовують такі заходи:

- введення в закачувану воду інгібіторів корозії [2];
- застосування труб із низьколегованих та легованих сталей [1];
- застосування склопластикових труб [3];
- захист поверхні труб протикорозійними покриттями [1].

Застосування інгібіторів корозії потребує значних капітальних вкладень в обладнання, постійних експлуатаційних затрат на реагенти, обслуговування додаткового обладнання і постійний контроль ефективності захисту [1].

З огляду на дуже високу вартість процесу, застосування цього методу на промислах зменшується.

Застосування труб із легованих сталей. Термін експлуатації таких труб значно більший за термін експлуатації стандартних труб, а вища їх вартість у абсолютній більшості випадків компенсується підвищенням ресурсом, і за тривалих термінів використання родовища дає позитивний економічний ефект. Однак цей спосіб не вирішує важливого завдання підвищення ресурсу колони НКТ – проблему надійності і довговічності різьбових з'єднань НКТ (за даними Американського нафтового інституту АРІ частка аварій НКТ через руйнування різьбових з'єднань складає 55%) [1].

Склопластикові труби цілком позбавлені проблемами корозійного руйнування. Крім того, вони мають низьку густину, малий коефіцієнт теплопровідності, не володіють магнітними властивостями, можуть працювати у широкому діапазоні робочих температур і тисків. І хоча їх властивості вказують на перспективність розробки

та вдосконалення такого виду труб, але високі вимоги до процесу зберігання та спуско-підйомальних операцій стають причиною їх обмеженого використання на промислах України [3].

Розглянемо детальніше методи **захисту поверхні труб та насосних штанг антикорозійними покриттями**.

Сьогодні для труб НКТ і НШ застосовуються три види захисних покриттів [1]:

- дифузійне цинкове покриття;
- полімерне покриття;
- силікатно-емалеве покриття.

Дифузійне цинкове покриття. Для захисту НКТ, їх різьбових з'єднань та насосних штанг від впливу корозійно- та ерозійно-агресивних середовищ добрі результати дає використання дифузійних цинкових покриттів. Такі покриття мають міцний дифузійний зв'язок з металом. Висока твердість дифузійних цинкових покриттів забезпечує високу опірність абразивному зношуванню. Крім того, особливості структури дифузійних покриттів сприятливо впливають на їх механічні, технологічні і захисні властивості [4].

Таким чином, застосування дифузійних цинкових покриттів істотно підвищує корозійну стійкість металу НКТ і штанг за відносно невисокої вартості процесу обробки. До того ж цей вид зміцнення ефективно захищає труби НКТ в місцях їх різьбового з'єднання.

Однак застосування таких труб має два недоліки:

- обмеження за довжиною. Наявне на сьогодні в Україні обладнання дає змогу виготовляти труби довжиною до 6,3 м, що збільшує кількість їх з'єднань;
- застосування таких труб неприпустиме в свердловинах з лужним середовищем.

Полімерне покриття. Труби та штанги з полімерними покриттями вже тривалий час знаходять застосування в нафтогазовій промисловості [5]. Такі покриття мають високі експлуатаційні характеристики, їх можна наносити як на внутрішню, так і на зовнішню поверхні труб і штанг різного сортаменту і призначення. Нанесення полімерного покриття відбувається одним із двох типів матеріалів:

- термопластичні матеріали: полівінілхлорид, поліетилен, поліпропілен, фторопласт тощо;
- терморезистивні матеріали: фенопласти, епоксидні, поліефірні матеріали.

Цей тип покриттів володіє низкою суттєвих переваг:

- високу корозійну стійкість;
- тривалий термін служби за певних умов експлуатації;
- достатньо високу герметичність різьбових з'єднань.

Але водночас такі покриття мають і недоліки:

- невисока ерозійна стійкість, що призводить до виходу з ладу внаслідок дії піску;
- вихід з ладу труби при механічному впливі;
- вузький температурний діапазон працездатності таких труб чи штанг.

