

## Фізико-технічні проблеми видобування енергоносіїв

УДК 622.276.054

### КОМПЛЕКСНЕ ЗМІЦЕННЯ НАСОСНИХ ШТАНГ МЕТАЛІЗАЦІЙНИМИ ПОКРИТТЯМИ І СКЛОПЛАСТИКОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ

*Б.В.Копей, І.І.Стеліга, В.Б.Копей*

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

*При видобутку нафти штанговими свердловинними насосами насосні штанги часто обриваються, що наносить значну шкоду нафтовидобувним підприємствам. Для підвищення витривалості насосних штанг, які експлуатуються в корозійно-активних середовищах, пропонується їх комплексне зміцнення металізаційними покриттями і склопластиковою ізоляцією. В результаті досліджень насосних штанг з цинко-епоксидно-каучуковим покриттям встановлено, що їх зносостійкість досить висока при терті колони штанг із внутрішньою поверхнею НКТ. Крім того, дане покриття помітно знижує ймовірність відкладання на штангах смолисто-парафіністих речовин, що дає змогу зберігати певний режим відкачування нафти тривалий час*

**Ключові слова:** насосні штанги, склопластик, металізаційне покриття

*При добыче нефти штанговыми скважинными насосами насосные штанги часто обрываются, что приносит значительный вред нефтедобывающим предприятиям. Для повышения износостойкости насосных штанг, эксплуатируемых в коррозионно-активных средах, предлагается их комплексное упрочнение металлизационными покрытиями и стеклопластиковой изоляцией. В результате исследований насосных штанг с цинко-эпоксидно-каучуковым покрытием определено, что их износостойкость достаточно высока при трении колонны штанг о внутреннюю поверхность НКТ. Кроме того, данное покрытие заметно снижает вероятность откладывания на штангах смолисто-парафинистых веществ, что позволяет сохранять определенный режим откачки нефти длительное время*

**Ключевые слова:** насосные штанги, стеклопластик, металлизационное покрытие

*Pumping oil with the help rod pump sucker rods are often damage and this damage greatly influences oil industry enterprise. To increase the endurance of sucker rods which are used in corrosive-active environment the composite consolidation of sucker rods by metallized coatings and glass-plastic isolation is proposed. To consolidate new sucker rods and repair used sucker rods the technology of zinc-epoxy-gum elastic coating is worked out. The results of research showed that wear resistance of these coatings is high during friction of sucker rod columns against the surface of pump-compressor pipe. Besides, the given coating reduces the possibility of resin-paraffin materials sediment on the sucker rods appreciably, that allows to preserve the proper regime of oil pumping for some time. Besides, the given coating reduces the possibility of resin-paraffin materials sediment on the sucker rods appreciably, that allows to preserve the proper regime of oil pumping for some time*

**Keywords:** sucker rod, glass-plastic, metallized coating

Основний фонд свердловин у нафтовій промисловості експлуатується штанговими свердловинними насосними установками (ШСНУ) протягом багатьох років. Одним із основних елементом ШСНУ є насосна штанга. Від її надійності залежить економічна ефективність нафтовидобувних підприємств. Тому підвищення працездатності насосних штанг є ключовим завданням для зниження собівартості нафти, що видобувається.

Для підвищення витривалості насосних штанг, які експлуатуються в корозійно-активних середовищах, доцільно використовувати поверхневі методи зміцнення, які створюють в поверхневих шарах залишкові напружені стиску, підвищують твердість поверхні, ліквідують поверхневі дефекти, активують метал і підвищують його адгезійні властивості для більш ефективного зчеплення з покриттям, яке наноситься на виріб з метою ізоляції його

