



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 92575

(13) C2

(51) МПК (2009)

F16L 55/16

F16L 55/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ МУФТОВОГО РЕМОНТУ ТРУБОПРОВОДУ (ВАРІАНТИ)

1

2

(21) а200913627

(22) 28.12.2009

(24) 10.11.2010

(46) 10.11.2010, Бюл. № 21, 2010 р.

(72) ПОДОЛЯН ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, ПУД-
РИЙ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, ТОМАШУК
ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ, БУТ ВІКТОР СТЕПАНО-
ВИЧ, ПОДОЛЯН ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-
ЛЬНІСТЮ "НПІП КІАТОН"

(56) GB 2210134 A, 01.06.1989

RU 2104439 C1, 10.02.1998

RU 2314453 C1, 10.01.2008

UA 72840 C2, 15.04.2005

UA 76391 C2, 17.07.2006

UA 79417 C2, 11.06.2007

UA 78963 C2, 25.04.2007

UA 81895 C2, 11.02.2008

RU 2008112338 A, 10.10.2009

(57) 1. Спосіб муфтового ремонту трубопроводу, який полягає в установці навколо заданої ділянки труби замкнутої оболонки-муфти, з подальшою герметизацією торців муфти й заповненням утвореного герметичного підмуфтового простору рідкою або пластичною речовиною, яка самотвердіє, який **відрізняється** тим, що рідку або пластичну речовину, яка самотвердіє, у підмуфтовий простір вводять під тиском, рівним половині тиску усередині трубопроводу на момент заповнення муфти.2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що товщину стінки муфти вибирають із умови

$$\delta_M = \delta_T \cdot \left(\frac{\sigma_{T0}}{\sigma_{Tp}} - 1 \right), \text{ де } \frac{\sigma_{T0}}{\sigma_{Tp}} \text{ необхідний ступінь}$$

зниження напружень у посилюваній трубі, σ_{T0} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби без муфти при робочому тиску P_p ; σ_{Tp} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби із установленою клейово-зварювальною муфтою, δ_T - товщина стінки труби, δ_M - товщина стінки муфти.

3. Спосіб муфтового ремонту трубопроводу, що полягає в установці навколо заданої ділянки труби замкнутої оболонки-муфти, з подальшою герметизацією торців муфти й заповненням утвореного герметичного підмуфтового простору рідкою або пластичною речовиною, яка самотвердіє, який **відрізняється** тим, що рідку або пластичну речовину, яка самотвердіє, у підмуфтовий простір вводять під тиском, що розраховують по формулі

$$P_M = \frac{1}{2} \left[P_y - P_p \left(\frac{\sigma_{Tp}}{\sigma_{T0}} \cdot \frac{\delta_T + \delta_M}{\delta_M} - \frac{\delta_T}{\delta_M} \right) \right], \text{ де } P_p -$$

робочий тиск усередині трубопроводу, P_y - тиск у трубопроводі під час заповнення речовиною підмуфтового простору, P_M - тиск речовини в підмуфтовому просторі, σ_{T0} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби без муфти при робочому тиску P_p ; σ_{Tp} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби із установленою муфтою з наповненням, δ_T - товщина стінки труби, δ_M - товщина стінки муфти.

Винахід відноситься до техніки ремонту трубопроводного транспорту, переважно магістральних трубопроводів високого тиску.

При тривалій експлуатації трубопроводів може виникнути необхідність відновлення несучої здатності труби, що має механіко-корозійні (у тому числі й наскрізні) uszkodження, посилення дефектних кільцевих стиків, а також необхідність перекладу

ділянок діючих трубопроводів у більш високу категорію. Це досягається шляхом підвищення міцності трубопроводів або їхніх ділянок за допомогою встановлення бандажів або ремонтних муфт. На діючих трубопроводах велике поширення одержав спосіб підвищення міцності труби за допомогою муфт із наповненням (патенти РФ 2314453, 2104439, 2134373, 2191317, 2213289 й ін.).

