



УКРАЇНА

(19) UA (11) 84769 (13) C2

(51) МПК (2006)

F16L 58/02

B08B 9/032 (2008.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ РЕМОНТУ СТАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

1

2

(21) а200613389

(22) 18.12.2006

(24) 25.11.2008

(46) 25.11.2008, Бюл.№ 22, 2008 р.

(72) КРИЖАНІВСЬКИЙ ЄВСТАХІЙ ІВАНОВИЧ, UA, ФЕДОРОВИЧ ЯРОСЛАВ ТЕОДОРОВИЧ, UA, ПОЛУТРЕНКО МИРОСЛАВА СТЕПАНІВНА, UA, РУДКО ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, UA, ФЕДОРОВИЧ ІГОР ЯРОСЛАВОВИЧ, UA

(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, UA

(56) UA 2731, U, 15.07.2004

UA 37165, A, 16.04.2001

RU 2237748, C1, 10.10.2004

RU 2273681, C1, 10.04.2006

RU 2211399, C2, 27.08.2003

JP 60204312, 15.10.85

SU 1178780, A, 30.12.87

SU, 778413, A, 23.08.85

SU 944508, 15.07.82

RU 2192578, C1, 10.11.2002

UA a200610107, A, 25.03.2008

(57) Спосіб ремонту сталевих трубопроводів, що включає відновлення дефектних ділянок, очищення поверхні трубопроводу від пошкодженого по-

криття, нанесення багатшарового захисного покриття, який відрізняється тим, що після очищення поверхні трубопроводу від пошкодженого покриття її піддають пластичному деформуванню, яке здійснюють піскоструменевою обробкою, для чого на поверхню металу труби через сопло діаметром до 10мм подають кварцовий пісок на відстані 70-150мм від сопла з кутом нахилу струменя піску до поверхні в межах 70-90° протягом 60с, після чого поверхню металу покривають ґрунтовкою, в склад якої входять бітумно-полімерна мастика, інгібітор корозії – біоцид "В" і неетилований бензин при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

бітумно-полімерна мастика	33,11
інгібітор корозії – біоцид "В"	0,66
неетилований бензин	66,23,

а після висихання ґрунтовки наносять модифіковану мастику, в склад якої входять бітумно-полімерна мастика та інгібітор корозії – біоцид "Г" при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

бітумно-полімерна мастика	99,95
інгібітор корозії – біоцид "Г"	0,05,

після чого накладають ізоляційну стрічку.

Винахід належить до ремонту та зміцнення поверхні трубопроводів, а також захисту їх від корозії, прокладених в ґрунтах з різним ступенем мінералізації, може застосовуватись на стадії виготовлення труб для усунення виробничих дефектів, неоднорідності поверхні металу, залишків забруднень, а також для обробки з'єднань головного металу труби із зварним швом.

Однією з важливих вимог, що ставляться до способу зміцнення поверхні деталей є отримання максимальної величини залишкових напружень в приповерхневих шарах металу і щоб ці напруження були розподілені по всій поверхні рівномірно. Недотримання цієї вимоги призводить до виникнення локальних ділянок утворення концентратив напружень, в яких під дією навантаження та корозійного середовища здебільшого зароджують тріщини.

Необхідною умовою дотримання цієї вимоги є

якісна підготовка поверхні металу, від якої залежить міцність адгезійного зв'язку із покриттям, яке накладають для підсилення міцнісних та корозійних властивостей металу.

Відомі механічні способи очищення поверхні металу від пасивних плівок, нерозчинених оксидів металу такі, як піскоструменева та дробоструменева обробка, шліфування очисними інструментами. Першим етапом механічного способу очищення поверхні металу є видалення окалини або іржі за допомогою металевих щіток. Але у такий спосіб не досягається рівномірного очищення поверхні, на ній залишаються смуги, подряпини, продукти корозії.