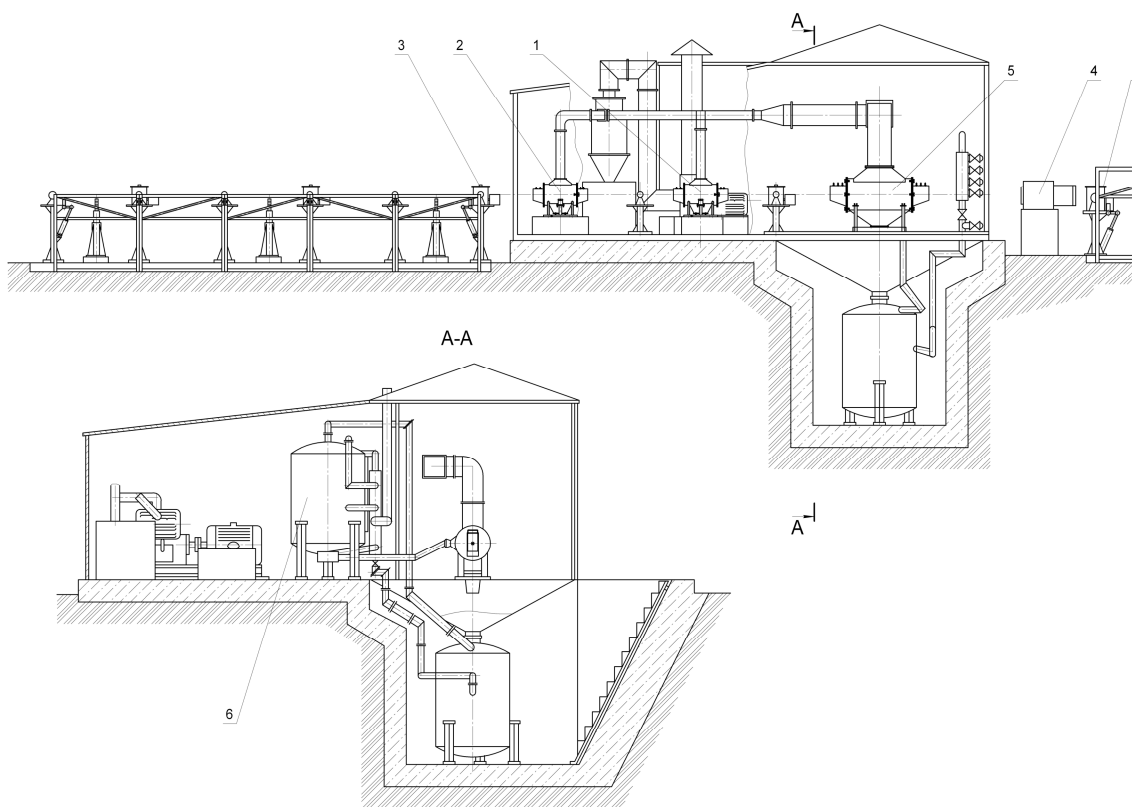


Рисунок 1 – Схема розміщення обладнання установки для зміцнення насосних штанг УДШ-2

від корозійного середовища, підвищення низки інших експлуатаційних характеристик. Найбільш ефективними є комбіновані методи, що базуються на поверхнево-пластичному деформуванні (ППД) металу і нанесенні металізаційних чи металополімерних покриттів. Серед методів зміцнення ППД широко застосовується дробоструминна обробка чи наклеп металевими щітками, що обертаються. Простим і технологічним способом нанесення покриттів є електродугова металізація. Для підвищення стійкості металізованих поверхонь і покращання ряду інших властивостей покриттів доцільно наносити полімерні захисні шари за допомогою електростатичного осадження чи пневматичними пульверизаторами, а також використанням бандажів з полімерно-композитних матеріалів.

З метою підвищення опору корозійно-втомному руйнуванню насосних штанг розроблено установку. Основні елементи установки: дробоструминний апарат і дробозбірник, компресор з ресивером і вологомасловідділювачем, зварювальний генератор, електрометалізатор, металізаційна камера з вентиляційним обладнанням, повітряний колектор, система подаючих і обертових рольгангів.

Подальша модернізація установки уможливує зміцнення насосних штанг як нових, так і після експлуатації в свердловині. Модернізовані установки УДША-1 і УДШ-2 (рис. 1) [1] були оснащені витяжною вентиляційною системою, яка забезпечувала нормальні санітарно-гігієнічні умови праці. Особливістю вдосконаленої установки є наявність камер металізації 1 і полімеризації 2 насосних штанг,

приводної каретки 3. Для забезпечення більш ефективної поверхневої обробки насосних штанг, які були в експлуатації, з метою зняття шару солей і смолисто-парафіністих речовин, а також для прискорення дробоструминної обробки установка УДШ-2 була оснащена вузлом металевих обертових щіток з ударними елементами 4.

Процес зміцнення насосних штанг (нових чи ремонтних) на установках відбувається так. За допомогою приводних рольгангів чи приводної каретки виріб обертається і послідовно переміщується через дробо-струминну 5, металізаційну 1 і полімеризаційну 2 камери. В дробоструминній камері сталевий круглий і чавунний колотий дріб потоком стисненого повітря виноситься з дробоструминного апарата 6 на поверхню, що обробляється. В металізаційній камері за допомогою електрометалізатора на зварні шви чи на тіло виробу наноситься анодне захисне покриття. Потім за потреби виріб поступає в полімеризаційну камеру, де на його поверхню розпилювачем наноситься полімерне покриття.