(13) C2

(11) 92575

(19) UA

Муфти з наповненням є ремонтними конструкціями довгострокової експлуатації. У загальному випадку, вони мають вигляд твердої металевої оболонки, герметично встановленої із зовнішньої сторони посилюваної ділянки трубопроводу. Найчастіше тверду оболонку становлять із двох напівмуфт, які зварюють між собою поздовжніми швами, або скріплюють іншими відомими способами. Простір між трубопроводом й оболонкою (підмуфтовий простір) заповнюють під тиском спеціальною речовиною. У більшості випадків використовують клейову масу, яка самотвердіє, на епоксидній або поліуретановій основі. Відомі варіанти застосування бетону або нестисливої рідини. Заповнення підмуфтового простору нестисливою рідиною (наприклад, маслом), закачану під тиском, дозволяє розвантажити трубу, яка ремонтується, забезпечуючи часткову передачу навантаження на оболонку муфти. Однак завжди зберігається небезпека витікання рідини через розгерметизацію муфти в процесі експлуатації, у результаті чого ремонтна конструкція перестає виконувати свої функції. У зв'язку із цим, більш кращим є використання практично нестисливої речовини, яка самотвердіє після запресовування в підмуфтовий простір, не підлягаюча усадці або розширенню в процесі затвердіння й маюча прогнозовані характеристики.

При збільшенні міцності трубопроводу або його ділянки за допомогою зварних муфт із наповненням, досягається зниження як кільцевих, так і поздовжніх напружень у трубі. Поздовжні напруження в трубопроводі знижуються за рахунок зварювання елементів муфт із трубопроводом, а також за рахунок адгезії компаунда до елементів труби й муфти.

У трубі, не посиленою муфтою з наповненням, діють кільцеві напруження, у загальному випадку обумовлені виразом:

$$\sigma_{T0} = \frac{P_p \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot \delta_T}, \quad (1)$$

$$\sigma_{Tr} = \frac{P_y - 2 \cdot P_M \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot \delta_T} + \frac{P_p - P_y - 2 \cdot P_M \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot (\delta_T + \delta_M)}, \quad (5)$$

при цьому кільцеві напруження σ_{Mr} в оболонці муфти визначаються виразом:

$$\sigma_{Mr} = \frac{P_p - P_y - 2 \cdot P_M \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot (\delta_T + \delta_M)}. \quad (6)$$

$$\frac{\sigma_{Tr}}{\sigma_{T0}} = \frac{\left(\frac{P_y - 2 \cdot P_M \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot \delta_T} + \frac{P_p - P_y - 2 \cdot P_M \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot (\delta_T + \delta_M)} \right)}{\frac{P_p \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot \delta_T}}, \quad (7)$$

де P_p - робочий тиск усередині трубопроводу, σ_{T0} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби без муфти при робочому тиску P_p ; $D_{\text{внутр}}$ - внутрішній діаметр труби; δ_T - товщина стінки труби.

Після установки муфти на трубопровід із внутрішнім тиском P_y і заповнення підмуфтового простору клейовою речовиною, закачану під тиском P_M , кільцеві напруження розтягання в стінці труби зменшаться до значення σ_{T1} :

$$\sigma_{T1} = \frac{P_y - P_M \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot \delta_T}, \quad (2)$$

При цьому в оболонці муфти будуть діяти кільцеві напруження, обумовлені залежністю:

$$\sigma_{M1} = \frac{P_M \cdot D_{\text{внутр}} + \delta_T + \delta_{\text{пп}}}{2 \cdot \delta_M}, \quad (3)$$

де $\delta_{\text{пп}}$ - товщина підмуфтового простору, δ_M - товщина стінки муфти.

Для повного розвантаження зовнішньої оболонки муфти, тиск усередині трубопроводу повинний бути знижений на величину P_M .

