

КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Р. Т. Мартинюк, О. Р. Мартинюк, В. А. Джунусов

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;
тел. +380 (342) 72-71-38; e-mail: snp@nupq.edu.ua.*

Статтю присвячено розгляду методів ремонту трубопроводів із застосуванням композиційних матеріалів та їх порівнянню. Вказано переваги і недоліки того чи іншого методу та умови, за яких можливе чи необхідне його застосування.

Ключові слова: *композитний матеріал, матриця, армуючий матеріал, композиція, кристалічні структури, працездатність матеріалу, модуль пружності, в'язкість руйнування.*

Актуальність теми

Головна перевага композитних матеріалів полягає в тому, що матеріал і конструкція створюється одночасно. Винятком є препреги, які є напівфабрикатом для виготовлення конструкцій. Варто відразу обумовити, що композитні матеріали, створені під час виконання даних завдань, не можуть вміщати в себе всі можливі переваги. Проте проектуючи новий композит, інженер має право поставити йому характеристики, що значно перевершують по показниках традиційні матеріали при виконанні в даному механізмі, але і можуть поступатися їм у будь-яких інших аспектах. Це означає, що композитні можуть бути кращими традиційних матеріалів у всьому, а особливо у плані можливості вибору кожного виробу інженером на основі пошуку оптимуму для виробництва.

З 2005 року в трубопровідному транспорті України збільшився асортимент і позитивно змінилась структура сучасних ізоляційних матеріалів. Розширились область використання полімерних, лакофарбових і композитних покриттів та багатошарової конструкції ізоляції.

Композиційний матеріал – неоднорідний суцільний матеріал, що складається з двох або більше компонентів, серед яких можна виділити армуючі елементи. Вони забезпечують необхідні механічні характеристики матеріалу і матрицю, яка відповідає за спільну роботу армуючих елементів. Механічна поведінка композиту визначається співвідношенням властивостей армуючих елементів і матриці, а також міцністю зв'язку між ними. Ефективність і працездатність матеріалу залежать від правильного вибору вихідних компонентів і технології їх суміщення, покликаної забезпечити міцний зв'язок між компонентами при збере-

женні їх початкових характеристик. У результаті суміщення армуючих елементів і матриці утворюється комплекс властивостей композиту, що не тільки відображає вихідні характеристики його компонентів, але і включає властивості, якими ізольовані компоненти не володіють. Зокрема, наявність кордонів розділу між армуючими елементами і матрицею істотно підвищує тріщиностійкість матеріалу, і в композиціях, на відміну від металів, підвищення статичної міцності призводить не до зниження, а, як правило, до підвищення характеристик в'язкості руйнування.

Композиційні матеріали відрізняються від звичайних сплавів більш високими значеннями тимчасового опору і межі витривалості (від 50 до 10%), модуля пружності, коефіцієнта жорсткості і зниженою схильністю до утворення тріщин. Застосування композиційних матеріалів підвищує жорсткість конструкції при одночасному зниженні її металоемності. Міцність композиційних (волокнистих) матеріалів визначається властивостями волокон; матриця в основному повинна перерозподіляти напруги між армуючими елементами. Тому міцність і модуль пружності волокон повинні бути значно більше, ніж міцність і модуль пружності матриці. Жорсткі армуючі волокна сприймають напруги, що у композиції при навантаженні, надають їй міцність і жорсткість у напрямку орієнтації волокон.

Ремонт труб із застосуванням полімерних композиційних матеріалів проводиться для наступних типів, дефектів:

- загальна корозія (зовнішня і внутрішня);
- виразкова корозія;
- задираки, подряпини, відколи;
- каверни;
- вм'ятини глибиною до 5% діаметра труби;
- дефекти кільцевих зварних стиків (зміщення кромки до 30% товщини стінки труби, утяжини до 20% товщини стінки труби на довжині до 1/12 периметра труби);
- корозійні дефекти на зварних стиках.

Для ремонту дефектів трубопроводів застосовуються два типи полімерних композиційних матеріалів: заливний і муфтовий. Заливний ПКМ використовується для заповнення дефектів, пов'язаних з втратою металу по товщині стінки труби. Муфтовий ПКМ забезпечує відновлення здатності труб, що несе, з дефектами.

Заливні ПКМ: клей «Моноліт» (ВНІІГАЗ) і фірми «Діамант-металопластик» ГМБХ (Німеччина) показали при випробуваннях і експлуатації найкращі адгезійні і міцнісні характеристики.

