



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128660** (13) **C2**
(51) МПК (2024.01)
E21B 17/042 (2006.01)
F16L 15/00
F16L 15/06 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2022 00182	(72) Винахідник(и):	Фулонь Антоні (FR), Мартен П'єр (FR)
(22) Дата подання заявки:	15.07.2020	(73) Володілець (володільці):	ВАЛПРЕК ОЙЛ ЕНД ГЕС ФРАНС, 54 rue Anatole France, 59620 Aulnoye- Aymeries, France (FR), НІППОН СТІЛ КОРПОРЕЙШН, 6-1, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-ku, Tokyo, Tokyo 100-8071, Japan (JP)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	19.09.2024	(74) Представник:	Михайлюк Ганна Валентинівна, реєстр. №184
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	FR1908204	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 110034 C2, 10.11.2015 GB 2335719 A, 29.09.1999 EP 3421855 A1, 02.01.2019 FR 2939861 A1, 18.06.2010 FR 2945850 A1, 26.11.2010
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	19.07.2019		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	FR		
(41) Публікація відомостей про заявку:	16.02.2022, Бюл.№ 7		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	18.09.2024, Бюл.№ 38		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/EP2020/069948, 15.07.2020		

(54) НАРІЗНЕ З'ЄДНАННЯ З НЕСИМЕТРИЧНИМ ГВИНТОВИМ ПРОФІЛЕМ

(57) Реферат:

Нарізне трубне з'єднання для обсадної колони вуглеводневих свердловин одержане згвинчуванням охоплюваного елемента бурильного замка з охоплювальним елементом бурильного замка, причому з'єднання містить нарізну частину (16a, 18a), внаслідок чого кожна з частин із зовнішньою різьбою і, відповідно, з внутрішньою різьбою містить гвинтову поверхню, забезпечену опорною стороною, вершиною різьби, закладною стороною, западиною різьби, внаслідок чого крок (LFLp, LFLb) опорної сторони та крок (SFLp, SFLb) закладної сторони задовольняють наступній умові: $SFLp = LFLp = SFLb = LFLb = k$.

Ширина (Wtp) зуба охоплюваної гвинтової поверхні та ширина зуба охоплювальної гвинтової поверхні є такими, що $50\% < \frac{Wtb}{Wtp} < 80\%$

$$50\% < \frac{Wtb}{Wtp} < 80\%$$

UA 128660 C2

$$W_{ip} + W_{ib} < k$$

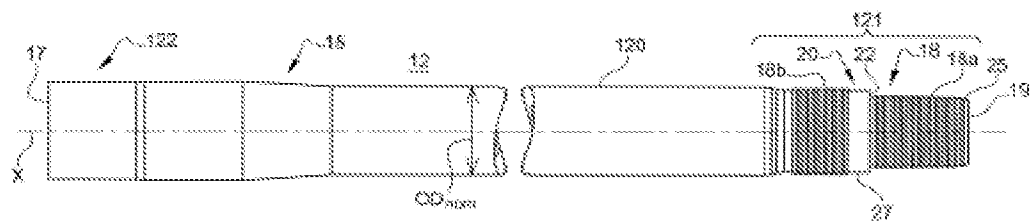


Fig. 1

Даний винахід стосується з'єднань або вузлів труб, призначених для з'єднання за допомогою різьби, і стосується труб, які використовуються в промисловості, і, зокрема, до нарізних вузлів або з'єднань, призначених для оснащення колони насосно-компресорних труб або обладнання для експлуатаційної колони насосно-компресорних труб, або обсадних колон для пошуку, експлуатації або розвідки нафтових або газових свердловин, а також нарізних вузлів або з'єднань, які використовуються для будь-якого застосування, в якому може знадобитися складання трубопроводів або обладнання для насосно-компресорних труб, такого як, наприклад, в геотермальній енергетичній промисловості або під час виробництва пари. Нарізний вузол згідно з даним винаходом є особливо корисним для складання металевих труб, які використовуються для обсаджування нафтових або газових свердловин, як пояснюється далі в цьому документі.

У цьому тексті слова "складання" або "з'єднання", або "стик", або "зчленування" використовуються в однаковому значенні, за винятком певних контекстів. Під "трубами" маються на увазі будь-які типи труб або трубних компонентів, або обладнання для насосно-компресорних труб, які існують або підходять для використання в промисловості, причому ці труби, як правило, являють собою металеві труби. Зокрема, ці труби являють собою безшовні труби, одержані зі сталі, наприклад, такої, як визначено в Специфікації API 5 CT, або також відповідно до стандарту ISO 11960:2004. Переважно з'єднання згідно з даним винаходом одержують між трубами, виготовленими з матеріалу, який володіє високою міцністю на розрив, наприклад із марок сталей із показниками від 862 до 965 МПа (від 125 до 140 тисяч фунтів на квадратний дюйм).

Відомі численні типи вузлів для нафтових або газових труб, які демонструють задовільні результати з погляду механічних характеристик та герметичності навіть у важких умовах експлуатації. Для деяких із цих вузлів потрібні труби, забезпечені зовнішньою різьбою у формі зрізаного конуса на двох кінцях, які складаються за допомогою муфт, які мають дві відповідні внутрішні різьби у формі зрізаного конуса. Цей спосіб складання має ту перевагу, що два компоненти вузла стають жорсткими через наявність позитивних натягів, які можуть виникати між зовнішньою різьбою та внутрішньою різьбою. Це являє собою з'єднання з різьбою та муфтою, які також називають з'єднаннями T&C.

Проте зовнішній діаметр цих муфт більше, ніж у відповідних труб, і, коли ці вузли використовуються в обсадних трубах, потрібно створення свердловин збільшеного діаметра. У випадку дуже глибоких свердловин із глибиною, яка перевищує 4000 м, обсадна колона повинна буде опускатися глибше в свердловину, і відомо, що вузли без муфти є переважними, як зазначено в документах US 2992019,

EP 0767335 або також US 2013/0015657. У цьому випадку кожна з труб має кінець, забезпечений охоплюваним елементом бурильного замка, і другий кінець, забезпечений охоплювальним елементом бурильного замка. Труби складаються встик за допомогою з'єднань між охоплюваним та охоплювальним елементами бурильного замка. Ці вузли позначаються терміном "інтегральний".

Для задоволення підвищених потреб в опорі внутрішньому та зовнішньому тискам із документа US 4662659 відоме інтегральне з'єднання, забезпечене двома східчастими нарізними частинами з обох сторін від проміжного упора, причому цей проміжний упор виконаний із негативним кутом із метою підвищення стійкості до тиску. Крім того, на одній стороні цього проміжного упора або з обох сторін цього проміжного упора в документі йдеться про зони ущільнення за рахунок радіального натягу між конічними поверхнями, кути конусності яких трохи змінені по відношенню один до одного на кут θ . Згідно з цим документом ущільнення передбачено виключно по центру між двома нарізними частинами поблизу проміжного упора. У документі US 2019 0040978 запропонована альтернатива документу US 4662659 шляхом зазначення конкретної геометрії цих ущільнень з обох сторін від проміжного упора, зміни форми різьби та вибору різьби, яка має профіль "ластівчин хвіст".

Крім того, з документа US 2017 0101830 відоме інше з'єднання, забезпечене двома східчастими нарізними частинами з обох сторін від проміжного упора. Відповідно до цього документа між нарізною частиною та цим проміжним упором передбачено ущільнення. Формування цього ущільнення знижує експлуатаційні характеристики та граничні параметри проміжного упора, тому в цьому документі йдеться про створення додаткової упорної поверхні на рівні дальнього кінця охоплюваного елемента бурильного замка. Як альтернатива в інших документах пропонується змінити різьбу з метою компенсації більш низьких експлуатаційних характеристик проміжного упора при стисненні. Таким чином, ці альтернативні різьби називають різьбами типу "ластівчин хвіст" і одержують таким чином, щоб забезпечити зчеплення нарізних частин одна з одною. З цією метою нарізні частини пропонуються з величиною кроку, яка

відрізняється для опорної сторони і для закладної сторони, внаслідок чого гвинтова поверхня цієї різьби передбачає ширину зуба, яка поступово збільшується при поворотах гвинтової поверхні від одного кінця до іншого, причому заглиблення, утворені між верхівками цієї гвинтової поверхні, зменшуються в такій самій послідовності. Таким чином, згвинчування

нарізних частин здійснюється до того часу, поки контакт не буде досягнутий між закладними сторонами, а також між опорними сторонами. Хоча з'єднання цього типу, яке називається "самоблокувальною клинковою різьбою", є дуже ефективним, його, проте, дуже складно механічно обробляти і закріплювати в момент складання.

Незважаючи на різні рішення, які вже відомі, виникла потреба в полегшенні механічної обробки інтегрального з'єднання, яке підходить для формування обсадних колон для дуже глибоких свердловин, проте досягаються характеристики щодо стійкості до циклів внутрішнього тиску та зовнішнього тиску, а також допуски на розтягування та стиснення, але при цьому допускаються допуски, притаманні механічній обробці та складанню в галузі нафтових або газових труб. На практиці також стало очевидним, що спосіб нанесення монтажного мастила на з'єднання був фактором першого порядку в успішному виконанні з'єднання. Нарізне з'єднання згідно з даним винаходом дозволяє краще переносити зміни при експлуатації в момент нанесення деякої кількості мастила.

Перевага даного винаходу полягає у запропонованні інтегрального з'єднання, яке відповідає технічним вимогам, близьким до вимог, які забезпечуються муфтами, і яке дозволяє мати ефективність, близьку до ефективності труби. Зокрема, з'єднання згідно з даним винаходом може мати ефективність, яка дорівнює 96 % ефективності труби. Ефективність загалом визначається як співвідношення між критичним перерізом з'єднання та поперечним перерізом регулярної частини труби між двома кінцями компонента. Критичний переріз з'єднання дорівнює найменшому критичному перерізу охоплюваного елемента бурильного замка або охоплювального елемента бурильного замка.

Даний винахід переважно застосовується до нарізних з'єднань великого діаметра, зокрема до труб, які мають зовнішній діаметр більше 177,8 мм (7 дюймів), переважно більше 254 мм (10 дюймів), наприклад, 406,4 мм (16 дюймів).

У цьому відношенні у даному винаході запропоновано з'єднання з кращою адгезією.

