

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036471**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.13

(21) Номер заявки
201991645

(22) Дата подачи заявки
2018.02.21

(51) Int. Cl. **F16L 15/04** (2006.01)
E21B 17/042 (2006.01)
F16L 15/00 (2006.01)

(54) РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ

(31) **2017-043789**

(32) **2017.03.08**

(33) **JP**

(43) **2020.01.31**

(86) **PCT/JP2018/006296**

(87) **WO 2018/163829 2018.09.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НИППОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН
(JP); ВАЛЛУРЕК ОЙЛ ЭНД ГЭС
ФРАНС (FR)**

(72) Изобретатель:
**Иносе Кеита, Сугино Масааки, Окада
Такаси (JP)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) **JP-A-50129402**
JP-A-9119565
JP-A-10318455
JP-A-2015132285

(57) В изобретении высокие показатели работы уплотнения обеспечены в резьбовом соединении, применяемом для труб для нефтяных скважин с большой толщиной стенки и с показателем эффективности соединения меньше 1. Резьбовое соединение (10) соединяет трубы для нефтяных скважин (1). Резьбовое соединение (10) содержит два ниппеля (11) и трубную соединительную муфту. Каждый из ниппелей (11) обеспечен на конце трубы для нефтяной скважины (1) и не имеет разрыва с телом (12) трубы, которое имеет толщину стенки не меньше 12 мм. Соединительная муфта (2) содержит две муфты (21) и участок (22) углубления. Муфта (21) обеспечена на обоих концах соединительной муфты (2). Участок (22) углубления имеет длину не меньше 10 мм. Резьбовое соединение (10) имеет показатель эффективности соединения меньше 1. Когда толщина стенки тела (12) трубы обозначена как t_{pipe} , толщина стенки и длина участка углубления (22) обозначены как t_1 и $2 \times L_1$ соответственно, и длина каждой из муфт (21) обозначена как L_2 , и если следующие выражения (1) и (2) образуют T и L, тогда T и L удовлетворяют следующему выражению (3):

$$T = \frac{t_1}{t_{pipe}} \quad (1)$$

$$L = \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad (2)$$

$$T \cdot L^{15} > 1.4 \quad (3)$$

036471 B1**036471 B1**

Область техники

Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению, и конкретнее, к резьбовому соединению для соединения труб для нефтяных скважин с помощью трубной соединительной муфты.

Уровень техники

В нефтяных скважинах или газовых скважинах (ниже в данном документе называемых "нефтяная скважина" или т.п.), например, применяют стальные трубы, называемые трубами для нефтяных скважин. Трубы для нефтяных скважин соединяют друг с другом посредством резьбовых соединений и устанавливают в нефтяных скважинах.

Такие резьбовые соединения в общем классифицируют, как соединения интегрального типа и соединения муфтового типа. Соединение интегрального типа соединяет напрямую трубы для нефтяных скважин. Более конкретно, охватывающая резьба обеспечена на внутренней периферии конца трубы для нефтяной скважины, и охватываемая резьба обеспечена на наружной периферии конца трубы для нефтяных скважин, и охватываемую резьбу одной трубы для нефтяной скважины ввинчивают в охватывающую резьбу другой трубы для нефтяной скважины, чтобы соединить трубы для нефтяной скважины. Соединение муфтового типа соединяет трубы для нефтяной скважины с применением соединительной муфты. Более конкретно, охватывающие резьбы обеспечены на внутренней периферии обоих концов соединительной муфты, и охватываемая резьба обеспечена на наружной периферии конца трубы для нефтяных скважин, и охватываемую резьбу ввинчивают в соответствующую охватывающую резьбу соединительной муфты, чтобы соединить трубы для нефтяной скважины.

Концевая часть трубы для нефтяной скважины, на которой обеспечена охватываемая резьба, содержит элемент, подлежащий вставлению в охватывающую резьбу, и обычно называемый "ниппелем". Концевая часть трубы для нефтяной скважины или соединительной муфты, на которой обеспечена охватывающая резьба, содержит элемент для приема охватываемой резьбы и обычно называемый "муфтой".

В последнее время нефтяные скважины становятся все глубже. Обычно в глубоких скважинах применяют трубы для нефтяных скважин с большой толщиной стенки и, следовательно, имеющие высокое сопротивление давлению. Резьбовому соединению для соединения труб для нефтяной скважины с большой толщиной стенки не только требуется высокая прочность и высокие показатели уплотнения, но также требуется учет строгих ограничений по наружным диаметрам для обеспечения установки многочисленных труб для нефтяной скважины внутри друг друга.