Силікатно-емалеве покриття. Труби і НШ із силікатно-емалевими покриттями мають високі експлуатаційні параметри, особливо у процесі видобування високов'язких нафт [1]. Завдяки певним фізико-хімічним процесам, покриття емаллю характеризується високою адгезією силікатної емалі на поверхні металу. При цьому міцність зчеплення отриманого композитного матеріалу перевищує міцність самої емалі, а це зумовлює високі міцнісні і захисні властивості [6].

До переваг цього типу покриттів відносять:

- широкий температурний інтервал експлуатації (до 350°C);
- висока стійкість до абразивного зношування;
- високі міцнісні показники на згин, кручення і механічну дію;
- висока стійкість до корозійного спрацювання.

До недоліків можна віднести порівняно високу вартість труб із силікатно-емалевим покриттям.

Провівши аналіз існуючих на сьогодні методів боротьби з корозією матеріалу насосних штанг та насосно-компресорних труб на діючих промислах, можна зробити висновок про те, що затребуваними є методи, які не вимагають значних капітальних вкладень, є технологічно простими і, по можливості, такими, що підлягають відновленню в умовах промислу. Зважаючи на вказані чинники, розглянемо детальніше запропоновану авторами статті технологію зміцнення насосних штанг із застосуванням полімерно-композитних матеріалів. В статті йдеться про зміцнення насосних штанг, однак за певних умов технологію можна застосовувати і до насосно-компресорних труб.

Пропонована технологія зміцнення насосних штанг склотканиною стрічкою призначена для підвищення опору до корозійної втоми та корозійного спрацювання матеріалу тіла штанг, зниження інтенсивності відкладання парафіну і, певною мірою, підвищення захисту від механічних пошкоджень.

Завдяки відмінним антикорозійним властивостям склотканинного матеріалу, щільне покриття (приклеювання) ним поверхні тіла штанги, яка контактує з корозійним середовищем, забезпечує якісний захист матеріалу від корозійної втоми та спрацювання. Епоксидний зв'язувач, який використовується у процесі зміцнення, забезпечує потрібні механічні характеристики з'єднання „метал-склотканинний шар”.

Зміцненню можуть підлягати як нові штанги, так і ті, що вже відпрацювали певний час.

Технологія зміцнення передбачає проведення таких етапів.

1 Перед початком робіт проводиться візуальний огляд штанг на наявність механічних пошкоджень (тріщин, каверн, рисок) та ультразвукова дефектоскопія тіла штанг. Якщо величина виявлених дефектів перевищує допустиму, штанги підлягають відбраковуванню.

2 Бажаним є проведення дробоструменевої обробки поверхні тіла насосної штанги або

НКТ. Допускається механічне зачищення зміцнюваної ділянки дротяними щітками.

3 Проводиться знежирювання поверхні тіла штанги, яка підлягає зміцненню. Поверхні повинні бути протерті і знежирені тканиною, просоченою ацетоном або уайт-спіритом.

4 Відтак оброблені поверхні (за необхідності) просушуються безвогневим методом.

Температура просушування – 40-60°C. За температури повітря нижче +5°C просушування ділянки зміцнення поверхні штанги є обов'язковим.

5 Готується склотканина для зміцнення. Для цього перевіряється відповідність технічним вимогам механічних характеристик, розмірів, густини стрічки. Якщо матеріал замаслений, виконується операція розшліхтування – видалення замаслювача з поверхні стрічки шляхом нагрівання до температури 200-450°C або застосуванням хім. реагентів.

6 Підготовлюється зв'язувач. Перед використанням перевіряється термін його придатності. Для того, щоб зв'язувач мав необхідну технологічну в'язкість, до нього вводиться розчинник або розріджувач. Розчинник (леткі речовини) розчиняють смолу та інші компоненти зв'язувача. Як розчинник використовують ацетон, бензол, толуол, діхлоретан, чотирихлористий вуглець, метиловий спирт тощо. Розріджувачі одночасно виконують роль пластифікатора. Як розріджувач високов'язких епоксидних смол можна використовувати низьков'язкі епоксидні смоли (ДЕГ, ТЕГ та ін.).