У цьому випадку, у трубі діють кільцеві напруження σ_{T2} , у той час як оболонка муфти перебуває в ненавантаженому стані $\sigma_{M2} = 0$:

$$\sigma_{T2} = \frac{P_y - 2 \cdot P_M \cdot D_{\text{внутр}}}{2 \cdot \delta_T}, \quad (4)$$

При певних допущеннях (нестисливості затверділого клейового шару й незначній товщині підмуфтового простору $\delta_{\text{пп}} \ll \delta_M$), вираз для кільцевих напружень розтягання в стінці труби із установленою муфтою з наповненням, може бути записаний у вигляді:

звідки:

$$\frac{\sigma_{Tr}}{\sigma_{To}} = \frac{P_y - 2 \cdot P_M}{P_p} + \frac{1 - \frac{P_y - 2 \cdot P_M}{P_p}}{1 + \frac{\delta_M}{\delta_T}} \quad (8)$$

З отриманого виразу (8) видно, що розподіл напружень між посилюваною трубою й муфтою, а, отже, і ефективність муфтового ремонту, залежать від тиску в трубопроводі під час заповнення речовиною підмуфтового простору, тиску в підмуфтовому просторі й відношення товщини стінок труби й муфти. Очевидно, що для якісного виконання ремонту трубопроводу, потрібен облік всіх цих значень.

Відомий спосіб муфтового ремонту трубопроводу (UK Patent Application, GB, 2210134A). Ремонтна конструкція складається із двох напівмуфт. У процесі роботи, напівмуфти механічно з'єднують один з одним, утворюючи замкнуту оболонку навколо ділянки трубопроводу, яка ремонтується. Далі оболонку центрують за допомогою технологічних елементів (болтів), установлених в отворах корпусу. Після цього простір між трубопроводом і муфтою герметизують з обох кінців за допомогою речовини, яка затвердіває (цементу, епоксидної шпаклівки й т.д.). В ізолюваний проміжок через спеціальні штуцери накачують епоксидну речовину, що забезпечує високу твердість конструкції.

Даний спосіб ремонту практично всіх типів некрізних дефектів, набув широкого застосування на лінійних ділянках трубопроводів, що працюють під великим тиском (див., наприклад, Рекламу British Gas p/c Ripley Road, Ambergate, Derbyshire, DE 562 FZ). Відремонтовані в такий спосіб ділянки трубопроводу, мають, як правило, більш високу міцність, чим прилягаючі неушкоджені ділянки труби. Не дивлячись на велике поширення, спосіб має істотні недоліки, пов'язані з неможливістю введення епоксидного наповнювача під високим тиском, тому що максимальний тиск заповнення простору під муфтою обмежено міцністю ізолюючих прокладок на торцях. З виразу (8) видно, що для забезпечення рівномірного розподілу навантаження між трубою й муфтою при незначному тиску в підмуфтовому просторі, бажано максимальне зниження тиску усередині трубопроводу на час проведення робіт. При виконанні робіт на діючому трубопроводі, ефективність розвантаження труби буде низька. Для її підвищення виникає необхідність застосування товстостінної муфти.

Відомий спосіб муфтового ремонту трубопроводу (патент РФ 2104439), що полягає в установці навколо труби замкнутої оболонки, що складається із двох напівмуфт, герметизації її торців за допомогою фланців з кільцевими прокладками, з подальшим заповненням підмуфтового простору епоксидною смолою. Речовину, яка самотвердіє, вводять у підмуфтовий простір під тиском, що компенсує усадку епоксидної смоли в процесі затвердіння. При цьому даються рекомендації з тиску в підмуфтовому просторі (20-60 бар, переважно 30-45 бар), без прив'язки до режимів роботи трубопроводу. Вибір неоптимального тиску заповнення підмуфтового простору приводить до зниження

якості ремонту й неоптимальному виборі конструкції муфти.

