

Виробничий досвід

УДК 656.56:620.193; 656.56:620.197

ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ

Т.П. Венгринюк

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 40534,
e-mail: koreyb@nuing.edu.ua

Проведений порівняльний аналіз способів відновлення і зміцнення діючих трубопроводів, встановлення на них бандажів з металевих і композиційних матеріалів та їх оптимізація свідчить про істотну перевагу металевих і металокомпозиційних бандажів. Також запропоновано конструкційне виконання способу зміцнення трубопроводів з врахуванням впливу різних чинників його відновлення.

Ключові слова: бандаж, металеве кільце, стрічка.

Проведенный сравнительный анализ способов восстановления и упрочнения действующих трубопроводов путем установления на них бандажей из металлических и композиционных материалов и их оптимизация показал существенное преимущество металлических и металокомпозиционных бандажем. Также предложено конструкционное выполнение способа упрочнения трубопроводов с учетом влияния различных факторов его восстановления.

Ключевые слова: бандаж, металлическое кольцо, лента.

The comparative analysis of methods of revitalizing and reinforcing the active pipelines by installing and optimizing the bandages made out of metallic and composite materials showed that metallic and composite bandages have essential advantages. The structural execution of the method of reinforcing the pipelines in consideration of effect of different factors of pipeline revitalizing is suggested.

Keywords: bandage, metallic hoop, tape.

Трубопровідний транспорт має для України стратегічне значення і визначає її енергетичну безпеку. Тривала експлуатація трубопроводів, яка в багатьох випадках перевищує нормативний термін, зумовила експлуатаційне старіння металу, яку останнім часом називають деградацією структури, чи деградацією властивостей металу. Дослідженнями встановлено, що тривала експлуатація газопроводів спричинює незначне погіршення стандартизованих механічних і електрохімічних властивостей низьколегованих трубних сталей, яке за належного контролю зміни геометрії стінки труби не є загрозованим [1]. Враховуючи це, експлуатація трубопроводів вимагає якісного технічного та ремонтного їх обслуговування. Для визначення фактичного стану трубопроводів застосовують методи внутрішньотрубного діагностування, які уможливають проведення дослідження його лінійної частини, виявляючи різного типу дефекти, і точне вимірювання його внутрішніх геометричних розмірів. Відтак, на основі даних діагностики виконують розрахунки на міцність небезпечних зон трубопроводу і визначають ймовірність його руйнування. Результатом досліджень буде встановлена черговість зміцнен-

ня ділянок трубопроводу. Однак, враховуючи значення трубопроводу для безперебійного постачання, зміцнення бажано здійснювати без зупинки його роботи, при цьому можна зменшити внутрішній тиск до регламентованого [2].

Найбільш поширеним способом зміцнення ділянок трубопроводу є встановлення на них бандажів. Бандаж (франц. bandage – пов'язка) – це металеве кільце (пояс, обід), яке одягають на частини машин для їх зміцнення або подовження терміну експлуатації [3].

На практиці бандажування трубопроводу є підсиленням по периметру його стінки кільцями, стрічкою, дротом і неметалічними матеріалами. Щодо типу матеріалу, бандажі бувають металічними і композитними. Найважливішою вимогою до способу бандажування є забезпечення спільної роботи труби і бандажу таким чином, щоб бандаж брав на себе навантаження не менше 30% від внутрішнього тиску трубопроводу.

З метою оптимізації вибору способу зміцнення діючого трубопроводу необхідно врахувати всі чинники, що впливають на відновлення системи магістральних трубопроводів. Серед чинників найвпливовішими є техніко-техноло-

гічні, які враховують стан магістральних газопроводів, якість технічного і ремонтного обслуговування, модернізацію та реконструкцію трубопроводів, автоматизацію, механізацію та прогресивність технологічних процесів, а також ризикологію у ході експлуатації трубопроводів [4].

Важливим чинником проведення відновлювальних робіт на трубопроводах є збільшення частки робіт в стаціонарних умовах, на заводі або майстерні відносно робіт в польових умовах. Наприклад, виготовлення бандажу здійснювати в майстерні, де можна використати високопродуктивне прогресивне обладнання, а встановлення і монтаж – безпосередньо на трубопроводі.

