



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **129604** (13) **C2**
(51) МПК
F16L 15/04 (2006.01)
F16L 15/06 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2022 03638</p> <p>(22) Дата подання заявки: 20.04.2021</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 12.06.2025</p> <p>(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 2020-110341</p> <p>(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 26.06.2020</p> <p>(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: JP</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 12.07.2023, Бюл.№ 28</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 11.06.2025, Бюл.№ 24</p> <p>(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/JP2021/015974, 20.04.2021</p>	<p>(72) Винахідник(и): Вада Акіра (JP), Оку Йоусуке (JP), Андо Йосінорі (JP)</p> <p>(73) Володілець (володільці): НІППОН СТІЛ КОРПОРЕЙШН, 6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008071, Japan (JP), ВАЛЛУРЕК ОЙЛ ЕНД ҐЕС ФРАНС, 54 rue Anatole France, Aulnoye-Aymeries 59620, France (FR)</p> <p>(74) Представник: Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 2020/075366 A1, 16.04.2020 JP H0415385 A, 20.01.1992 WO 2020/039750 A1 27.02.2020 WO 2018/135267 A1, 26.07.2018 JP 2015505944 A, 26.02.2015</p>
---	---

(54) НАРІЗНЕ З'ЄДНАННЯ ДЛЯ СТАЛЕВОЇ ТРУБИ

(57) Реферат:

Нарізне з'єднання для сталеві труби містить трубчастий ніпель і трубчасту муфту. Кожний із профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі містить опорну сторону, закладну сторону, поверхню вершини різі і поверхню западини різі. Опорна сторона і поверхня западини різі в ділянці профілю зовнішньої різі для заданого діапазону в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, з'єднані першою криволінійною поверхнею, яка має радіус r_1 кривизни, якщо дивитися в подовжньому перерізі, що задовольняє такий вираз $r_1 \geq Th \times 0,14$, де Th являє собою висоту різі, виміряну на опорній стороні, в профілі зовнішньої різі, якщо виміряти в заданому діапазоні в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, і задовольняє умову: $1,8 \text{ мм} \leq Th \leq 3,0 \text{ мм}$.

Профіль зовнішньої різі містить першу ділянку різі, що має першу криволінійну поверхню, і другу ділянку різі, що прилягає до першої ділянки різі. Ці ділянки розташовані в напрямку гвинтової лінії різі, і при цьому опорна сторона і поверхня западини різі другої ділянки різі з'єднані другою криволінійною поверхнею, що має менший радіус r_2 кривизни, ніж перша криволінійна поверхня. Перша криволінійна поверхня передбачена вздовж щонайменше x витків у напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, де x задовольняє вираз $x = (r_1 - r_2) / \Delta r$, де Δr являє собою різницю в кроці між кроком

UA 129604 C2

опорної сторони і кроком закладної сторони профілю зовнішньої різі.

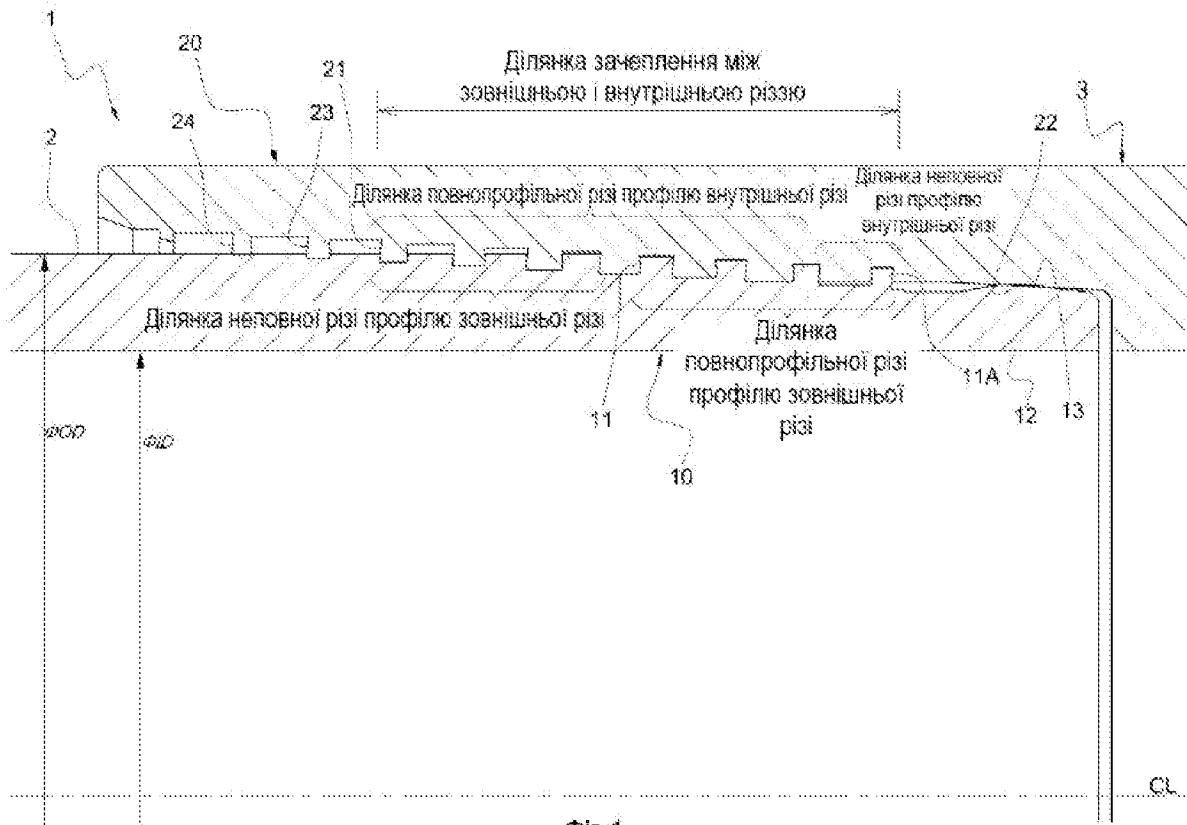


Fig. 1

Це розкриття стосується нарізного з'єднання для сталеві труби, що використовується для з'єднання сталевих труб.

ПЕРЕДУМОВИ ВИНАХОДУ

5 Сталеві труби, які називаються трубами для нафтових свердловин, використовуються, наприклад, для розвідки або видобування нафти, природного газу в свердловинах і т. д. (що далі спільно називаються "нафтовими свердловинами" або т. п.), для розробки нетрадиційних ресурсів, таких як нафтовий пісок або сланцевий газ, для витягання або зберігання двоокису вуглецю (уловлювання і зберігання двоокису вуглецю (CCS)), для геотермального вироблення електроенергії, або в гарячих джерелах. Для з'єднання сталевих труб використовується нарізне з'єднання. Такі нарізні з'єднання для сталеві труби звичайно класифікуються як муфтового типу й інтегрального типу.

10 У випадку з'єднання муфтового типу, сталеві труби з'єднуються з використанням трубчасті з'єднувальної муфти. Як правило, внутрішня різь передбачена на внутрішній периферії кожного з кінців з'єднувальної муфти, тоді як зовнішня різь передбачена на зовнішній периферії кожного з кінців кожної сталеві труби. Потім один кінець однієї сталеві труби угвинчується в один кінець з'єднувальної муфти, а один кінець іншої сталеві труби угвинчується в інший кінець з'єднувальної муфти, так що сталеві труби з'єднуються. Тобто, з'єднання муфтового типу безпосередньо з'єднує пару труб, одна з яких є сталеві трубою, в той час як інша є з'єднувальною муфтою.

20 З'єднання інтегрального типу прямо з'єднує сталеві труби і не використовує окрему з'єднувальну муфту. Конкретно, внутрішня різь передбачена на внутрішній периферії одного кінця кожної сталеві труби, тоді як зовнішня різь передбачена на зовнішній периферії іншого кінця кожної сталеві труби; в один кінець однієї сталеві труби, забезпеченої внутрішньою різзю, угвинчується інший кінець іншої сталеві труби, забезпеченої зовнішньою різзю, так що сталеві труби з'єднуються.

25 Кінець труби сталеві труби, на якому передбачена зовнішня різь, включає елемент, який повинен бути вставлений в кінець труби сталеві труби або з'єднувальної муфти, на якому передбачена внутрішня різь, і таким чином, звичайно називається "ніпелем". Кінець труби сталеві труби або з'єднувальної муфти, на якому передбачена внутрішня різь, включає елемент для прийому кінця труби сталеві труби, на якому передбачена зовнішня різь, і таким чином, називається "муфтою". Ніпель і муфта складають кінці труб і, таким чином, є трубчастими за формою.

30 В останні роки стали популярними способи розробки свердловин, такі як DwC (буріння з обсадною трубою) і горизонтальне буріння, що привело до швидкого збільшення попиту на з'єднання з високим крутним моментом. Заявник цього винаходу виготовив з'єднання з високим крутним моментом для сталевих труб відносно малого діаметра, в яких використовується звужувана різь із формою перерізу у вигляді ластівчиного хвоста, яка може бути названа клиноподібною різзю. Патентний документ 1, вказаний нижче, наприклад, розкриває таке з'єднання з високим крутним моментом.

40 Клиноподібна різь має профіль різі з кроком закладної сторони меншим, ніж крок її опорної сторони, так що ширина вершини різі профілю зовнішньої різі ніпеля поступово зменшується в міру просування до кінцевої частини вздовж гвинтової лінії різі, і аналогічно, ширина канавки різі профілю внутрішньої різі протилежної муфти поступово зменшується в міру просування до кінцевої частини. Додатково, кожна з опорної і закладної сторін кожної зовнішньої і внутрішньої різі має негативний кут зачеплення; коли згвинчування ніпеля і муфти завершено, при цьому опорні сторони знаходяться в контакті, і закладні сторони знаходяться в контакті, так що різі із профілем зовнішньої різі і профілем внутрішньої різі міцно входять у зачеплення одна з одною. Завдяки такій конструкції, нарізне з'єднання, яке використовує клиноподібну різь, може демонструвати високий опір крутному моменту.

50 Патентний документ 1 на фіг. 5 і в параграфі 0065 розкриває спосіб, згідно з яким кожна ділянка різі, що з'єднує опорну сторону і поверхню вершини, і ділянка різі, що з'єднує опорну сторону і поверхню западини, включає криволінійну ділянку, яка складається з двох дуг з різними радіусами кривизни для зменшення концентрації навантаження в основі опорної сторони, тим самим поліпшуючи утомнісні характеристики цих з'єднувальних ділянок.

ДОКУМЕНТИ ПОПЕРЕДНЬОГО РІВНЯ ТЕХНІКИ

ПАТЕНТНІ ДОКУМЕНТИ

[Патентний документ 1] Заявка Японії JP 2007-504420 A

СУТЬ ВИНАХОДУ

ПРОБЛЕМИ, ЯКІ ПОВИННІ БУТИ ВИРІШЕНІ ВИНАХОДОМ

60 Заявник цього винаходу розробляє нарізні з'єднання з високим крутним моментом для

сталевих труб ще більшого діаметра. Коли вони розробили нарізні з'єднання з великими діаметрами 9-5/8дюйма або більше відповідно до тих же стандартів проектування, що і звичайні, та провели випробування на комплексне навантаження на прототипах, що відповідають ISO 13679: 2011 серії A, сталося руйнування при зсуві в різі з профілем зовнішньої різі ніпеля при прикладанні максимального розтягувального навантаження. Згідно із звичайними стандартами проектування, прийнятими цим заявником, одна з двох дуг, які утворюють вищезазначену криволінійну ділянку, розкритих в Патентному документі 1, яка прилягає до опорної сторони (23), має радіус кривизни 0,125 мм, а дуга, що прилягає до поверхні западини різі або поверхні (24) вершини різі, має радіус кривизни 0,875 мм.

