



УКРАЇНА

(19) UA (11) 87726 (13) C2
(51) МПК (2009)
B08B 9/02
F16L 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИДАЛЕННЯ НАФТОПРОМИСЛОВИХ МІНЕРАЛЬНИХ ВІДКЛАДЕНЬ З ТРУБ ТА ТРУБОПРОВІДІВ

1

(21) а200708829
(22) 31.07.2007
(24) 10.08.2009
(31) 11/828,163
(32) 25.07.2007
(33) US
(31) 60/820.861
(32) 31.07.2006
(33) US
(46) 10.08.2009, Бюл.№ 15, 2009 р.
(72) РІЧАРД В. КІТЧ, GB, САЙМОН К. РЕЙ, GB
(73) ЕМ-АЙ ЕЛЕЛСІ, US
(56) KR 20020090170, 30.11.2002
RU 2003100550, 20.09.2004
RU 2270952, 27.02.2006
UA 54994, 17.03.2003
JP 2004042002, 12.02.2004
JP 61089500, 07.05.1986
US 4646413, 03.03.1987
UA 62549, 15.12.2003
(57) 1. Спосіб видалення мінеральних відкладень із труб, що включає проведення першого поздовжнього розрізу уздовж довжини даної труби, проведення другого поздовжнього розрізу уздовж довжини труби та видалення множини секцій труби, де дані секції труби визначаються першим та другим поздовжніми розрізами.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що перший та другий поздовжні розрізи у значній мірі перпендикулярні до зовнішньої поверхні труби.
3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що перший та другий поздовжні розрізи мають глибину, яка у значній мірі дорівнює товщині даної труби.
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що перший та другий поздовжні розрізи дотичні до внутрішнього діаметра даної труби.
5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що перший поздовжній розріз паралельний до другого поздовжнього розрізу.
6. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що перший поздовжній розріз перпендикулярний до другого поздовжнього розрізу.
7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що проведення першого поздовжнього розрізу та другого поздовжнього розрізу здійснюється за допомогою методу, котрий вибирається із групи, що склада-

2

ється із плазмового різання, лазерного різання, гідромеханічного різання та киснево-ацетиленового різання.

8. Спосіб видалення мінеральних відкладень із труб, що включає проведення першого поздовжнього розрізу у дотичний спосіб до внутрішнього діаметра даної труби, проведення другого поздовжнього розрізу у дотичний спосіб до внутрішнього діаметра даної труби та видалення множини секцій труби, де дані секції труби визначаються першим та другим поздовжніми розрізами.

9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що перший поздовжній розріз паралельний до другого поздовжнього розрізу.

10. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що перший поздовжній розріз перпендикулярний до другого поздовжнього розрізу.

11. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що проведення першого поздовжнього розрізу та другого поздовжнього розрізу здійснюється за допомогою методу, який вибирається із групи, що складається із фрезерування, плазмового різання, лазерного різання, гідромеханічного різання та киснево-ацетиленового різання.

12. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що додатково включає відокремлення мінерального відкладення з поверхні принаймні однієї із множини секцій трубопроводу.

13. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що видалення залишкових мінеральних відкладень здійснюється за допомогою методу, котрий вибирається із групи, що складається із роздрібнення, обробки струменем води високого тиску, піско-струминної обробки, обробки шляхом криогенного занурення, застосування хімічних хелатоутворювачів та хімічних розчинників.

14. Спосіб видалення мінерального відкладення із труби, що включає проведення принаймні одного поздовжнього розрізу вздовж даної труби та відокремлення розрізаної труби від мінерального відкладення.

15. Спосіб за п. 14, який **відрізняється** тим, що проведення принаймні одного розрізу включає проведення двох у значній мірі паралельних розрізів, котрі у значній мірі дотичні до внутрішнього діаметра даної труби.

(19) UA (11) 87726 (13) C2

16. Спосіб за п. 14, який **відрізняється** тим, що проведення принаймні одного розрізу включає проведення двох у значній мірі перпендикулярних розрізів, котрі у значній мірі дотичні до внутрішнього діаметра даної труби.

17. Спосіб за п. 14, який **відрізняється** тим, що проведення принаймні одного розрізу здійснюється за допомогою методу, котрий вибирається із групи, що складається із фрезерування, плазмового різання, лазерного різання, гідромеханічного різання та киснево-ацетиленового різання.