Для ремонту магістральних трубопроводів на основі композитних матеріалів ще не існує таких відпрацьованих та стабільних технологій, як для класичних конструкційних матеріалів. Велика кількість різновидів композитів та технологічних прийомів, висока чутливість їх механічних властивостей до зміни параметрів вимагає особливо ретельного врахування технологічних чинників ще на стадії проектування конструкцій із композитів. Технологічні фактори і їх поєднання суттєво впливають на міцність, довговічність та інші якісні характеристики композитів, на характер технологічних полів і деформацій у процесі виготовлення виробів із композитів, на зміну коефіцієнта і структури армування, адгезію до наповнювача і ступінь пористості зв'язуючого.

Для вивчення роботи системи “трубопровід – композитний бандаж” на металеву трубу було нанесено композитний бандаж із двох шарів поліпропілену (ППС) загальною товщиною 10,0 мм завширшки 1,0 м. Результати проведених експериментальних досліджень напружено-деформованого стану міцності системи “трубопровід – композитний бандаж” під статичним навантаженням внутрішнім тиском засвідчили, що композитний бандаж у разі правильного вибору технологічних чинників сприяє розвантаженню трубопроводу та зменшує рівень напружень у металі труби [5].

Основними критеріями вибору матеріалу для бандажування є їх межа плинності і модуль пружності, які у металі на порядок вищі, ніж у композитів. Границя тривалої міцності металів також значно вища. Крім вказаних недоліків, повзучість композитів сягає суттєвих значень за кімнатної температури, що обмежує їх ресурс в конструкціях. Іншим обмеженням спільної роботи композитних бандажів є те, що ефективна робота композитів системи “трубопровід – композитний бандаж” характеризується деформаціями від 1,5 до 2,5%, при цьому сталь деформується всього на 0,2...0,3%, проте використання композитів спільно з полімерними наповнювачами у випадку правильного вибору матеріалів і технологій зменшує ці недоліки.

Проведений аналіз сукупності всіх чинників відновлення системи магістральних трубопроводів засвідчив перевагу використання металічних бандажів. З метою вибору оптималь-

ного варіанту конструкції пристрою для зміцнення трубопроводу і з метою створення зовнішнього тиску на трубу по її периметру було запропоновано і розглянуто дванадцять видів конструкцій, які відрізнялись між собою матеріалом бандажу, способами кріплення і натягування.

В результаті порівняльного аналізу конструкцій запропоновано спосіб ремонту діючого трубопроводу. Метою створення корисної моделі було зміцнення трубопроводу металічною стрічкою з встановленим на неї композитним матеріалом без припинення його експлуатації з можливістю отримання попереднього напруження в трубі і досягнення високої продуктивності процесу.

Запропоновано спосіб виготовлення полімерного бандажу під час ремонту трубопроводу, що включає шпаклювання трубною поверхні, намотування армуючого матеріалу на основі скловолокна, нанесення поліефірної смоли на трубну поверхню і армуючий матеріал після його намотування. За даним способом на трубну поверхню намотують металічну смугу довжиною не менше двох обводів труби, на початку якої, завчасно, закріплюючи склотканину довжиною в один обвід труби, склотканиною до труби. Відтак, підігріваючи металічну смугу, натягують її і скріплюють кінцями між собою. Далі на сформований бандаж намотують термоусадочну плівку, скріплюють її кінці і термоусаджують.

Використання металічної смуги з закріпленою на ній склотканиною дасть змогу об'єднати позитивні властивості склопластиків – високу адгезію їх до тіла труби, низький коефіцієнт теплопровідності, антикорозійні властивості і металу – високу міцність на розтяг, високі теплопровідність і коефіцієнт теплового розширення.

Використання металічної смуги довжиною не менше двох обводів труби зумовлює відсутність зусилля переміщення смуги відносно труби у процесі її підігрівання і натягування, яке зменшується пропорційно куту охоплення труби смугою і забезпечує при її натягуванні необхідне збільшення її довжини, що при закріпленні і охолодженні смуги створює в бандажі напруження стиску, а також створює оптимальні умови для формування склопластику – високу температуру і підвищений зовнішній тиск [6].

Нагрівати смугу можна електрорушником чи іншими нагрівними пристроями.

Довжина прикріпленої склотканини, рівна одному обводу труби, забезпечить повну її термоізоляцію, а за необхідності – підвищення механічних властивостей бандажу. Склотканину можна скласти і в декілька шарів.