Задачею цього розкриття є забезпечення нарізного з'єднання для сталеві труби з великим діаметром, яке демонструє високий опір крутному моменту, а також опір зсуву, яке відповідає розміру з'єднуваних сталевих труб.

ЗАСІБ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ

Автори цього винаходу провели широкі дослідження для визначення причин руйнування різі з профілем зовнішньої різі нарізного з'єднання з високим крутним моментом для сталевих труб великого діаметра, і виявили, що відносно межі міцності на розтягнення або, іншими словами, опору зсуву, необхідному для сталеві труби великого діаметра, межа міцності на зсув різі, виміряна на кінці профілю зовнішньої різі, зв'язаному з кінцевою частиною ніпеля, є недостатньою, так що відбувається руйнування при зсуві, при цьому точкою початку є основа різі на кінці профілю зовнішньої різі, зв'язаному з кінцевою частиною ніпеля. Тобто, якщо руйнування при зсуві спочатку відбувається в ділянці різі для одного витка, що починається з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля (що далі називається "першим витком різі"), навантаження концентрується на другому витку різі, тобто наступному витку різі, розташованому всередину (тобто додатково до тіла сталеві труби), якщо дивитися в перерізі, що викликає зсув у другому витку різі; після руйнування при зсуві у другому витку різі, навантаження концентрується в третьому витку різі, тобто наступному витку різі, розташованому всередину, що спричиняє тут руйнування при зсуві; таким чином, зсувні руйнування розповсюджуються у витках різі, один виток різі за іншим. Вважається, що це є тим, як виникає руйнування при зсуві у витках різі у широкій ділянці профілю зовнішньої різі.

У типовому профілі зовнішньої різі з трапецієподібним перерізом прикладання надмірного розтягувального навантаження може викликати радіальну деформацію ніпеля і муфти і, таким чином, спричинити вискакування, але рідко викликає руйнування різі в широкій ділянці. З іншого боку, в нарізному з'єднанні з високим крутним моментом, як обговорювалося вище, профілі зовнішньої і внутрішньої різей не розчіплюються, оскільки витки профілів зовнішньої і внутрішньої різей з формою перерізу у вигляді ластівчиного хвоста знаходяться в сильному зачепленні.

Відповідно, в нарізному з'єднанні з високим крутним моментом з профілями зовнішньої і внутрішньої різей, кожна з яких складена клиноподібною різзю з формою перерізу у вигляді ластівчиного хвоста, жорсткість першого витка різі, в якому першим відбувається руйнування при зсуві, має вирішальне значення для забезпечення опору вискакуванню і опору зсуву.

Для поліпшення опору зсуву кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, автори цього винаходу зосередили увагу на радіусі кривизни граничної ділянки між опорною стороною і поверхнею западини різі в кінцевій ділянці профілю зовнішньої різі, зв'язаній з кінцевою частиною ніпеля. Вважається, що руйнування при зсуві в профілі зовнішньої різі, як обговорювалося вище, викликані концентрацією напружень на межі між опорною стороною і поверхнею западини різі в кінцевій ділянці профілю зовнішньої різі, зв'язаній з кінцевою частиною ніпеля; таким чином, очікується, що збільшення радіуса кривизни цієї граничної ділянки зменшить концентрацію напруження і поліпшить опір зсуву.

Додатково, вважається, що що більше висота різі, то більше стає згинальний момент, який діє на граничну ділянку, навіть якщо загальна кількість рівномірно розподілених навантажень, які діють на опорну сторону, є однаковою, що означає більш високі еквівалентні пластичні деформації в граничній ділянці; таким чином, передбачається, що гранична ділянка повинна бути утворена криволінійною поверхнею з придатним радіусом кривизни, який залежить від висоти різі.

Інше міркування полягає в тому, що надмірно велика висота різі означає велику глибину різання канавки різі, що означає низьку оброблюваність; тому, переважно, щоб навіть у нарізному з'єднанні для сталевих труб із великими діаметрами, висота різі не перевищувала 3,0 мм. Додатково, для того, щоб з'єднання демонструвало достатній опір крутному моменту, необхідно передбачити достатні площі контакту для опорної і закладної сторін; таким чином, висота різі, переважно, становить не менше ніж 1,8 мм.

Автори винаходу всебічно розглянули ці технічні дані, і прийшли до нарізного з'єднання для сталевих труби згідно з цим розкриттям. Тобто, нарізне з'єднання для сталевих труби згідно з цим розкриттям включає: трубчастий ніпель, передбачений на кінцевій частині сталевих труби; і трубчасту муфту, виконану з можливістю бути нагвинченою на ніпель, коли ніпель вкручується в неї. Ніпель включає профіль зовнішньої різі, утворений на зовнішній периферії ніпеля. Муфта включає профіль внутрішньої різі, утворений на внутрішній периферії муфти і виконаний з можливістю зачеплення з профілем зовнішньої різі, коли з'єднання згвинчене. Кожний з профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі включає в себе опорну сторону, закладну сторону, поверхню вершини різі і поверхню западини різі, де крок закладної сторони кожного з профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі менше, ніж крок опорної сторони кожного з профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі і, коли з'єднання згвинчене, опорна сторона профілю зовнішньої різі знаходиться в контакт з опорною стороною профілю внутрішньої різі, а закладна сторона профілю зовнішньої різі знаходиться у контакт з закладною стороною профілю внутрішньої різі. Переважно, щоб кожна з опорних сторін і закладних сторін профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі мала негативний кут зачеплення.

Опорна сторона і поверхня западини різі ділянки профілю зовнішньої різі для заданого діапазону в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, можуть бути з'єднані першою криволінійною поверхнею, що має радіус r_1 кривизни, якщо дивитися в подовжньому перерізі, що задовольняє наступний вираз (1):

$$r_1 \geq T_h \times 0,14 \dots (1),$$

Тут T_h являє собою висоту різі, виміряну на опорній стороні, в профілі зовнішньої різі, виміряну в заданому діапазоні в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля. Переважно, висота T_h різі задовольняє вимоги $1,8 \text{ мм} \leq T_h \leq 3,0 \text{ мм}$ і, більш переважно, задовольняє вимоги $r_1 \geq T_h \times 0,16$.

РЕЗУЛЬТАТИ ВІНАХОДУ

Згідно з цим розкриттям, кожний профіль зовнішньої і внутрішньої різі складений клиноподібною різзю і, таким чином, демонструє високий опір крутному моменту, а кінцева ділянка профілю зовнішньої різі, зв'язана з кінцевою частиною ніпеля, може бути забезпечена опором зсуву, необхідним від сталевих труби з великим діаметром.

КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

[Фіг. 1] Фіг. 1 являє собою вигляд подовжнього перерізу нарізного з'єднання для сталевих труби згідно з першим варіантом виконання вздовж її осі труби.

[Фіг. 2] Фіг. 2 являє собою збільшений вигляд подовжнього перерізу ділянки профілю зовнішньої різі, що включає перший і другий витки різі.

[Фіг. 3] Фіг. 3 являє собою збільшений вигляд подовжнього перерізу ділянки профілю зовнішньої різі, що включає перший виток різі і поруч з першим витком різі.

[Фіг. 4] Фіг. 4 являє собою збільшений вигляд у перспективі ділянок профілю зовнішньої різі, які з'єднують перший і другий витки різі.

[Фіг. 5] Фіг. 5 являє собою вигляд подовжнього перерізу нарізного з'єднання для сталевих труби згідно з другим варіантом виконання вздовж її осі труби.

[Фіг. 6] Фіг. 6 являє собою графік, який показує результати обчислення еквівалентної пластичної деформації за допомогою аналізу методом кінцевих елементів.

[Фіг. 7] Фіг. 7 являє собою графік, який показує результати обчислення опору крутному моменту за допомогою аналізу методом кінцевих елементів.

ВАРІАНТИ ВИКОНАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ВІНАХОДУ

Нарізне з'єднання для сталевих труби згідно з цим варіантом виконання включає: трубчастий ніпель, передбачений на кінцевій частині сталевих труби; і трубчасту муфту, виконану з можливістю бути нагвинченою на ніпель, коли ніпель вкручується в неї. Ніпель включає профіль зовнішньої різі, утворений на зовнішній периферії ніпеля. Муфта включає профіль внутрішньої різі, утворений на внутрішній периферії муфти і виконаний з можливістю зачеплення з профілем зовнішньої різі, коли з'єднання згвинчене.

Переважно, профіль зовнішньої різі складений конічною різзю, діаметр якої поступово зменшується у напрямку до кінцевої частини ніпеля. Профіль зовнішньої різі може включати в себе ділянку з повнопрофільною різзю з постійною висотою різі, і ділянку з неповною різзю з меншою висотою різі, ніж у ділянки з повнопрофільною різзю. Профіль зовнішньої різі утворений за допомогою процесу різання на зовнішній периферійній поверхні сталевих труби, при цьому глибина різання канавки різі поступово збільшується в міру просування до кінцевої частини, починаючи з кінця профілю різі, зв'язаного з тілом труби сталевих труби, в межах від нуля до висоти різі ділянки з повнопрофільною різзю; причому ділянка неповної різі профілю зовнішньої

різі в основному складена ділянками профілю різі, в яких глибина різання канавки різі менша, ніж висота різі ділянки з повнопрофільною різцю. У цій конструкції діаметр кожної з поверхні вершини різі і поверхні западини різі профілю зовнішньої різі, виміряний на ділянці повнопрофільної різі, поступово зменшується в міру просування до кінцевої частини ніпеля в напрямку гвинтової лінії різі, тоді як поверхня вершини різі в ділянці з неповною різцю має постійний діаметр, в той час як діаметр поверхні западини різі, виміряний в ділянці з неповною різцю, поступово зменшується в міру просування до кінцевої частини ніпеля вздовж напрямку гвинтової лінії різі.

Переважно, профіль внутрішньої різі складений звужуваною різцю, діаметр якої поступово збільшується в міру просування до кінцевої частини муфти (тобто тіла труби сталеві труби). Профіль внутрішньої різі може включати в себе ділянку з повнопрофільною різцю з постійною висотою різі, і ділянку з неповною різцю з меншою висотою різі, ніж у ділянки з повнопрофільною різцю. Додатково, висота різі ділянки з повнопрофільною різцю профілю внутрішньої різі може бути трохи більше, ніж висота різі ділянки з повнопрофільною різцю профілю зовнішньої різі. У таких реалізаціях, коли ніпель і муфта згвинчені, поверхня вершини різі профілю внутрішньої різі знаходиться в контакт з поверхнею западини різі профілю зовнішньої різі, в той час як зазор утворений між поверхнею вершини різі профілю зовнішньої різі і поверхнею западини різі профілю внутрішньої різі. Цей зазор запобігає заїданню або стиранню під час зачеплення профілів зовнішньої і внутрішньої різі, а також може бути, переважно, використаний як прохід для випуску мастила.