Об'єктом даного винаходу є нарізне трубне з'єднання для буріння й/або експлуатації вуглеводневих свердловин, яке містить першу трубу, забезпечену на першому дальньому кінці охоплюваним елементом бурильного замка, та другу трубу, забезпечену на другому дальньому кінці охоплювальним елементом бурильного замка, при цьому охоплюваний елемент бурильного замка виконаний із можливістю складання за допомогою згвинчування з охоплювальним елементом бурильного замка, причому перша труба, складена з другою трубою, разом визначають поздовжню вісь, причому охоплюваний елемент бурильного замка містить частину із зовнішньою різьбою, при цьому охоплювальний елемент бурильного замка містить частину з внутрішньою різьбою, яка входить у зачеплення з частиною із зовнішньою різьбою, коли з'єднання складено, причому кожна з частин із зовнішньою та внутрішньою різьбами містить щонайменше одну гвинтову поверхню, забезпечену опорною стороною, вершиною різьби, закладною стороною, западиною різьби, внаслідок чого крок LFLp опорної сторони та крок SFLp закладної сторони частини із зовнішньою різьбою і відповідно крок LFLb опорної сторони та крок SFLb закладної сторони частини з внутрішньою різьбою задовольняють наступній умові щонайменше для двох послідовних витків відповідних гвинтових поверхонь частин із зовнішньою та внутрішньою різьбами:

[Рівняння 1]

$$SFLp=LFLp=SFLb=LFLb=k$$

та внаслідок чого вздовж поздовжньої осі в цих щонайменше двох послідовних витках ширина (W_{tp}) зуба гвинтової поверхні частини із зовнішньою різьбою та ширина зуба гвинтової поверхні відповідної частини з внутрішньою різьбою (W_{tb}) є такими, що

[Рівняння 2]

$$50\% < \frac{W_{tp}}{W_{tb}} < 80\%$$

або

[Рівняння 3]

$$50\% < \frac{W_{tp}}{W_{tb}} < 80\%$$

та

[Рівняння 4]

$$W_{tp}+W_{tb} < k.$$

Переважно з'єднання може задовольняти наступній умові

[Рівняння 5]

$$50\% < \frac{W_{tp}}{W_{tb}} < 75\%$$

Або навіть наступній умові

5 [Рівняння 6]

$$67\% < \frac{W_{tp}}{W_{tb}} < 73\%$$

Ширина зуба гвинтової поверхні частини із зовнішньою різьбою може становити від 2,5 до 3,5 мм. І, наприклад, ширина зуба гвинтової поверхні частини з внутрішньою різьбою може становити від 3,7 до 4,5 мм.

10 Переважно ширина зубів гвинтових поверхонь частин із зовнішньою та відповідно внутрішньою різьбою може задовольняти наступній умові:

[Рівняння 7]

$$W_{tp} + W_{tb} < k - 0,1 \text{ мм}$$

15 по вказаним щонайменше двом послідовним виткам цих гвинтових поверхонь, внаслідок чого ці щонайменше два витки не можуть бути самоблокувальними.

Ширина зуба повних гвинтових поверхонь охоплюваної та відповідно охоплювальної частин може задовольняти наступній умові: для кожного витка (n) ширина зуба зовнішньої різьби (W_{tp} n) і ширина зуба внутрішньої різьби (W_{tb} n) є такими, що для кожного n:

[Рівняння 8]

20 $W_{tpn} + W_{tbn} < k - 0,1 \text{ мм}$

Переважно частина закладної сторони може бути паралельною відносно частини опорної сторони з допуском $\pm 0,25^\circ$ на нахил цих частин щодо поздовжньої осі. Таким чином, закладні сторони можуть приймати на себе стискальне навантаження.

25 Закладна сторона й опорна сторона гвинтової поверхні частини із зовнішньою різьбою можуть бути відповідно прямолінійними і відповідно з'єднуватися радіусами сполучення із суміжними вершиною різьби і западиною різьби. У цьому випадку закладна сторона гвинтової поверхні частини з внутрішньою різьбою може також містити прямолінійний сегмент, з'єднаний із вершиною різьби сегментом, який нахилений щодо закладної сторони так, щоб мати таку опуклість, що ці два сегменти утворюють тупий кут (86d) від 190° до 260° , наприклад порядку 225° . Ця опуклість дозволяє гарантувати відсутність контакту з частиною западини 61 різьби та увігнутим криволінійним переходом 62.

30 Западина різьби гвинтової поверхні частини із зовнішньою різьбою може містити два сегменти: перший сегмент западини зовнішньої різьби, розташований на стороні закладної сторони, та другий сегмент западини зовнішньої різьби, розташований на стороні опорної сторони, внаслідок чого радіальна відстань першого сегмента западини зовнішньої різьби дорівнює або більше радіальної відстані другого сегмента западини зовнішньої різьби, при цьому радіальні відстані оцінюються щодо вершини різьби, суміжної із вказаною западиною різьби гвинтової поверхні частини із зовнішньою різьбою.

40 Опорна сторона гвинтової поверхні частини із зовнішньою різьбою може утворювати кут від 1° до 5° , переважно від $1,25^\circ$ до $3,75^\circ$ по відношенню до нормалі до поздовжньої осі, та є паралельною відносно опорної сторони гвинтової поверхні частини з внутрішньою різьбою з допуском $\pm 0,25^\circ$ на нахил цих опорних сторін по відношенню до поздовжньої осі.

45 Зокрема, опорна сторона гвинтової поверхні частини із зовнішньою різьбою може утворювати із суміжною западиною різьби цієї гвинтової поверхні кут, який менше або дорівнює 90° .

Наприклад, гвинтова поверхня частини з внутрішньою різьбою може мати форму зрізаного конуса, переважно виключно зрізаного конуса, наприклад, із конусністю від 5 % до 15 %, переважно від 8 % до 12 %. У цьому випадку гвинтова поверхня частини із зовнішньою різьбою може також містити щонайменше частину у формі зрізаного конуса, яка має конусність, ідентичну конусності гвинтової поверхні частини з внутрішньою різьбою.

50 Згідно з конкретним варіантом здійснення даного винаходу крок LFLp опорної сторони та крок SFLp закладної сторони можуть становити від 5 до 20 мм, переважно від 6 до 8 мм.

У переважному варіанті здійснення даного винаходу кожна частина із зовнішньою різьбою та відповідно частина з внутрішньою різьбою можуть містити одну гвинтову поверхню. У цьому випадку гвинтові поверхні частини із зовнішньою різьбою та відповідно частини з внутрішньою різьбою можуть містити щонайменше 3 витки, переважно щонайменше 4 витки.

Для полегшення складання вершини різьби та западини різьби частин із зовнішньою та внутрішньою різьбами можуть мати конусність, яка є меншою, ніж конусність вказаних нарізних

частин, наприклад, вони можуть бути паралельними відносно поздовжньої осі з'єднання. У цьому випадку радіальна висота закладної сторони частини із зовнішньою різьбою може бути більшою, ніж радіальна висота опорної сторони цієї частини із зовнішньою різьбою.

Інші ознаки та переваги даного винаходу стануть очевидними при читанні докладного опису, наведеного далі, з посиланням на додані графічні матеріали, на яких показано наступне:

[фіг. 1]: вид зовнішнього профілю першої труби згідно з даним винаходом;

[фіг. 2]: вид у поздовжньому розрізі другої труби згідно з даним винаходом;

[фіг. 3]: частковий вид у поздовжньому розрізі охоплюваного елемента бурильного замка першої труби, показаної на фіг. 1;

[фіг. 4]: частковий вид у поздовжньому розрізі охоплювального елемента бурильного замка другої труби, показаної на фіг. 2;

[фіг. 5]: частковий вид у поздовжньому розрізі охоплюваного елемента бурильного замка першої труби, показаної на фіг. 1, складеного з охоплювальним елементом бурильного замка другої труби, показаної на фіг. 2, цей вид у поперечному розрізі також показує рівні напруги, які досягаються всередині з'єднання після складання;

[фіг. 6]: частковий вид у поздовжньому розрізі проміжної охоплювальної ненарізної частини охоплювального елемента бурильного замка згідно з даним винаходом;

[фіг. 7]: частковий вид у поздовжньому розрізі охоплюваної ненарізної проміжної частини охоплюваного елемента бурильного замка згідно з даним винаходом;

[фіг. 8]: частковий вид у поздовжньому розрізі охоплювальної ненарізної внутрішньої частини охоплювального елемента бурильного замка згідно з даним винаходом;

[фіг. 9]: частковий вид у поздовжньому розрізі внутрішньої ненарізної охоплюваної частини охоплюваного елемента бурильного замка згідно з даним винаходом;

[фіг. 10]: частковий вид у поздовжньому розрізі частини із зовнішньою різьбою охоплюваного елемента бурильного замка згідно з даним винаходом;

[фіг. 11]: частковий вид у поздовжньому розрізі зуба частини із зовнішньою різьбою згідно з фіг. 10;

[фіг. 12]: частковий вид у поздовжньому розрізі частини з внутрішньою різьбою охоплювального елемента бурильного замка згідно з даним винаходом;

[фіг. 13]: частковий вид у поздовжньому розрізі зуба частини із зовнішньою різьбою згідно з фіг. 12;

[фіг. 14]: частковий вид у поздовжньому розрізі частини із зовнішньою різьбою, показаної на фіг. 10, у складеному положенні з частиною з внутрішньою різьбою, показаною на фіг. 12;

[фіг. 15]: частковий вид у поздовжньому розрізі канавки для відведення надлишкового тиску мастила, утвореного в частині з внутрішньою різьбою охоплювального елемента бурильного замка згідно з даним винаходом.

Як можна бачити на фіг. 1, перша труба 12 містить тіло 120 труби. Ця перша труба 12 має осьову довжину в декілька метрів, наприклад порядку 10–15 м завдовжки. Вона проходить вздовж поздовжньої осі X. На першому осьовому кінці 121 цієї першої труби 12 перша труба 12 містить охоплюваний елемент 18 бурильного замка. Тіло 120 труби має зовнішній діаметр, який зазвичай позначають номінальним зовнішнім діаметром. З протилежної сторони від першого осьового кінця 121 перша труба містить другий осьовий кінець 122. Цей другий осьовий кінець 122 має зовнішній діаметр, який є більшим, ніж у тіла 120 труби.