Завчасне кріплення склотканини до металічної смуги дозволяє реалізувати процес в умовах заводу або майстерні, використовуючи необхідні тиск і температуру, що покращить якість кріплення і підвищить продуктивність праці при виготовленні бандажу на дільниці трубопроводу.

З'єднати кінці металічної смуги після натягування можна, наприклад, поліефірною смолою, обтискаючи при цьому смугу пристроєм. Після закінчення процесу полімеризації пристрій знімають.

Намотування з натягом термоусадочної плівки (наприклад, плівка поліетиленова термоусадочна ГОСТ 25951 – 83), в один або декілька шарів, закріплення внаклад її кінець між собою і нагрівання її до температури 100...120°C зумовить зменшення лінійних розмірів плівки, що забезпечить герметичне охоплення бандажу і його антикорозійний захист. Закріплення плівки проводиться тим же пристроєм, що і при з'єднанні металічної смуги. Після термооброблення пристрій знімається. [7].

Недоліками цього способу є важкість натягування металічної стрічки з приклеєною до неї склотканиною, а також скріплення стрічки після натягування, що викликало необхідність у розробленні способу відновлення і зміцнення трубопроводів.

Поставлена задача вирішується тим, що трубопровід зміцнюють стрічкою, сформованою в замкнуте кільце з двох і більше її шарів. Кінці стрічки з'єднують з сусіднім шаром, причому боковою поверхнею кільця охоплюють зміцнювану трубу з нанесеним на неї адгезивом. Після повного охоплення кінці кільця стягують між собою вставленими в нього стрижнями, при цьому кінці кільця опираються на підкладку у вигляді сегмента, яка перекриває проміжок (рис. 1).

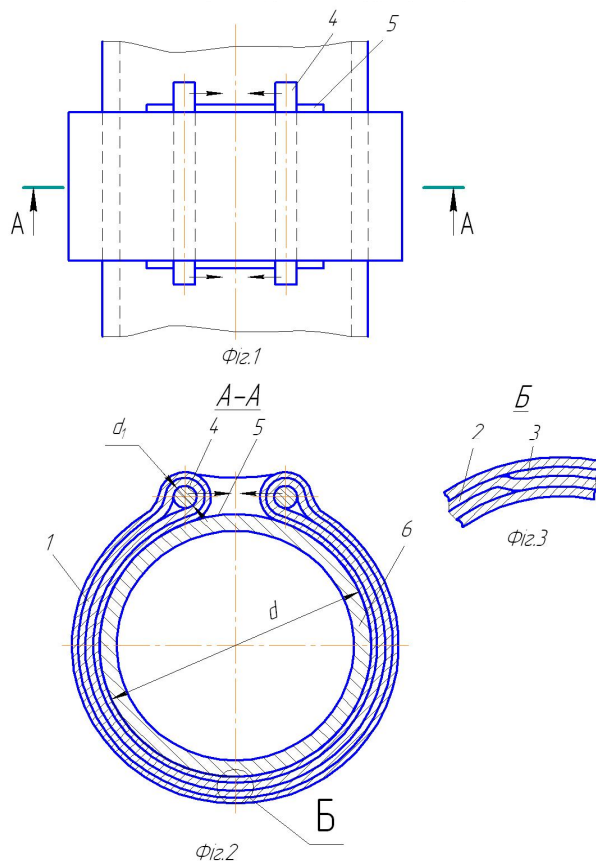
Використання стрічки у вигляді замкнутого кільця з двох і більше її шарів дає змогу поєднати високу міцність декількох шарів стрічки і їх гнучкість, а використання стрижнів для натягування стрічки забезпечить зручність і можливість використання серійного інструменту, наприклад струбцини.

Використання підкладки у вигляді сегмента дає змогу рівномірно розподілити зусилля від натягу кільця по поверхні труби.

Спосіб дозволяє використовувати стрічки з високоміцних композитних матеріалів або металеві.

Стрічка 1 сформована в замкнуте кільце з двох і більше її шарів, а її кінці 2 і 3 з'єднують з сусіднім шаром адгезивом, при цьому боковою поверхнею кільця охоплюють зміцнювану трубу 6 з нанесеним на неї адгезивом з проміжком до повного охоплення, і кінці кільця стягують між собою вставленими в нього стрижнями 4 за допомогою струбцин. Кінці кільця опираються на підкладку 5.