Відомий спосіб муфтового ремонту трубопроводу (патент РФ 2314453), який є прототипом винаходу, що заявляється. Із двох сторін ділянки трубопроводу, що підлягає посиленню, установлюють пари технологічних кілець, на яких збирають муфту. Далі по краях муфти, між кожною парою технологічних кілець формують герметичні ущільнювачі - кільцеві прокладки, що локалізують підмуфтовий простір. Після цього через кран у нижній частині муфти підмуфтовий простір заповнюють герметиком. Після появи герметика в дренажному отворі у верхній частині муфти, отвір закривають, а введення герметика продовжують до досягнення тиску, рівного або перевищуючого тиск у трубопроводі. Щоб уникнути утворення вм'ятин у стінці трубопроводу, максимальний тиск запресовування герметика обмежують значенням, при якому стінка труби втрачає стійкість. Після цього нижній кран закривають, а шприц від'єднують.

Спосіб дозволяє здійснити ремонт трубопроводу із практично будь-яким дефектом. Разом з тим, з виразу (8) видно, що при такому високому тиску запресовування герметика у підмуфтовий простір, труба, яка ремонтується практично повністю розвантажується (починає працювати без тиску), а все навантаження переноситься на муфту. Це має сенс тільки у випадку ремонту наскрізного дефекту в умовах виходу продукту із трубопроводу. У випадку ремонту корозійних дефектів або перекладу трубопроводу в більш високу категорію, надмірно високий тиск у підмуфтовому просторі приводить до неефективного використання матеріалів муфти, що повинна мати свідомо більш міцну конструкцію й загальне зниження якості робіт через неоптимальне використання ресурсу й невиправдано високим навантаженням на кільцеві шви.

В основу винаходу покладене завдання підвищення якості ремонту діючого трубопроводу за рахунок оптимізації тиску запресовування речовини в підмуфтовий простір. Це дозволяє домогтися прогнозованого розподілу навантаження між трубопроводом і муфтою, що, у свою чергу, дозволяє оптимізувати конструкцію муфти, домогтися рівномірного навантаження на зварені шви й підвищити якість ремонту в цілому.

Завдання, покладене в основу винаходу, вирішується за рахунок того, що в способі муфтового ремонту трубопроводу, що полягає в установці навколо заданої ділянки труби замкнутої оболонки-муфти, з подальшою герметизацією торців муфти й заповненням утвореного герметичного підмуфтового простору рідкою, пластичною або речовиною, яка самотвердіє, відповідно до винаходу, рідка, пластична або речовина, яка самотвердіє, у підмуфтовий простір вводять під тиском, рівним половині тиску усередині трубопроводу на момент заповнення муфти. При цьому товщину стінки муфти вибирають із виразу

$$\delta_M = \delta_T \cdot \left(\frac{\sigma_{To}}{\sigma_{Tr}} - 1 \right), \text{ де } \frac{\sigma_{To}}{\sigma_{Tr}} \text{ необхідний ступінь}$$

зниження напружень у посилюваній трубі, σ_{T0} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби без муфти при робочому тиску P_p ; σ_{Tp} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби із установленою муфтою, δ_T - товщина стінки труби, δ_M - товщина стінки муфти.

В загальному випадку, тиск запресовування рідкої, пластичної або речовини, яка самотвердіє, у простір між трубою й муфтою, розраховують по формулі:

$$P_M = \frac{1}{2} \left[P_Y - P_p \left(\frac{\sigma_{Tp}}{\sigma_{T0}} \cdot \frac{\delta_T + \delta_M}{\delta_M} - \frac{\delta_T}{\delta_M} \right) \right],$$

де P_p - робочий тиск усередині трубопроводу, P_Y - тиск у трубопроводі під час заповнення речовиною підмуфтового простору, P_M - тиск речовини в підмуфтовому просторі, σ_{T0} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби без муфти при робочому тиску P_p ; σ_{Tp} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби із установленою муфтою, δ_T - товщина стінки труби, δ_M - товщина стінки муфти.

Пропонований спосіб пояснюється малюнком, представленим на фіг. 1. Малюнок являє собою графічне подання виразу (8). Із графіка видно, що існує тільки одне значення тиску запресовування речовини в підмуфтовий простір, що забезпечує постійний розподіл навантаження між трубою й муфтою, що не залежить від зміни робочого тиску в трубопроводі. Даний тиск є оптимальним і становить половину тиску усередині трубопроводу на момент заповнення муфти, тобто:

$$P_{Mоп} = 0,5 \cdot P_Y, \quad (9)$$

де $P_{Mоп}$ - оптимальний тиск речовини в підмуфтовому просторі.