Форма профілю внутрішньої різі утворена в процесі різання на внутрішній периферійній поверхні муфти або сталеві труби, яка утворює муфту. Переважно, перша канавка різі профілю внутрішньої різі, яка входить в зачеплення, коли ніпель і муфта згвинчуються, з першим витком профілю зовнішньої різі, тобто зовнішньої різі в повнопрофільній ділянці, розташованій найбільш віддалено до кінцевої частини, має таку глибину канавки, при якій радіальний розмір площі контакту для опорної сторони профілю зовнішньої різі і опорної сторони профілю внутрішньої різі становить не менше ніж 60 %, більш переважно, не менше ніж 70 % висоти різі першого витка різі профілю зовнішньої різі.

Кожний з профілів зовнішньої і внутрішньої різі включає в себе опорну сторону, закладну сторону, поверхню вершини різі і поверхню западини різі, і кожна з опорної і закладної сторін профілів зовнішньої і внутрішньої різі має негативний кут зачеплення. Тобто, кожен з профілів зовнішньої і внутрішньої різі включає в себе канавку різі типу "ластівчиний хвіст" і виток різі типу "ластівчиний хвіст", якщо дивитися в подовжньому перерізі. У подовжньому перерізі кожного з профілів зовнішньої і внутрішньої різі з'являється множина поверхонь вершин різі і множина поверхонь западини різі, де кожна з поверхонь вершини різі і кожна з поверхні западини різі можуть бути утворені, якщо дивитися в подовжньому перерізі для того, щоб бути паралельними осі труби сталеві труби, або можуть бути нахилені відносно осі труби сталеві труби під кутом звуження звужуваної різі. Кут зачеплення опорної сторони може мати, наприклад, задане значення в діапазоні від -10° до -1° , більш, переважно, задане значення в діапазоні від -4° до -6° . Кут зачеплення закладної сторони може мати, наприклад, задане значення в діапазоні від -10° до -1° , більш, переважно, задане значення в діапазоні від -4° до -6° . Кожна з опорної і закладної сторін кожного витка профілів зовнішньої і внутрішньої різі може мати форму перерізу, яка виглядає як пряма лінія в подовжньому перерізі.

У нарізному з'єднанні для сталеві труби згідно з цим варіантом виконання, крок закладної сторони профілів зовнішньої і внутрішньої різі менше, ніж крок опорної сторони профілів зовнішньої і внутрішньої різі. Таким чином, профіль зовнішньої різі складений клиноподібною різцю, що має ширину різі, яка зменшується, і ширину канавки різі, яка збільшується в міру просування до кінцевої частини ніпеля, а профіль внутрішньої різі складений клиноподібною різцю, що має ширину різі, яка зменшується, і ширину канавки різі, яка збільшується в міру просування до кінцевої частини муфти. Крок опорної сторони може бути, наприклад, заданим значенням в діапазоні від 8,0 мм до 11,0 мм, а крок закладної сторони може бути, наприклад, заданим значенням в діапазоні 7,5 мм до 10,5 мм. Різниця в кроці між кроком опорної сторони і закладної сторони, Δr , може становити, наприклад, від 0,3 мм до 0,6 мм.

У цьому розкритті термін "профіль зовнішньої різі" означає ділянку зовнішньої різі з опорною стороною в контакт з опорною стороною внутрішньої різі, і закладною стороною в контакт із закладною стороною внутрішньої різі, коли ніпель і муфта згвинчені, незалежно від того, чи є він частиною ділянки повнопрофільної різі або ділянки неповної різі. Термін "профіль внутрішньої різі" означає ділянку внутрішньої різі з опорною стороною в контакт з опорною стороною зовнішньої різі, і закладною стороною в контакт із закладною стороною зовнішньої різі, коли ніпель і муфта згвинчені, незалежно від того, чи є він частиною ділянки повнопрофільної різі або

ділянки неповної різі. Можливо передбачити, розташована додатково до кінцевої частини ніпеля, ніж ділянка з повнопрофільною різзю профілю 11 зовнішньої різі, ділянка 15 з неповною різзю, у якій щонайменше одна із закладної і опорної сторін не знаходиться в контакті з внутрішньою різзю, як показано, наприклад, на фіг. 4; проте, оскільки така ділянка неповної різі не сприяє опору крутному моменту, вона не становить частину "зовнішньої різі" в цьому розкритті. Додатково, можливо передбачити, розташована додатково до кінцевої частини муфти, ніж ділянка з повнопрофільною різзю профілю внутрішньої різі, ділянка з неповною різзю, у якій щонайменше одна із закладної і опорної сторін не знаходиться в контакті із зовнішньою різзю; проте, оскільки така ділянка неповної різі не сприяє опору крутному моменту, він не становить частину "внутрішньої різі" в цьому розкритті.

У нарізному з'єднанні для сталеві труби згідно з цим варіантом виконання, опорна сторона і поверхня западини різі ділянки профілю зовнішньої різі для заданого діапазону в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, з'єднані першою криволінійною поверхнею, що має радіус r_1 кривизни, якщо дивитися в подовжньому перерізі, що задовольняє вираз (1) нижче. Переважно, щоб радіально внутрішній кінець першої криволінійної поверхні плавно прилягав до поверхні западини різі зовнішньої різі. Додатково, переважно, щоб радіально зовнішній кінець першої криволінійної поверхні плавно прилягав до опорної сторони зовнішньої різі.

$$r_1 \geq T_h \times 0,14 \dots (1),$$

Тут T_h являє собою висоту різі, виміряну на опорній стороні профілю зовнішньої різі, виміряну в заданому діапазоні в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, і що задовольняє умові $1,8 \text{ мм} \leq T_h \leq 3,0 \text{ мм}$. Переважно, щоб виток (витки) профілю зовнішньої різі, розташований в заданому діапазоні в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною, був/були частиною ділянки повнопрофільної різі профілю зовнішньої різі. Якщо висота T_h різь менше 1,8 мм, це означає малу площу контакту між опорними сторонами профілю зовнішньої і внутрішньої різі, що унеможливує отримання необхідного опору крутному моменту. З іншого боку, якщо висота T_h різі більше 3,0 мм, це означає велику глибину різання, що, своєю чергою, означає збільшення часу різання і витрат на процес.

Для висоти T_h різі 1,8 мм радіус r_1 кривизни становить не менше ніж 0,252 мм, тоді як для висоти різі 3,0 мм радіус r_1 кривизни становить не менше ніж 0,42 мм; автори цього винаходу уперше запропонували з'єднання опорної сторони і поверхні западини різі в профілі зовнішньої різі з такими великими радіусами кривизни.

Перша криволінійна поверхня може бути передбачена по всій довжині зовнішньої різі.

Один зі способів поліпшення опору крутному моменту полягає в тому, щоби зробити крок опорної сторони і крок закладної сторони відносно невеликими, щоб зробити кількість витків різі, які з'являються в подовжньому перерізі, відносно великою. Переважно, профілі зовнішньої і внутрішньої різі можуть мати такі профілі різі, що при згвинчуванні опорна і закладна сторони тієї ділянки різі профілю зовнішньої різі, яка покриває щонайменше 8 витків, більш переважно 9 витків, в напрямку гвинтової лінії різі, що починається з кінця профілю зовнішньої, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, знаходяться в контакті з опорною стороною і закладною стороною профілю внутрішньої різі. Більш переважно, крок опорної сторони може бути не більше ніж 8,50 мм, крок закладної сторони може бути не більше ніж 8,10 мм, відповідна різниця в кроці може бути не менше ніж 0,35 мм і не більше ніж 0,45 мм, а мінімальна ширина різі, виміряна на кінці профілю зовнішньої різі, зв'язаному з кінцевою частиною ніпеля, і виміряна біля основи різі, може бути не менше ніж 2,0 мм. Додатково, переважно, щоб мінімальна ширина різі, виміряна на кінці профілю внутрішньої різі, зв'язаному з кінцевою частиною муфти, і виміряна біля основи різі, також була не менше ніж 2,1 мм. Можливо передбачити, розташована додатково до кінцевої частини муфти, ніж кінець профілю внутрішньої різі, зв'язаний з кінцевою частиною муфти, ділянка неповної різі, в якій щонайменше одна із закладної і опорної сторін не знаходиться в контакті із зовнішньою різзю; проте, оскільки така ділянка неповної різі не сприяє опору крутному моменту, ширина різі ділянки неповної різі може бути менше 2,00 мм залежно від умов процесу нарізання й інших факторів. Ділянка неповної різі не становить частину "внутрішньої різі" в цьому розкритті.

Перша криволінійна поверхня з великим радіусом кривизни може бути забезпечена не по всій довжині профілю зовнішньої різі, а може бути передбачена щонайменше на 1/2 витка, більш переважно щонайменше на одному витку в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля. Таким чином, основа першого витка різі профілю зовнішньої різі, на якому ширина різі є мінімальною, може бути посилена першою криволінійною поверхнею з точки зору жорсткості зсуву, тим самим

забезпечуючи руйнування при зсуві, що відбувається в першому витку як його точка ініціації.

Додатково, як показано на фіг. 4, наприклад, профіль 11 зовнішньої різі може включати в себе першу ділянку 111 різі, що має першу криволінійну поверхню 111А, і другу ділянку 112 різі, що прилягає до першої ділянки 111 різі, причому ці ділянки розташовані в напрямку гвинтової лінії різі. Опорна сторона і поверхня западини різі другої ділянки 112 різі можуть бути з'єднані другою криволінійною поверхнею 112А, що має менший радіус r_2 кривизни, ніж перша криволінійна поверхня 111А. Переважно, щоб перша і друга криволінійні поверхні 111А і 112А плавно стикалися без ступінчастої ділянки на межі між ними.

Перша криволінійна поверхня може бути передбачена вздовж щонайменше x витків у напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля. Тут x задовольняє наступний вираз (2):

$$x = (r_1 - r_2) / \Delta p \quad \dots (2).$$

Тут Δp являє собою різницю в кроці між кроком опорної сторони і кроком закладної сторони профілю зовнішньої різі.

Оскільки профіль зовнішньої різі сконфігурований таким чином, на другій ділянці різі з відносно невеликим радіусом r_2 кривизни, радіус кривизни примежової ділянки між опорною стороною і поверхнею вершини різі ділянок профілю внутрішньої різі муфти 20, який має радіус r_2 кривизни, є також відносно маленьким, тим самим забезпечуючи велику площу контакту між опорними сторонами профілів зовнішньої і внутрішньої різі, що є вигідним з точки зору опору крутному моменту. Додатково, кінцева ділянка другої ділянки різі, зв'язана з кінцевою частиною ніпеля, являє собою ділянку другої ділянки різі, яка має найменшу ширину різі; однак, оскільки вираз (2) виконаний, найменша ширина різі у другій ділянці різі приблизно дорівнює ширині різі в кінцевій ділянці першої ділянки різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, в якій ширина різі, виміряна біля основи різі, збільшується за рахунок першої криволінійної поверхні, що має великий радіус r_1 кривизни, тим самим запобігаючи руйнуванню при зсуві з точкою ініціації в кінцевій ділянці другої ділянки різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля.