Ремонт діючого трубопроводу проходить у декілька етапів. Відомим способом підготовлюють дефектну поверхню трубопроводу. Потім на трубу в певному місці закріплюють підкладку 5. Стрічку 1, завчасно в умовах майстерні намотують на оправку діаметр якої вдвічі більший за діаметр трубопроводу 6. З'єднують кінці 2 і 3 стрічки 1 з сусідніми її шарами адгезивом. В польових умовах підготовлене кільце розтягують, вставивши в нього стрижні 4, і боковою поверхнею кільця охоплюють трубопро-



1 – вигляд зверху; 2 – поперечний переріз трубопроводу; 3 – фрагмент кріплення кінців ізолюючої стрічки

Рисунок 1 – Спосіб кріплення полімерного бандажу на трубопроводі

від 6 з нанесеним на нього і на підкладку 5 адгезивом. Відтак стягують між собою стрижні 4 (наприклад, струбцинами) і витримують час полімеризації адгезиву. Наприклад, для зміцнення трубопроводу діаметром 500 мм застосовують композиційну стрічку товщиною $s = 1,5$ мм. На оправку діаметром 1000 мм у три шари намотують стрічку. Довжина розгортки кільця становить

$$L = 4\pi nd = 4 \times 3,14 \times 3 \times 1000 = 37680 \text{ мм} = 37,68 \text{ м.}$$

Діаметр стрижня для розтягування кільця

$$d = (12 \dots 15) s = (12 \dots 15) \times 1,5 = 18 \dots 22,5$$

Приймають $d = 20$ мм

При цьому товщина композиту, який зміцнює трубопровід, становить $2 \times 3 \times 1,5 = 9$ мм.

Отже, використання стрічки у вигляді замкнутого кільця з двох і більше її шарів дозволяє поєднати високу їх міцність і гнучкість, а також можливість виготовлення кільця в майстернях. Стягування між собою вставлених в кільце стрижнів (наприклад, струбцинами) дає змогу створити попереднє напруження на трубопроводі, що підвищує ефективність спільної роботи труби і стрічки. Спосіб ремонту згідно з корисною моделлю підвищує продуктивність і економічність процесу і може бути використаний для відновлення і зміцнення різноманітних резервуарів.

Висновок

Проведено порівняльний аналіз способів відновлення і зміцнення діючих трубопроводів встановленням бандажів з металічних і композитних матеріалів і їх оптимізація виявив перевагу металічних або метало-композитних бандажів, а також запропоновано конструктивне виконання способу зміцнення трубопроводів з врахуванням впливу різних чинників його відновлення.

Література

- 1 Похмурський В.І. Зміна механічних та електрохімічних характеристик сталі газопроводів після тривалої експлуатації / В.І. Похмурський, Є.І. Крижанівський // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – №3(21). – С. 5-10.
- 2 Мазур И.И. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: Издательский центр “Елима”, 2004. – 1097 с.
- 3 Словник іншомовних слів за ред. О.С. Мельничука. – К.: Головна редакція УРЕ АН УРСР, 1974. – С. 86.
- 4 Федорович І.В. Класифікаційна модель чинників відновлення лінійної частини магістральних газопроводів / І.В. Федорович, Г.О. Зелінська // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – №3(21). – С. 140-143.

5 Шлапак Л.С. Експериментальні дослідження міцності системи “трубопровід – композитний бандаж” / [Л.С. Шлапак, С.І. Кадай, М.В. Беккер та ін.] // Нафтова і газова промисловість. – 2008. – № 5. – С. 23-27.

6 Циркин М.З. Стеклопластики в электромашиностроении / М.З.Циркин, С.Н.Кострицкий. – Л.: Ленэнергоатомиздат, 1986. – С. 165-166.

7 Патент України № 15437 МПК F 16L 55/18, F 16L 57/00, Спосіб виготовлення полімерного бандажа при ремонті трубопровода / Копей Б.В., Івасишин М.В.; № u 2006 01277; заявл.09. 02. 2006; опубл. 17. 07. 2006, Бюл. № 7, 2006 р.

8 Патент України № 44948 МПК F 16L 55/18, F 16L 57/00, Спосіб ремонту діючого трубопроводу / Копей Б.В., Венгринюк Т.П., Івасишин М.В. № u 2009 03436; заявл. 10.04.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20, 2009 р.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
21.04.10*

*Рекомендована до друку професором
Петриною Ю.Д.*