На підставі накопиченого промислового досвіду, численних лабораторних досліджень і аналізу результатів промислових випробувань дослідних партій насосних штанг було розроблено і вдосконалено технологію поверхневого зміцнення та оптимізовані режими обробки. Встановлено, що найбільш придатним є сухий, без помітних слідів іржі чавунний колотий дріб середніх фракцій розміром 1,5-2,5 мм. Такий дріб при тиску повітря 0,5-0,6 МПа зміцнює поверхню і створює відповідну шорсткість

Rz 20-80. Чавунний колотий дріб доцільно використовувати доти, поки забезпечується оптимальна шорсткість поверхні штанги.

Найвищі значення залишкових напружень стиску досягаються за тиску 0,55 МПа, діаметра отвору дробоструминного сопла 8-10 мм і швидкостях подачі штанги (2,5-3,0)  $10^{-3}$  м/с з одним соплом і 1,05-1,26  $10^{-2}$  м/с – з двома. Відхилення сопел від горизонталі складає 5-10°. З метою підвищення стійкості сопел доцільно виготовляти вставки з метало-керамічних сплавів.

Після дробоструминної обробки не більш ніж через 15 хв. ручним електрометалізатором ЕМ-14 проводять металізацію цинком (чи алюмінієм). Величина напруги електричного струму визначається типом металізаційного апарату і методом металізації. Як правило, для електрометалізатора ЕМ-14 напруга досягає 25-30 В, але оптимальні режими отримують за напруги 17-19 В, коли стабільність дуги максимальна. Сила електричного струму залежить від багатьох чинників: типу апарату, методу металізації і діаметра дроту, використаного для напилення. При силі струму  $I = 100$  А цинковий дріт діаметром 2 мм плавиться повільно і нерівномірно, а при  $I = 200$  А – миттєво і повністю, і метал випаровується з появою специфічного запаху. Це значно збільшує втрати на угар, а окислення металу помітно погіршує його адгезійні властивості. Найкращі результати отримані за сили струму в дузі 160-180 А. Тиск стисненого повітря при металізації сприяє розпиленню розплавленого металу і нанесенню його на поверхню, яка металізується. За тиску стисненого повітря менше 0,26 МПа потік розплавленого металу має грубодисперсну структуру, яка знижує якість покриття (металізаційний шар стає пористим з низькими адгезійними властивостями). При легкому постукуванні металічним прутком по обробленій поверхні покриття розтріскується і осипається. Крім того, низький тиск повітря не дає змоги розплавленим частинкам металу набувати достатньої кінетичної енергії, що викликає необхідність скорочення відстані від розчинюючої головки металізатора до поверхні штанги, а це, в свою чергу, значно підвищує температуру основи (до 250°C). Тиск стисненого повітря в межах 0,5...0,6 МПа є достатнім для якісного тонкого диспергування напилюючого металу і повноти перенесення розплавленого потоку на поверхню, що металізується. Джерелом стисненого повітря в схемі об'язки установки вибрано компресор КСЕ-5М з робочим тиском до 0,8 МПа і подачею 5 м<sup>3</sup>/хв.

Відстань від розпилюючої головки металізатора до штанги, що обробляється, впливає не тільки на адгезію нанесеного покриття з основою, але й на величини втрат металу під час перенесення потоку до поверхні, що металізується. За відстані понад 160 мм діаметр плями контакту факела розпилювання з основою стає більшим (до 70 мм), що зумовлює значні невиробничі втрати металу у процесі напилювання вузьких поверхонь. Окрім того, в міру набли-

ження до основи швидкість напилюючих частин і їх температура знижуються, і за великих відстаней кінетична і теплова енергії металізаційного потоку стають зовсім недостатні для утворення щільного покриття з високими адгезійними властивостями. Зменшення відстані від металізатора спричинює високі швидкості напилюючих часток в момент їх співудару з основою, що також сприяє їх перегріванню в зв'язку з перетворенням кінетичної енергії розплавленого потоку, що рухається, в теплову. За невеликих відстаней (< 70 мм) температура поверхні виробу сягає 270°C. Оптимальна відстань до деталі – 100-130 мм. Швидкість подавання дроту, одночасно з силою струму на дузі, значно впливає на ступінь її плавлення. Значення швидкості подавання дроту залежить від тиску і витрат стисненого повітря, що подається на пневмотурбіну механізму привода. За високих швидкостей подавання (понад 10 м/хв) вона встигає повністю розплавитися; дисперсність розплавленого металу значно погіршується, оскільки основна частина енергії повітряного потоку витрачається на обертання пневмотурбіни. За низьких швидкостей подавання (менше 1,5 м/хв) дуга стає нестабільною, переривчастою, що, в свою чергу, порушує щільність і рівномірність покриття. Оптимальне значення швидкості подавання дроту – 2,5 м/хв.