7 Виконується операція просочування. Це передбачає суміщення наповнювача (склотканини) зі зв'язувачем шляхом нанесення компаунда на поверхню стрічки. Намотування зміцнюючої стрічки може відбуватись двома способами – "мокрим" і "сухим". "Мокрий спосіб" передбачає, що стрічка просочується рідким зв'язувачем безпосередньо перед намотуванням, тобто просочування технологічно суміщене з формуванням зміцнюючого покриття. „Сухий спосіб” передбачає застосування стрічки, яка вже просочена, підсушена і частково затушавіла ще до процесу намотування. „Сухе” намотування – більш ефективний спосіб, завдяки ширшому вибору смол для просочування, кращим міцнісним характеристикам та однорідності утвореного зміцнюючого покриття. Цей спосіб допускає вищі швидкості намотування стрічки.

8 Виконується намотування в такій послідовності:

- фіксується початок зміцнювальної стрічки на тілі штанги;
- створюється натяг стрічки за допомогою спеціального пристрою натягування;
- намотується стрічка на поверхню тіла штанги з нанесенням зв'язувача між витками. При цьому намотування може відбуватися різними методами: по спіралі, паралельно осі широкою смугою склотканини, в один або декілька шарів. Вибором методу намотування стрічки можна впливати на механічні параметри захисного покриття;

- фіксується кінець зміцнюючої стрічки.

Під час зміцнення штанг не допускається потрапляння вологи, оливи і забруднюючих речовин на тіло штанги та склотканину. Перед намотуванням початок стрічки фіксується за допомогою попередньо нанесеного на тіло штанги клею або наклеюється за допомогою двосторонньої самоклеючої стрічки. Закріплення початку зміцнюючої стрічки не повинно допускати її прокручування навколо тіла штанги.

Для забезпечення щільного прилягання зміцнюючої стрічки до тіла штанги, проводиться додаткове натягування стрічки, що виконується вручну за допомогою спеціального пристрою. Після натягування стрічки видимі локальні проміжки між склотканиною і поверхнею труби, а також між шарами стрічки повинні заповнюватись зв'язувачем. Натяжний пристрій після натягування стрічки знімається.

Перевагами цього методу є:

- технологічна простота;
- високі показники підвищення стійкості до корозійної втоми і спрацювання;
- підвищена стійкість до механічного спрацювання;
- значно менш інтенсивне відкладання парафіну на насосних штангах завдяки фізико-хімічним особливостям покриття;
- невисока вартість як матеріалів для зміцнення, так і самого процесу зміцнення.

Як зв'язуючий компаунд для зміцнюючої стрічки пропонується використовувати епоксидний зв'язувач ЕДТ-10 ОСТ 92-0957, в який можна додавати прискорювач полімеризації 2,4,6-три (діметиламіно) (метил) фенол УПО 60612 згідно з ТУ 6-00209817.035, каталізатор диметиланілін технічний згідно з ГОСТ 2168-78.

Матеріал стрічки – конструкційна склотканина структури 10 на замаслювачі №80 Т-10-80 згідно з ГОСТ 19170-73.

Зміцнююче покриття на основі вказаних вище матеріалів повинне забезпечувати фізико-хімічні характеристики, наведені в таблиці 1. Звичайно, можна використовувати й інші полімерно-композитні матеріали, які забезпечать виконання основних фізико-механічних параметрів.

Показники цих параметрів наведені в табл. 2.

Отже запропонований авторами статті метод зміцнення дає змогу підвищити стійкість до корозійної втоми та спрацювання нових та бувших в експлуатації насосних штанг різних типорозмірів без потреби в високовартісних установках та матеріалах; процес зміцнення є технологічно простим, а потрібні матеріали – доступними та дешевими. Описані позитивні якості даного типу зміцнення вказують на перспективність подальшого вдосконалення технології зміцнення та добору матеріалів.