Після підстановки в (8) $P_M = P_{Mоп}$ з виразу (9):

$$\frac{\sigma_{Tp}}{\sigma_{T0}} = \frac{\delta_T}{\delta_T + \delta_M}. \quad (10)$$

Тобто, розподіл навантаження між трубою й муфтою при заповненні підмуфтового простору речовиною, що подається під оптимальним тиском, постійно, не залежить від зміни робочого тис-

ку в трубопроводі й визначається товщиною стінки муфти, що може бути визначена з виразу (10):

$$\delta_M = \delta_T \cdot \left(\frac{\sigma_{T0}}{\sigma_{Tp}} - 1 \right), \quad (11)$$

Де $\frac{\sigma_{T0}}{\sigma_{Tp}}$ - необхідний ступінь зниження напру-

жень у посилюваній трубі, σ_{T0} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби без муфти при робочому тиску; σ_{Tp} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби із установленою муфтою, δ_T - товщина стінки труби, δ_M - товщина стінки муфти.

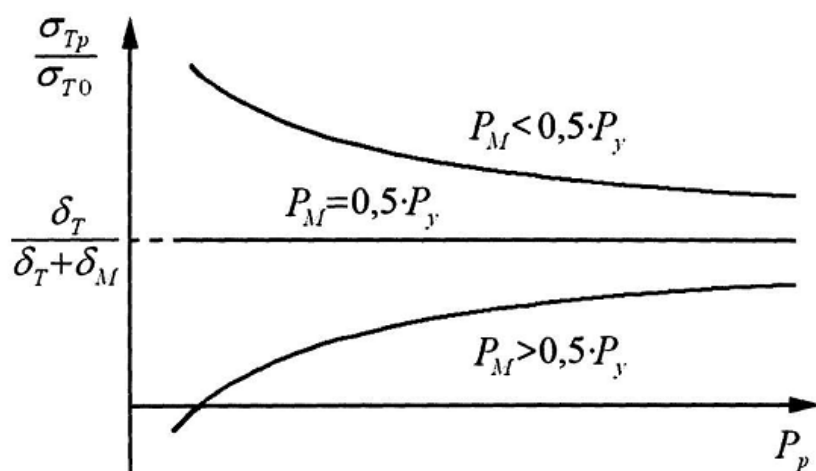
У ряді випадків, трубопровід експлуатується при стабільних значеннях робочого тиску, що не змінюється в широких межах. При цьому при ремонті потрібно одержати більш високий або низький ступінь зниження напружень у посилюваній трубі. Це може бути досягнуто не тільки вибором товщини стінки муфти, але й правильним вибором тиску запресовування речовини в підмуфтовий простір, що може бути визначене з виразу (12), отриманого з виразу (8):

$$P_M = \frac{1}{2} \left[P_Y - P_p \left(\frac{\sigma_{Tp}}{\sigma_{T0}} \cdot \frac{\delta_T + \delta_M}{\delta_M} - \frac{\delta_T}{\delta_M} \right) \right], \quad (12)$$

де P_p - робочий тиск усередині трубопроводу, P_Y - тиск у трубопроводі під час заповнення речовиною підмуфтового простору, P_M - тиск речовини в підмуфтовому просторі, σ_{T0} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби без муфти при робочому тиску P_p ; σ_{Tp} - кільцеві напруження розтягання в стінці труби із установленою муфтою, δ_T - товщина стінки труби, δ_M - товщина стінки муфти.

Використання пропонованого способу дозволить підвищити якість ремонту трубопроводів, забезпечивши прогнозоване підвищення міцності трубопроводу.

Спосіб апробований підприємством НПП Ки-АТОН на газопроводах України й Молдови.



Фиг. 1