Для уменьшения наружного диаметра соединения может быть уменьшена толщина стенки по меньшей мере одного из ниппеля и муфты. Резьбовые соединения с уменьшенной толщиной стенки или уменьшенной толщиной стенок ниппеля и/или муфты содержат, например, соединения уменьшенного диаметра. Резьбовое соединение уменьшенного диаметра имеет наружный диаметр, по существу, равный наружному диаметру тела трубы для нефтяных скважин. Резьбовое соединение уменьшенного диаметра имеет показатель эффективности соединения меньше 1. Показатель эффективности соединения является отношением прочности на растяжение соединения к прочности на растяжение тела трубы для нефтяных скважин, и определяется, как частное от деления площади поперечного сечения части соединения, которая имеет наименьшую площадь сопротивления растягивающей нагрузке, когда соединение свинчено (обычно называемое "критическим сечением"), на площадь поперечного сечения тела трубы для нефтяных скважин.

Максимальная величина внутреннего давления во время опрессовки уплотнения для резьбового соединения зависит от наружного диаметра и толщины стенки тела трубы для нефтяных скважин. Соответственно относительно высокое внутреннее давление многократно прикладывают к резьбовому соединению уменьшенного диаметра во время опрессовки уплотнения, сравнивая с другими резьбовыми соединениями. При этом муфта может деформироваться с увеличением своего диаметра так, что усилие на контакте уплотнения, образованного уплотнительными поверхностями ниппеля и муфты, соприкасающимися друг с другом, уменьшается, потенциально приводя к протечке.

Показатели работы уплотнения резьбового соединения обычно улучшают посредством конструирования различных форм для резьбы или уплотнения. Например, в патентном документе 1 (JP H02 (1990)-80886 A) описана методика для снятия границ помехоустойчивости измеренного в радиальном направлении участка ниппеля с идеальной резьбой, ближайшего к концу ниппеля, при этом предотвращают уменьшение границ помехоустойчивости в уплотнении, обусловленное сцеплением резьб. Патентный документ 2 (японский патент 3726302) описывает методику для повышения показателей работы уплотнения посредством конструирования нерезьбового участка ниппеля, образующего такое уплотнение, что участок имеет двухсекционную коническую конструкцию, и выполняя сужение участка смежного с концом ниппеля меньшего, чем сужение другого участка.

Следующие документы существующей техники включены в данном документе в виде ссылки.

Сущность изобретения

Когда резьбовое соединение уменьшенного диаметра с показателем эффективности соединения меньше 1 проходит опрессовку уплотнения или применяется, внутреннее давление неоднократно прикладывается к соединению, при этом муфта может легко деформироваться с увеличением своего диаметра, что потенциально приводит к протечке. Деформацию муфты с увеличением диаметра, обусловлен-

ную неоднократным приложением внутреннего давления, трудно уменьшить путем разработки новых форм для резьбы или уплотнения. Таким образом, в варианте резьбового соединения уменьшенного диаметра трудно обеспечить высокие показатели работы уплотнения путем разработки различных форм для резьбы или уплотнения, что обычно предпринимается.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение высоких показателей работы уплотнения в резьбовом соединении, применяемом для труб для нефтяных скважин с большой толщиной стенки и с показателем эффективности соединения меньше 1.