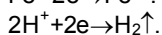
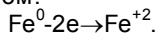
Піскоструменеву обробку проводять з метою досягнення рівномірності матової однорідної поверхні металу. Проте застосування відомих способів піскоструменевих обробок призводить до деформації поверхні на 30-50°А, а неоднорідність

(13) C2

(11) 84769

(19) UA

поверхні металу, залишки забруднень викликають електрохімічну корозію. В цьому випадку при контакті металу з електролітом (яким може бути волога), на його поверхні виникає багато мікрогальванічних пар, де анодами є частинки металу, а катодами - забруднення, при цьому аноди розчиняються, на катодах зв'язуються електрони. Корозію сталеної поверхні можна зобразити наступним чином:



Отже, залізо в результаті водневої деполяризації починає кородувати.

Іншим прикладом утворення гальванічної пари на поверхні металу є зварний шов - основний метал. В даному випадку анодом стає метал поблизу зварного шва, на якому відбуваються корозійні явища.

Що стосується підземних нафтогазопроводів з бітумним покриттям, то в трасових умовах з часом можливе розтріскування захисного покриття. При знаходженні трубопроводів в засолених сильномінералізованих ґрунтах, які містять розчинні CO_2 та H_2S , в утворених у покритті тріщинах відбуваються корозійні явища, що є наслідком прискореного переходу заліза в розчин у присутності сірководню, а також утворення H_2 з іонів водню. Іони заліза, які переходять в розчин, утворюють з H_2S малорозчинну сполуку FeS (сульфід заліза), яка у вигляді плівки відкладається на поверхні металу. При цьому у місці відкладення плівки утворюється місцева гальванічна мікропара, в якій FeS -катод, а залізо під шаром сульфіду заліза - анод. Сульфід заліза, як катод гальванічної мікропари, полегшує утворення водню з іонів водню, що знаходяться в розчині. Проникнення водню до сталеної поверхні призводить до різкого зниження міцності металеві конструкції, що зумовлює корозійні процеси. До того ж плівка сульфіду заліза, що відкладається на поверхні трубопроводу, покращує її змочування водою, що також призводить до інтенсивної корозії.

До руйнування підземних трубопроводів призводить також мікробіологічна корозія, викликана біокорозійною активністю ґрунтів.

Біокорозійна активність ґрунтів викликає зміни фізико-хімічних властивостей захисних покриттів, що призводить до зменшення їх міцності та адгезії до поверхні металу.

Відомий спосіб відновлення деталей з тріщинами методом поверхнево-пластичного деформування. Суть цього способу полягає в тому, що процеси поверхневого зміцнення ударними елементами і металізацією металом анода в середовищі інертного газу багаторазово повторюють. Металізація у сукупності з наклепом дозволяє ущільнити метал анода в тріщинах, забезпечити більшу площу контакту металізованого шару із основою, завдяки чому підвищуються адгезійні властивості поверхні. Після багаторазового повторюваного процесу металізації та пластичної деформації, на поверхню деталі наносять полімерне покриття методом електростатичного осадження полімерного порошку на нагріту до 200°C поверхню протягом 45 с. Металізацію здійснюють алюмі-

нієм або цинком в середовищі азоту. Спосіб використовують для ремонту та відновлення глибинонасосних штанг, що дозволяє підвищити термін їх експлуатації за рахунок попередження утворення втомних тріщин. Проте, цей метод недостатньо ефективний для зміцнення поверхні із зварними з'єднаннями, в яких утворюються концентратори напружень, що викликають корозійні явища внаслідок водневої деполяризації. Спосіб не передбачає також зміцнення поверхні трубопроводів, прокладених в сильномінералізованих ґрунтах [А.С. СССР №1178780, С21D8/00 Бюл. №48, 1987].