Між параметрами металізації – діаметром плями контакту факела розпилювання з основою, часом обробки штанги, кроком її поздовжнього зміщення і частотою обертання існує тісний зв'язок. Наприклад, якщо діаметр плями контакту факела розпилювання досягає 40 мм, то для створення рівномірного покриття з врахуванням перекриття шарів крок подавання штанги повинен дорівнювати 50 мм. При цьому за час обробки штанга здійснить 260 обертів, частота її обертання складе 15 хв<sup>-1</sup>. Ці оптимальні параметри процесу металізації зумовлюють товщину металізаційного покриття, що наноситься, в межах 100-150 мкм. Питомі витрати напилюючого металу сягають 114 г на 1 пог.м штанги, продуктивність металізаційного апарату – 3,13 кг/год. Під час тривалого перебування в свердловині на поверхні штанги відбувається поступове розчинення цинку, його стирання, утворюються пластоподібні продукти корозії покриття, корозійне середовище проникає до основного металу, руйнуються поверхневі шари, стравлюється зміцнений шар, зменшуються сприятливі залишкові напруження стиску, що обумовлює зародження корозійно-втомних тріщин.

Для продовження терміну служби штанг необхідно створювати захист металізаційного покриття лакофарбними, полімерними або композитними матеріалами. Високими корозійно-втомними характеристиками володіють зразки штанг з поліамідним, епоксидним, фторопластовим покриттям, які полімеризують на металізованій цинковій (чи алюмінієвій) підкладці. Але нанесення полімерних покриттів на штанги та їх полімеризація спряжені з низкою технологічних труднощів: необхідністю довгомірних

печей, що не завжди реалізується на базі виробничого обслуговування.

Для зміцнення нових і ремонту відпрацьованих штанг розроблено технологію нанесення епоксидно-каучукової композиції, що виправдано у випадку їх використання у сильно обводнених свердловинах. Епоксидно-каучуковий антикор наносили фарборозпилювачем СО-71А за тиску на його вході 0,4-0,5 МПа та відстані від сопла до штанги – 130...150 мм плоским горизонтальним струменем розпилюючого матеріалу з шириною статичного відтиску не менше 70 мм. В'язкість антикору складає 30-35 (за показниками вискозиметра ВЗ-4), витрати полімерного матеріалу – 33 г на 1 пог.м штанги.

В результаті досліджень насосних штанг з цинко-епоксидно-каучуковим покриттям, встановлено, що їх зносостійкість досить висока у випадку тертя колони штанг з внутрішньою поверхнею НКТ, особливо в небезпечних перерізах (ділянки тіла штанги на відстані до 200 мм від галтелі). Крім того, дане покриття помітно знижує ймовірність відкладання на штангах смолисто-парафінистих речовин, що дає змогу зберігати певний режим відкачування нафти впродовж тривалого часу.

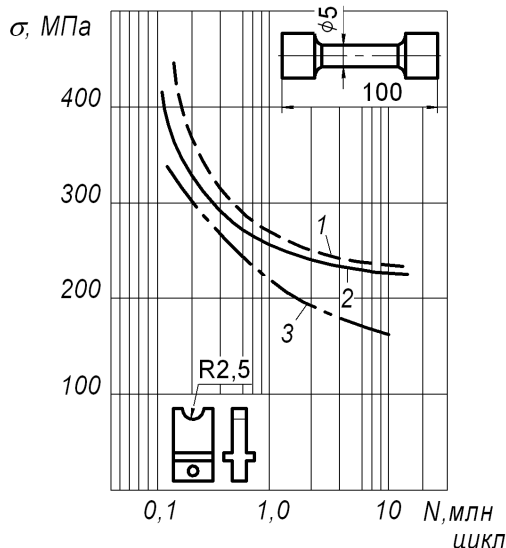
Одночасна дія змінних навантажень і тертя сталеної колодки із частиною зразка, яка імітує умови роботи штанг в свердловині, була досліджена в середовищі мінералізованої пластової води. Зразки Ø5мм з сталі 20Н2М з цинко-епоксидним покриттям ПЕП-534 працювали в контакт з сталлю за сили притискання  $N=1,5H$  та  $5H$ . Під час випробовувань проводилось замірювання діаметра зразка в місці тертя. Зменшення діаметра сягало 0,6 мм. Встановлено, що чим більше циклів відпрацював зразок, тим повільніше відбувалось зменшення діаметра. Також із збільшенням згинаючого навантаження збільшувалась швидкість спрацювання. Випробовування, що проводились за сили притискання 5 Н, характеризувались більшою швидкістю спрацювання, ніж із силою притискання 1,5 Н, та зразки ламались швидше за інших однакових умов.