Резьбовое соединение настоящего изобретения является резьбовым соединением для соединения труб для нефтяной скважины. Резьбовое соединение содержит два ниппеля и трубную соединительную муфту. Каждый из ниппелей обеспечен на конце соответствующего одного из ниппелей и является неразрывным с телом соответствующей трубы с толщиной стенки не меньше 12 мм. Соединительная муфта содержит две муфты и участок углубления. Муфты обеспечены на обоих концах соединительной муфты. Каждая из муфт выполнена с функциональной возможностью свинчивания с соответствующим ниппелем. Участок углубления расположен между двумя муфтами. Каждый из ниппелей содержит носовую часть, поверхность заплечика ниппеля, охватываемую резьбу и уплотнительную поверхность ниппеля. Носовая часть образует концевой участок ниппеля. Наружная периферийная поверхность носовой части не соприкасается с муфтой, свинченной с ниппелем. Поверхность заплечика ниппеля образована на концевой концевой поверхности носовой части. Охватываемая резьба обеспечена на наружной периферийной поверхности ниппеля и расположена ближе к телу соответствующей трубы, чем носовая часть. Охватываемая резьба является конической резьбой. Уплотнительная поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферийной поверхности ниппеля и расположена между носовой частью и охватываемой резьбой. Каждая из муфт содержит охватывающую резьбу, поверхность заплечика муфты и уплотнительную поверхность муфты. Охватывающая резьба обеспечена на внутренней периферийной поверхности соединительной муфты, соответствующей охватываемой резьбе. Охватывающая резьба является конической резьбой. Поверхность заплечика муфты расположена ближе к середине соединительной муфты, как определено по направлению оси трубы, чем охватывающая резьба. Поверхность заплечика муфты соприкасается с поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение свинчено, для образования упора. Уплотнительная поверхность муфты обеспечена на внутренней периферийной поверхности соединительной муфты и расположена между охватывающей резьбой и поверхностью заплечика муфты. Уплотнительная поверхность муфты соприкасается с уплотнительной поверхностью ниппеля, когда соединение свинчено, для образования уплотнения. Участок углубления имеет длину не меньше 10 мм, измеренную в направлении оси трубы. Соединение имеет показатель эффективности соединения меньше 1. Показатель эффективности соединения вычисляют как частное от деления $A1/A2$, где $A1$ площадь поперечного сечения соединительной муфты, измеренная на концах смежных с уплотнением охватываемой резьбы и охватывающей резьбы, сцепленных друг с другом, когда соединение свинчено (поперечное сечение участка соединения, который имеет наименьшую площадь сопротивления растягивающей нагрузке, когда соединение свинчено), и $A2$ площадь поперечного сечения тела. Когда толщина стенки тела выражена как t_{pipe} , толщина стенки участка углубления и длина участка углубления, измеренная в направлении оси трубы, выражены как t_1 и $2 \times L_1$ соответственно, и длина каждой из муфт, измеренная в направлении оси трубы, выражена как L_2 , и когда следующее выражение (1) дает T и следующее выражение (2) дает L , T и L удовлетворяют следующему выражению (3).

$$T = \frac{t_1}{t_{pipe}} \quad (1)$$

$$L = \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad (2)$$

$$T \cdot L^{1/5} > 1.4 \quad (3)$$

Настоящее изобретение обеспечивает высокие показатели работы уплотнения в резьбовом соединении, применяемом для труб для нефтяных скважин с большой толщиной стенки и с показателем эффективности соединения меньше 1.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 схематично показано продольное сечение резьбового соединения, применяемого для рассмотрения конструирования соединительной муфты.

На фиг. 2 показано продольное сечение модели цилиндра из двух частей, которая аппроксимирует соединительную муфту резьбового соединения, показанную на фиг. 1.

На фиг. 3 показан график зависимости между параметром a , относящимся к величине натяга уплотнения, и параметром L , относящимся к длине участка углубления соединительной муфты.

На фиг. 4 показан график зависимости между параметром, относящимся к величине натяга уплотнения, и параметром T , относящимся к толщине стенки участка углубления соединительной муфты.

На фиг. 5 схематично показано сечение резьбового соединения варианта осуществления.

На фиг. 6 схематично показано продольное сечение резьбового соединения вариации варианта осуществления.

Варианты осуществления изобретения

Как рассмотрено выше, в резьбовом соединении уменьшенного диаметра трудно предотвратить деформацию муфты с увеличением диаметра, обусловленную внутренним давлением, даже при разработке новой формы для резьбы или уплотнения. В резьбовом соединении с соединительной муфтой можно увеличить жесткость соединительной муфты для предотвращения деформации муфты с увеличением диаметра. То есть можно увеличить наружный диаметр и толщину стенки соединительной муфты для предотвращения деформации муфты с увеличением диаметра. Вместе с тем, поскольку резьбовое соединение уменьшенного диаметра имеет жесткие ограничения наружного диаметра, имеется предел для увеличения наружного диаметра соединительной муфты.

Обычно участок соединительной муфты, расположенный между муфтами (ниже в данном документе называемый участком углубления) имеет большую толщину стенки, чем участки с уплотнениями муфт и, следовательно, имеет более высокую жесткость. Поэтому участок углубления не имеет значительного увеличения своего диаметра, когда внутреннее давление приложено к резьбовому соединению, и таким образом считается имеющим функцию уменьшения диаметра уплотнительной поверхности муфты.

Изобретатели сосредоточили усилия на участке углубления соединительной муфты и попытались улучшить показатели работы уплотнения с помощью разработки новой конструкции участка углубления. Изобретатели рассмотрели возможность конструирования участка углубления для обеспечения высоких показателей работы уплотнения без увеличения наружного диаметра соединительной муфты.