Тобто, якщо кут зачеплення опорної сторони становить приблизно від -10° до -1° , наприклад, як показано на фіг. 3, перша криволінійна поверхня 111А, що з'єднує опорну сторону з поверхнею западини різі, загалом, має форму чверті дуги, якщо дивитися у подовжньому перерізі. Таким чином, відстань в напрямку осі труби між радіально внутрішнім кінцем P_i і радіально зовнішнім кінцем P_o першої криволінійної поверхні 111А, по суті, дорівнює радіусу r_1 кривизни першого радіуса кривизни 111А. Фіг. 3 показує уявні лінії, які представляють другу криволінійну поверхню 112А', створену, коли кінець другої ділянки різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, розташований приблизно на половину витка в напрямку гвинтової лінії різі від кінця першої ділянки 111 різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, і друга криволінійна поверхня 112А'', створена, коли кінець другої ділянки різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, розташований в положенні приблизно на 3/4 витка від кінця першої ділянки різі, накладеної одна на одну на кінцевій ділянці першої ділянки 111 різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, щоб показати порівняння між шириною витків. Також, осьова відстань між радіально внутрішнім кінцем і радіально зовнішнім кінцем другої криволінійної поверхні, по суті, дорівнює радіусу r_2 кривизни другої криволінійної поверхні. Ширина різі змінюється на різницю Δp кроку між кроками опорної сторони і закладної сторони для одного витка в напрямку гвинтової лінії різі. Таким чином, за x витків ширина різі збільшується на $\Delta p \times x$. Якщо кінець другої ділянки різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, розташований в положенні x витків, ширина W_2 різі, виміряна з використанням радіально внутрішнього кінця другої криволінійної поверхні (тобто ширина різі, виміряна з використанням положення P_i на фіг. 3), може бути представлена наступним виразом (3):

$$W_2 = W_1 - r_1 + \Delta p \times x + r_2 \quad \dots (3),$$

де W_1 являє собою ширину різі, виміряну на кінці першої ділянки різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, і виміряну з використанням радіально внутрішнього кінця першої криволінійної поверхні (тобто ширину різі, виміряну з використанням положення P_i на фіг. 3). Тут $W_1 - r_1$ вказує приблизне положення P_o . $W_1 - r_1 + \Delta p \times x$ вказує додатне положення зовнішнього кінця другої криволінійної поверхні 112А', 112А'', позначеної як P_o . Вираз (3) вказує відповідне положення внутрішнього кінця другої криволінійної поверхні 112', 112А'', позначеної P_i . Що більша гвинтова довжина першої нарізної ділянки 111, то більше стає W_2 . Таким чином, залежно від довжини першої нарізної ділянки 111, W_2 може бути меншим, ніж W_1 , або W_2 може бути більшим, ніж W_1 .

Якщо W_2 менше, ніж W_1 , друга криволінійна поверхня 112А' піднімається з радіусом r_2 кривизни, який є маленьким; по суті, ширина різі тих ділянок другої різі, які зв'язані з другою криволінійною поверхнею 112А', може бути меншою, ніж ширина основи першої ділянки 111 різі

(тобто, як показано на фіг. 3, криволінійна поверхня 112A' може врізатися у різь порівняно з поверхнею криволінійної поверхні 111A), і ділянки другої ділянки різі з меншими ширинами різі можуть представляти слабкі місця з точки зору міцності. У зв'язку з цим, переважно, щоб W_2 , по суті, дорівнював W_1 або перевищував W_1 . Таким чином, з виразу (3) і умови $W_2 \geq W_1$ можна отримати $x \geq (r_1 - r_2) / \Delta r$. Тобто, якщо x визначається як $x = (r_1 - r_2) / \Delta r$, переважно, щоб перша криволінійна поверхня була передбачена щонайменше на x витках в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля.

Наприклад, якщо крок опорної сторони становить 9,845 мм, крок закладної сторони становить 9,400 мм, радіус r_1 кривизни першої криволінійної поверхні становить 0,4 мм, а радіус r_2 кривизни другої криволінійної поверхні становить 0,1 мм, то більш переважно, щоб перша криволінійна поверхня була виконана вздовж $(0, -0,1) / (9,845 - 9,400) \approx 2/3$ витка або довше. Якщо радіус r_2 кривизни другої криволінійної поверхні становить 0,2 мм, а інші умови такі ж, як указано вище, переважно, щоб перша криволінійна поверхня була виконана на половині витка або довше.

Крім того, оскільки профіль зовнішньої різі включає другу ділянку різі, що має другу криволінійну поверхню з малим радіусом кривизни, і радіусом кривизни між опорною стороною і поверхнею вершини різі в тих ділянках різі профілю внутрішньої різі, які існують для зачеплення другої ділянки різі, є меншим, ніж у третьої криволінійної поверхні, що обговорюється нижче, може бути забезпечена велика площа контакту між опорними сторонами в цілому, так що з'єднання може виявляти великий опір крутному моменту.

Переважно, в нарізному з'єднанні для сталевий труби згідно з цим варіантом виконання, опорна сторона і поверхня вершини різі профілю внутрішньої різі можуть бути з'єднані третьою криволінійною поверхнею, яка повернута до першої криволінійної поверхні профілю зовнішньої різі, коли з'єднання згвинчене, і має більший радіус кривизни, ніж перша криволінійна поверхня. Це буде запобігати межі/куту між опорною стороною і поверхнею вершини різі профілю внутрішньої різі від зачеплення з першою криволінійною поверхнею.

Крім того, може бути передбачений радіальний зазор між поверхнею вершини різі в ділянці профілю внутрішньої різі, яка знаходиться в контакт з опорною стороною в кінцевій ділянці профілю зовнішньої різі, зв'язаний з кінцевою частиною ніпеля, коли з'єднання згвинчене, з одного боку, і поверхнею западини різі в ділянці профілю зовнішньої різі, яка повернута до поверхні вершини різі. Більш переважно, поверхня вершини різі у вищезазначеній ділянці профілю внутрішньої різі може бути поверхнею вершини різі в кінцевій ділянці профілю внутрішньої різі, розташованій в найбільш внутрішньому положенні відносно муфти на профілі внутрішньої різі. Додатково, поверхня вершини різі у вищезазначеній ділянці профілю внутрішньої різі може мати такий же діаметр, що і внутрішня периферійна поверхня трубчастого безнарізного подовження, розташованого всередині профілю внутрішньої різі відносно муфти. Додатково, ніпель може включати трубчасте безнарізне подовження, що відповідає безнарізному подовженню муфти, причому, переважно, щоб зовнішня периферійна поверхня безнарізного подовження ніпеля не була в контакт з внутрішньою периферійною поверхнею безнарізного подовження муфти, коли з'єднання згвинчене. Крім того, ніпель, переважно, включає ущільнювальну поверхню ніпеля, розташовану додатково до кінцевої частини ніпеля, ніж безнарізне подовження ніпеля, а муфта, переважно, включає в себе ущільнювальну поверхню муфти, розташовану додатково до внутрішньої частини муфти, ніж безнарізне подовження муфти. Коли ніпель і муфта згвинчені, ці ущільнювальні поверхні ніпеля і муфти знаходяться в контакт одна з одною, утворюючи ущільнення метал-метал, яке може забезпечувати герметичність при зовнішньому і внутрішньому тиску. Безнарізні подовження є корисними для запобігання деформації, викликаній стискувальними і розтягувальними навантаженнями, які діють на профілі зовнішньої і внутрішньої різі від впливу ущільнювальних поверхонь ніпеля і муфти. Додатково, оскільки описаний вище зазор створюється шляхом зменшення висоти різі ділянки профілю внутрішньої різі порівняно з висотою різі ділянки повнопрофільної різі внутрішньої різі, можна гарантувати, що товщина стінки ділянки ніпеля, включаючи кінцеву частину ніпеля і поблизу неї, більша, ніж в реалізаціях, де зазор створюється завдяки збільшенню глибини канавки різі на кінцевій частині ніпеля і поблизу нього. Додатково, наявність зазора запобігає прямому контакту вершини різі профілю внутрішньої різі з ділянкою основи різі опорної сторони профілю зовнішньої різі на кінці профілю різі, зв'язаному з кінцевою частиною ніпеля, на якій ширина різі є мінімальною, тим самим зменшуючи пряме пошкодження найслабшої ділянки профілю зовнішньої різі.

У деяких реалізаціях, можуть бути передбачені окремі ущільнення для зовнішнього тиску і ущільнення для внутрішнього тиску, при цьому ущільнення для внутрішнього тиску може бути розташоване додатково до кінцевої частини ніпеля, ніж знаходиться профіль зовнішньої і

внутрішньої різі, а ущільнення для зовнішнього тиску може бути передбачене додатково до тіла труби, ніж знаходиться профіль зовнішньої і внутрішньої різі.

Переважно, радіально зовнішній кінець першої криволінійної поверхні розташований радіально ззовні від радіально внутрішнього кінця ділянки третьої криволінійної поверхні, який повернутий до першої криволінійної поверхні, і може бути розташований радіально всередину від радіально зовнішнього кінця ділянки третьої криволінійної поверхні, який повернутий до першої криволінійної поверхні. Це буде зводити до мінімуму відстань між радіально внутрішнім кінцем ділянки контакту між опорними сторонами зовнішньої і внутрішньої різей і радіально зовнішнім кінцем першої криволінійної поверхні, тим самим додатково поліпшуючи опір крутному моменту.

Нарізне з'єднання для сталеві труби згідно з цим варіантом виконання тепер буде описане з посиланням на креслення. Однакові і відповідні компоненти на різних кресленнях позначені однаковими посилальними символами, і один і той же опис не буде повторюватися.

Посилаючись до фіг. 1, нарізне з'єднання для сталеві труби згідно з цим варіантом виконання, позначене цифрою 1, включає в себе трубчастий ніпель 10 і трубчасту муфту 20. Ніпель 10 утворений на кінці сталеві труби 2. Муфта 20 утворена на кінці з'єднувальної муфти 3, в яку ніпель 10 вставляється, так що муфта нагвинчується на ніпель 10. Ділянки сталеві труби 2, відмінні від кінцевої ділянки труби, можуть називатися тут "тілом труби".

Нарізне з'єднання для сталеві труби згідно з цим варіантом виконання може бути придатно використане в реалізаціях, в яких зовнішній діаметр тіла сталеві труби 2 не менше ніж 240 мм, а більш переважно, не менше ніж 245 мм, і ще більш переважно, не менше ніж 270 мм. З'єднання може бути придатно використане в реалізаціях, в яких зовнішній діаметр тіла сталеві труби 2 не перевищує 400 мм, більш переважно, не перевищує 350 мм, і ще більш переважно не перевищує 310 мм. Переважно, щоби тіло сталеві труби 2 мало товщину стінки, по суті, постійну по всій осьовій довжині. Додатково, переважно, щоби тіло сталеві труби 2 мало зовнішній діаметр OD і внутрішній діаметр ID, кожний з яких є, по суті, постійним по всій осьовій довжині. Ніпель розташований на кінці тіла труби сталеві труби 2. Фіг. 1 також показує вісь CL труби сталеві труби 2.