Найбільш близьким до запропонованого винаходу за функціональним призначенням є спосіб ремонту сталених газопроводів [Патент Росії №2273681. МПК⁷ C23F13/02, F16L58/04, заявл. 05.03.05, опубл. 10.04.2006], який належить до захисту металів від корозії, а саме - до захисту від корозії сталених підземних газопроводів. Спосіб включає відновлення дефектних ділянок газопроводу з нанесенням ізоляційних покриттів і з'єднань із системою катодного захисту. При цьому поперечно відключають дефектну ділянку від природного газу, стискають звільнений природний газ і заповнюють ним посудини під тиском, очищають поверхню газопроводу від дефектного покриття методом відшарування, для чого створюють градієнт температур і напруг між дефектним покриттям і газопроводом, здійснюють кінцеве очищення поверхні газопроводу відсмоктуванням пилу, нагрівають газопровід до температури $70-175^\circ\text{C}$, послідовно наносять шари адгезійної композиції, діелектричного ізоляційного покриття з перекриттям зварних стиків між сталеними трубами газопроводу і шару спіралеподібного покриття із металу з потенціалом більш від'ємним, ніж потенціал газопроводу. Металічне покриття наносять у вигляді стрічки або фольги, після чого на металеве покриття наносять ізоляційне пластмасове покриття. Після монтажу газопроводу в місцях стиків сталених труб, кінці стрічки або фольги по всій довжині газопроводу електрично з'єднують через блоки комутації і проводять вимірювання параметрів захисту із системою катодного захисту.

Спосіб дозволяє відремонтувати дефектні ділянки трубопроводу, проте не створює надійного захисту трубопроводу, прокладеного в сильномінералізованих ґрунтах. До того ж попередня обробка поверхні металу перед нанесенням покриття недостатня для отримання максимальної величини залишкових напружень в приповерхневих шарах металу і рівномірного їх розподілення по всій поверхні, що призводить до утворення локальних ділянок концентраторів напружень, а це викликає корозійні явища. Спосіб не забезпечує вирівнювання показників міцності, пластичності та в'язкості на ділянках з'єднань головного металу труби із зварним швом, внаслідок чого в навколошовній зоні також виникають концентратори напружень, що призводить до корозійних процесів.

Задача, що ставилась при створенні винаходу - вдосконалення способу ремонту сталених трубопроводів шляхом напрямленого регулювання параметрів механічної обробки з отриманням опти-

мальної величини залишкових напружень в приповерхневих шарах металу та рівномірне їх розподілення по всій поверхні, що дозволить отримати рівномірну поверхню без пор, тріщин, домішок із можливістю міцного адгезійного зв'язку із багат шаровим покриттям, а введення в склад мастильних покриттів інгібіторів корозії - біоцидів дозволить збільшити їх стійкість до мікробного впливу, забезпечити захисні протикорозійні, бактерицидні властивості.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у способі ремонту сталевих трубопроводів, що включає відновлення дефектних ділянок, очищення поверхні трубопроводів від пошкодженого покриття, нанесення багат шарового захисного покриття, згідно з винаходом після очищення поверхні трубопроводу від пошкодженого покриття її піддають пластичному деформуванню, яке здійснюють піскоструменевою обробкою, для чого на поверхню металу труби через сопло діаметром до 10мм подають кварцовий пісок на відстані 70-150мм від сопла з кутом нахилу струменя піску до поверхні в межах 70-90° протягом 60с, після чого поверхню металу покривають ґрунтовкою, а після висихання наносять модифіковану мастику і накладають ізоляційну стрічку. Як ґрунтовка використовують композицію в складі бітумно-полімерної мастики, інгібітора корозії-біоциду "В" (з класу солей нафтових кислот), неетилованого бензину в наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

бітумно-полімерна мастика	33,11
інгібітор корозії-біоцид "В"	0,66
неетилований бензин	66,23.

Як модифіковану мастику використовують композицію в складі бітумно-полімерної мастики та інгібітора корозії-біоциду 1Т" (з класу амінів) в наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

бітумно-полімерна мастика	99,95
інгібітор корозії-біоцид "Г"	0,05.

Суть винаходу полягає в наступному.