На фиг. 1 схематично показано продольное сечение резьбового соединения, относящегося к типу с соединительной муфтой. В соединительной муфте данного резьбового соединения $1/2$ длины поверхностей заплечика муфты, измеренной в направлении оси трубы, обозначена L_1 , длина муфты, измеренная в направлении оси трубы, обозначена L_2 , и расстояние между поверхностью заплечика муфты и серединой контакта уплотнительной поверхности муфты, измеренное в направлении оси трубы, обозначено L_s . Когда длина участка углубления, измеренная в направлении оси трубы, вдвое превышает L_1 , L_1 называют ниже длиной участка углубления для простоты объяснения.

Была создана модель цилиндра из двух частей, которая аппроксимирует соединительную муфту, показанную на фиг. 1, и необходимая и достаточная жесткость для данной модели была изучена с применением теории упругих оболочек. На фиг. 2 показано продольное сечение модели цилиндра из двух частей, которую применяли для указанного изучения. В модели цилиндра из двух частей, показанной на фиг. 2, цилиндрический участок S1 с большей толщиной стенки соответствует участку углубления, а цилиндрический участок S2 с меньшей толщиной стенки соответствует муфте.

В варианте стандартного цилиндра величину отклонения w цилиндрической оболочки, обусловленную внутренним давлением P , измеренным на месте, где действие концевых участков пренебрежительно мало, дает выражение (4), приведенное ниже, на основе механики материала. Величина отклонения w составляет $1/2$ величины увеличения диаметра цилиндрической оболочки обусловленного внутренним давлением P . В выражение (4) E является модулем Юнга, ν является коэффициентом Пуассона, r является средним диаметром цилиндра и t является толщиной стенки цилиндра.

$$w = \frac{Pr^2}{Et} + \frac{\nu P}{E}(1 + \nu) \quad (4)$$

Правая сторона выражения (4) является частным решением данной проблемы. Если предположить, что величина отклонения в направлении от оси цилиндра является положительной, фундаментальное уравнение цилиндрической оболочки, на которую действует внутреннее давление P , дает следующее выражение (5):

$$w = \frac{Pr^2}{Et} + \frac{\nu P}{E}(1 + \nu) + e^{\beta x}(C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) + e^{-\beta x}(C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x) \quad (5)$$

Если величины отклонения в цилиндрах S1 и S2 обозначить w_1 и w_2 , тогда w_1 и w_2 дают следующие выражения (6) и (7). r_i в выражениях (6) и (7) является внутренним диаметром участка углубления соединительной муфты, то есть внутренним диаметром цилиндрического участка S1.

$$w_1 = \frac{P(r_i + t_1/2)^2}{E_1 t_1} + \frac{\nu_1 P}{E_1}(1 + \nu_1) + e^{\beta_1 x}(C_{11} \cos \beta_1 x + C_{12} \sin \beta_1 x) + e^{-\beta_1 x}(C_{13} \cos \beta_1 x + C_{14} \sin \beta_1 x) \quad (6)$$

$$w_2 = \frac{P(r_i + t_1 + t_2/2)^2}{E_2 t_2} + \frac{\nu_2 P}{E_2}(1 + \nu_2) + e^{\beta_2 x}(C_{21} \cos \beta_2 x + C_{22} \sin \beta_2 x) + e^{-\beta_2 x}(C_{23} \cos \beta_2 x + C_{24} \sin \beta_2 x) \quad (7)$$

Если направление оси трубы соединительной муфты представляет ось x и середина соединитель-

ной муфты, определенная по направлению оси трубы, представляет нулевую точку оси x , тогда угол θ_1 отклонения и срезающая сила Q_1 на правом конце ($x=0$) цилиндрического участка S1 на фиг. 2 равны нулю. Таким образом, следующие выражения (8) и (9) являются действительными:

$$\theta_{1(x=0)} = -D_1 \frac{\partial w_1}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0 \quad (8)$$

$$Q_{1(x=0)} = -D_1 \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \Big|_{x=0} = 0 \quad (9)$$

Поскольку цилиндрические части S1 и S2 не имеют разрыва, угол отклонения θ_1 цилиндрического участка S1 и угол отклонения θ_2 цилиндрического участка S2 равны, когда $x=L_1$. Таким образом, величины отклонения w_1 и w_2 в цилиндрических частях S1 и S2 равны, изгибающие моменты M_1 и M_2 равны и срезающие силы Q_1 и Q_2 равны. То есть следующие выражения (10)-(13) являются действительными:

$$w_{1(x=L_1)} = w_{2(x=L_1)} \quad (10)$$

$$\theta_{1(x=L_1)} = \theta_{2(x=L_1)} \quad (11)$$

$$M_{1(x=L_1)} = M_{2(x=L_1)} \quad (12)$$

$$Q_{1(x=L_1)} = Q_{2(x=L_1)} \quad (13)$$

Дополнительно, поскольку левый конец цилиндрического участка S2 на фиг. 2 ($x=L_1+L_2$) является свободным концом, следующие выражения (14) и (15) являются действительными.