Аналіз результатів дослідження показав, що накладання тертя на циклічно-деформований зразок знижує характеристики корозійної втоми (рис. 2). Зростання контактного тиску з 75 до 250 кПа призводить до подальшого зниження границі втоми зразка (з 230 до 175 МПа).

Пропонується технологія ремонту насосних штанг з використанням бандажів із полімерно-композитних матеріалів для підвищення довговічності, відновлення працездатності та металізованих поверхонь штанг з корозійними і механічними пошкодженнями, дефектами штанг.

Дана технологія поширюється на ремонт полімерно-композитними матеріалами дефектних сталевих штанг.

До зв'язуючого компаунда у полімерно-композитному бандажі відноситься епоксидний зв'язувач ЕДТ-10 ОСТ 92-0957, в який можна додавати прискорювач полімеризації 2,4,6-три (діметиламіно) (метил) фенол УПО 60612



1 – без тертя, 2 – сила тертя 1,5 Н (75кПа), 3 – сила тертя 5 Н (250кПа)

**Рисунок 2 – Криві корозійної втоми зразків діаметром 5 мм зі сталі 20Н2М з цинко-епоксидним покриттям при накладанні тертя на робочу частину зразка**

згідно з ТУ 6-00209817.035, каталізатор диметиланілін технічний згідно з ГОСТ 2168-78.

Матеріал бандажа – конструкторська склотканина структури 10 на замазлювачі №80 Т-10-80 згідно з ГОСТ 19170-73.

Полімерно-композитний бандаж на основі вказаних вище матеріалів повинен забезпечувати фізико-хімічні характеристики, наведені у табл. 1.

У таблиці 1 наведено дані полімерно-композитного бандажу на основі ЕДТ-10, Т-10-80, К-153. Звичайно, можна використовувати й інші полімерно-композитні матеріали, які забезпечать виконання основних фізико-механічних параметрів. Показники цих параметрів наведено в таблиці 2.

Ширина бандажної композиційної стрічки складає 80 мм.

Ремонт штанг із використанням полімерно-композитних матеріалів проводиться для таких типів дефектів:

- задири, подряпини, сколи;
- корозійні виразки (локальні, групові, розподілені за довжиною)
- вм'ятини глибиною до 5% діаметра штанги.

Не підлягають ремонту бандажем з полімерно-композитних матеріалів такі дефекти:

- тріщини понад 2 мм;
- вм'ятини з додатковим концентратором.

Перед ремонтом обов'язково проводиться обстеження локальної зони дефекту за допомогою неруйнівних методів контролю для виявлення дефектів.

До початку виконання ремонтних робіт з використанням полімерно-композитних бандажів виконують такі операції:

- візуальний огляд дефектної зони з попереднім вимірюванням глибини найбільших каверн;

**Таблиця 1 – Властивості конструкції полімерно-композитного бандажу на основі наповнювача – склотканини Т-10-80, зв'язувача ЕДТ-10, адгезія до металу на основі клею К - 153**