18. Спосіб за п. 14, який **відрізняється** тим, що додатково включає відокремлення мінерального відкладення з поверхні принаймні однієї із множини секцій трубопроводу.

19. Спосіб за п. 18, який **відрізняється** тим, що видалення залишкових мінеральних відкладень здійснюється за допомогою методу, котрий вибирається із групи, що складається із роздрібнення, обробки струменем води високого тиску, піско-струминної обробки, обробки шляхом криогенного занурення, застосування хімічних хелатоутворювачів та хімічних розчинників.

Дана заявка, згідно з 35 U.S.C (Кодекс законів США) § 119 (с), заявляє пріоритет попередньої заявки США з серійним номером 60/820861 від 31 липня 2006 року. Зазначена заявка включається до опису шляхом посилання у всій її повноті.

Даний винахід стосується, загалом, труб та трубопроводів, що застосовуються у нафтопромисловості. Конкретно, даний винахід стосується поліпшеного способу видалення мінеральних відкладень із труб та трубопроводів.

Вуглеводні (наприклад, нафта, природний газ і т.д.) одержують із підземних геологічних формацій (тобто "басейну") шляхом буріння свердловини, яка проникає до формації, що несе вуглеводень. Для того, щоб даний вуглеводень був добутий, тобто дійшов із формації до свердловини і, нарешті, до поверхні, при швидкостях течії, котрі достатні для виправдання його добування, має існувати або бути запроваджений достатньо вільний шлях від підземної формації до свердловини і потім до поверхні.

Операції з підземного видобування нафти можуть включати ін'єкцію водного розчину у нафтову формацію для полегшення переміщення нафти через дану формацію і підтримання тиску у басейні у міру видалення флюїдів. Ін'єктований водний розчин, звичайно, поверхнева вода (озерна або річкова) або морська вода (для офшорних операцій) містить, загалом, розчинні солі, такі як сульфати та карбонати. Ці солі можуть бути несумісними з іонами, що вже містяться у басейні з нафтою. Басейнові флюїди можуть містити високі концентрації деяких іонів, котрі знаходяться у набагато нижчих рівнях у нормальній поверхневій воді, таких як стронцію, барію, цинку та кальцію. Частково розчинні неорганічні солі, такі як сульфат барію (або барит) та карбонат кальцію, часто вищаджуються із робочих вод, оскільки умови, що впливають на розчинність, такі як температура та тиск, змінюються всередині робочих свердловин та на надводних частинах.

Загальною причиною падіння вироблення вуглеводнів є утворення відкладень у або на свердловині, в області поблизу свердловини або на ділянці формаційної матриці, що несе вуглеводень, та в інших трубах або трубопроводах. Нафтопромислові операції часто призводять до утворення флюїду, що містить соляні води та вуглеводні.

Даний флюїд транспортується із басейну через труби та трубопровід до сепараторної установки, де соляні води відокремлюються від цінних вуглеводневих рідин та газів. Соляні води потім обробляються і зливаються як відходи або повторно ін'єктуються у зазначений басейн для сприяння підтримки тиску в басейні. Соляні води часто збагачені мінеральними іонами, такими як катіони кальцію, барію, стронцію та заліза, і аніонами, такими як бікарбонат, карбонат та сульфат. Загалом, утворення відкладень відбувається через осадження мінералів, таких як сульфат барію, сульфат кальцію та карбонат кальцію, котрі з'єднуються з або застряють у трубі або трубопроводі. Коли вода (і, отже, розчинені мінерали) контактує зі стінкою труби або трубопроводу, розчинені мінерали можуть почати осаджуватись, утворюючи відкладення. Ці мінеральні відкладення можуть прилипати до стінок труби як шари, що зменшують внутрішній канал даної труби, спричиняючи у такий спосіб обмеження течії. У багатьох випадках відкладення можуть зрости до такої міри, що цілком виведуть із ладу трубу. Тому труби та трубопровід мають піддаватись чистці або замінюватись для відновлення продуктивності.