На фіг. 2 показаний вид у поздовжньому розрізі другої труби 14, ідентичної з першою трубою 12. Ця друга труба 14 містить тіло 140 труби, забезпечене на першому осьовому кінці 141 охоплюваним елементом бурильного замка, а на другому осьовому кінці 142 – охоплювальним елементом 16 бурильного замка. Охоплюваний елемент бурильного замка виготовлений на зовнішній поверхні першого осьового кінця 121. Другий осьовий кінець 142 має зовнішній діаметр, який є більшим, ніж у тіла 140 труби. Охоплювальний елемент бурильного замка виготовлений на внутрішній поверхні цього другого кінця.

Надалі в описі буде описано з'єднання, утворене між охоплювальним елементом 16 бурильного замка другої труби 14 та елементом 18 бурильного замка першої труби 12. Наприклад, на фіг. 5 показано з'єднання згідно з даним винаходом. Це з'єднання називається напіврівнопрохідним, оскільки зовнішній діаметр на рівні утвореного з'єднання становить менше 105 % або навіть 103 % зовнішнього діаметра тіл 120, 140 труб. Даний винахід є застосовним до з'єднань, які можуть бути рівнопрохідними, а саме для яких зовнішній діаметр на рівні з'єднання становить менше 101 % від номінального зовнішнього діаметра OD_{nom}.

В описаному прикладі перша та друга труби 12 і 14 ідентичні, і кожна містить охоплюваний елемент 18 бурильного замка на відповідному першому кінці 121 і 141, і кожна також містить охоплювальний елемент 16 бурильного замка на відповідному другому кінці 122 і 142.

Перед виготовленням охоплюваного елемента 18 бурильного замка першому дальньому кінцю 121, 141 надають конічної форми. Надання конічної форми призводить до зменшення внутрішнього діаметра першого кінця 121, 141, починаючи із звуження 13, яке утворює перехід між тілом труби та першим кінцем. Переважно внутрішній діаметр першого кінця обмежений щодо номінального внутрішнього діаметра тіла труби таким чином, що після складання з'єднання внутрішній діаметр на рівні з'єднання перевищує 94 % номінального внутрішнього діаметра. Перший кінець 121, 141 проходить між вільним краєм 19 та тілом труби. Цей перший кінець з охоплюваним елементом 18 бурильного замка являє собою певну осьову довжину порядку 20–30 см між вільним краєм 19 та тілом труби.

Аналогічним чином перед виготовленням охоплювального елемента 16 бурильного замка на рівні другого дальнього кінця 122, 142 другий кінець піддається діаметральному розширенню. Як показано на фіг. 1 і 2, діаметральне розширення 15 здійснюють на відстані від вільного краю 17 другого осьового кінця 122, 142 таким чином, що другий осьовий кінець 122, 142 представляє певну осьову довжину порядку 20–30 см між вільним краєм 17 та тілом труби.

Охоплюваний елемент 18 бурильного замка містить дві нарізні частини – 18a та 18b відповідно.

Ці дві нарізні частини проходять вздовж двох послідовних частин вздовж осі X. Вони відокремлені одна від одної ненарізною проміжною частиною 20. Частини 18a і 18b із зовнішньою різьбою зміщені в радіальному напрямку щодо осі X. Фактично, охоплюваний елемент 18 бурильного замка містить охоплюваний упорний заплечик 22 у ненарізній проміжній частині 20. Охоплюваний проміжний упор 22 утворює кільцеву поверхню в площині, перпендикулярній осі X. Переважно кожна частина 18a і 18b із зовнішньою різьбою містить одну верхівку, яка утворює одну гвинтову поверхню. Переважно крок гвинтових поверхонь кожної з нарізних частин є однаковим.

Між вільним краєм 19 та першою нарізною частиною 18a охоплювана ненарізна внутрішня частина 30 містить внутрішню ущільнювальну поверхню 25.

Між охоплюваним проміжним упором 22 та другою частиною 18b із зовнішньою різьбою охоплювана ненарізна проміжна частина 20 містить проміжну ущільнювальну поверхню 26.

Охоплювальний елемент 16 бурильного замка містить дві нарізні частини – 16a та 16b відповідно. Ці дві нарізні частини проходять вздовж двох послідовних частин вздовж осі X. Вони відокремлені одна від одної ненарізною проміжною частиною 21. Частини 16a і 16b з внутрішньою різьбою зміщені в радіальному напрямку відносно осі X. Фактично, охоплювальний елемент 16 бурильного замка містить проміжний упорний заплечик 24 у ненарізній проміжній частині 21. Охоплювальний проміжний упор 24 утворює кільцеву поверхню в площині, перпендикулярній осі X. Переважно кожна частина 18a і 18b із зовнішньою різьбою містить одну верхівку, яка утворює одну гвинтову поверхню. Переважно крок гвинтових поверхонь кожної із частин із зовнішньою та внутрішньою різьбами є однаковим.

Між тілом 14 труби та першою нарізною частиною 16a охоплювальний елемент 16 бурильного замка містить охоплювальну ненарізну внутрішню частину 31, яка містить внутрішню ущільнювальну поверхню 27.

Між проміжною опорною поверхнею 24 та другою частиною 16b з внутрішньою різьбою охоплювальна ненарізна проміжна частина 21 містить проміжну ущільнювальну поверхню 29.

У складеному положенні з'єднання, показаному на фіг. 5,

- вільний край 19 залишається на ненульовій осьовій відстані "d", наприклад, більше 0,1 мм, від охоплювального елемента 16 бурильного замка;

- гвинтова поверхня першої частини 18a із зовнішньою різьбою входить у зачеплення з гвинтовою лінією першої частини 16a з внутрішньою різьбою,

- гвинтова поверхня другої частини 18b із зовнішньою різьбою входить у зачеплення з гвинтовою лінією другої частини 16b з внутрішньою різьбою,

- охоплюваний проміжний упор 22 входить у контакт з охоплювальним проміжним упором 24,

- охоплювана внутрішня ущільнювальна поверхня 25 входить у радіальний контакт із натягом з охоплювальною внутрішньою ущільнювальною поверхнею 26 для утворення внутрішнього ущільнення метал-метал, яке захищає з'єднання від навантаження внутрішнього тиску,

- охоплювана проміжна ущільнювальна поверхня 27 входить у радіальний контакт з натягом з охоплювальною проміжною ущільнювальною поверхнею 28 для утворення проміжного ущільнення метал-метал, яке захищає з'єднання від навантаження зовнішнього тиску,

- вільний край 17 охоплювального елемента бурильного замка знаходиться на ненульовій осьовій відстані від охоплюваного елемента бурильного замка.

З'єднання згідно з даним винаходом містить єдиний осьовий упор, ортогональний осі X,

одержаний за допомогою контакту між проміжними упорами 22 і 24, та його основна функція полягає в тому, щоб відзначати кінець згинчування з'єднання.

Радіальна товщина поверхонь, які контактують із цими проміжними упорами 22 і 24, становить менше 20 % поперечного перерізу труби 120 або 140, причому цей поперечний переріз обмежений діапазоном від OD_{nom} до ID_{nom} . Виготовлення охоплюваного та охоплювального елементів бурильного замка допускає виробничий допуск, який дозволяє використовувати будь-яку сумісну трубу, розміри OD_{nom} та ID_{nom} якої відповідають допускам специфікацій, встановлених у стандартах API. Проте проміжний упор дозволяє сприймати частину стискальних напруг з'єднання, але його розміри не дозволяють сприймати все стискальне навантаження.

З обох сторін від внутрішнього ущільнення метал-метал охоплювана ненарізна внутрішня частина 30 знаходиться на ненульовій радіальній відстані від охоплювальної ненарізної внутрішньої частини 31. Внутрішнє ущільнення метал-метал виконано на відстані від країв цієї внутрішньої ненарізної зони 30–31.

За винятком рівня контактів, одержаних для проміжного ущільнення метал-метал і для упору упорних заплечиків 22 і 24, охоплювана ненарізна проміжна частина 20 знаходиться на ненульовій радіальній відстані від охоплювальної ненарізної внутрішньої частини 21. Проміжне ущільнення метал-метал виконано на відстані від країв цієї проміжної ненарізної зони 20–21.

Як можна бачити на фіг. 2, внутрішнє ущільнення метал-метал сприймає більшу напругу, ніж проміжне ущільнення. Проміжне ущільнення корисне для забезпечення герметичності під впливом зовнішнього тиску. Таким чином, між другою нарізною частиною та проміжним упором проміжне ущільнення має товщину охоплюваного елемента 18 бурильного замка та охоплювального елемента 16 бурильного замка на рівні цієї ущільнювальної поверхні, що дозволяє йому мати високу стабільність контакту, зокрема, при високому розтягувальному навантаженні відсутнє відокремлення поверхонь.

Більш докладно, на фіг. 6 і 7, згідно з варіантом здійснення винаходу проміжне ущільнення відноситься до типу "конус по конусу". Охоплювана проміжна ущільнювальна поверхня 27 та охоплювальна проміжна ущільнювальна поверхня 28 мають форму зрізаного конуса з ідентичною конусністю.

Як альтернатива ці поверхні 27 і 28 можуть мати по суті ідентичну конусність у тому сенсі, що конусність однієї може відхилятися на $\pm 1\%$ від конусності іншої. Наприклад, конусність цих поверхонь 27 і 28 становить від 15 до 25 %, наприклад, дорівнює $20\% \pm 1\%$, або також обидві дорівнюють 20 %.

Охоплювана проміжна ущільнювальна поверхня 27 з'єднана з однієї сторони опукло-увігнутою вигнутою частиною 32 з циліндричною поверхнею 33, суміжною з другою нарізною частиною 18b, та з'єднана з іншої сторони іншою опукло-увігнутою вигнутою частиною 34 з іншою циліндричною поверхнею 35, суміжною з охоплюваним упорним заплечиком 22. Циліндрична поверхня 35 з'єднана з охоплюваним упорним заплечиком 22 за допомогою радіуса 36 сполучення. Опукло-увігнуті вигнуті частини 32 і 34 розташовані таким чином, що вони є опуклими на стороні, суміжній з охоплюваною проміжною ущільнювальною поверхнею 27, та увігнутими, коли вони з'єднуються відповідно з циліндричними поверхнями, до яких вони відповідно примикають. На практиці опукло-увігнуті вигнуті частини 32 і 34 є такими, що зовнішній діаметр на рівні циліндричної поверхні 33, суміжної з нарізною частиною 18b, є більшим, ніж діаметр циліндричної поверхні 35, суміжної з охоплюваним упором 22.