Ніпель 10 включає в себе профіль 11 зовнішньої різі, утворений звукуваною різзю з діаметром, який поступово зменшується в міру просування до кінцевої частини ніпеля, і кромки 12. Профіль 11 зовнішньої різі утворений різзю у вигляді гвинтової лінії на зовнішній периферії ніпеля 10. Профіль 11 зовнішньої різі утворений клиноподібною різзю з шириною різі, яка поступово зменшується в міру просування до кінцевої частини ніпеля 10. Профіль 11 зовнішньої різі має форму перерізу у вигляді ластівчиного хвоста, утвореного вершиною різі і канавкою різі. Кромка 12 прилягає до профілю 11 зовнішньої різі з безнарізним подовженням, розташованим між ними, при цьому безнарізне подовження продовжується у напрямку до кінцевої частини ніпеля від кінця профілю 11 зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля. Ущільнювальна поверхня 13 ніпеля передбачена на зовнішній периферії кромки 12. У показаній реалізації, ущільнювальна поверхня 13 ніпеля складена циліндричною ущільнювальною поверхнею, яка має дугоподібний переріз; альтернативно, ущільнювальна поверхня 13 ніпеля може мати переріз, який виглядає як пряма лінія, або може мати форму поєднання прямої лінії і дуги.

Муфта 20 включає кінець, що відкривається для прийому ніпеля 10. Муфта 20 включає в себе профіль 21 внутрішньої різі, утворений на її внутрішній периферії звукуваною різзю з діаметром, який поступово зменшується в міру просування до кінцевої частини муфти, і ущільнювальну поверхню 22 муфти. Профіль 21 внутрішньої різі утворений різзю у вигляді гвинтової лінії на внутрішній периферії муфти 20, щоби бути доповнювальною профілю 11 зовнішньої різі. Профіль 21 внутрішньої різі утворений клиноподібною різзю з шириною різі, яка поступово збільшується в міру просування від кінця муфти 20, що відкривається, до її внутрішньої частини. Профіль 21 внутрішньої різі має форму перерізу у вигляді ластівчиного хвоста, утвореного його вершиною різі і канавкою різі. Ущільнювальна поверхня 22 муфти утворена звукуваною поверхнею, розташованою всередині профілю 21 внутрішньої різі відносно муфти 20. Ущільнювальна поверхня муфти 22 може бути утворена циліндричною ущільнювальною поверхнею, яка має дугоподібний переріз, або може мати форму комбінації прямої лінії і дуги, якщо дивитися в перерізі. Між ущільнювальними поверхнями 22 і 13 муфти і ніпеля встановлюється задана величина натягу, і при згвинчуванні ущільнювальні поверхні 13 і 22 знаходяться в контакті одна з одною по всьому колу без зазора, для утворення металеві ущільнення.

Як показано на фігурах 1 і 2, профіль 11 зовнішньої різі цього варіанта виконання включає в себе ділянку повнопрофільної різі і ділянку неповної різі. Ділянка повнопрофільної різі профілю

11 зовнішньої різі являє собою ділянку із заданою висотою T_h різі, в якій різь утворена із заданим кроком LP опорної сторони навантаження і заданим кроком SP закладної сторони. Висота T_h різі профілю зовнішньої різі показаного варіанта виконання становить 2,2 мм.

5 Ділянка з неповною різзю профілю 11 зовнішньої різі являє собою ділянку, на якій задана висота T_h різі не передбачена через те, що уявна поверхня звуження, яка утворює форму звуження звужуваної різі, перерізає зовнішню поверхню сталеві труби 2 так, що глибина різання на зовнішній поверхні сталеві труби 2 є недостатньою. Згідно з цим варіантом виконання, як ділянка ніпеля з повнопрофільною різзю, так і ділянка ніпеля з неповною різзю профілю 11 зовнішньої різі контактують із профілем 21 внутрішньої різі як на їхній опорній, так і на закладній сторонах. У нарізному з'єднанні 1, показаному на фіг. 1, крок LP опорної сторони становить 9,845 мм, крок SP закладної сторони становить 9,400 мм, а мінімальна ширина різі в кінцевій ділянці профілю 11 зовнішньої різі, зв'язаній з кінцевою частиною ніпеля, виміряна біля основи, як визначено вздовж напрямку висоти різі, становить близько 2,8 мм.

15 Аналогічно, профіль 21 внутрішньої різі включає в себе ділянку з повнопрофільною різзю і ділянку з неповною різзю. Ділянка з повнопрофільною різзю профілю 21 внутрішньої різі починається поруч із кінцем муфти 20, що відкривається, і закінчується поруч із другим витком профілю 11 зовнішньої різі ніпеля 10. Коли ніпель 10 і муфта 20 згвинчені, витки ділянки з неповною різзю профілю 21 внутрішньої різі входять у зачеплення із першим витком 11А профілю 11 зовнішньої різі ніпеля 10. Згідно з цим варіантом виконання, як ділянка муфти з повнопрофільною різзю, так і ділянка муфти з неповною різзю профілю 21 внутрішньої різі контактують із профілем 11 зовнішньої різі як на їхній опорній, так і на закладній сторонах. У показаному варіанті виконання, розташовані додатково до кінця муфти 20, що відкривається, ніж знаходиться ділянка з повнопрофільною різзю профілю 21 внутрішньої різі, передбачені витки 23 і 24, щоб прилягати до профілю 21 внутрішньої різі і не бути в контакті з профілем 11 зовнішньої різі щонайменше на їхніх опорних сторонах або закладних сторонах; при цьому в цьому варіанті виконання, витки 23 і 24 не включені в профіль 21 внутрішньої різі.

20 Висота різі в ділянці з повнопрофільною різзю профілю 11 зовнішньої різі є трохи більшою, ніж висота різі ділянки з повнопрофільною різзю профілю 21 внутрішньої різі. Таким чином, коли з'єднання згвинчене, як показано на фіг. 2, невеликий зазор (наприклад, близько 0,1 мм) утворений між поверхнею вершини різі профілю 11 зовнішньої різі і поверхнею западини різі на профілі 21 внутрішньої різі, тоді як поверхня вершини різі профілю 21 внутрішньої різі, і поверхня западини різі профілю 11 зовнішньої різі знаходяться у контакті одна з одною. Ділянка, в якій профілі 11 і 21 зовнішньої і внутрішньої різі знаходяться в зачепленні при згвинчуванні, тобто ділянка, в якій опорні сторони профілю 11 зовнішньої різі знаходяться в контакті з опорними сторонами профілю 21 внутрішньої різі, і закладні сторони профілю 11 зовнішньої різі знаходяться в контакті із закладними сторонами профілю 21 внутрішньої різі, переважно має осьову довжину від 60 мм до 100 мм.

25 Як показано на фіг. 2, опорна і закладна сторони витків різі профілів 11 і 21 зовнішньої і внутрішньої різі мають негативний кут θ зачеплення. Кути θ зачеплення опорної і закладної сторін можуть бути однаковими або можуть бути задані різні кути зачеплення. У показаній реалізації, кут θ зачеплення опорної і закладної сторін становить $-5,0^\circ$. Додатково, в показаній реалізації, звуження різі профілів 11 і 21 зовнішньої і внутрішньої різі становить $1/16$.

30 Коли ніпель 10 і муфта 20 згвинчені, опорна і закладна сторони витків профілю 11 зовнішньої різі знаходяться в контакті із закладною і опорною сторонами різі профілю 21 внутрішньої різі, так що ніпель 10 закривається в муфті 20 для забезпечення високого опору крутному моменту, в той час як ущільнення 13 ніпеля входить в ущільнення з ущільненням 22 муфти з натягом для забезпечення високої герметичності.

35 Як показано на фігурах 2-4, профіль 11 зовнішньої різі цього варіанта виконання включає першу ділянку 111 різі, що має першу криволінійну поверхню 111А з відносно великим радіусом r_1 кривизни, і другу ділянку 112 різі, що прилягає до першої ділянки 111 різі, при цьому перша і друга ділянки різі розташовані в напрямку гвинтової лінії різі. Друга ділянка 112 різі включає всі ті ділянки профілю 11 зовнішньої різі, крім першої ділянки 111 різі. Опорна сторона і поверхня западини різі другої ділянки 112 різі з'єднані другою криволінійною поверхнею 112А, що має радіус r_2 кривизни, менший, ніж перша криволінійна поверхня 111А. У показаній реалізації, радіус r_1 кривизни першої криволінійної поверхні 111А становить 0,4 мм, а радіус r_2 кривизни другої криволінійної поверхні 112А становить 0,1 мм.

40 Як показано на фіг. 4, перша ділянка 111 різі покриває приблизно один виток у напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю 11 зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля. Це не менше, ніж $(0,4-0,1)/(9,845-9,400)=0,674$ витка, розрахованого за наведеним вище виразом (2), і ширини різі в кінцевій ділянці другої ділянки 112 різі, зв'язаної з

кінцевою частиною ніпеля, виміряною біля його основи, явно більшої, ніж ширина різі в кінцевій ділянці першої ділянки 111 різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, виміряна біля його основи.

5 Додатково, в цьому варіанті виконання, опорна сторона і поверхня вершини різі в профілі 21 внутрішньої різі з'єднані третьою криволінійною поверхнею 21А, що має радіус r_3 кривизни, більший, ніж радіус r_1 кривизни першої криволінійної поверхні 111А профілю 11 зовнішньої різі. У показаній реалізації, радіус r_3 кривизни третьої криволінійної поверхні 21А становить 0,5 мм. У показаній реалізації, третя криволінійна поверхня 21А передбачена вздовж всього профілю 21
10 внутрішньої різі; альтернативно, третя криволінійна поверхня 21А, що має відносно великий радіус r_3 кривизни, може бути передбачена тільки на тих ділянках профілю внутрішньої різі, які повернуті до першої криволінійної поверхні 111А, коли ніпель 10 і муфта 20 згвинчені, і криволінійна поверхня, що має радіус кривизни менше радіуса r_3 кривизни, тобто від 0,5 до 2,0 мм, може бути передбачена між опорною стороною і поверхнею вершини різі на інших ділянках профілю 21 внутрішньої різі.

15 Додатково, як показано на фігурах 2 і 3, радіальний зазор передбачений між поверхнею вершини різі першого витка 211 профілю 21 внутрішньої різі, який знаходиться в контакті з опорною стороною першої ділянки 111 різі на кінці профілю 11 зовнішньої різі, зв'язаному з кінцевою частиною ніпеля, з одного боку, і тими ділянками поверхні западини різі в профілі 11 зовнішньої різі, які повернуті до тих ділянок поверхні вершини різі, коли з'єднання згвинчене.
20 Розмір цього зазора менше радіуса r_1 кривизни першої криволінійної поверхні 111А і становить близько 0,3 мм в показаній реалізації.

Крім того, радіально зовнішній кінець першої криволінійної поверхні 111А розташований радіально назовні від радіально внутрішнього кінця третьої криволінійної поверхні 21А і розташований радіально всередину від радіально зовнішнього кінця третьої криволінійної
25 поверхні 21А.

Фіг. 5 показує нарізне з'єднання для сталеві труби згідно з другим варіантом виконання, в якому крок опорної сторони і закладної сторони трохи менше, ніж у нарізного з'єднання за першим варіантом виконання, що збільшує кількість витків різі, які з'являються, в подовжньому перерізі. Зокрема, крок опорної сторони становить 8,466 мм, а крок закладної сторони
30 становить 8,084 мм. У результаті мінімальна ширина різі в кінцевій ділянці профілю 11 зовнішньої різі, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, виміряна біля основи різі, становить близько 2,1 мм.