Деякі мінеральні відкладення, такі як сульфат барію, дуже важко видалити у хімічний спосіб з трубопроводу, і тому даний трубопровід просто замінюють на новий. Трубопровід з відкладеннями може бути переведений у відходи, але мінеральне відкладення, що утворюється, являє собою небезпеку для навколишнього середовища. Наприклад, деякі мінеральні відкладення можуть містити природний радіоактивний матеріал (NORM). Відкладення має зв'язану радіоактивність, оскільки продукти радіоактивного розпаду урану та торію природно присутні у водах басейну і осаджуються сумісно з іонами барію з утворенням відкладення сульфату барію, котрий містить, наприклад, сульфат радію-226. Первинні радіонукліди, що забруднюють нафтопромислове обладнання, включають радій-226 (^{226}Ra) та радій-228 (^{228}Ra), котрі утворюються в результаті радіоактивного розпаду урану-238 (^{238}U) та торію-232 (^{232}Th). Хоча ^{238}U та ^{232}Th знайдені у багатьох підземних формаціях, вони не дуже розчинні у флюїді басейну. Проте, дочірні продукти, ^{226}Ra та ^{228}Ra , розчинні і можуть мігрувати як іони у басейнові флюїди, контактую-

чи, фактично, з ін'єктованою водою. Хоча ці радіонукліди прямо не осаджуються, вони, загалом, осаджуються сумісно у відкладенні сульфату барію, спричинюючи легку радіоактивність відкладення. Цей NORM складає небезпеку для людей, що контактують з ним, через опромінення та вдихання або проковтування частинок NORM. Як результат, з трубами з відкладенням NORM треба поводитись, транспортувати їх та утилізувати за ретельно контрольованих умов, як окреслено у законодавстві, для захисту робітників, вільної публіки та навколишнього середовища.

Звичайні операції, котрі застосовуються для видалення відкладень із труби, можуть бути повільними та неефективними, оскільки якщо труби радіоактивні, то треба обробляти кожну трубу окремо, і доступ до внутрішньої поверхні труби з відкладенням може бути обмежений.

Коли труби та устаткування, що застосовуються у нафтопромислових операціях, покриваються шаром відкладень, кірку треба видаляти в ефективний у плані витрат та економії часу спосіб. Іноді забруднені труби та устаткування просто видаляють і замінюють на нове обладнання. Коли старе устаткування забруднене NORM, його не так легко утилізувати через радіоактивну природу відходів. Розчинення відкладення NORM і його утилізація можуть бути витратним та небезпечним. Крім того, значна кількість нафтопромислових трубчастих виробів та іншого устаткування, що очікують дезактивації, осідають у теперішній час на складах. Деяке устаткування після відповідної очистки може бути знову використане, тоді як інше обладнання має бути відправлене на металобрухт. Для захоронення відкладень NORM, вилучених із устаткування, є кілька можливостей, включаючи ін'єкцію у глибокі свердловини, захоронення у землі та ін'єкцію у соляні печери.

Типові процеси очищення включають як хімічні, так і механічні ефекти, такі як подрібнення, обробку струменем води високого тиску, піскоструминну обробку, обробку шляхом криогенного занурення та застосування хімічних хелатоутворювачів і розчинників. Обробка струменем води високого тиску (вище 140МПа, з та без абразивів) є домінуючим способом, що використовується для видалення NORM. Проте, застосування струминної водної очистки з високим тиском є, загалом, витратним, займає багато часу, і така очистка не завжди придатна для ретельної обробки забрудненої поверхні.

Хоча хімічні хелатоутворювачі, такі як EDTA (етилендіамінтетраоцтова кислота) або DTPA (дієтилентриамінпентаоцтова кислота), давно використовуються для видалення відкладень з нафтопромислового устаткування, коли EDTA стає насиченою катіонами металів, що знаходяться у відкладеннях, від використаного розчинника звичайно позбавляються, наприклад, повторною його ін'єкцією у підповерхневу формацію. Крім того, хімічні хелатоутворювачі, такі як EDTA та DTPA, дорогі і потребують тривалого контакту при підвищених температурах для розчинення відкладень.

Відповідно, є потреба в економічно ефективних засобах для видалення відкладень із труби та

трубопроводів за умов низького ризику експозиції до радіоактивних матеріалів.

В одному аспекті варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, стосуються способу видалення мінеральних відкладень із труб, способу, що включає проведення першого поздовжнього розрізу уздовж довжини даної труби, проведення другого поздовжнього розрізу уздовж довжини труби, видалення множини секцій труби, де дані секції труби визначаються першим та другим поздовжніми розрізами.