Муфтові ПКМ: гнучкий анізотропний рулонний склопластик (ГАРС), композиційна спіральна муфта (КСМ), вуглецева однонаправлена стрічка (УОЛ-300-1) (рис. 1.1).



а)



б)



в)

а) гнучкий анізотропний рулонний склопластик (ГАРС), б) композиційна спіральна муфта (КСМ), в) вуглецева однонаправлена стрічка (УОЛ-300-1)

Рис. 1.1. Муфтові ПКМ

Вітчизняні ПКМ виготовляються і поставляються за наступними технічними умовами:

- ремонтний склад «Моноліт+» за ТУ 2252-154-05786904-99;
- ГАРС за ТУ 2296-152-05786904-99;
- УОЛ за ТУ 1916-167-0576346-96;
- КСМ за ТУ 92-115-14-98.

Постачання ПКМ виробляється відповідно до даних сертифікатів якості заводу-виготівника. Ширина муфтової композиційної стрічки складає 300 ± 20 мм. Довжина стандартних муфт розрахована на вісім шарів намотування.

Заливний ПКМ застосовується для дефектів невеликої площі (подряпини, задираки, дефекти типа каверни, піттингова корозія).

Ремонтна склопластикова муфта (РСМ) ТУ 2296-002-46774250-2003. Муфти призначені для ремонту корозійних (ділянки нерівномірної і місцевої корозії, піттингу, виразки), стрес-корозійних (колонії поздовжніх тріщин, поодинокі тріщини), механічних (подряпини, забоїни, вм'ятини, задири) і металургійних (закати, несучільнос-

ті) дефектів на магістральних, розподільних газо-нафто-продуктопроводах. Допускається встановлювати муфти без зниження робочого тиску перекачки. Муфти застосовуються при ремонті трубопроводів діаметром від 325 мм до 1420 мм у всіх кліматичних районах країни при температурі експлуатації від мінус 60⁰ С до плюс 80⁰ С, прокладених підземним та надземним способом і транспортують газ (з високим вмістом сірководню), нафту, нафтопродукти і воду з робочим тиском до 7,5 МПа.

Муфти (рис. 1.2) встановлюються в процесі ремонту трубопроводів у польових умовах у поєднанні з композитними компаундами, що мають дозвіл на застосування.



Рис. 1.2. Загальний вигляд встановлених муфт на газо- і нафтопроводах відповідно

Ремонтна склопластикова муфта КСМ ТУ 92-115-14-98. Муфта КСМ призначена для відновлення міцності діючих нафтогазопродуктопроводів. Конструкція формується шляхом намотування на дефектну ділянку труби шарів композитної спіральної стрічки з нанесенням спеціального клейового складу між витками. Після набору міцності, через 24 години, досягається повне зміцнення дефектного місця. Використовується переважно для ремонту промислових нафтопродуктопроводів.

Стандартний набір для проведення ремонтів складається з:

- композитної спіральної стрічки (КСЛ) певної довжини для формування ремонтної муфти;
- розрахункової кількості ремонтної пасти для заповнення дефекту;
- розрахункової кількості клею для приклеювання витків стрічки;
- необхідного допоміжного набору інструментів для формування ремонтної муфти (рис. 1.3).

Весь комплект (рис. 1.4) упакований в одну коробку. Випускаються комплекти для всіх типорозмірів труб від 159 мм до 1420 мм. Ширина стрічки КСЛ – 300 мм.



Рис. 1.3. Загальний вигляд намотаної муфти на дефект

Весь комплект (рис. 1.4) упакований в одну коробку. Випускаються комплекти для всіх типорозмірів труб від 159 мм до 1420 мм. Ширина стрічки КСЛ – 300 мм.

Типові позначення комплекту – ремонтний комплект КСМ 530×300, (де 530 мм – діаметр ремонтованої труби, 300 мм – ширина полімерної стрічки).



Рис. 1.4. Комплект для ремонту трубопроводу

Ремонтні комплекти ГАРС ТУ 2296-152-05786904-99. Для проведення ремонтних на магістральних газо-нафтопроводах випускаються ремонтні комплекти «Гарс» (ТУ 2296-152-05786904-99). Стандартний набір складається з:

- полімерної композитної 8-ми виткової стрічки ГАРС;
- розрахункової кількості ремонтної пасти для заповнення дефекту;
- розрахункової кількості клею для склеювання витків полімерної стрічки;
- необхідного допоміжного набору матеріалів для формування ремонтної муфти (рис. 1.5).