На відміну від аналогів, запропонований спосіб, перш за все, для зміцнення поверхні металу передбачає підготовку поверхні для подальшого нанесення захисного покриття. Для досягнення високої міцності адгезійного зв'язку матеріалу покриття до матеріалу основи застосовують піскоструменевою обробку. Метою піскоструменевої обробки є зміцнення поверхні металу і підготовка її до наступного нанесення покриття, захисні властивості якого залежать значною мірою від якісної підготовки поверхні.

Зміцнення поверхні металу піскоструменевою обробкою обумовлене створенням стискуючих напружень в поверхневому шарі і виключенні росту тріщин внаслідок блокування тріщин частинками кварцу, що утруднює проникнення корозійного середовища всередину зароджених тріщин. Утворені залишкові напруження стиску в приповерхневому шарі суттєво впливають на формування залишкових напружень в захисних покриттях. В залежності від їх величини в основі покриття виникають залишкові напруження стиску, які обумовлюють високу надійність покриття.

Для збільшення адгезії ізоляційного покриття

до металу, очищену поверхню покривають ґрунтовкою. Це розчин бітумно-полімерної мастики в бензині при співвідношенні 1:2мас.%. Для покращення антикорозійних, ізоляційних та бактерицидних характеристик в ґрунтовку додають інгібітор корозії "В", що відноситься до йоноактивних поверхнево-активних речовин, які зменшують водонасичення, а також запобігають біокорозії. Додатки цих речовин знижують поверхневий натяг ґрунтовки, збільшують його здатність змочувати метал і розтікатися рівномірно по його поверхні, до того ж володіють бактерицидними властивостями. ґрунтовка заповнює всі нерівності поверхні, що сприяє міцному зчепленню покриття з металом.

Після висихання ґрунтовки на поверхню металу наносять модифіковану мастику. Це композиція в складі бітумно-полімерної мастики та інгібітора "Г" у співвідношенні 1:0,05мас.%. Для зміцнення поверхні трубопроводів зверху модифікованої мастики додатково наклеюють ізоляційну стрічку. Завдяки запропонованому способу досягається структурно-однорідне покриття з високими показниками механічних властивостей, а введення інгібіторів додає покриттю додатково протикорозійних та бактерицидних властивостей. Отримане однорідне покриття не потребує додаткової обробки, що спрощує процес і робить його більш ефективним. Застосування способу попереджає утворення втомних тріщин та криже руйнування поверхні, завдяки чому збільшується термін експлуатації трубопроводів. Бактерицидні властивості покриття дозволяють прокладати трубопроводи в ґрунтах з різним ступенем мінералізації.

Приклад здійснення способу

Спосіб зміцнення поверхні трубопроводу експериментально перевірено на зразках, вирізаних із труб магістральних газопроводів сталі 10Г2ФБ. Очищені і обезжирені зразки піддавали піскоструменевої обробці на спеціальному комплексі термоабразивної очистки КТО-1. Обробку поверхні здійснювали в режимах в залежності від часу: 10; 30; 60; 120; 180с.

Подача кварцового піску здійснювалась через спеціальне сопло діаметром 10мм. Найбільш ефективним режимом є обдувка поверхні, що розташована на віддалі 70-150мм від сопла з кутом нахилу струменя піску до поверхні в межах 70°-90°. Тиск повітря, що забезпечив вихід піску через сопло, знаходиться в межах 0,5-0,55МПа.

Залишкові напруження на поверхні зразків після проведеної обробки в різних режимах визначали за методикою Фізико-механічного інституту НАН України. Режими зміцнення оптимізували по розподілу залишкових напружень в поверхневих шарах зразків. Розподіл залишкових напружень встановлювали в залежності від параметрів і режимів піскоструменевої обробки. При виборі параметрів керувались необхідністю формування максимальних залишкових напружень стиску в поверхневих шарах труби.