В іншому аспекті варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, стосуються способу видалення мінеральних відкладень із труб, способу, що включає проведення першого поздовжнього розрізу у дотичний спосіб до внутрішнього діаметру даної труби, проведення другого поздовжнього розрізу у дотичний спосіб до внутрішнього діаметру даної труби та видалення множини секцій труби, де дані секції труби визначаються першим та другим поздовжніми розрізами.

В іншому аспекті варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, стосуються способу видалення мінеральних відкладень із труб, способу, що включає проведення принаймні одного поздовжнього розрізу уздовж труби та відокремлення розрізаної труби від мінерального відкладення.

Інші аспекти та переваги даного винаходу стануть очевидними з наступного опису та формули винаходу, що додається.

Короткий опис фігур

Фіг.1 являє собою поперечний переріз труби з кіркою мінерального відкладення згідно з варіантами втілення, які розкриті в цьому описі.

Фіг.2 являє собою поперечний переріз труби з кіркою мінерального відкладення згідно з варіантами втілення, які розкриті в цьому описі.

Фіг.3 являє собою поперечний переріз труби та мінерального відкладення згідно з варіантами втілення, які розкриті в цьому описі.

Фіг.4 являє собою поперечний переріз труби з кіркою мінерального відкладення згідно з варіантами втілення, які розкриті в цьому описі.

Фіг.5 являє собою поперечний переріз труби з кіркою мінерального відкладення згідно з варіантами втілення, які розкриті в цьому описі.

Фіг.6 являє собою поперечний переріз труби з кіркою мінерального відкладення згідно з варіантами втілення, які розкриті в цьому описі.

В одному аспекті варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, стосуються способу видалення мінеральних відкладень з нафтопромислових труб та трубопроводів. Зокрема, варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, стосуються способу механічного видалення мінеральних відкладень із нафтопромислових труб та трубопроводів. Крім того, як застосовується в цьому описі, терміни "труби", "трубопроводи" та "магістралі" можуть використовуватись у взаємозамінний спосіб для опису варіантів втілення без обмеження обсягу формули винаходу.

Мінеральне відкладення, що може видалятись із нафтопромислового устаткування у варіантах втілення, які розкриті в цьому описі, включає нафтопромислові відкладення, такі як, наприклад, солі

лужноземельних металів або інших двовалентних металів, включаючи сульфати барію, стронцію, радію та кальцію, карбонати кальцію, магнію та заліза, металічні сульфіді, оксид заліза та гідроксид магнію.

Спосіб видалення або відокремлення мінерального відкладення із трубопроводу або труби згідно з варіантом втілення, які розкриті в цьому описі, показаний на Фіг.1-4. Як показано на Фіг.1, труба 202 вкрита шаром мінерального відкладення 204. У цьому варіанті втілення шар мінерального відкладення 204 являє собою однорідний шар, утворений на внутрішньому діаметрі труби 202. Проте, звичайному фахівцеві у даній галузі зрозуміло, що шар мінерального відкладення може бути або може й не бути однорідним уздовж довжини та/або кола даної труби. В одному варіанті втілення принаймні один поздовжній розріз зроблений уздовж труби 202. Як застосовується в цьому описі, термін "поздовжній" описує напрямок уздовж довжини труби 202. В іншому варіанті втілення уздовж труби зроблені два поздовжніх розрізи. Звичайному фахівцеві у даній галузі зрозуміло, що може бути зроблена будь-яка кількість поздовжніх розрізів без відходу від обсягу даного винаходу.

У варіанті втілення, що показаний на Фіг.1, зроблені два поздовжніх розрізи 206 у трубі 202. Поздовжні розрізи 206 можуть бути зроблені у такий спосіб, що кожний поздовжній розріз 206 є у значній мірі дотичним до внутрішнього діаметра труби 202. Відповідно, поздовжні розрізи 206 дотичні до поверхні розділу 210 між шаром мінерального відкладення 204 та трубою 202. В одному варіанті втілення два поздовжніх розрізи 206 є у значній мірі паралельними.