Це розкриття може бути застосоване не тільки до нарізного з'єднання муфтового типу, а також і до нарізного з'єднання інтегрального типу. У іншому випадку, це розкриття не обмежене ілюстрованими вище варіантами виконання, і можливі різні модифікації без відхилення від духу
35 цього розкриття.

ПРИКЛАДИ

Для підтвердження ефектів нарізного з'єднання для сталеві труби згідно з цим варіантом виконання, чисельний імітаційний аналіз був проведений з використанням пружнопластичного методу кінцевих елементів для обчислення його опору зрізу і опору крутному моменту.
40

<Умови випробування>

При аналізі методом кінцевих елементів (тобто FEM аналізі) була створена множина зразків (тобто моделей аналізу) з різними профілями різі, і на кожному зі зразків був виконаний пружнопластичний аналіз методом кінцевих елементів, і було проведено порівняння між різними
45 значеннями продуктивності.

Кожний зі зразків №1-№4 мав базову конструкцію, що відповідає конструкції нарізного з'єднання за першим варіантом виконання, де перша криволінійна поверхня була передбачена вздовж всього профілю зовнішньої різі. У зразка №1 радіус кривизни першої криволінійної поверхні був 0,1 мм, у зразка №2 – 0,2 мм, у зразка №3 – 0,3 мм, а у зразка №4 – 0,4 мм.
50

Кожний зі зразків №5-№8 мав базову конструкцію, що відповідає конструкції нарізного з'єднання за другим варіантом виконання, де перша криволінійна поверхня була передбачена вздовж всього профілю зовнішньої різі. У зразка №5 радіус кривизни першої криволінійної поверхні був 0,1 мм, у зразка №6 – 0,2 мм, у зразка №7 – 0,3 мм, а у зразка №8 – 0,4 мм.

Матеріалом кожного зразка був матеріал Q125 труби для нафтової свердловини згідно зі стандартами API (номінальна межа плинності $YS=862$ МПа (125 тисяч фунтів на кв. дюйм)).
55

Для забезпечення можливості порівняння зі звичайними виробами, були створені порівняльні моделі, кожна з яких мала два радіуси кривизни (тобто радіус кривизни 0,125 мм і радіус кривизни 0,875 мм) на граничній ділянці між опорною стороною і поверхнею западини різі в профілі зовнішньої різі, і оцінювалися аналогічно.
60

[Опір зсуву]

Для оцінювання опору зсуву, було прикладене розтягувальне навантаження 100 % від рівня, при якому тіло труби сталеві труби деформується пластично, і була розрахована еквівалентна пластична деформація в точці початку руйнування при зсуві в профілі зовнішньої різи, тобто положенні на першій криволінійній поверхні на ділянці основи різи опорної сторони в кінцевій ділянці профілю зовнішньої, зв'язаної з кінцевою частиною ніпеля, і було визначено, що менше це значення, то краще опір зсуву. Результати обчислення показані на фіг. 6.

[Обчислення опору крутному моменту]

Для оцінювання опору крутному моменту значення, при якому починається плинність на діаграмі крутного моменту згинчування, тобто максимальне значення крутного моменту ("MTV"), було взяте для визначення крутного моменту плинності, і було визначено, що це вище це значення, то краще опір крутному моменту. Результати обчислення показані на фіг. 7.

<Результати обчислення>

Як показано на фіг. 6, еквівалентні пластичні деформації у звичайних виробках із двома радіусами кривизни були відносно низькими, приблизно тому, що деформації, сконцентровані на ділянці з радіусом кривизни 0,125 мм, були пом'якшені на ділянці з радіусом кривизни 0,875 мм. Результати оцінювання зразків № 1-4 і № 5-8 з першою криволінійною поверхнею є наступними: в міру збільшення радіуса кривизни, еквівалентна пластична деформація, яка виникає на першій криволінійній поверхні, зменшується; у зразків №1-№4 при радіусах кривизни більше ніж 0,30 мм, еквівалентна пластична деформація була нижчою, ніж у звичайних виробів; а в зразках з №5 по №8 еквівалентна пластична деформація була нижчою, ніж у звичайних виробів для радіусів кривизни більше ніж 0,35 мм. Оскільки ці зразки мали висоту T_h різи, що дорівнює 2,2 мм, доступні наступні результати оцінювання: еквівалентні пластичні деформації в зразках №1-№4 були нижчими, ніж у звичайних виробках, якщо радіус r_1 кривизни задовольняв умову $r_1 \geq T_h \times 0,14$, а еквівалентні пластичні деформації в зразках №5-№8 були нижчими, ніж у звичайних виробках, якщо радіус r_1 кривизни задовольняв $r_1 \geq T_h \times 0,16$.

З іншого боку, на опір крутному моменту майже не вплинули зміни радіуса кривизни першої криволінійної поверхні профілю зовнішньої різи, розташованої в основі опорної сторони: зразки №1-№4 мали загалом однакові значення, а зразки №5-№8, загалом, мали однакове значення. Передбачається, що опір крутному моменту в зразках №1-№4 був нижчий, ніж у звичайних виробках, через зменшення площі контакту між опорними сторонами вантажу, викликаного збільшеним радіусом кривизни верхньої ділянки опорної сторони профілю внутрішньої різи над звичайними виробками. Навпаки, зразки з № 5 по № 8, у яких крок опорних сторін і крок закладних сторін були зменшені для збільшення площі контакту між опорними сторонами, демонстрували більш високий опір крутному моменту, ніж звичайні вироби.

Висловлювалися побоювання, що зменшення кроку опорної сторони і кроку закладної сторони може призвести до зменшення ширини різи в кінцевій ділянці профілю зовнішньої різи, зв'язаній з кінцевою частиною ніпеля, і, таким чином, значному зменшенню опору зсуву; однак результати оцінювання показують, що, як показано на фіг. 6, через збільшення радіуса кривизни опір зсуву також був вищим, ніж у звичайних виробках, що показує, що це розкриття забезпечує нарізне з'єднання, яке краще з точки зору як опору зсуву, так і опору крутному моменту, ніж звичайні вироби.

Що стосується зразків №1-№4, хоча опір крутному моменту був нижчим, ніж у звичайних виробів, опір зсуву був кращим, ніж у звичайних виробів, оскільки радіус кривизни першої криволінійної поверхні був більшим 0,3 мм, що передбачає, що ці реалізації є корисними в застосуваннях, які не вимагають високого опору крутному моменту, а використання інших засобів для поліпшення опору крутному моменту може зробити ці реалізації застосовними у виробках, що вимагають опору крутному моменту.

Аналогічні оцінки були зроблені для зразків зі збільшеним радіусом кривизни базової ділянки опорної сторони тільки першого витка профілю зовнішньої різи, який вважається точкою початку руйнування при зсуві; при цьому було виявлено, що опір крутному моменту і опір зсуву практично не залежать від зміни радіуса кривизни тільки в першому витку різи.

Однак, передбачається, що зменшення радіуса кривизни верхньої ділянки опорної сторони на ділянках профілю внутрішньої різи, які не входять в зачеплення з першим витком різи профілю зовнішньої різи, і, таким чином, збільшення площі контакту між опорними сторонами, може значно збільшити опір крутному моменту.

РОЗШИФРУВАННЯ ПОСИЛАНЬ

1: нарізне з'єднання для сталеві труби;

2: сталева труба;

10: ніпель;

20: муфта;

- 11: профіль зовнішньої різі;
- 111: перша ділянка різі;
- 111A: перша криволінійна поверхня;
- 5 r1: радіус кривизни;
- 112: друга ділянка різі;
- 112A: друга криволінійна поверхня;
- r2: радіус кривизни;
- 21: профіль внутрішньої різі;
- 21A: третя криволінійна поверхня;
- 10 r3: радіус кривизни.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Нарізне з'єднання для сталеві труби, яке містить: трубчастий ніпель, передбачений на кінці сталеві труби; і трубчасту муфту, виконану з можливістю згвинчування з ніпелем в міру того, як ніпель угвинчується в неї, при цьому ніпель містить профіль зовнішньої різі, утворений на зовнішній периферії ніпеля, муфта містить профіль внутрішньої різі, утворений на внутрішній периферії муфти і виконаний з можливістю зачеплення профілю зовнішньої різі при згвинчуванні з'єднання, причому кожний із профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі містить опорну сторону, закладну сторону, поверхню вершини різі і поверхню западини різі, при цьому крок закладної сторони кожного з профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі є меншим, ніж крок опорної сторони кожного з профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі, і, коли з'єднання згвинчене, опорна сторона профілю зовнішньої різі знаходиться в контакті з опорною стороною профілю внутрішньої різі, а закладна сторона профілю зовнішньої різі знаходиться в контакті із закладною стороною профілю внутрішньої різі, і при цьому кожна з опорних сторін і закладних сторін профілю зовнішньої різі і профілю внутрішньої різі має негативний кут зачеплення,

при цьому опорна сторона і поверхня западини різі в ділянці профілю зовнішньої різі для заданого діапазону в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, з'єднані першою криволінійною поверхнею, яка має радіус r_1 кривизни, якщо дивитися в подовжньому перерізі, що задовольняє такий вираз (1):

$$r_1 \geq T_h \times 0,14 \quad (1)$$

де T_h являє собою висоту різі, виміряну на опорній стороні, в профілі зовнішньої різі, якщо виміряти в заданому діапазоні в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, і задовольняє умову:

$$1,8 \text{ мм} \leq T_h \leq 3,0 \text{ мм},$$

причому профіль зовнішньої різі містить першу ділянку різі, що має першу криволінійну поверхню, і другу ділянку різі, що прилягає до першої ділянки різі, причому ці ділянки розташовані в напрямку гвинтової лінії різі, і при цьому опорна сторона і поверхня западини різі другої ділянки різі з'єднані другою криволінійною поверхнею, що має менший радіус r_2 кривизни, ніж перша криволінійна поверхня,

причому перша криволінійна поверхня передбачена вздовж щонайменше x витків у напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, де x задовольняє такий вираз (2):

$$x = (r_1 - r_2) / \Delta r \quad (2)$$

де Δr являє собою різницю в кроці між кроком опорної сторони і кроком закладної сторони профілю зовнішньої різі.

2. Нарізне з'єднання для сталеві труби за п. 1, в якому перша криволінійна поверхня передбачена щонайменше на 1/2 витка в напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля.

3. Нарізне з'єднання для сталеві труби за п. 1, в якому перша криволінійна поверхня передбачена по всій довжині профілю зовнішньої різі.

4. Нарізне з'єднання для сталеві труби за п. 1, в якому опорна сторона і поверхня вершини різі профілю внутрішньої різі з'єднані третьою криволінійною поверхнею, яка повернута до першої криволінійної поверхні, коли з'єднання згвинчене, і має більший радіус кривизни, ніж перша криволінійна поверхня,

при цьому передбачений радіальний зазор між поверхнею вершини різі в ділянці профілю внутрішньої різі, яка знаходиться в контакті з опорною стороною в кінцевій ділянці профілю зовнішньої різі, зв'язаній з кінцевою частиною ніпеля, коли з'єднання згвинчене, з одного боку, і поверхнею западини різі в ділянці профілю зовнішньої різі, яка повернута до тієї поверхні

вершини різі, і

причому радіально зовнішній кінець першої криволінійної поверхні розташований радіально ззовні від радіально внутрішнього кінця ділянки третьої криволінійної поверхні, який повернутий до першої криволінійної поверхні, і розташований радіально всередину від радіально зовнішнього кінця ділянки третьої криволінійної поверхні, який повернутий до першої криволінійної поверхні.