№ з/п	Параметри	Одиниці вимірювання	Значення параметрів
1	Густина бандажу	кг/м <sup>3</sup>	1900
2	Границя міцності на розтяг	МПа	100
3	Границя міцності на стиск	МПа	240
4	Модуль пружності	МПа	46400
5	Питомий об'ємний електричний опір	Ом* м	1,3 * 10 <sup>13</sup>
6	Ударна в'язкість	кДж/м <sup>2</sup>	874
7	Водовбирання	%	0,04
8	Твердість за Брінелем	Н <sub>Б</sub> , МПа	487
9	Час затвердіння	год	24
10	Коефіцієнт лінійного розширення	1/К	(4,1-8,1) * 10 <sup>-6</sup>
11	Коефіцієнт Пуассона		0,24
12	Перехідний електричний опір	Ом * м <sup>2</sup>	10 <sup>8</sup>
13	Міцність адгезії склопластикового бандажу до матеріалу штанг зі сталі: а) за руйнуючим напруженням при рівномірному відриві за t=20°C б) за руйнуючим напруженням при зсуві, за t=20°C	МПа МПа	10-10,9 10,5-12,8
14	Температура адгезії	°С	18-20
15	Електрична міцність адгезійного з'єднання	кВ/мм	24,9
16	Термін служби адгезійного з'єднання	років	25
17	Суцільність бандажу	кВ/мм	не менше 5,0
18	Товщина бандажу	м	0,01
19	Термін служби бандажу	років	25
20	Міцність під час удару	Дж	не менше 10

**Таблиця 2 – Основні фізико-механічні параметри, які повинні забезпечити бандажі на основі різних полімерно-композитних матеріалів**

№ з/п	Параметри	Одиниці вимірювання	Значення параметрів
1	Питомий об'ємний електричний опір	Ом * м	не менше 10 <sup>6</sup>
2	Перехідний електричний опір	Ом * м <sup>2</sup>	не менше 10 <sup>8</sup>
3	Міцність адгезії склопластикового бандажу до матеріалу штанги зі сталі: а) за руйнуючим напруженням у випадку рівномірного відриву за t=20°C б) за руйнуючим напруженням у випадку зсуву за t=20°C	МПа МПа	не менше 10 не менше 10
4	Робоча температура експлуатації	°С	-15 ÷ +40
5	Термін служби клейового з'єднання	років	25
6	Суцільність бандажу	кВ/мм	не менше 5,0
7	Термін служби бандажу	років	25
8	Міцність під час удару	Дж	не менше 10

- піскоструминне очищення поверхні штанги на дефектній ділянці з використанням портативних установок Сопло-160, Стик-325 і т.п. Допускається механічне зачищення дефектної ділянки металевою щіткою з допомогою шліфмашинки або вручну з якістю поверхні не нижче 3-го ступеня за ВСН 008-88, ГОСТ 9402-80.

Необхідна кількість шарів композицій (товщина бандажа) залежить від діаметра штанги механічних властивостей, міцнісних характери-

стик полімерно-композиційних матеріалів і визначається за розробленою методикою.

Роботи з ремонту штанг з дефектами полімерно-композитними бандажами виконуються в такій технологічній послідовності.

1) Розмічання ділянки штанги, що підлягає ремонту. Межі встановлення бандажу повинні бути розмічені маркером або крейдою по периметру штанги. Розмічання виконується намотуванням одного-двох витків шаблона. Ширина

шаблону повинна бути рівною ширині композиційної стрічки бандажа.

2) Обезжирювання зони ремонту. Поверхня в місцях нанесення зв'язуючого компаунда на штанзі повинна бути протерта і обезжирена тканиною, просоченою ацетоном або уайт-спіритом. Використання бензину для обезжирювання поверхні штанги не допускається.

3) Просушування ремонтної поверхні безвогневим методом (за необхідності). За наявності вологи (конденсату) поверхні штанги перед нанесенням полімерно-композитних матеріалів і встановленням бандажу повинна бути просушена. Температура просушування - 40...60°C. За температури повітря нижче +5°C просушування поверхні штанги в місці ремонту обов'язкове.

4) Підготовка матеріалу бандажу. Контроль вихідного матеріалу бандажу включає його випробовування на відповідність технічним вимогам механічних характеристик, розмірів, густини стрічки. Якщо матеріал замаслений, то він буде зменшувати міцність зв'язку між бандажем і штангою. В такому разі виконують операцію розшліхтування-видалення замаслювача з поверхні бандажа перед просочуванням його зв'язуючим. Для цього матеріал пропускають крізь бензин, водний розчин олеїнової кислоти (2%) і триетаноламіна (1%) або інші розчинники. Видалити замаслювач можливо шляхом нагрівання матеріалу бандажу до температури 200-450 °C. Хороший ефект дає відмивання у воді з використанням ультразвуку. Цей метод відрізняється універсальністю і може бути використаний до будь-якої марки промаслювача. Для прискорення розшліхтування іноді описані методи комбінують.