Тепер, з посиланням на Фіг.2, після того як поздовжні розрізи 206 зроблені, перша відрізана частина 212 та друга відрізана частина 214 труби 202 можуть бути відокремлені, як зазначено А, від шару мінерального відкладення 704, як показано на Фіг.3, після відокремлення першої та другої відрізаних частин 212, 214 від шару мінерального відкладення 204 можуть бути відокремлені перший бік 222 та другий бік 224 труби 202, як показано В. Відповідно, як показано на Фіг.1-3, поздовжні розрізи 206, зроблені у суттєво дотичний спосіб до поверхні розділу 210 між трубою 202 та шаром мінерального відкладення 204, дозволяють відокремити трубу 202 від шару мінерального відкладення 204.

Фіг.4 показує інший варіант втілення способу відокремлення відкладення від труби або трубопроводу. У цьому варіанті втілення у трубі 202 зроблені два поздовжніх розрізи 407 та 408. Поздовжні розрізи 407, 408 можуть бути зроблені у такий спосіб, що кожний поздовжній розріз 407, 408 є у значній мірі дотичним до внутрішнього діаметра труби 202. Відповідно, поздовжні розрізи 407, 408 дотичні до поверхні розділу 410 між шаром мінерального відкладення 404 та трубою 402. У цьому варіанті втілення перший поздовжній розріз 407 у значній мірі перпендикулярний до другого поздовжнього розрізу 408. У цьому варіанті втілення, після того як два поздовжніх розрізи 407, 408 зроблені, перша відрізана частина 432 та дру-

га відрізана частина 434 труби 402 можуть бути відокремлені. Потім від шару мінерального відкладення 404 можуть бути відокремлені невелика секція 438 та велика секція 436 труби 402.

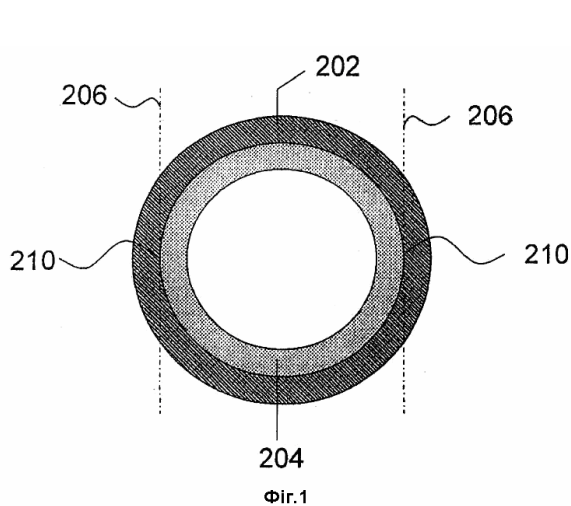
Фіг.5 та 6 показують інший варіант втілення способу відокремлення відкладення від труби або трубопроводу. У цьому варіанті втілення у трубі 502 зроблені два поздовжніх розрізи 511, 513. Поздовжні розрізи 511, 513 можуть бути зроблені у такий спосіб, що кожний поздовжній розріз 511, 513 у значній мірі перпендикулярний до зовнішньої поверхні труби 502. Глибина кожного поздовжнього розрізу 511, 513 обмежена приблизно товщиною Т труби 502, так що значного прорізання шару мінерального відкладення 504 не відбувається. У цьому варіанті втілення, після того як два поздовжніх розрізи 511, 513 зроблені, перша половинка 530 та друга половинка 532 труби 502 можуть бути відокремлені від шару мінерального відкладення 504.

Поздовжні розрізи 206 (Фіг.1), 407, 408 (Фіг.4) через трубу можуть бути зроблені з використанням будь-якого відомого у цій галузі способу. Наприклад, труба може бути розрізана шляхом фрезерування, шляхом плазмового різання, лазерного різання, гідромеханічного різання та киснево-ацетиленового різання. Крім того, як зрозуміло звичайному фахівцеві у даній галузі, для проведення поздовжніх розрізів можуть бути застосовані й інші способи. В одному варіанті втілення спосіб різання може бути автоматизованим, чим знижуються ризики, пов'язані з контактуванням персоналу з радіоактивним мінеральним відкладенням. В іншому варіанті втілення різальний інструмент, наприклад, багатоголовковий інструмент, може бути використаний для одночасного розрізання кількох труб або трубопроводів. В іншому варіанті втілення процес різання труб та відокремлення труб від мінеральних відкладень може проводитись під водою, запроваджуючи тим самим більш високі рівні стандартів HSE (здоров'я, безпека та навколишнє середовище).