Аналогічно, охоплювальна проміжна ущільнювальна поверхня 28 з'єднана з однієї сторони опукло-увігнутою вигнутою частиною 37 з циліндричною поверхнею 38, суміжною з другою частиною 16b з внутрішньою різьбою, та з'єднана з іншої сторони іншою опукло-увігнутою вигнутою частиною 39 з іншою циліндричною поверхнею 40, суміжною з охоплювальним упорним заплечиком 24. Опукло-увігнуті вигнуті частини 37 і 39 розташовані таким чином, що вони є опуклими на стороні, суміжній з охоплювальною проміжною ущільнювальною поверхнею 28, та увігнутими, коли вони з'єднуються відповідно з циліндричними поверхнями, до яких вони відповідно примикають. На практиці опукло-увігнуті вигнуті частини 37 і 39 є такими, що внутрішній діаметр на рівні циліндричної поверхні 38, суміжної з частиною 14b з внутрішньою різьбою, є більшим, ніж діаметр циліндричної поверхні 40, суміжної з охоплювальним упором 24.

Опукло-увігнуті поверхні 32, 34, 37 і 39 з'єднані по дотичній. Опукло-увігнуті поверхні 32, 34, 37 і 39 містять вигнуті частини, з'єднані по дотичній одна з одною, з радіусом вигину від 3 до 30 мм.

Більш конкретно, циліндрична поверхня 40 з'єднана з охоплювальним упорним заплечиком 24 увігнутим переходом 41. Увігнутий перехід 41 має частину у формі зрізаного конуса, з'єднану

по дотичній із радіусом вигину менше 1 мм, причому радіус вигину увігнутого переходу 41 проходить по дотичній до охоплювального упорного запличика 42, щоб уникнути концентрації напруг поблизу охоплювального упорного запличика 24.

Щоб уникнути концентрації напруг у безпосередній близькості від охоплюваного упорного запличика 22, охоплюваний упорний запличик з'єднаний за допомогою увігнутого переходу 42 з великим радіусом з циліндричною поверхнею 43, суміжною з кінцем першої частини 18а із зовнішньою різьбою.

Подібним чином охоплювальний упорний запличик 24 з'єднаний радіусом 44 сполучення із суміжною циліндричною поверхнею 45 першої частини 16а з внутрішньою різьбою. На практиці, враховуючи, що відповідно частини із зовнішньою та внутрішньою різьбами одержані за допомогою механічної обробки, циліндрична поверхня 45 примикає до канавки 46, яка має циліндричне дно, для вилучення інструмента для механічної обробки різьби першої частини 16а з внутрішньою різьбою. Канавка з циліндричним дном, яка має циліндричне дно 46, утворює внутрішній діаметр, який є більшим, ніж внутрішній діаметр циліндричної поверхні 45. Канавка 46 містить поверхню у формі зрізаного конуса, яка з'єднується з циліндричною поверхнею 45.

Більш докладно, на фіг. 8 і 9 згідно з варіантом здійснення винаходу внутрішнє ущільнення стосується типу "тор по конусу". У цьому прикладі охоплювана внутрішня ущільнювальна поверхня 25 має форму зрізаного конуса, а охоплювальна внутрішня ущільнювальна поверхня 26 є тороїдальною. На фіг. 8 охоплювальна внутрішня ущільнювальна поверхня 26 являє собою криву, одержану декількома сусідніми опуклими вигнутими частинами, дотичними одна до одної. В одному прикладі вона містить дві сусідні вигнуті частини, з радіусами R1 і R2 відповідно, внаслідок чого вигнута частина R1 знаходиться ближче до тіла 140 труби, ніж вигнута частина R2, і радіус R1 є меншим, ніж радіус R2. Переважно радіуси R1 і R2 більше 30 мм. Ця тороїдальна охоплювальна внутрішня ущільнювальна поверхня 26 з'єднана на стороні тіла 140 труби з циліндричною поверхнею 47 за допомогою радіуса 48 кривизни, який має радіус, що щонайменше в 3 рази менший, ніж радіуси R1 і R2. На протилежній стороні він з'єднаний із суміжною циліндричною поверхнею 50 першої частини 16а з внутрішньою різьбою опукло-увігнутою поверхнею, яка по дотичній з'єднана, з однієї сторони, з циліндричною поверхнею 50, а з іншої сторони, з ущільнювальною поверхнею 26.

Для входження в контакт з охоплювальною внутрішньою ущільнювальною поверхнею 26 охоплювана внутрішня ущільнювальна поверхня 25 містить частину у формі зрізаного конуса, яка має конусність від 10 до 20 %. На рівні внутрішнього периметра охоплюваного елемента 12 бурильного замка внутрішня поверхня охоплюваного елемента бурильного замка має фаску 51, внаслідок чого внутрішня ненарізна частина 30 має меншу товщину, і навіть якщо внутрішнє ущільнення викликає внутрішнє відхилення ущільнювального кільця, утвореного між внутрішньою ущільнювальною поверхнею 25 та вільним кінцем 19, охоплюваний елемент 18 бурильного замка істотно не змінює діаметр внутрішнього проходу, який називають прохідним діаметром з'єднання.

Охоплювана внутрішня ущільнювальна поверхня 25 з'єднана по дотичній з опуклою поверхнею 52, яка має великий радіус вигину, яка сама з'єднана поверхнею 53 контакту на вільному краї 19, який утворений перпендикулярно осі X. На стороні, протилежній вільному краю 19, охоплювана ущільнювальна поверхня з'єднана по дотичній з циліндричною поверхнею 54 до початку різьби першої частини 18а із зовнішньою різьбою. Ця циліндрична поверхня дозволяє 54 запустити інструменти для механічної обробки різьби.

Головний радіус R2 утворений із метою подолання напруги та пластифікації охоплювального елемента 16 бурильного замка над внутрішнім ущільненням. Таким чином, цей радіус R2 призначений для забезпечення ущільнення при навантаженні, коли контактний тиск є дуже високим. Коли контактний тиск є більш помірним, відхилення ущільнювального кільця охоплюваного елемента бурильного замка також є більш помірним, і, таким чином, положення точки ущільнення переміщається всередину тіла 140 труби, внаслідок чого значення радіуса R2 більше не потрібно. Таким чином, для цих робочих точок використовується радіус R1, який є меншим, ніж радіус R2. Радіальна товщина ущільнювальної поверхні по осі X є такою, що дозволяє використовувати меншу товщину для механічної обробки цієї охоплювальної внутрішньої ущільнювальної поверхні 26. Отже, механічна обробка охоплювального елемента бурильного замка може виконуватися на трубах незалежно від їхнього зовнішнього діаметра, та ефективність охоплювального елемента бурильного замка автоматично збільшується для даної товщини труби. Радіус 48 вигину також дозволяє зменшити товщину матеріалу, необхідну для механічної обробки охоплювального елемента бурильного замка, і, таким чином, підвищити ефективність з'єднання для даної товщини труби.

Під час згвинчування відбувається перший контакт охоплюваної внутрішньої

ущільнювальної поверхні 25 з радіусною частиною R2. Оскільки цей перший контакт може бути жорстким, факт наявності підвищеного значення R2 дозволяє обмежити ризик стирання. Після встановлення контакту решту згинчування завершують шляхом переміщення контакту між охоплюваною внутрішньою ущільнювальною поверхнею 25 до радіусної частини R1. Ця особлива конфігурація охоплювальної внутрішньої ущільнювальної поверхні 26 призначена для покращення характеристик та числа згинчувань-розгинчувань, які може витримувати з'єднання згідно з даним винаходом.

В решті опису будуть описані різьби.

У варіанті здійснення, показаному на фіг. 1–9, всі частини 18a, 18b із зовнішньою різьбою та частини 16a і 16b з внутрішньою різьбою відповідно містять одну гвинтову поверхню.

Проте в одному варіанті, який не виходить за межі обсягу даного винаходу, частина із зовнішньою різьбою та її доповнювальна нарізна частина можуть містити однакове число гвинтових поверхонь, яке перевищує 2 гвинтові поверхні.

Гвинтова поверхня визначається гвинтовим виступом. Гвинтова поверхня містить опорну сторону, вершину різьби, закладну сторону та западину різьби. Западина різьби, як і вершина різьби, утворена між опорною стороною та закладною стороною, внаслідок чого

- на гвинтовій поверхні, яка проходить по охоплюваному елементу 18 бурильного замка, западина різьби знаходиться радіально ближче до поздовжньої осі X, ніж вершина різьби;

- на гвинтовій поверхні, яка проходить по охоплюваному елементу 16 бурильного замка, западина різьби цієї гвинтової поверхні знаходиться радіально далі від поздовжньої осі X, ніж вершина різьби.

Профіль поздовжнього перерізу цього гвинтового виступу є по суті трапецієвидним, оскільки вершина різьби проходить в осьовому напрямку між опорною стороною та закладною стороною відповідно.

На фіг. 10 представлена частина 74 у формі зрізаного конуса на двох витках гвинтової поверхні першої та другої частин 18a, 18b із зовнішньою різьбою відповідно. Описана нижче структура гвинтової поверхні відтворюється щонайменше на декількох витках, щонайменше на 3 витках, при збереженні розмірів, форм та пропорцій, викладених нижче.

Гвинтова поверхня частини із зовнішньою різьбою містить опорну сторону LFr, вершину 60 різьби, закладну сторону SFr та западину 61 різьби. Западина 60 та вершина 61 утворюють сегменти, паралельні відносно поздовжньої осі X. Западина 61 різьби з'єднана увігнутих криволінійним переходом 62 із закладною стороною SFr. Увігнутий криволінійний перехід 62 є таким, що западина 61 різьби та закладна сторона SFr утворюють кут, який більше 90°. Закладна сторона SFr є прямолінійною та утворює кут 63 по відношенню до нормалі N до поздовжньої осі X. Западина 61 різьби з'єднана другим увігнутих криволінійним переходом 64 з опорною стороною LFr на кінці западини 61 різьби, протилежному тому, яким ця западина різьби з'єднується із закладною стороною SFr. Другий увігнутий криволінійний перехід 64 є таким, що западина 61 різьби й опорна сторона LFr утворюють кут, який менше 90°. Опорна сторона LFr є прямолінійною та утворює кут 65 по відношенню до нормалі N до поздовжньої осі X.