Після розшліхтування матеріал може адсорбувати вологу, що погіршує адгезію до штанги і знижує експлуатаційні характеристики бандажу загалом. Аппретування-нанесення на поверхню гідрофобних (водовідштовхуючих) покриттів, які збільшують міцність зв'язку бандажу з штангою і зменшують водовбирання бандажу. Як апрети можна використовувати аміносилян, емульсію етигідросілоксанової рідини та інші. Закріплюють апрети нагріванням матеріалу бандажу до 80-150°C протягом 20-60 хв.

5) Приготування зв'язуючого. Перед використанням компоненти зв'язуючого повинні пройти контроль, під час якого слід перевірити термін їх придатності. Для того, щоб зв'язуючий мав необхідну технологічну в'язкість до нього вводять розчинник або розріджувач. Розчинник (летючі речовини) розчиняють смолу та інші компоненти зв'язуючого. Як розчинник використовують ацетон, бензол, толуол, діхлоретан, чотирихлористий вуглець, метиловий спирт тощо. Оскільки розчинники є летючими речовинами, то їх переважно використовують для "сухого формування". Якщо ж намотування виконується шляхом "мокрого формування", то в зв'язуючий слід додавати розріджувачі, які є нелетючими речовинами, що сприяє отриманню потрібної технологічної в'язкості і залишаються в зв'язуючому після

затвердіння. Розріджувачі одночасно виконують роль пластифікатора. Як розріджувач високов'язких епоксидних смол використовують низьков'язкі епоксидні смоли (ДЕГ, ТЕГ та ін.)

Важливою технологічною характеристикою зв'язуючого є його життєздатність - властивість зберігати певний час (від декількох хвилин до декількох діб) технологічну в'язкість у заданих межах. Протягом цього часу із зв'язуючого випаровуються розчинники, що збільшує в'язкість компаунда (суміші всіх компонентів, що входять до складу зв'язуючого), погіршує його просочувальні характеристики і, як наслідок, змінює співвідношення матриці і наповнювача в кінцевому продукті. Якщо розчинники випаровуються повільно, то компаунд володіє високою життєздатністю, проте істотно збільшується час сушіння. Може навіть трапитися так, що час повного видалення розчинника перевищить час тужавіння зв'язуючого. В цьому випадку в затужавілому полімері виявиться безліч пор і газових пухирців. Використання сильнолетючих розчинників різко зменшує життєздатність зв'язуючого, що також небажано. Тому найчастіше використовують середньо-летючі розчинники. Для епоксидних смол, наприклад, рекомендується толуол або його розчин в етиловому спирті. В стані постачання зв'язувач може бути дуже в'язким, іноді - твердим. Під час транспортування і зберігання до нього іноді потрапляє волога. Тому перед використанням смолу розігрівають у спеціальних металевих ємностях до температури 100-140°C, і після видалення води розбавляють розчинниками або розбавлювачами.

6) Просочування. Це – операція суміщення наповнювача (матеріалу бандажа) зі зв'язуючим шляхом нанесення компаунда на поверхню матеріалу бандажа. Намотування бандажа здійснюють двома способами – "мокрим" і "сухим". Під час мокрого способу бандаж просочується рідким зв'язуючим безпосередньо перед намотуванням, тобто просочування технологічно суміщене з формуванням бандажа. Під час „сухого способу” просочування виділене в самостійну операцію, внаслідок якої з матеріалу бандажа і зв'язуючого отримують "препреги". "Препреги" – це тканинна стрічка, яка після просочування підсушена і частково затужавіла. Просочування і підсушування виконують на спеціалізованих дільницях. Зв'язуючі з розчинниками володіють низькою технологічною в'язкістю, а це дає змогу домогтись високої в'язкості і рівномірності просочування. В частково затужавілому стані „препреги” можуть перебувати від декількох днів до декількох місяців залежно від температури навколишнього середовища. „Сухе” намотування – більш прогресивний спосіб, аніж „мокре”. Недоліки „мокрого” намотування:

- вибір зв'язувачів для „мокрого” намотування обмежений тими смолами, які можна використовувати в рідкому вигляді, наприклад, епоксидними або поліефірними;

- для того, щоб відрегулювати в'язкість в потрібних межах, розчинники використовувати

не рекомендується, оскільки летючі речовини, що видаляються під час тужавіння намотаного бандажа, призводять до утворення пор та пухирів, погіршують монолітність і міцність;

- використання рідких зв'язуючих погіршує санітарні умови на робочому місці, забруднює його;

- продуктивність „мокрого” намотування обмежена швидкістю просочування матеріалу бандажа зв'язуючим. Якщо матеріал протягувати занадто швидко, то він не покривається достатнім шаром смоли;

- застосування підігрівання для зменшення технологічної в'язкості смоли зменшує життєздатність зв'язуючого, прискорює процес полімеризації і погіршує просочувальні властивості смоли.