В одному варіанті втілення шар мінерального відкладення 204, 404, 504 є у значній мірі твердим, утворюючи циліндр мінерального відкладення. Таким чином, з посиланням, наприклад, на Фіг.1-3, коли зроблені поздовжні розрізи 206 через трубу 202, можливо відокремити першу та другу відрізані частини 212, 214, та перший і другий боки 222, 224 труби 202 від циліндра мінерального відкладення. Потім мінеральне відкладення може бути зібране, оброблене та піддане безпечному захороненню. Проте, в іншому варіанті втілення шар мінерального відкладення 204 може не бути у значній мірі твердим. У цьому варіанті втілення мінеральне відкладення може залишатись на внутрішньому поперечнику труби 202. Мінеральне відкладення потім може бути відокремлене від труби 202 після того як труба 202 буде розрізана у поздовжньому напрямку, за допомогою інших механічних або хімічних засобів, як описано нижче з посиланням на залишкове мінеральне відкладення.

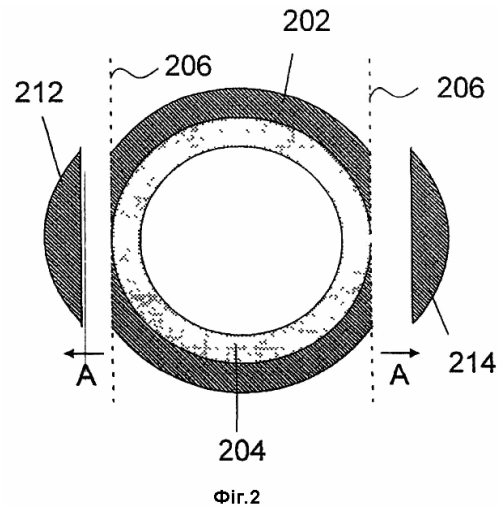
В одному варіанті втілення, коли секції, наприклад, першої та другої відрізаних частин 212, 214 Фіг.2 розрізаної труби 202 відокремлені від шару

мінерального відкладення 204, секції розрізаної труби 202 можуть бути незабрудненими. Тобто секції розрізаної труби 202, що відокремлені від шару мінерального відкладення 204, не містять будь-якого залишкового мінерального відкладення на поверхні труби 202. В іншому варіанті втілення, коли секції, наприклад, першої та другої розрізаних частин 212, 214 Фіг.2 розрізаної труби 202 відокремлені від шару мінерального відкладення 204, секції розрізаної труби 202 можуть містити деяку залишкову кількість мінерального відкладення на поверхні секцій труби 202. У цьому випадку залишкові кількості мінерального відкладення можуть бути більш легко відокремлені від секцій труби 202 завдяки доступності до внутрішніх поверхонь кожної секції труби 202. Залишкове мінеральне відкладення на поверхні секцій труби 202 може бути видалене з використанням фізичних або хімічних засобів, або їх комбінації, як відомо у цій галузі. Наприклад, залишкове мінеральне відкладення може бути видалене із секції труби 202 шляхом роздрібнення, обробкою струменем води високого тиску, піскоструминною обробкою, обробкою шляхом криогенного занурення та/або застосуванням хімічних хелатоутворювачів і розчинників. Коли секції труби 202 оглянуті на предмет наявності на них забруднень, вони можуть бути піддані утилізації.



З користю, варіанти втілення даного винаходу, які розкриті в цьому описі, можуть запровадити спосіб для швидкого та безпечного видалення мінерального відкладення із труби або трубопроводу. Варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, можуть, з користю, запровадити спосіб автоматичного видалення мінерального відкладення із труби, і це може знизити ризик щодо здоров'я задіяного персоналу. Варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, можуть, з користю, запровадити спосіб одночасного відокремлення мінеральних відкладень від множини труб або трубопроводів. Варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, можуть, з користю, запровадити спосіб для більш легкого доступу до шару мінерального відкладення, накопиченого на внутрішньому діаметрі труби. Варіанти втілення, які розкриті в цьому описі, можуть, з користю, зберігати мінеральне відкладення неторканим, чим зменшується кількість радіоактивного пилу або бризок під час операції видалення відкладення.