5. Нарізне з'єднання для сталеві труби за будь-яким із пп. 1-4, в якому профілі зовнішньої і внутрішньої різей мають такі профілі різі, що, коли з'єднання згвинчене, опорна і закладна сторони тієї ділянки різі профілю зовнішньої різі, яка покриває щонайменше 8 витків у напрямку гвинтової лінії різі, починаючи з кінця профілю зовнішньої різі, зв'язаного з кінцевою частиною ніпеля, знаходяться в контакт з опорною стороною і закладною стороною профілю внутрішньої різі.

6. Нарізне з'єднання для сталеві труби за п. 5, в якому крок опорної сторони становить не більше ніж 8,50 мм, крок закладної сторони становить не більше ніж 8,10 мм, при цьому зв'язана різниця кроку становить не менше ніж 0,35 мм і не більше ніж 0,45 мм, а мінімальна ширина різі, виміряна на кінці профілю зовнішньої різі, зв'язаному з кінцевою частиною ніпеля, і виміряна біля основи різі, становить не менше ніж 2,1 мм.

7. Нарізне з'єднання для сталеві труби за будь-яким із пп. 1-4, в якому сталеві труба має зовнішній діаметр більше ніж 240 мм.

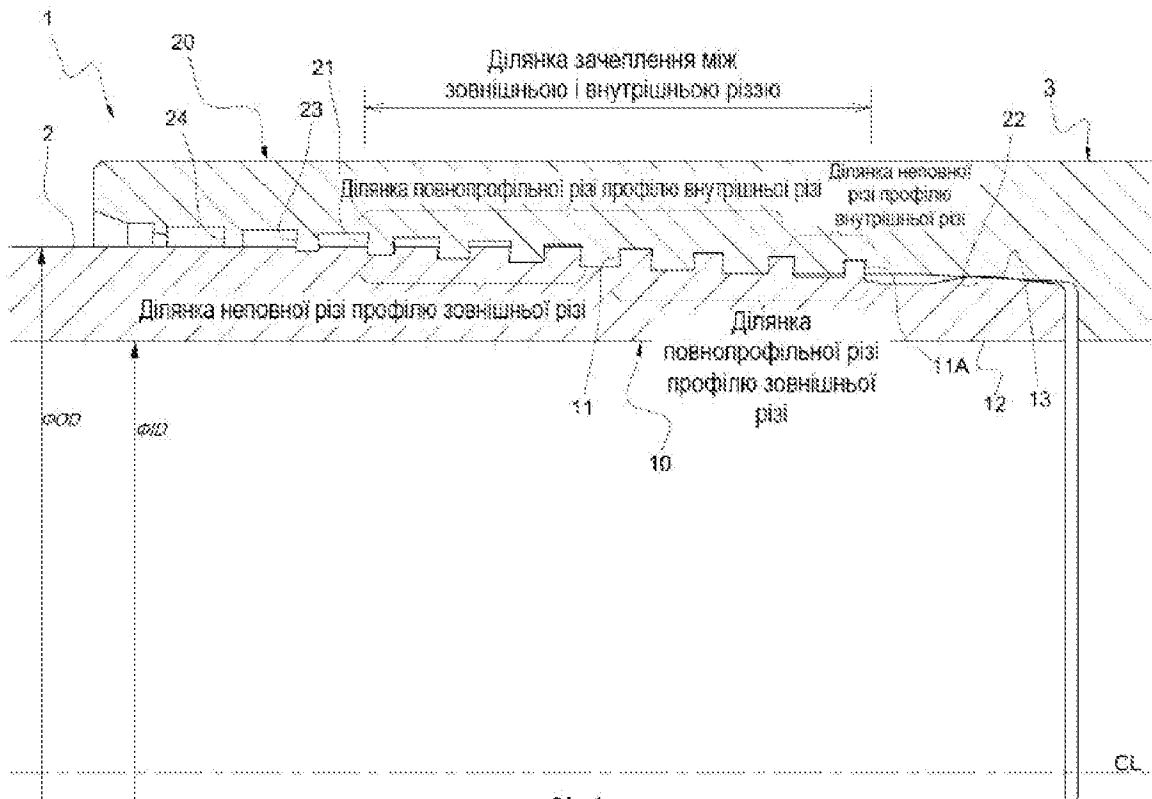


Fig. 1

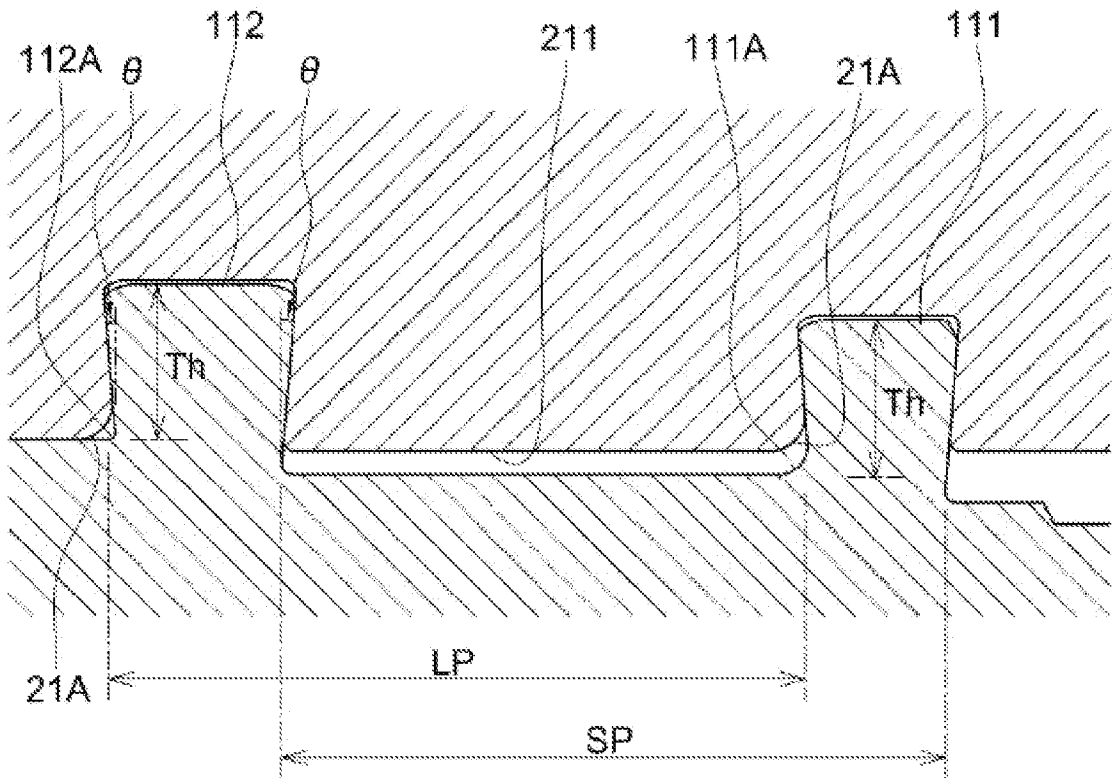
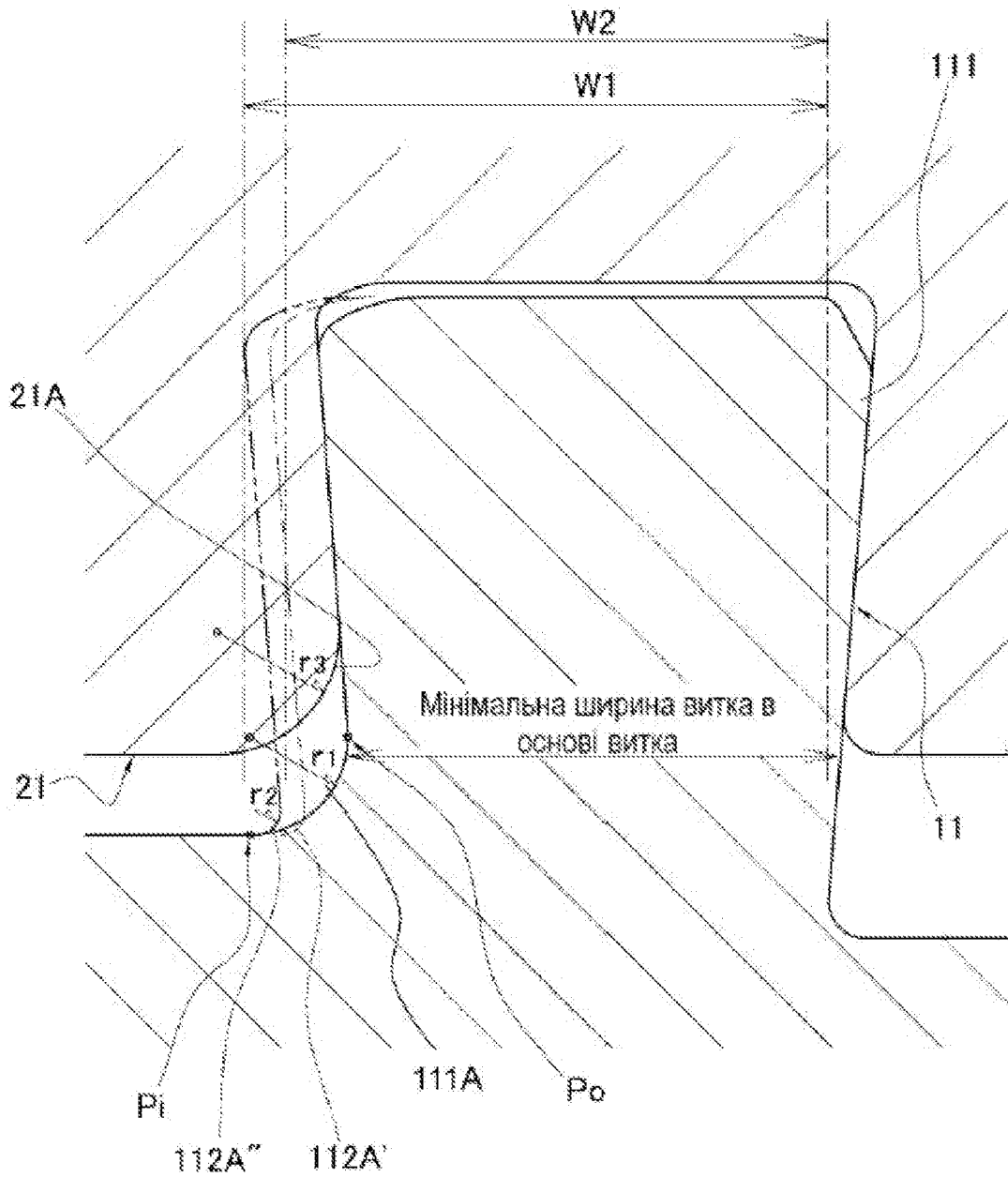