Кут 65 дорівнює куту 63 плюс або мінус допуски на механічну обробку, а саме $\pm 0,25^\circ$. Закладні сторони SFr вибирають паралельно опорним сторонам LFr, внаслідок чого закладні сторони приймають на себе частину навантаження, яке спостерігається у з'єднанні при певних стискальних напругах.

Кут 63 становить, наприклад, від 1 до 5°, переважно від 1,25 до 3,75°.

Більш докладно, на фіг. 11, криволінійний перехід 62 контролюється, щоб можна було гарантувати радіальний розмір закладної сторони SFr. Проте западина 61 різьби може містити сходінку з двома східчастими циліндричними частинами 61a і 61b, внаслідок чого циліндрична частина 61a, безпосередньо суміжна з криволінійним переходом 62, знаходиться в радіальному напрямку далі від поздовжньої осі X, ніж циліндрична частина 61b, суміжна з опорною стороною.

Вершина 60 з'єднана із закладною стороною SFr опуклим криволінійним переходом 66.

Ця вершина 60 з'єднана з опорною стороною LFr складною опуклою поверхнею 67, яка містить частину 68 у формі зрізаного конуса, суміжну з циліндричною частиною вершини 60, причому ця частина 68 у формі зрізаного конуса з'єднана радіусом 69 кривизни з опорною стороною LFr.

Радіальна висота закладної сторони SFr є більшою, ніж радіальна висота опорної сторони LFr, внаслідок чого частина із зовнішньою різьбою містить частину у формі зрізаного конуса в напрямку, в якому уявна лінія PL (середня лінія), яка проходить через центр закладних сторін SFr, які ідуть одна за одною, та опорних сторін LFr гвинтової поверхні визначає кут 70 конусності щодо поздовжньої осі X. На цій частині у формі зрізаного конуса гвинтова поверхня

утворена між поверхнями двох уявних обгинальних поверхонь 71 і 72 у формі зрізаного конуса, відповідно паралельних відносно середньої лінії PL. Уявна нижня обгинальна поверхня 71 проходить через точки дотику між западиною 61 різьби та криволінійним переходом 62, суміжним із закладною стороною SFr, кожного витка гвинтової поверхні в цій частині у формі зрізаного конуса. Уявна верхня обгинальна поверхня 72 проходить через точку дотику між опуклим криволінійним переходом 66, суміжним із закладною стороною SFr, та вершиною 60 різьби.

Кут 70 є таким, що конусність цієї частини 18a та/або 18b із зовнішньою різьбою становить від 5 до 15 %, переважно від 8 до 12 %.

Гвинтова поверхня містить, окрім описаної вище частини 74 у формі зрізаного конуса, циліндричну частину 73 на кінці гвинтової поверхні, причому ця циліндрична частина 73 має більше одного витка, переважно менше трьох витків, зокрема, менше двох витків. В описаному варіанті здійснення цей кінець гвинтової поверхні, який має циліндричну форму 73, розміщений на стороні кінця частини із зовнішньою різьбою, який знаходиться якнайближче в осьовому напрямку до вільного краю 19. Зокрема, кожна з першої частини 18a із зовнішньою різьбою та другої частини 18b із зовнішньою різьбою містить таку циліндричну частину 73, суміжну з частиною 74 у формі зрізаного конуса гвинтової поверхні.

Циліндрична частина 73 гвинтової поверхні є такою, що послідовні западини 61 цієї циліндричної частини паралельні та колінеарні одна до одної. Уявна нижня обгинальна поверхня 71 стає паралельною відносно осі X у цій циліндричній частині, у той час як уявна верхня обгинальна поверхня 72 зберігає таку саму конусність для частини 74 у формі зрізаного конуса та циліндричної частини 73.

Гвинтова поверхня частини із зовнішньою різьбою містить, крім того, частину 75 зі збігом різьби на протилежному кінці частини із зовнішньою різьбою, а саме на кінці гвинтової поверхні, який найбільш віддалений в осьовому напрямку від вільного краю 19. Зокрема, кожна з першої частини 18a із зовнішньою різьбою та другої частини 18b з внутрішньою різьбою містить таку частину 75 зі збігом різьби, суміжну з частиною 74 у формі зрізаного конуса, причому частина 74 у формі зрізаного конуса розташована між частиною 75 зі збігом різьби та циліндричною частиною 73. Ця частина 75 зі збігом різьби є такою, що витки різьби мають меншу висоту, та послідовні вершини 60 цієї частини 75 зі збігом різьби паралельні та колінеарні одна до одної. Уявна верхня обгинальна поверхня 72 стає паралельною відносно осі X у цій частині 75 зі збігом різьби. Ця частина 75 зі збігом різьби містить більше одного витка, переважно менше трьох витків, зокрема, менше двох витків. У частині 75 зі збігом різьби уявна нижня обгинальна поверхня 71 має конусність, ідентичну конусності, яка спостерігається в частині 74 у формі зрізаного конуса.

Наявність циліндричної частини 73 дозволяє обмежити радіальний об'єм частини із зовнішньою різьбою товщиною стінки, на якій утворений охоплюваний елемент бурильного замка. Отже, може бути гарантована більша мінімальна товщина на рівні внутрішньої 25 та проміжної 27 охоплюваних ущільнювальних поверхонь відповідно. За рахунок такої конфігурації частини із зовнішньою різьбою покращуються характеристики ущільнення.

Крім того, наявність циліндричної частини 73, суміжної з частиною 74 у формі зрізаного конуса, дозволяє уникнути будь-якої раптової зміни жорсткості охоплюваної ненарізної внутрішньої частини 30. Така конфігурація дозволяє уникнути передчасної пластифікації зон з'єднання, які сприймають максимум напруги.

Гвинтова поверхня частини із зовнішньою різьбою є такою, що крок SFLp закладної сторони є постійним у частині 74 у формі зрізаного конуса, а також є постійним у частині 75 зі збігом різьби. Крок, зокрема, є однаковим у частині 74 у формі зрізаного конуса і в частині 75 зі збігом різьби. Крок LFLp закладної сторони є однаковим у частині 74 у формі зрізаного конуса і частині 75 зі збігом різьби, причому цей крок LFLp також дорівнює кроку SFLp закладної сторони.

Крок SFLp1 закладної сторони і крок LFLp1 опорної сторони дорівнюють постійній k1 для першої частини 18a із зовнішньою різьбою. Подібним чином для другої частини 18b із зовнішньою різьбою крок SFLp2 закладної сторони і крок LFLp2 опорної сторони дорівнюють тій самій постійній k1. Згідно з даним винаходом ця постійна k1 становить, наприклад, від 5 до 20 мм, переважно від 6 до 8 мм.

Переважно ширина Wtp зуба частини із зовнішньою різьбою, яка визначається як результат вимірювання по поздовжній осі X відстані між закладною стороною SFr та опорною стороною LFr в точках перетину з середньою лінією PL є такою, що цей зуб має ширину, яка менше половини постійної k1, зокрема, менше 40 % від значення k1.

На фіг. 12 показана частина 94 у формі зрізаного конуса на двох витках гвинтової поверхні першої та другої частин 16a, 16b з внутрішньою різьбою відповідно. Описана нижче структура

гвинтової поверхні відтворюється щонайменше на декількох витках, щонайменше на 3 витках, при збереженні розмірів, форм та пропорцій, викладених нижче.

Гвинтова поверхня частини з внутрішньою різьбою містить опорну сторону LFb, вершину 80 різьби, закладну сторону SFb та западину 81 різьби. Западина 80 та вершина 81 утворюють сегменти, паралельні відносно поздовжньої осі X. Западина 81 різьби з'єднана увігнутим криволінійним переходом 82 із закладною стороною SFb. Увігнутий криволінійний перехід 82 є таким, що западина 81 різьби та закладна сторона SFb утворюють кут, який більше 90° . Таким же чином, як і на рівні западини 61 зовнішньої різьби, западина 81 різьби може містити сходінку з двома східчастими циліндричними частинами 81a і 81b, внаслідок чого циліндрична частина 81a, безпосередньо суміжна з увігнутим криволінійним переходом 82, знаходиться радіально ближче відносно поздовжньої осі, ніж циліндрична частина 81b цієї западини 81, суміжна з опорною стороною LFp.

Закладна сторона SFp є прямолінійною та утворює кут 83 по відношенню до нормалі N до поздовжньої осі X. Западина 81 різьби з'єднана другим увігнутим криволінійним переходом 84 з опорною стороною LFb на кінці западини 81 різьби, протилежному тому, яким ця западина різьби з'єднується із закладною стороною SFb. Другий увігнутий криволінійний перехід 84 є таким, що западина 81 різьби та опорна сторона LFb утворюють кут, який менше 90° . Опорна сторона LFb є прямолінійною та утворює кут 85 по відношенню до нормалі N до поздовжньої осі X.

Кут 85 дорівнює куту 83 плюс-мінус допуски на механічну обробку, а саме $\pm 0,25^\circ$.

Кут 85 дорівнює куту 65 плюс-мінус допуски на механічну обробку, а саме $\pm 0,25^\circ$.

Кут 83 дорівнює куту 63 плюс або мінус допуски на механічну обробку, а саме $\pm 0,25^\circ$.

Кут 83 становить, наприклад, від 1° до 5° , переважно від $1,25^\circ$ до $3,75^\circ$.

Як показано більш докладно на фіг. 13, вершина 80 з'єднана із закладною стороною SFb опуклим криволінійним переходом 86. Криволінійний перехід 86 містить радіус 86a сполучення по дотичній із закладною стороною SFb, радіус 86c сполучення по дотичній з вершиною 80 та поверхню 86b у формі зрізаного конуса, з'єднану по дотичній з обох сторін зі з'єднаннями 86a і 86c по дотичній. Поверхня 86b у формі зрізаного конуса утворює тупий кут 86d, наприклад, відкритий кут, який становить від 190° до 240° , переважно порядку 225° , відносно закладної сторони SFb. Поверхня 86b у формі зрізаного конуса утворює фаску, яка полегшує вставлення охоплюваного елемента бурильного замка в охоплювальний елемент бурильного замка. Ця поверхня 86b у формі зрізаного конуса зменшує осьову ширину вершини 80 таким чином, що між цією поверхнею 86b у формі зрізаного конуса та доповнювальним профілем частини із зовнішньою різьбою утворюється додатковий об'єм; причому цей об'єм також дозволяє сприяти зниженню тиску мастила у різьбі.