Весь комплект упаковується в одну коробку. Випускаються комплекти для всіх типорозмірів труб, починаючи від 159 мм до 1420 мм. Ширина стрічки може варіюватися від 100 до 800 мм. Стандартна ширина стрічки – 300 мм.



Рис. 1.5. Встановлена стрічка ГАРС

Типове позначення комплекту – ремонтний комплект ГАРС 1420×300 (ТУ 2296-152-05786904-99), (де 1420 мм – діаметр ремонтної труби, 300 мм – ширина полімерної стрічки).

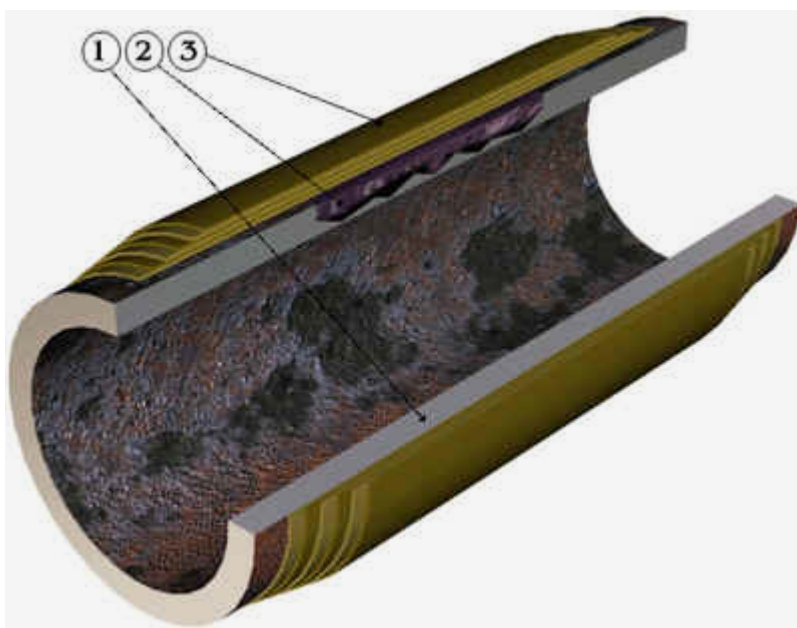
Для натягу стрічки, після формування ремонтної муфти на трубі пропонуються до поставки спеціальні натягувачі.

Методика ремонту трубопроводу з застосуванням муфт «Гарс».

1. За даними внутрішньотрубною діагностики будується карта дефектів, на підставі якої проводиться їх класифікація і розраховується необхідна кількість полімерних композитних матеріалів для проведення ремонту ,наприклад, кількість шарів стрічки.

2. Трубопровід в місці проведення ремонту (дефектної частини) очищається від старої ізоляції механічним методом ,наприклад, піскоструменевим та знежирюється. Після чого дефект заповнюється ремонтною пастою і вирівнюється. Наступним етапом є накладання розрахункової кількості витків склопластикової стрічки з нанесенням клею між її шарами. Конструкція на час відкидання адгезиву фіксується хомутами або саморізами. Після відкидання поверх ремонтної конструкції наноситься антикорозійна ізоляція або термоусадочна муфта. Всі ремонти заносяться у журнал.

3. У разі проведення екстреного ремонту трубопроводу, коли немає можливості провести розрахунки, пропонується використовувати стандартний ремонтний комплект «Гарс». Він складається з 8-шарової стрічки рулонованого склопластику на певний діаметр труби, розрахункову кількість пасти і клею, та допоміжних матеріалів. Його дія полягає в тому, що при встановленні 8-шарової конструкції на дефект (при будь-якому розмірі дефекту, що підлягає ремонту) дана ділянка гарантовано набирає міцність, відновлює несучу здатність трубопроводу (рис. 1.6).



1 – тіло труби; 2 – попередньо пророблений і заповнений ремонтним метало-полімерних матеріалом (пастою) локальний дефект на тілі труби; 3 – сформована ремонтна конструкція зі склополімерної композитної стрічки Гарс і клею
Рис. 1.6. Сформована ремонтна конструкція

Технологія композитно-муфтового ремонту. Ефективний метод вибіркового ремонту нафтопроводу чи газопроводу без виведення його з експлуатації (рис. 1.7).