В статті наведено огляд сучасних методів боротьби із корозією підземної частини обладнання штангової насосної установки. Проведено аналіз кожного методу, виділено їх переваги та недоліки. Як альтернативний метод зміцнення, який володіє високими показниками корозійної стійкості до механічного спрацювання та низькою інтенсивністю утворення парафінових

Таблиця 1 — Властивості конструкції склотканинного покриття на основі наповнювача – склотканини Т-10-80, зв’язувача ЕДТ-10, адгезія до металу на основі клею К-153

№ п/п	Параметри	Одиниці вимірювання	Значення параметрів
1	Густина зміцнюючого покриття	кг/м ³	1900
2	Границя міцності на розтяг	МПа	100
3	Границя міцності на стискання	МПа	240
4	Модуль пружності	МПа	46400
5	Питомий об’ємний електричний опір	Ом*м	1,3*10 ¹³
6	Ударна в’язкість	кДж/м ²	874
7	Водопоглинання	%	0,04
8	Твердість за Брінелем	Н _В , МПа	487
9	Час затвердіння	год	24
10	Коефіцієнт лінійного розширення	1/К	(4,1-8,1)*10 ⁻⁶
11	Коефіцієнт Пуассона		0,24
12	Перехідний електричний опір	Ом*м ²	10 ⁸
13	Міцність адгезії склопластикового покриття до матеріалу штанги зі сталі:		
	а) за руйнуючим напруженням при рівномірному відриві за t = 20°C	МПа	10-10,9
	б) за руйнуючим напруженням у випадку зсуву за t = 20°C	МПа	10,5-12,8
14	Температура адгезії	°C	18-20
15	Робоча температура експлуатації з’єднання на основі клею К-153	°C	-40÷+90
16	Електрична міцність адгезійного з’єднання	кВ/мм	24,9
17	Термін служби адгезійного з’єднання	років	25
18	Суцільність покриття	кВ/мм	не менше 5,0
19	Товщина покриття	м	0,01
20	Термін служби покриття	років	25
21	Міцність під час удару	Дж	не менше 10

Таблиця 2 – Основні фізико-механічні параметри, які повинні забезпечити склотканинні покриття

№	Параметри	Одиниці вимірювання	Значення параметрів
1	Питомий об’ємний електричний опір	Ом*м	не менше 10 ⁶
2	Перехідний електричний опір	Ом*м ²	не менше 10 ⁸
3	Міцність адгезії склотканинної стрічки до матеріалу штанги зі сталі:		
	а) за руйнуючим напруженням у випадку рівномірного відриву за t = 20°C	МПа	не менше 10
	б) за руйнуючим напруженням у випадку зсуву за t = 20°C	МПа	не менше 10
4	Робоча температура експлуатації	°C	-40÷+90
5	Термін служби клейового з’єднання	років	25
6	Суцільність зміцнюючого покриття	кВ/мм	не менше 5,0
7	Термін служби зміцнюючого покриття	років	25
8	Міцність під час удару	Дж	не менше 10

відкладень на поверхні пропонується розроблений авторами метод зміцнення склотканинною стрічкою із епоксидним зв’язувачем. Наводяться фізико-механічні параметри склотканинного покриття, вказуються переваги застосування цього методу зміцнення.

Література

1 Проскуркин Е. Защитные покрытия. Качество и долговечность труб // Национальная металлургия. – 2003. – №5. – С. 86-97.
 2 Шкандратов В.И., Ким С. Антикоррозионная защита // Нефтегазовая Вертикаль. – 2006. – № 9-10. – С. 18-22.

3 Копей Б.В., Максимук О.В., Щербина Н.М., Розгонюк В.В., Копей В.Б. Насосні штанги та труби з полімерних композитів: проектування, розрахунок та випробування. – Львів: ІППММ ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2003.
 4 Проскуркин Е.В., Попович В.А., Мороз А.Т. Цинкование. – М.: Металлургия, 1988. – 528 с.
 5 Протасов В.Н. Полимерные покрытия нефтепромышленного оборудования: Справочное пособие. – М.: Недра, 1994. – 224 с.
 6 Смирнов Л. Эмаль и сталь // Металлы Евразии. – 2002. – № 5. – С. 38-39.