

УДК 667.64:678.026

Роман Біщак¹, к.т.н., доц.; Павло Марущак², д.т.н., проф.; Андрій Блавіцький²

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РЕМОНТУ КОРОЗІЙНИХ ДЕФЕКТІВ ГАЗОПРОВОДІВ НАПЛАВЛЕННЯМ

На основі аналізу відомих технологій ремонтного наплавлення ділянок з корозійними дефектами, виявленими на поверхні магістральних газопроводів, запропоновано та апробовано схему шахової або перехресної послідовності виконання коротких зварних швів. При ремонті великого корозійного дефекту трубопроводу запропонована схема забезпечує раціональне керування тепловими та напруженими станами металу, знижує ймовірність перегріву, залишкових термічних напружень і підвищує надійність відремонтованих ділянок.

Ключові слова: корозійний дефект, наплавлення, ремонт, магістральний газопровід

Roman Bishchak, PhD, Assoc. prof.; Pavlo Maruschak, DSc, Prof.; Andrii Blavitskyi SPECIFICATIONS FOR REPAIR OF CORROSION DEFECTS IN GAS PIPELINES IN FLASH LAYERS

Based on the analysis of known technologies for the repair surfacing of areas with corrosion defects on the surface of main gas pipelines, a scheme for a staggered or cross-sequence of short welds has been proposed and tested. When surfacing a large corrosion defect in a pipeline, the proposed scheme provides rational control of the metal's thermal and stress states, reduces the likelihood of overheating and residual thermal stresses, and increases the reliability of the repaired areas.

Keywords: corrosion defect, surfacing, repair, gas main pipeline

Магістральні газопроводи є складними технологічними об'єктами, вихід з ладу яких зумовлює значні матеріальні та екологічні збитки. Аварійні ситуації на газопроводах призводять до забруднення навколишнього середовища, створюють підвищені техногенні ризики для персоналу та населення. Заварювання дефектів на діючих газопроводах без зупинки перекачування газу (під тиском) - це спеціалізована технологія, що вимагає суворого дотримання техніки безпеки. Вибір методу ремонту визначається глибиною і протяжністю дефекту, залишковою товщиною стінки, рівнем робочого тиску, властивостями матеріалу та можливістю доступу до пошкодженої ділянки. Науково ці підходи базуються на принципах механіки руйнування, матеріалознавства та зварювальної інженерії. Відомо кілька технологічних рішень [1, 2], які дозволяють реалізовувати цю технологію за допомогою роботизованих або ручних методів. Обидва ці методи передбачають локалізацію місця газопроводу з дефектом, механічне видалення (зішліфовування) корозійної ямки та подальше ремонтне наплавлення. Проте враховуючи складність цієї технології, вдосконалення існуючих та створення нових методів ремонту залишаються актуальними питаннями. Визначальним аспектом при розробленні технології ремонту є схема виконання зварних швів. Відомі схеми забезпечують зменшення напружень зварювання та передбачають два варіанти виконання швів [2]:

- починають з краю, з метою формування колоподібного, рис. 1а, або прямокутного, рис. 1б швів (за виглядом зверху). Пошарове виконання швів із зміщенням до центру забезпечує суцільне заплавлення ямки дефекту;

- з дна круглої ямки, з обох боків вгору, рис. 1а, а за умови, якщо ямка прямокутної форми, наплавлення розпочинають у протилежних кутах, з подальшим переміщенням за схемою 1б.

Авторами запропоновано та апробовано принципово нову схему ремонту локальних дефектів, яка є універсальною з точки зору масштабування кількості накладання зварних швів: кількість рядів може збільшуватися залежно від розміру дефекту, але принципи залишаються незмінними – зміщення, чергування та дискретність, рис. 1в.