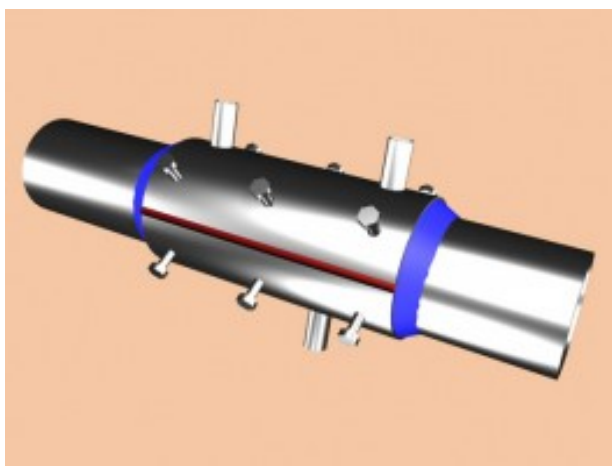


Рис. 1.7. Загальний вигляд композитної муфти

На дефектну ділянку труби із зазором від 30 до 40 мм встановлюються дві сталеві напівмуфти, які зварюються між собою. Торцевий за-

зор між муфтою і трубою герметизується швидкозастиваючою мастикою. Цей простір заповнюється композитним складом, який твердіє протягом 24 годин.

Композитний склад, заповнюючи простір між трубою і муфтою твердне, утворюючи з муфтою монолітну конструкцію, що перешкоджає вільній деформації дефектної зони труби. Отримана ремонтна конструкція розвантажує трубу в зоні дефекту і тим самим підвищує її міцність і довговічність на термін не менше 30 років.

Композитно-муфтова технологія універсальна і застосовується для ремонту дефектів різних типів:

- втрат металу корозійного і механічного походження будь-якої протяжності і завглибшки до 90% від товщини стінки;
- розшарувань, у тому числі з виходом на поверхню і що примикають до зварних швів;
- дефектів в зварних швах (подовжніх, кільцях, спіральних) типу непроварів, підрізів, зсуви кромок і інших;
- вм'ятин, гофр, у тому числі у поєднанні з корозією;
- тріщин в основному матеріалі і зварних швах (завдовжки до радіусу труби і глибиною до 70% від товщини стінки труби).

Міцність і довговічність композитно-муфтових ремонтних конструкцій підтверджена випробуваннями на трубах вітчизняного виробництва з реальними і штучними дефектами. При ремонті дефектів труб попадання вологи, масел і забруднень на ремонтвану ділянку труби, на клейову композицію і на зміцнюючу муфту не допускається.

При ремонті труб діаметром більше 720 мм намотування композиційної стрічки на трубу виконується із застосуванням спеціального технологічного оснащення, яке закріплюється у верхній частині труби за допомогою двох натяжних ременів. При ремонті труб діаметром до 720 мм рулон із стрічкою при намотуванні підтримується за допомогою оператора.

Перед намотуванням початок стрічки муфти фіксується або приклеюється на поверхню труби на відстані не менше 400 мм від кордону з дефектною ділянкою. Закріплення початку стрічки муфти повинне виключити її прокручування навколо ремонтваної труби.

Література

1. Ведомственные строительные нормы: Инструкция по ремонту дефектных труб магистральных газопроводов полимерными композиционными материалами. ВСН 39-1.10-001-99 [Текст]: нормативно-технічний матеріал. – М.: ГАЗПРОМ, 2000. – 50 с.
2. Ведомственные строительные нормы: Правила производства работ по выборочному капитальному ремонту магистральных газопроводов в различных климатических условиях. ВСН 39-1.10-006-2000 [Текст]: нормативно-технічний матеріал. – М.: ВНИИГАЗ, 2000. – 60с.

3. Руководящий документ: Правила применения композитных материалов ВРД 39-1.10-013-2000[Текст]: нормативно-технічний матеріал. – М.: ГАЗПРОМ. 2000. – 76 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 26.05.2015 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., професором Грудзом В.Я.,
д.т.н., професором Говдяком Р.М. (м. Київ)*

MAJOR OVERHAUL PIPELINES USING COMPOSITE MATERIALS

R. T. Martynyuk, O. R. Martyniuk, V. A. Dzhunusov

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;
76019, m. Ivano-Frankivsk, st. Carpathian, 15;
ph. +380 (342) 72-71-38; e-mail: snp@nunq.edu.ua*

The purpose of this article is to describe the method of repair pipelines using composite materials, compare, identify the advantages or disadvantages of a particular method, and the conditions under which it is possible or necessary to its use.

Key words: *composite material, matrix, reinforcing material, composition, crystal structure, performance materials, elastic modulus, fracture toughness.*