Ця вершина 80 з'єднана з опорною стороною LFb складною опуклою поверхнею 87, яка містить частину 88 у формі зрізаного конуса, суміжну з циліндричною частиною вершини 80, причому ця частина 88 у формі зрізаного конуса з'єднана радіусом 89 кривизни з опорною стороною LFb.

Радіальна висота опорної сторони LFb є більшою, ніж радіальна висота закладної сторони SFb, внаслідок чого частина з внутрішньою різьбою містить частину у формі зрізаного конуса в напрямку, в якому уявна лінія PL (середня лінія), яка проходить через центр закладних сторін SFb, які ідуть одна за одною, та опорних сторін LFb гвинтової поверхні, утворює кут конусності 90° щодо поздовжньої осі X.

Конусність цієї уявної лінії є такою самою, як і конусність, яка визначається частиною 75 у формі зрізаного конуса частини із зовнішньою різьбою, причому ці лінії PL накладаються одна на одну в зібраному положенні з'єднання, як можна бачити на фіг. 14.

У цій частині 94 у формі зрізаного конуса частини з внутрішньою різьбою гвинтова поверхня утворена між поверхнями двох уявних обгинальних поверхонь 91 і 92 у формі зрізаного конуса, відповідно паралельних відносно середньої лінії PL. Уявна верхня обгинальна поверхня 91 проходить через точки дотику між западиною 81 різьби та криволінійним переходом 82, суміжним із закладною стороною SFb, кожного витка гвинтової поверхні в цій частині 94 у формі зрізаного конуса. Уявна верхня обгинальна поверхня 92 проходить через точку дотику між опуклим криволінійним переходом 86, суміжним із закладною стороною SFb, та вершиною 80 різьби.

Кут 90° є таким, що конусність цієї частини 16a та/або 16b з внутрішньою різьбою становить від 5 до 15 %, переважно від 8 до 12 %.

Гвинтова поверхня містить, крім описаної вище частини 94 у формі зрізаного конуса, частину зі збігом різьби на кінці гвинтової поверхні, причому ця частина 95 зі збігом різьби має більше одного витка, переважно менше трьох витків, зокрема, менше двох витків. В описаному

варіанті здійснення цей кінець гвинтової поверхні розміщений на стороні кінця частини з внутрішньою різьбою, яка найбільш віддалена в осьовому напрямку від вільного краю 17 охоплювального елемента бурильного замка. Зокрема, кожна з першої частини 16a з внутрішньою різьбою та другої частини 16b з внутрішньою різьбою містить таку частину 95 зі збігом різьби, суміжну з частиною 94 у формі зрізаного конуса гвинтової поверхні.

Частина 95 зі збігом різьби є такою, що витки різьби мають меншу висоту, та послідовні вершини 80 цієї частини 95 зі збігом різьби паралельні та колінеарні одна до одної. Уявна нижня обгинальна поверхня 92 стає паралельною відносно осі X у цій частині 95 зі збігом різьби. У частині 95 зі збігом різьби уявна верхня обгинальна поверхня 91 має конусність, ідентичну конусності, яка спостерігається в частині 94 у формі зрізаного конуса.

У складеному положенні охоплюваного елемента бурильного замка з охоплювальним елементом бурильного замка частина 95 зі збігом різьби частини із зовнішньою різьбою входить у зачеплення з циліндричною частиною 73 відповідної частини із зовнішньою різьбою.

У варіанті здійснення згідно з даним винаходом частина 94 у формі зрізаного конуса частини з внутрішньою різьбою містить більше верхівок, ніж частина у формі зрізаного конуса 74 частини із зовнішньою різьбою. Фактично, частина 75 зі збігом різьби частини із зовнішньою різьбою входить у зачеплення з частиною у формі зрізаного конуса частини з внутрішньою різьбою у складеному положенні з'єднання.

Зокрема, частина 18a із зовнішньою різьбою може містити більше верхівок, ніж друга частина 18b із зовнішньою різьбою.

Зокрема, перша частина 16a з внутрішньою різьбою може містити більше верхівок, ніж друга частина 16b з внутрішньою різьбою.

Зокрема, частина 74 у формі зрізаного конуса першої частини 18a із зовнішньою різьбою може містити більше верхівок, ніж частина 74 у формі зрізаного конуса другої частини 18b із зовнішньою різьбою.

Зокрема, частина 94 у формі зрізаного конуса першої частини 16a з внутрішньою різьбою може містити більше верхівок, ніж частина 94 у формі зрізаного конуса другої частини 16b з внутрішньою різьбою.

Гвинтова поверхня частини з внутрішньою різьбою є такою, що крок SFLb закладної сторони є постійним у частині 94 у формі зрізаного конуса, а також є постійним у частині 95 зі збігом різьби. Крок, зокрема, є однаковим у частині 94 у формі зрізаного конуса і в частині 95 зі збігом різьби. Крок LFLb опорної сторони є однаковим у частині 94 у формі зрізаного конуса і частині 95 зі збігом різьби, причому цей крок LFLb також дорівнює кроку SFLb закладної сторони.

Крок SFLb1 закладної сторони і крок LFLb1 опорної сторони дорівнюють постійній k2 для першої частини 16a з внутрішньою різьбою. Подібним чином для другої частини 16b з внутрішньою різьбою крок SFLb2 закладної сторони і крок LFLb2 опорної сторони дорівнюють тій самій постійній k2.

Згідно з даним винаходом постійні k1 і k2 дорівнюють одна одній, та вони також можуть бути позначені вільним членом k. З урахуванням допусків на механічну обробку в рамках даного винаходу k1 дорівнює k2 +/- 0,05 мм.

Переважаю ширина Wtb зуба частини з внутрішньою різьбою, яка визначається як результат вимірювання по поздовжній осі X відстані між упорною поверхнею SFb та опорною стороною LFb в точках перетину з середньою лінією PL, є такою, що цей зуб має ширину, яка перевищує ширину Wtp зуба частини 74 у формі зрізаного конуса частини із зовнішньою різьбою.

На практиці, згідно з даним винаходом та в показаному прикладі важливо визначення зубів частин із зовнішньою різьбою, які мають ширину, що є меншою, ніж ширина зубів частин із внутрішньою різьбою. Наприклад, у показаному варіанті здійснення

[Рівняння 9]

$$50\% < \frac{Wtp}{Wtb} < 80\%$$

та

[Рівняння 10]

$$Wtp + Wtb < k$$

Переважаю

[Рівняння 11]

$$55\% < \frac{Wtp}{Wtb} < 75\%$$

Або навіть

[Рівняння 12]

$$67\% < \frac{W_{tp}}{W_{tb}} < 73\%$$

Оскільки зуби частини з внутрішньою різьбою більше, ніж зуби частини із зовнішньою різьбою, охоплювальні зуби, таким чином, мають меншу тенденцію до пластифікації. Тепер у з'єднанні згідно з даним винаходом напруги більш чітко видно в зоні 99, яка проходить між першими зубами, зачепленими на стороні внутрішніх ущільнювальних поверхонь 25 і 26, та вказаними ущільнювальними поверхнями (див. фіг. 5).

Лінії максимального зсуву, які можуть бути змодельовані в з'єднанні згідно з даним винаходом при стискальному навантаженні, показані під кутом 45° щодо вершини 60 на стороні, де ця вершина з'єднується із закладною стороною SFp. І навпаки, максимальні лінії зсуву, які можуть бути змодельовані в з'єднанні згідно з даним винаходом при розтягувальному навантаженні, показані під кутом 45° щодо вершини 60 на стороні, де ця вершина з'єднана з опорною стороною LFr. Перетин цих змодельованих ліній зсуву дозволяє визначити трикутник максимальних напруг над кожною вершиною частини із зовнішньою різьбою. Ці трикутники локалізують зони, в яких ризики пластифікації всередині охоплювального елемента бурильного замка є максимальними. Автори даного винаходу виявили, що для підтримки ефективності з'єднання важливо обмежити висоту цих трикутників, таким чином вибрати співвідношення, як заявлено, для обмеження пластифікації в охоплювальному елементі бурильного замка, який має обмежену товщину через конструкцію інтегрального з'єднання.

У складеному положенні, як показано на фіг. 14, опорні сторони LFr та Lfb знаходяться в контакті, між закладними сторонами SFp і SFb підтримується осьовий зазор 100. Подібним чином радіальний зазор 101 підтримується між вершинами 60 частини із зовнішньою різьбою та западинами 81 частини з внутрішньою різьбою, у той час як уявні лінії 71 і 91 накладаються одна на одну, оскільки вершина 80 частини з внутрішньою різьбою входить у контакт із западиною 61 різьби частини із зовнішньою різьбою.

Радіальний зазор 101 також дозволяє обмежити розміри зон максимальних напруг в охоплювальному елементі бурильного замка.

Наприклад, зазори 100 і 101 становлять від 0,1 мм до 0,5 мм, переважно від 0,2 до 0,3 мм. При такому осьовому зазорі ширина зуба задовольняє наступні умови:

[Рівняння 13]

$$W_{tp} + W_{tb} < k - 0,1 \text{ мм}$$

Оскільки частина із зовнішньою різьбою має циліндрично-конічну форму, між гвинтовими поверхнями складених частин із зовнішньою та внутрішньою різьбами залишається невеликий вільний об'єм. Коли з'єднання згідно з даним винаходом використовується з нанесенням мастила для згвинчування на охоплюваний та охоплювальний елементи бурильного замка перед їхнім складанням, залишається мало місця, щоб уникнути підвищення тиску мастила всередині з'єднання. Згідно з даним винаходом в частині з внутрішньою різьбою та, зокрема, у першій частині 16a з внутрішньою різьбою передбачена кільцева канавка 0, яка дозволяє приймати надлишок мастила, яке тече назад. Перевага цієї канавки полягає в тому, що мастило може локально накопичуватися під час згвинчування або використання з'єднання за певних умов температури і тиску. Ця кільцева канавка передбачена в частині з внутрішньою різьбою, яка розташована між двома ущільнювальними поверхнями.

У показаному варіанті здійснення без ущільнення між вільним краєм 17 охоплювального елемента бурильного замка та другою частиною з внутрішньою різьбою кільцева канавка не передбачена в другій частині з внутрішньою різьбою.