Всі перелічені недоліки відсутні у випадку проведення „сухого” намотування. Її вирізняє висока продуктивність, оскільки швидкість намотування не лімітується і повністю залежить від можливостей намотувального обладнання. „Сухе” намотування дає змогу використовувати широку номенклатуру смол, забезпечувати рівномірний розподіл зв'язуючого по всьому об'єму виробу. Для проведення такого намотування достатньо забезпечити якісне з'єднання шарів зв'язуючого між собою (аутогезію) і матеріалу бандажа з тілом штанги (адгезію). Це здійснюється шляхом вибору зусилля натягу "препрегів" у процесі намотування, а також тиску і температури у процесі затвердіння. До переліку основних недоліків „сухого” намотування відносяться її підвищена (в 2-3 рази) вартість порівняно з „мокрим” намотуванням.

#### 7) Формування :

- обезжирення поверхні штанги по всьому периметру в місцях намотування бандажа;

- фіксація початку стрічки бандажа на штанзі;

- натягування стрічки бандажа на штанзі;

- намотування бандажа на ділянку штанги, що ремонтується, з нанесенням зв'язуючого поміж витками;

- фіксація кінця стрічки бандажа;

- заповнення проміжків між витками, оброблення торців бандажа зв'язуючим.

Під час ремонту штанг з дефектами потрапляння вологи, масел і забруднень на ремонтвану ділянку штанги, зв'язуючий компаунд і зміцнюючий бандаж не допускається. Перед намотуванням початок стрічки бандажа фіксується за допомогою попередньо нанесеного на ділянку штанги клею К-153 ОСТ 92-0949 або наклеюється за допомогою двосторонньої самоклеючої стрічки до поверхні штанги. Закріплення початку стрічки бандажа повинно не допускати її прокручування навколо штанги, що ремонтується.

Намотування стрічки на штангу повинно здійснюватись з натягом до видалення проміжків. Перекуси стрічок під час намотування не допускаються. Шари стрічки, що виступають, після намотування слід вирівняти по торцях бандажа.

Для забезпечення щільного прилягання бандажа до ремонтваної штанги проводиться додаткове натягування стрічки, що виконується вручну за допомогою спеціального пристрою, який закріплюється на самій композиційній стрічці. В процесі натягування витки стрічки зміцнюючого бандажа повинні прокручуватись одне відносно одного. Якщо не вдасться забезпечити натяг стрічки (передчасне затвердіння клеючого матеріалу, відсутність надійного закріплення початку стрічки на поверхню штанги), то слід зняти композиційний бандаж, розрізавши його навіпіл по ширині за допомогою шліфмашинки, і встановити новий бандаж. В процесі розрізування композиційного бандажа дотикання абразивним диском до поверхні штанги не допускається.

Після натягування стрічки видимі локальні проміжки між бандажем і поверхнею штанги, а також між шарами стрічки повинні заповнюватись зв'язуючим компаундом. Торці встановленого композиційного бандажа повинні бути оброблені зв'язуючим компаундом, який формується під кутом 30-45° з обох боків бандажа.

Після натягування стрічки бандажа закріплюється за допомогою двох натяжних пасів, які розміщуються по краях бандажа на відстані 20..30 мм від торців, або липких стрічок (скотч) шириною 20-40 мм. Натяжний пристрій після натягування стрічки знімається. Кінцева ділянка останнього витка бандажа додатково прикріплюється до попереднього витка за допомогою липкої стрічки.

Запропонована технологія зміцнення та ремонту штанг із використанням полімерно-композитних бандажів дасть змогу підвищити їх ресурс роботи із використанням бандажів з вітчизняних матеріалів.

#### Література

1 Опыт упрочнения новых и восстановления ресурса бывших в эксплуатации насосных штанг / Б.В. Копей, Я.Т. Федорович, Ю.С. Сычов [та ін.] // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ: Респ. міжвід. наук.-техн. зб.— 1991.— Вип. 28.— С. 104-110.

2 Инструкция по технологии нанесения покрытий из полимерных порошковых материалов на насосные штанги [Текст] : РД-39-0147585-007-87 : ТатНИПИнефть, утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 13.04.87 : введ. в действие с 01.11.87

Стаття надійшла до редакційної колегії  
20.11.09

Рекомендована до друку профессором  
Я.М. Дрогомирецьким