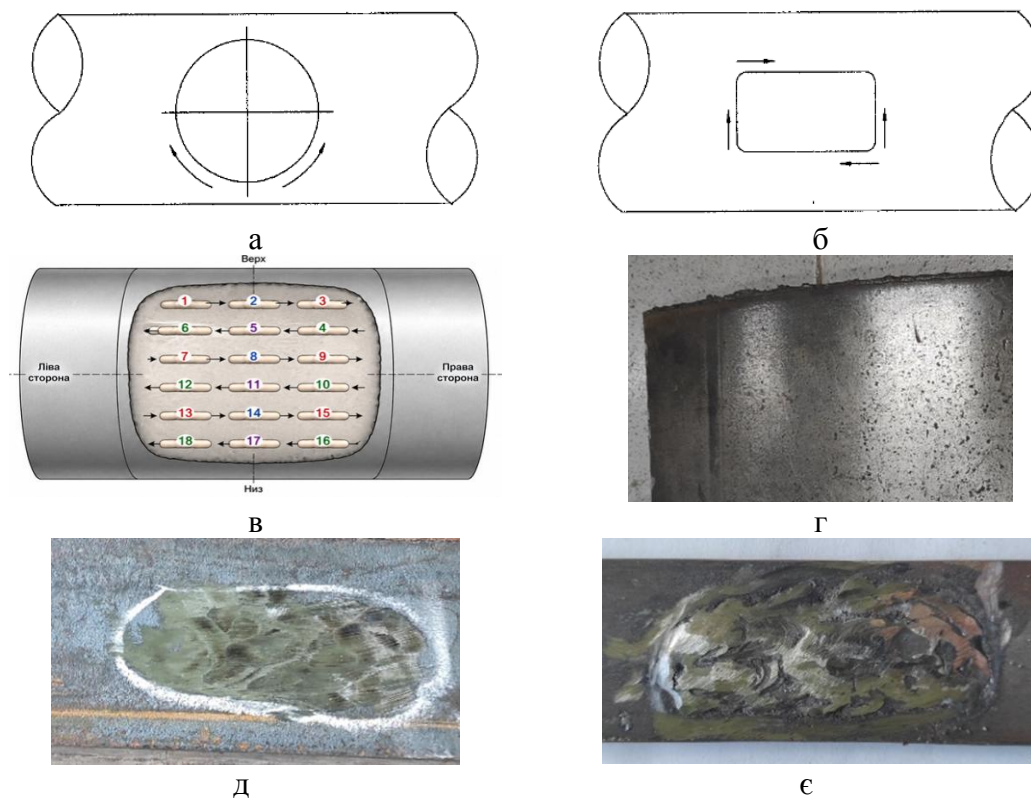


Рисунок 1. Технологічні особливості ремонту корозійних дефектів: а–в - схеми послідовності виконання наплавлювальних швів (а, б - [2], в - розроблена); фрагмент дослідженого газопроводу - г; механічно виконаний корозійний дефект - д; поверхня заплавленого дефекту - є.

Дослідження проводили на фрагменті магістрального газопроводу (рис. 1г), виготовленому зі сталі 17Г1С, товщиною 10 мм. Експлуатаційний корозійний дефект на діючому газопроводі моделювали механічним зішліфовуванням поверхні до найбільшої глибини залягання 5 мм (рис. 1д). Заплавлення корозійного дефекту (рис. 1е) виконували ручним дуговим методом зварювальним інвертором Fronius TransPocket 1500 на постійному струмі прямої полярності 90 А, напруга на дузі 20–26 В, покритими електродами УОНИ-13/55 за схемою, наведеною на рис. 1в. Наплавлення виконували таким чином, щоб температура навколо корозійного дефекту не перевищувала 150 °С, температуру контролювали цифровим пірометром.

Нова схема наплавлення (рис. 1в) відображає шахову або перехресну послідовність виконання коротких зварних швів при заплавленні великого корозійного дефекту трубопроводу і є прикладом раціонального керування тепловими та напруженими станами металу в умовах локального ремонту. У центрі схеми зображено ділянку дефекту, яка умовно розбита на ряди коротких наплавлених валиків однакової довжини. Кожен шов має порядковий номер, що визначає чітку технологічну

послідовність їх виконання. Основна ідея технологічного підходу полягає у дискретному введенні тепла та просторово-часовому рознесенні зон нагріву [2].

Перший ряд (шви 1–3) виконується, наприклад, зліва направо. Це створює початковий тепловий вплив у верхній частині дефекту. Однак вже на наступному етапі принципово змінюються як просторове положення, так і напрямок наплавлення: другий ряд (шви 4–6) виконується нижче, але у зворотному напрямку – справа наліво. Таким чином, формується чергування не лише положення швів, а й напрямків руху дуги. Ключовою особливістю є те, що кожен наступний ряд зміщується відносно попереднього так, що шви розташовуються між валиками попереднього ряду. Це і створює так звану «шахову» структуру. Такий підхід забезпечує: розосередження теплових джерел у просторі; відсутність накладання піків температур у сусідніх точках; більш рівномірне формування температурного поля.

З фізичної точки зору, схема (рис. 1в) реалізує принцип зменшення температурних градієнтів, що безпосередньо впливає на формування залишкових напружень. Оскільки кожен новий шов виконується на частково охолодженій зоні, відбувається поетапна релаксація термічних деформацій. Чергування напрямків (лівий → правий, правий → лівий) має не лише геометричне, а й металургійне значення. Воно запобігає односторонньому накопиченню пластичних деформацій і зменшує ризик деформування конструкції. Крім того, такий підхід сприяє більш рівномірному розподілу структурних змін, що виникають внаслідок фазових перетворень під час нагріву і охолодження. Нумерація швів (1–18 і далі) відображає сувору послідовність виконання, яка фактично задає часову дискретизацію процесу. Інтервали між накладанням сусідніх швів забезпечують часткове охолодження металу, що є критично важливим для обмеження максимальної температури. Це, у свою чергу, знижує ймовірність утворення структур крихкості і мінімізує ризики, пов'язані з водневим окрихченням. Слід відзначити також те, що довжина кожного шва є обмеженою 10–20 мм (короткі валики). Це означає, що тепловкладення вводиться імпульсно, а не безперервно. У результаті формується більш сприятливий термічний цикл: швидкий локальний нагрів → часткове охолодження → наступний імпульс у віддаленій зоні.

У підсумку, представлена шахова послідовність є не лише зручною технологічною практикою, а й відображає обґрунтований підхід до керування тепловими, структурними та механічними процесами. Вона забезпечує мінімізацію перегріву, зниження термічних напружень і підвищення надійності відремонтованої ділянки трубопроводу в умовах експлуатації.

З точки зору забезпечення максимальної довговічності конструкції, така схема також сприяє підвищенню опору втомі матеріалу. Це пояснюється тим, що зменшуються залишкові напруження і концентрації деформацій, які є основними факторами зародження втомних тріщин

Перелік посилань

1. ГБН В.3.1-00013741-12:2011. Магістральні газопроводи. Ремонт дуговим зварюванням в умовах експлуатації. – Чинний з 06.09.2011. – Київ: Мін-во енергетики та вугільної промисловості України, 2011. – 152 с.
2. CN121322775A Submarine pipeline corrosion defect detecting and repairing robot capable of working in oil and gas conveying state / Chen Zhanfeng, 13.01.2026. (in Chinese).
3. CN101579773A On-line repairing-welding technique for oil pipelines / Pan Hongli Li Jingchang Teng Yanping Liu Guang Zhon, 18.11.2009. (in Chinese).