На фіг. 15 кільцева канавка 110 утворена між уявними внутрішньою 92 та зовнішньою 91 лініями. Наприклад, кільцева канавка 110 має осьову ширину G порядку постійної k. Канавка 110 містить западину 111 у формі зрізаного конуса, яка має конусність, ідентичну конусності частини з внутрішньою різьбою. Кільцева канавка є несиметричною. На одній стороні западини 111, на стороні внутрішньої ущільнювальної поверхні 26, западина 111 з'єднана з прямолінійною частиною 112, яка має кут 113 з нормаллю N, який становить від 10° до 30° . На протилежній стороні западини 111, на стороні проміжної ущільнювальної поверхні 28, западина 111 з'єднана з іншою прямолінійною частиною 114, яка має кут 115 з нормаллю N, який становить від 30° до 85° .

Ця канавка дозволяє видалити газ із мастила без тимчасової втрати ущільнення або ризику локальної пластифікації з'єднання, в той час як з'єднання знаходиться на дуже великій глибині і піддається впливу температури порядку 180°C . Даний винахід також застосовний до нарізних сполук між охоплюваним елементом бурильного замка, який містить одну нарізну частину, та охоплювальним елементом бурильного замка, який також містить одну нарізну частину. Ці з'єднання згідно з даним винаходом (не показані) можуть містити одне або два ущільнення

метал-метал, а також осьовий упор.

Даний винахід також застосовний до нарізних муфтових з'єднань.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

1. Нарізне трубне з'єднання для буріння й/або експлуатації вуглеводневих свердловин, яке містить першу трубу (12), забезпечену на першому дальньому кінці охоплюваним елементом (18) бурильного замка, та другу трубу (14), забезпечену на другому дальньому кінці охоплювальним елементом (16) бурильного замка, причому охоплюваний елемент (18) бурильного замка виконаний із можливістю складання за допомогою згвинчування з охоплювальним елементом (16) бурильного замка, причому перша труба (12), складена з другою трубою (14), разом визначають поздовжню вісь, причому охоплюваний елемент (18) бурильного замка містить частину (18a, 18b) із зовнішньою різьбою, причому охоплювальний елемент (16) бурильного замка містить частину (16a, 16b) з внутрішньою різьбою, яка входить у зачеплення з частиною із зовнішньою різьбою, коли з'єднання складено, причому кожна з частин із зовнішньою та внутрішньою різьбами містить щонайменше одну гвинтову поверхню, забезпечену опорною стороною, вершиною різьби, закладною стороною, западиною різьби, внаслідок чого крок LFLp опорної сторони та крок SFLp закладної сторони частини із зовнішньою різьбою і відповідно крок LFLb опорної сторони та крок SFLb закладної сторони частини з внутрішньою різьбою задовольняють наступній умові щонайменше для двох послідовних витків відповідних гвинтових поверхонь частин із зовнішньою та внутрішньою різьбами:

[Рівняння 14]

$$SFLp = LFLp = SFLb = LFLb = k,$$

25

та внаслідок чого вздовж поздовжньої осі в цих щонайменше двох послідовних витках ширина (Wtp) зуба гвинтової поверхні частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою та ширина (Wtb) зуба гвинтової поверхні відповідної частини (16a, 16b) з внутрішньою різьбою є такими, що

[Рівняння 15]

$$50 \% < \frac{Wtb}{Wtp} < 80 \%$$

30

або

[Рівняння 16]

$$50 \% < \frac{Wtb}{Wtp} < 80 \%$$

та

[Рівняння 17]

$$Wtp + Wtb < k$$

35

2. Нарізне трубне з'єднання за п. 1, яке **відрізняється** тим, що задовольняється викладена нижче математична умова

[Рівняння 18]

$$55 \% < \frac{Wtb}{Wtp} < 75 \%$$

40

3. Нарізне трубне з'єднання за п. 1 або 2, яке **відрізняється** тим, що задовольняється викладена нижче математична умова

[Рівняння 19]

$$67 \% < \frac{Wtb}{Wtp} < 73 \%$$

45

4. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що ширина (Wtp) зуба гвинтової поверхні частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою становить від 2,5 до 3,5 мм.

5. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що ширина (Wtp) зуба гвинтової поверхні частини (16a, 16b) з внутрішньою різьбою становить від 3,7 до 4,5 мм.

50

6. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що ширини (Wtp, Wtb) зубів гвинтових поверхонь частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою та відповідно частин (16a, 16b) із внутрішньою різьбою задовольняють наступній умові

[Рівняння 20]

$$W_{tp} + W_{tb} < k - 0,1 \text{ мм}$$

по вказаним щонайменше двом послідовним виткам цих гвинтових поверхонь.

7. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що ширини зубів повних гвинтових поверхонь частин (18a, 18b) із зовнішньою різьбою та відповідно частин (16a, 16b) із внутрішньою різьбою задовольняють наступній умові: для кожного витка (n) ширина зуба зовнішньої різьби ($W_{tp\ n}$) і ширина зуба внутрішньої різьби ($W_{tb\ n}$) є такими, що для кожного n

[Рівняння 21]

$$W_{tpn} + W_{tbn} < k - 0,1 \text{ мм}$$

8. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що частина закладної сторони є паралельною відносно частини опорної сторони з допуском $\pm 0,25^\circ$ на нахил цих частин відносно поздовжньої осі.
9. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що закладна сторона та опорна сторона гвинтової поверхні частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою є відповідно прямолінійними і відповідно з'єднані радіусами (62, 64, 66, 68) сполучення із суміжною вершиною (60) різьби і западиною (61) різьби.
10. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що закладна сторона (SFb) гвинтової поверхні частини з внутрішньою різьбою містить прямолінійний сегмент, з'єднаний із вершиною (80) різьби сегментом, який нахилений щодо закладної сторони так, щоб мати таку опуклість, що ці два сегменти утворюють між собою тупий кут (86d), який становить від 190° до 260° .
11. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що западина (61) різьби гвинтової поверхні частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою містить два сегменти (61a, 61b): перший сегмент (61a) западини зовнішньої різьби, розташований на стороні закладної сторони, та другий сегмент (61b) западини зовнішньої різьби, розташований на стороні опорної сторони, внаслідок чого радіальна відстань першого сегмента западини зовнішньої різьби дорівнює або більше радіальної відстані другого сегмента западини зовнішньої різьби, причому радіальні відстані оцінюються відносно вершини (60) різьби, суміжної із вказаною западиною (61) різьби гвинтової поверхні частини із зовнішньою різьбою.
12. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що опорна сторона гвинтової поверхні частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою утворює кут від 1° до 5° відносно до нормалі до поздовжньої осі та паралельно опорній стороні гвинтової поверхні частини (16a, 16b) з внутрішньою різьбою з допуском $\pm 0,25^\circ$ на нахил цих опорних сторін відносно поздовжньої осі.
13. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що опорна сторона гвинтової поверхні частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою утворює із суміжною западиною різьби цієї гвинтової поверхні кут, який менше або дорівнює 90° .
14. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що гвинтова поверхня частини (16a, 16b) з внутрішньою різьбою має форму зрізаного конуса, має конусність від 5 до 15 %.
15. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що гвинтова поверхня частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою містить щонайменше частину у формі зрізаного конуса, яка має конусність, ідентичну конусності гвинтової поверхні частини (16a, 16b) з внутрішньою різьбою.
16. Нарізне трубне з'єднання за будь-яким із попередніх пунктів, яке **відрізняється** тим, що крок LFLp опорної сторони і крок SFLp закладної сторони становлять від 5 до 20 мм.
17. Нарізне трубне з'єднання за попереднім пунктом, яке **відрізняється** тим, що кожна з частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою і відповідно частини (16a, 16b) з внутрішньою різьбою містять одну гвинтову поверхню.
18. Нарізне трубне з'єднання за попереднім пунктом, яке **відрізняється** тим, що гвинтові поверхні частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою і відповідно частини (16a, 16b) з внутрішньою різьбою містять щонайменше 3 витки.
19. Нарізне трубне з'єднання за попереднім пунктом, яке **відрізняється** тим, що вершини різьби та западини різьби частин із зовнішньою та внутрішньою різьбами мають конусність, яка є меншою, ніж конусність вказаних нарізних частин.
20. Нарізне трубне з'єднання за попереднім пунктом, яке **відрізняється** тим, що радіальна висота закладної сторони частини (18a, 18b) із зовнішньою різьбою є більшою, ніж радіальна висота опорної сторони цієї частини із зовнішньою різьбою.