Результати залишкових напружень в поверхневих шарах, сформованих на різних режимах обробки наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати вимірювань залишкових напружень
в поверхневих шарах зразків на різних режимах обробки

№ п/п	Глибина поширення напружень σ , мкм	Тривалість обробки, с				
		10	30	60	120	180
		Залишкові напруження стиску σ_0 , МПа				
0	0	524,6	482,5	765,6	1523,4	1470,7
1	3,2	565,8	535,8	835,7	1520,2	1471,5
2	6,4	602,5	601,9	852,3	1517,2	1465,9
3	9,6	622,4	652,3	860,5	1508,8	1433,5
4	12,8	645,3	682,5	850,9	1358,8	1413,5
5	16,0	673,2	703,2	780,3	1021,8	1017,3
6	19,2	676,8	690,5	739,1	746,4	625,7
7	22,4	655,4	675,3	730,6	684,2	595,3
8	25,6	635,5	660,4	700,6	652,3	588,5
9	28,8	603,0	643,9	665,4	590,4	582,4
10	32,0	594,2	615,1	659,3	580,6	570,6
11	48,0	452,5	525,3	580,4	468,5	480,2
12	64,0	375,2	433,5	525,7	373,2	445,6
13	80,0	347,2	303,7	417,3	369,4	368,1
14	96,0	330,9	250,2	316,5	341,8	300,5
15	112,0	259,6	195,5	251,4	293,3	245,6
16	128,0	160,1	150,6	226,0	291,5	220,8
17	144,0	103,9	130,9	223,315	282,7	215,9
18	160,0	78,4	101,2	225,2	268,7	200,1
19	176,0	59,3	83,5	205,9	260,5	198,9
20	192,0	52,4	78,2	184,5	235,8	195,8
21	208,0	50,5	72,4	183,5	215,9	190,6

Розподіл осьових залишкових напружень в поверхневих шарах зразків (див. Фіг.) залежить від часу обробки при подачі піску з одного сопла діаметром 10мм.

На Фіг. крива 1 побудована в режимі піскоструменевої обробки тривалістю 10с; крива 2-30с; крива 3-60с; крива 4-120с; крива 5-180с. Як видно з Фіг., глибина поширення залишкових напружень стиску по товщині зразка розподіляється на 208мм. В подальшому проходить їх зменшення. На глибині поверхневого шару 1,0мм вони практично відсутні.

Найбільш оптимальний розподіл залишкових напружень по глибині поверхневих шарів прокородованих зразків досягається при часі обробки 60с. (крива 3) Фіг.

Збільшення тривалості процесу обробки в інтервалі 120-180с призводить до збільшення залишкових напружень стиску до 1470МПа. Проте ці режими не є ефективними, оскільки вимагають великих витрат піску і при цьому зменшується то-

вщина стінки труби. Дослідження, проведені на нових трубах показали, що стабільність розподілу залишкових напружень в приповерхневих шарах досягається при оптимальній тривалості режиму обробки, яка становить 30с.

Після піскоструменевої обробки поверхні труби на оптимальному : режимі на неї, з метою захисту від корозії, наносять грушівку, яку приготують безпосередньо перед нанесенням на метал.

Ґрунтовку приготують наступним чином: бітумно-полімерну мастику у кількості 33,11мас.% розчиняють у 66,23мас.% бензину і додають інгібітор "В" в кількості 0,66мас.%. Після висихання Ґрунтовки через 24 години на неї наноситься модифікована мастика у наступному складі компонентів, мас. %:

бітумно-полімерна мастика	- 99,95
інгібітор корозії-біоцид Т"	-0,05.

В таблиці 2 наведені порівняльні результати випробування зразків в залежності від виду поверхневої обробки.

Таблиця 2

Результати випробувань зразків

Вид поверхневої обробки зразків	Адгезія стрічки (ПВХ) до мастики, Н/мм	Адгезія мастики до ґрунтованого металу, Н/мм	Загальна товщина захисного покриття, мм	Міцність при ударі при 200С, Дж
Необроблена	1,7	0,69	4,2	15
Оброблена металічними щітками	1,7	0,72	4,2	15
Піскоструменева обробка	1,7	0,76	4,2	15