Хоча даний винахід описаний із застосуванням обмеженої кількості варіантів втілення, фахівцям у даній галузі, котрі мають користь від цього розкриття, зрозуміло, що можуть бути розроблені й інші варіанти втілення, які не виходять за межі обсягу винаходу, розкритого в цьому описі. Відповідно, обсяг даного винаходу повинен обмежуватися лише формулою винаходу, що додається.



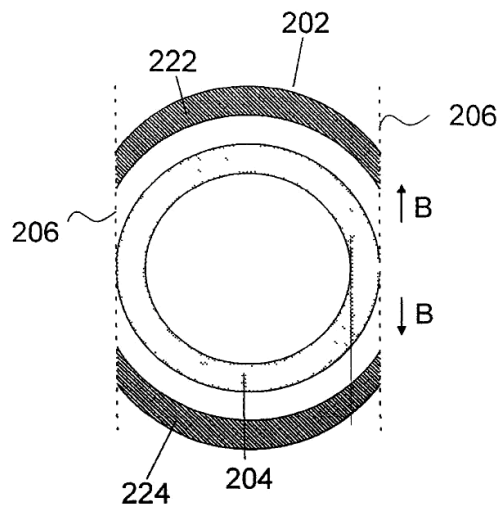


Fig. 3

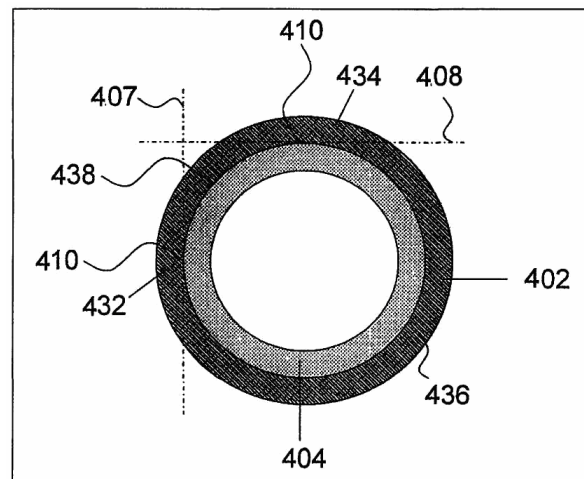


Fig. 4

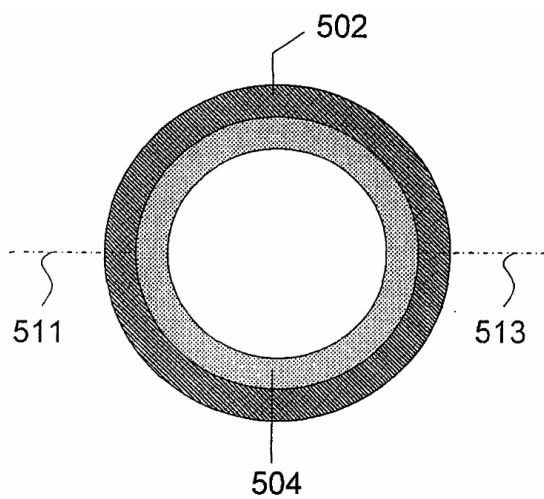


Fig. 5

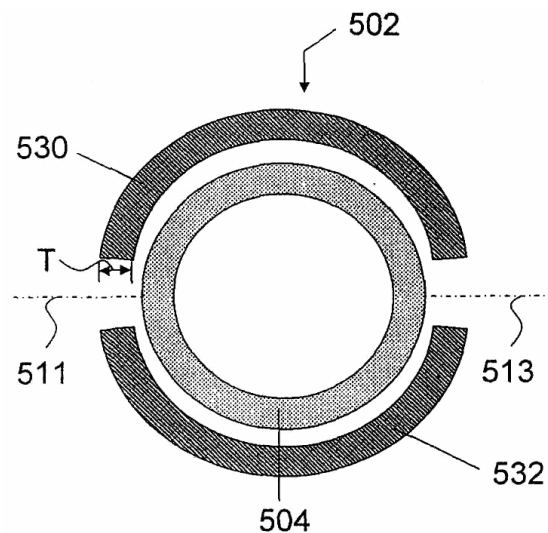


Fig. 6