Fig. 2



Фиг. 3

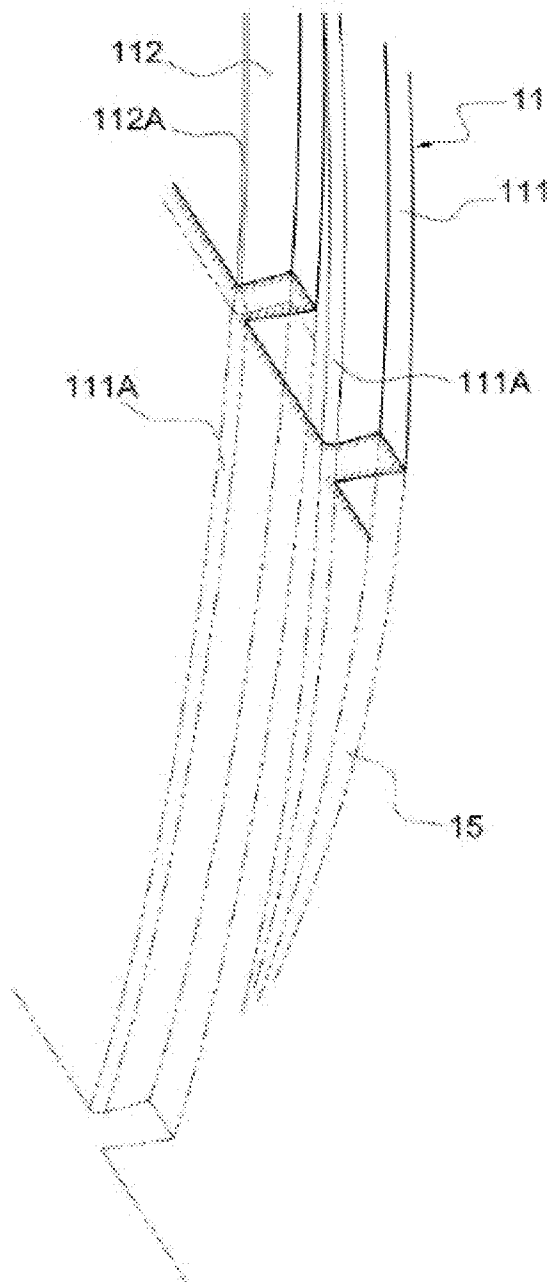
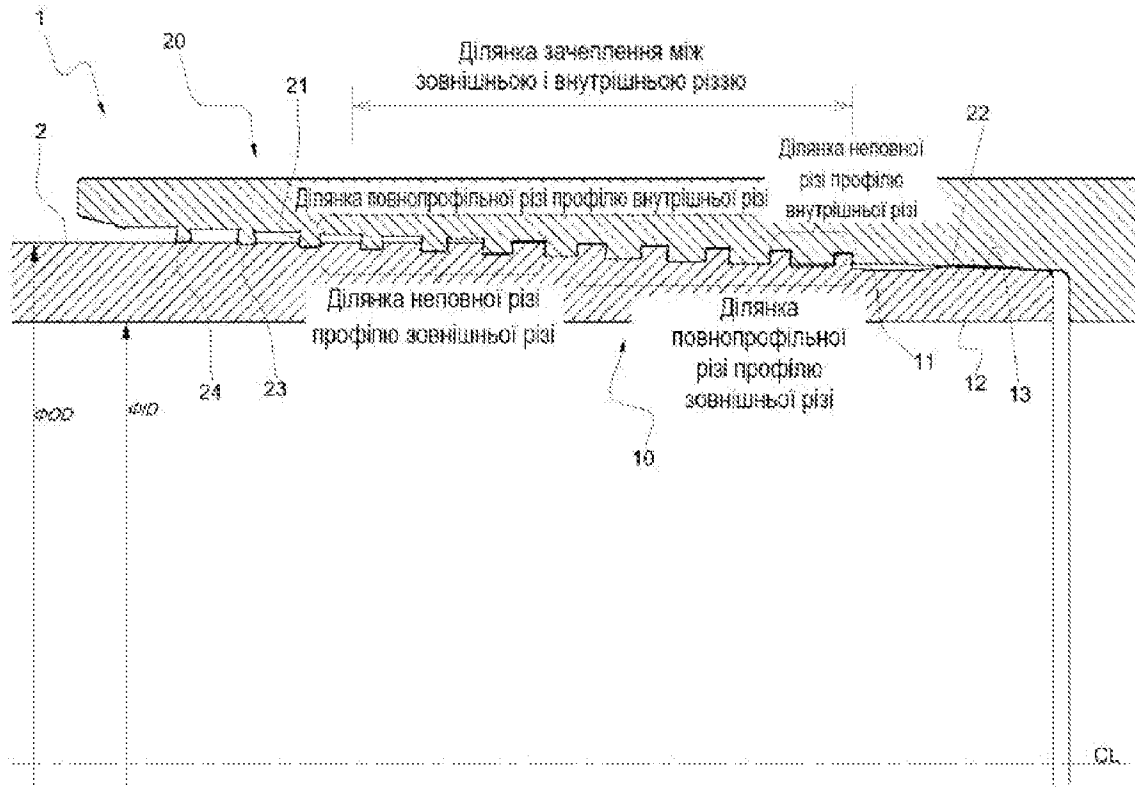
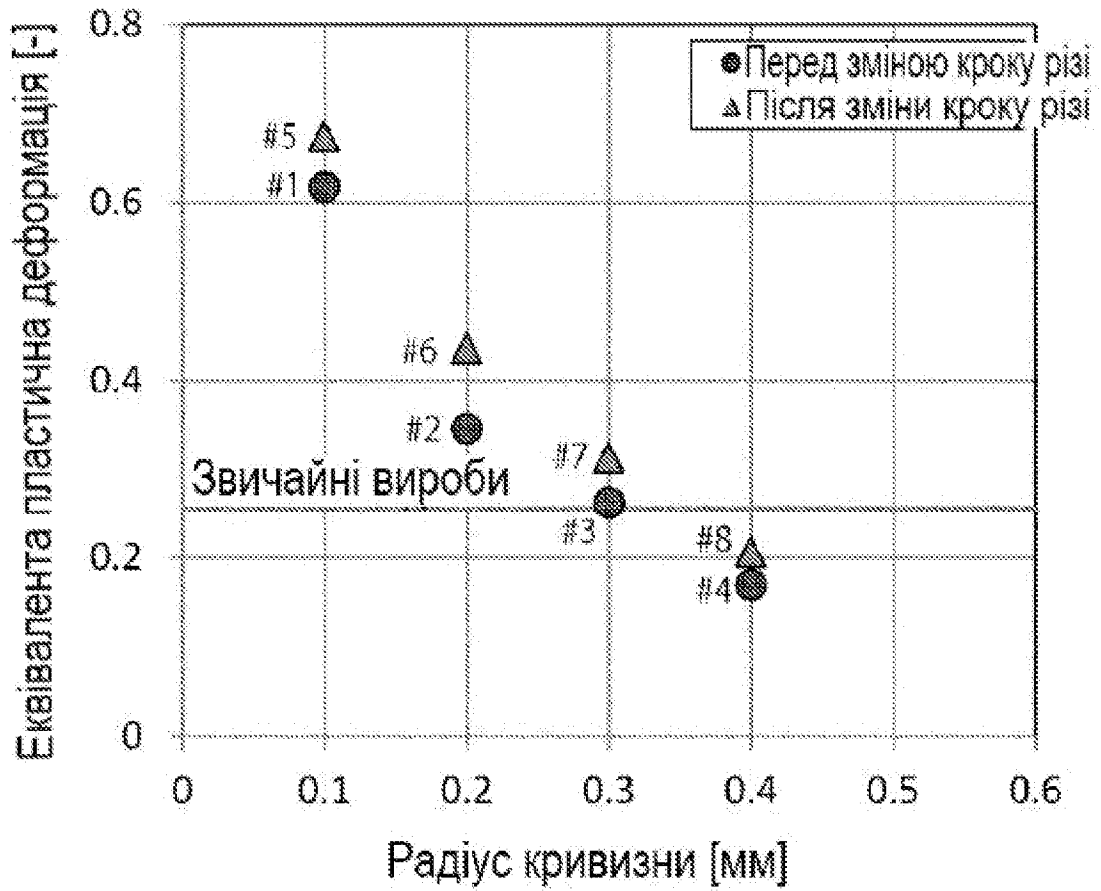


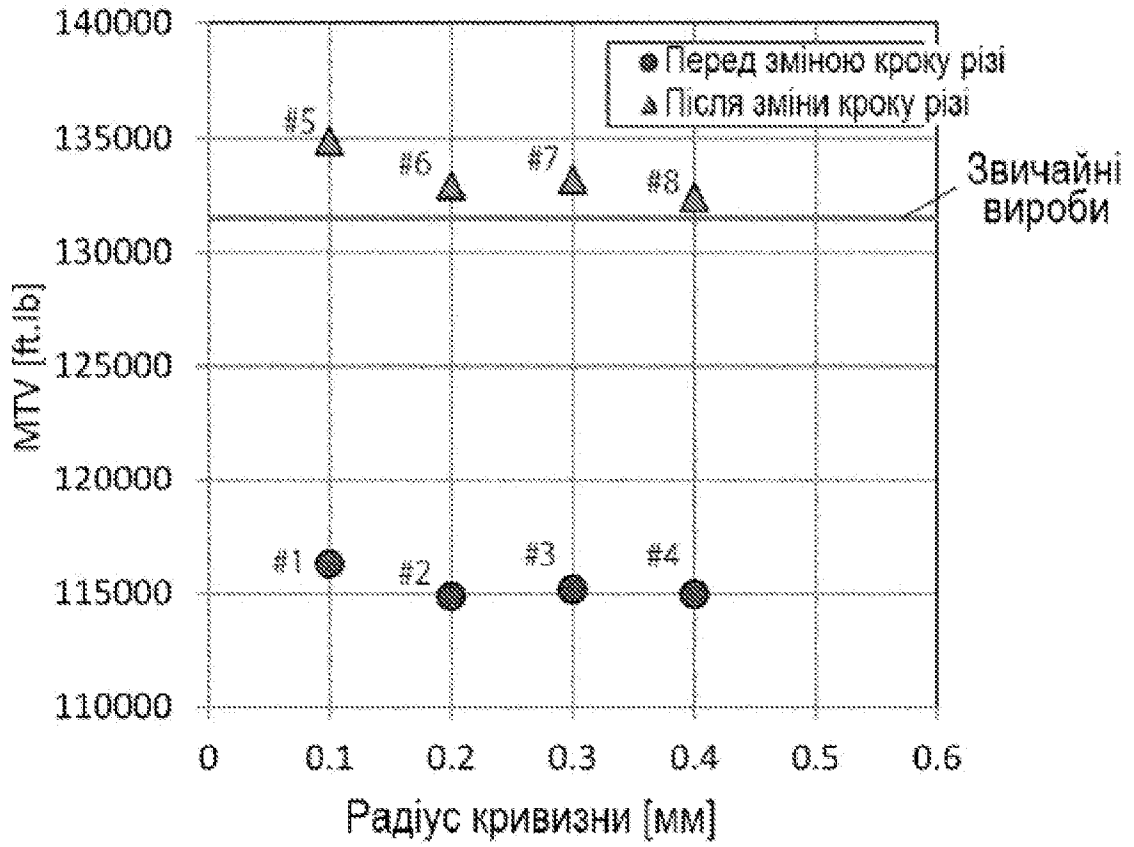
Fig. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7