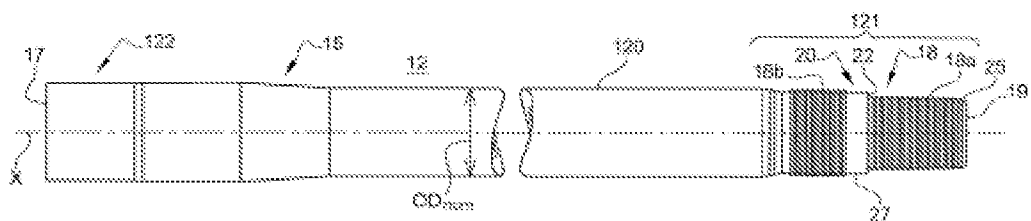


Fig. 1

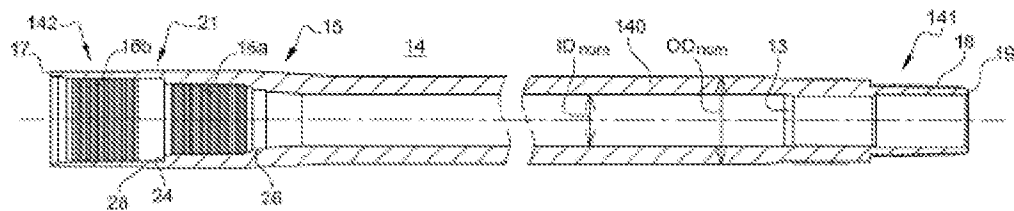


Fig. 2

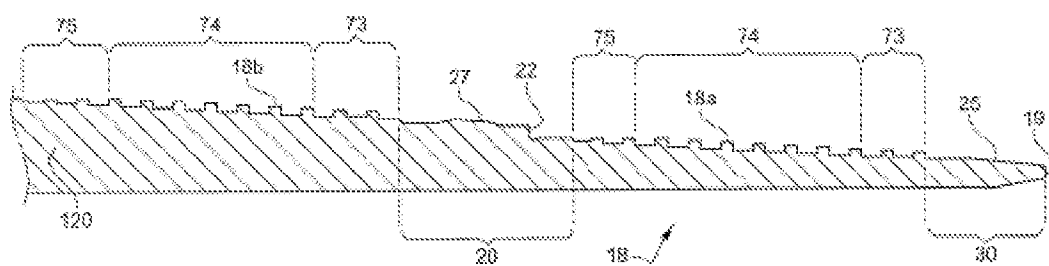


Fig. 3

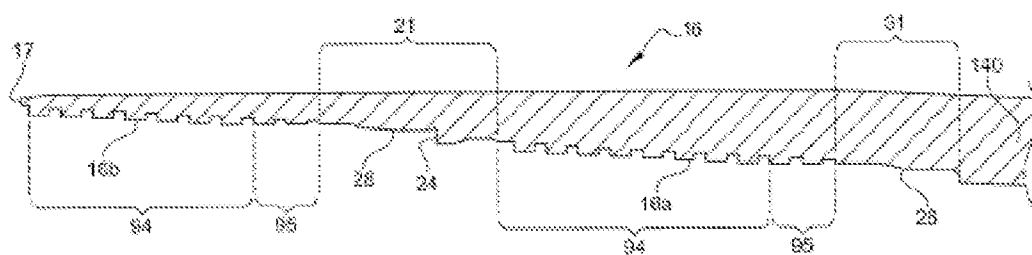


Fig. 4

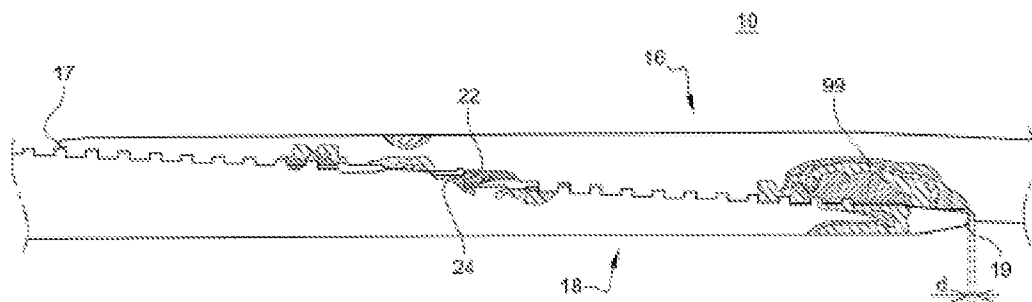


Fig. 5

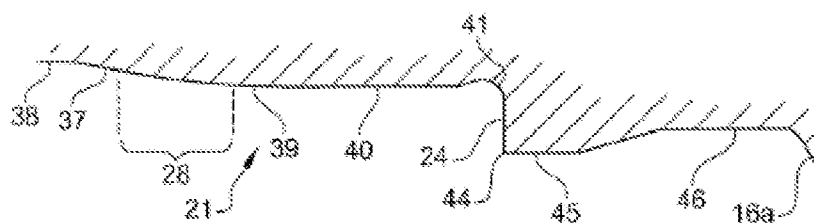


Fig. 6

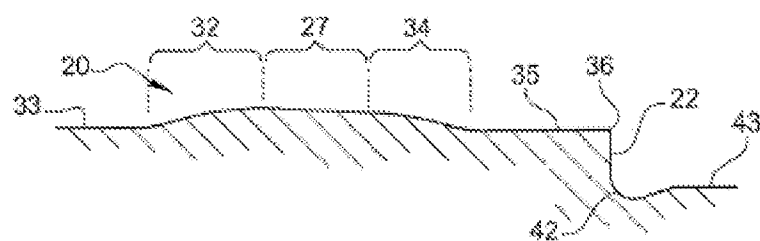


Fig. 7

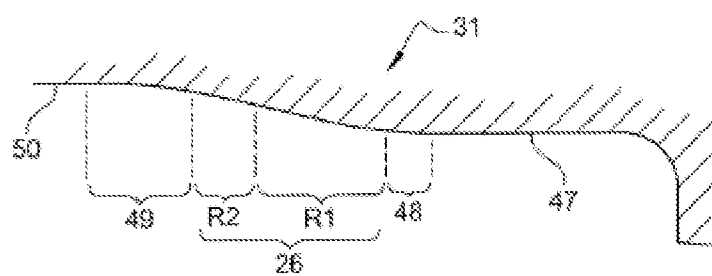


Fig. 8

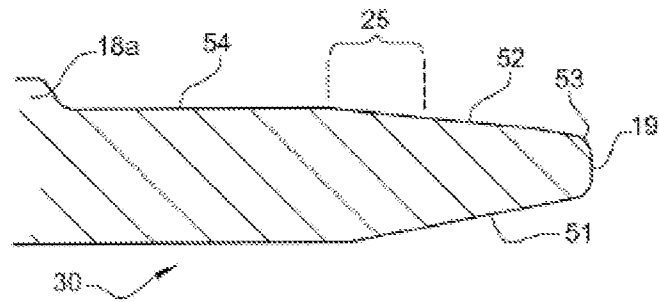


Fig. 9

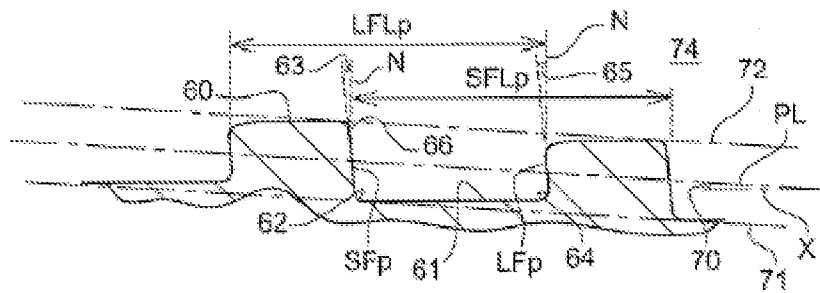


Fig. 10

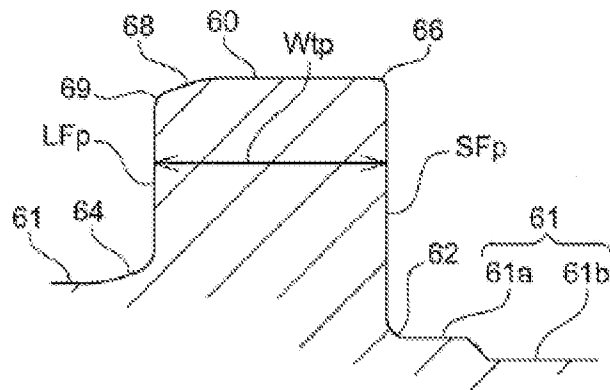


Fig. 11

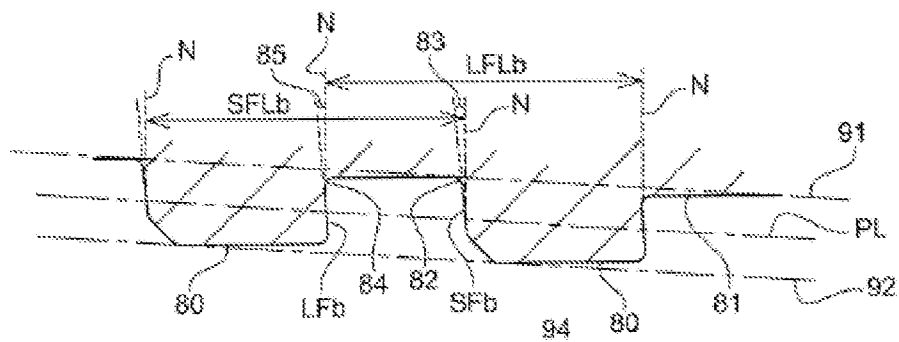


Fig. 12

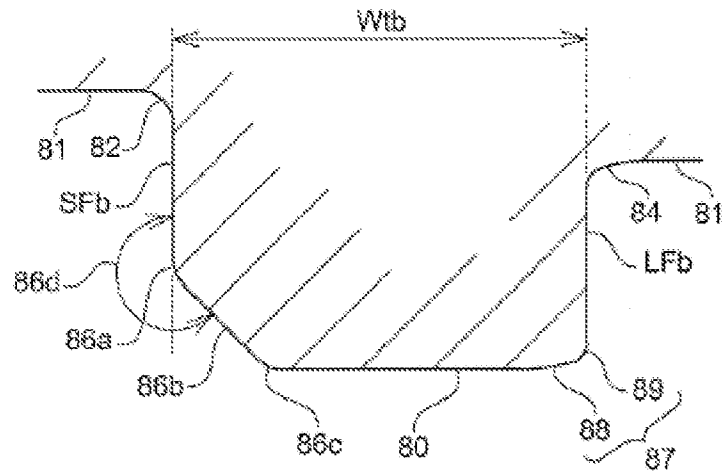


Fig. 13

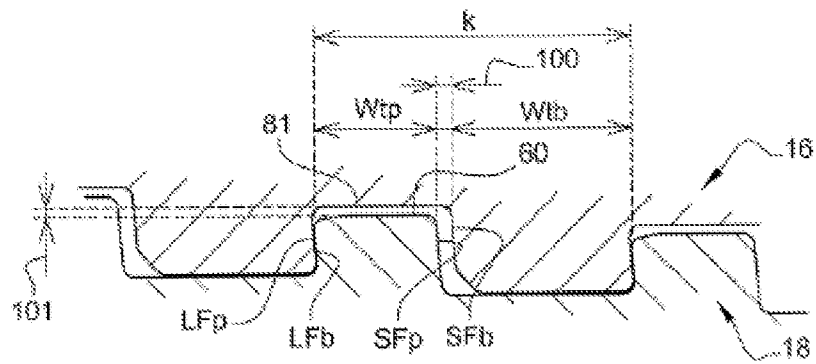


Fig. 14

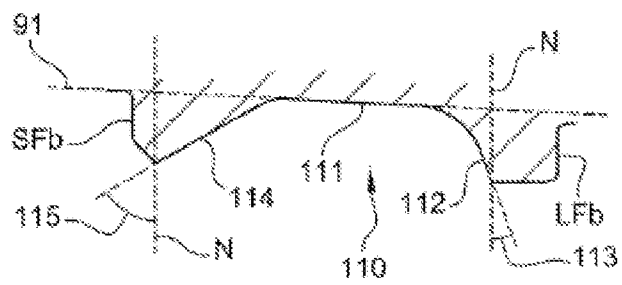


Fig. 15