



УКРАЇНА

(19) UA (11) 50862 (13) U
(51) МПК (2009)
F16L 55/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ РЕМОНТУ ТРУБОПРОВОДУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТАЛЕВОЇ МУФТИ

1

(21) u200913628

(22) 28.12.2009

(24) 25.06.2010

(46) 25.06.2010, Бюл.№ 12, 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"(57) Спосіб ремонту трубопроводу за допомогою
металевої муфти, який полягає в установці навко-
ло заданої ділянки труби замкнутої оболонки-
муфти, з подальшою герметизацією торців муфти
й заповненням утвореного герметичного підмуф-
тового простору рідкою, пластичною або речови-
ною, яка самотвердіє, який відрізняється тим, що
речовину, що самотвердіє, в підмуфтовий простір

2

вводять під тиском, який розраховується по фор-
мулі:

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

бочий тиск усередині трубопроводу, P_y - тиск у
трубопроводі під час заповнення речовиною під-
муфтового простору, P_M - тиск речовини в підму-
фтовому просторі, σ_{T0} - кільцеві напруження роз-
тягання в стінці труби без муфти при робочому
тиску P_p ; σ_{Tp} - кільцеві напруження розтягання в
стінці труби із установленою муфтою з наповнен-
ням, δ_T - товщина стінки труби, δ_M - товщина
стінки муфти.

Корисна модель відноситься до техніки ремо-
нту трубопроводного транспорту, переважно магіс-
тральних трубопроводів високого тиску.

При тривалій експлуатації трубопроводів може
виникнути необхідність відновлення несучої здат-
ності труби, що має механіко-корозійні (у тому чи-
слі й наскрізні) ушкодження, посилення дефектних
кільцевих стиків, а також необхідність перекладу
ділянок діючих трубопроводів у більш високу кате-
горію. Це досягається шляхом підвищення міцнос-
ті 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.).

Муфти з наповненням є ремонтними конструк-
ціями довгострокової експлуатації. У загальному
випадку, вони мають вигляд твердої металевої
оболонки, герметично встановленої із зовнішньої
сторони посилюваної ділянки трубопроводу. Най-
частіше тверду оболонку становлять із двох напі-
вмуфт, які зварюють між собою поздовжніми шва-
ми, або скріплюють іншими відомими способами.
Простір між трубопроводом й оболонкою (підмуф-
товий простір) заповнюють під тиском спеціальною

речовиною. У більшості випадків використовують
клейову масу, яка самотвердіє, на епоксидній або
поліуретановій основі. Відомі варіанти застосуван-
ня бетону або нестисливої рідини. Заповнення
підмуфтового простору нестисливою рідиною (на-
приклад, маслом), закачаною під тиском, дозволяє
розвантажити трубу, яка ремонтується, забезпе-
чуючи часткову передачу навантаження на оболон-
ку 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 прак-
тично нестисливої речовини, яка самотвердіє піс-
ля запресовування в підмуфтовий простір, не під-
лягаючи усадці або розширенню в процесі
затвердіння й маюча прогнозовані характеристики.

При збільшенні міцності трубопроводу або йо-
го ділянки за допомогою зварних муфт із напов-
ненням, досягається зниження як кільцевих, так і
поздовжніх напружень у трубі. Поздовжні напру-
ження в трубопроводі знижуються за рахунок зва-
рювання елементів муфт із трубопроводом, а та-
кож за рахунок адгезії компаунда до елементів
труби й муфти.

(19) UA (11) 50862 (13) U

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

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

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, закачаною 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:

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

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

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

Ефективність посилення трубопроводу оцінюється ступенем зниження кільцевих напруження у стінці труби, яка ремонтується:

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

звідки:

$$\frac{\sigma_{Tr}}{\sigma_{T0}} = \frac{P_y - 2 \cdot P_M}{P_p} + \frac{1 - \frac{P_y - 2 \cdot P_M}{P_p}}{1 + \frac{\delta_M}{\delta_T}}. \quad (8)$$

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 некріпних 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 корисної моделі, 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 зварені шви.

В основу корисної моделі 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 корисної моделі, вирішується за рахунок того, що-в спосібі ремонту трубопроводу за допомогою металевої муфти, який 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 корисної моделі, речовина, яка самотвердіє, у підмуфтовий простір вводять під тиском, який розраховується по формулі:

$$P_M = \frac{1}{2} \left[P_y - P_p \left(\frac{\sigma_{Tp}}{\sigma_{To}} \cdot \frac{\delta_T + \delta_M}{\delta_M} - \frac{\delta_T}{\delta_M} \right) \right], \quad (9)$$

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_{To} - 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.

Вираз (9) одержано з (8).

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

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