$$M_{2(x=L_1+L_2)} = 0 \quad (14)$$

$$Q_{2(x=L_1+L_2)} = 0 \quad (15)$$

Решив выражения (8)-(15) одновременно, определяют неизвестные количественные параметры C_{11} - C_{14} и C_{21} - C_{24} . Таким образом, величины отклонения w_1 и w_2 цилиндрических частей S1 и S2 соответственно определяют из выражений (6) и (7). Если $x=L_1+L_s$ подставлен в выражение (7), величина отклонения уплотнения может быть дана следующим выражением (16). L_s является расстоянием между границей цилиндрических частей S1 и S2 и местом, соответствующим середине контакта уплотнительной поверхности муфты, измеренным в направлении оси x .

$$w_2 = \frac{P(r_i + t_1 + t_2/2)^2}{E_2 t_2} + \frac{v_2 P}{E_2} (1 + v_2) + e^{\beta_2 x} (C_{21} \cos \beta_2 (L_1 + L_s) + C_{22} \sin \beta_2 (L_1 + L_s)) + e^{-\beta_2 x} (C_{23} \cos \beta_2 (L_1 + L_s) + C_{24} \sin \beta_2 (L_1 + L_s)) \quad (16)$$

Изобретатели применяли параметры T , L и a , определенные следующим выражением (17), для определения влияния толщины стенки участка углубления и ее длины, измеренной в направлении оси трубы, на показатели работы уплотнения.

$$T = \frac{t_1}{t_{pipe}}, \quad L = \frac{L_1}{L_1 + L_2}, \quad a = \frac{\delta - 2w_2(L_s)}{\delta} \quad (17)$$

T является параметром, полученным с помощью нормализации толщины t_1 стенки участка углубления с толщиной t_{pipe} стенки тела трубы. L является параметром, полученным с помощью нормализации длины L_1 участка углубления с длиной половины соединительной муфты, L_1+L_2 . a является параметром, полученным с помощью нормализации реальной величины натяга уплотнения, найденной, когда соединительная муфта увеличивается в диаметре, $\delta-2w_2(L_s)$, с расчетной величиной натяга уплотнения во время свинчивания 5. Величина отклонения w_2 , применяемая в выражении (17), является величиной отклонения w_2 уплотнения, которую дает выражение (16).

На фиг. 3 показана зависимость между L и a , где T является постоянной, и длина L_1 участка углубления варьируется. На фиг. 4 показана зависимость между T и a , где L является постоянной, и толщина t_1 стенки участка углубления варьируется. Зависимости, показанные на фиг. 3 и 4, могут быть даны следующими выражениями (18) и (19) соответственно. $f(T)$ является произвольной функцией, которая не содержит L , $g(L)$ является произвольной функцией, которая не содержит T , и m является постоянной.

$$a(T, L) \propto f(T) \cdot L^{1/m} \quad (18)$$

$$a(T, L) \propto T \cdot g(L) \quad (19)$$

Следующее выражение (20) может быть получено из выражений (18) и (19):

$$a(T, L) \propto T \cdot L^{1/m} \quad (20)$$

Как рассмотрено выше, a является параметром, полученным с помощью нормализации реальной

величины натяга уплотнения, найденной, когда диаметр соединительной муфты увеличен с величиной натяга уплотнения во время свинчивания. При этом, чем больше величина a , тем выше становится давление контактной поверхности на уплотнении во время приложения внутреннего давления, что улучшает показатели работы уплотнения. Достаточная жесткость соединительной муфты обеспечена и в результате обеспечены высокие показатели работы уплотнения, если $T \cdot L^{1/m}$ больше порога a_{th} . Изобретатели продолжили анализ и изучение и достигли условий $m=15$ и $a_{th}=1,4$, а также выполнили резьбовое соединение варианта осуществления.

Резьбовое соединение варианта осуществления является резьбовым соединением для соединения труб для нефтяных скважин. Резьбовое соединение содержит два ниппеля и трубную соединительную муфту. Каждый из ниппелей обеспечен на конце соответствующей одной из труб и является неразрывным с телом соответствующей одной из труб, имеющей толщину стенки не меньше 12 мм. Соединительная муфта содержит две муфты и участок углубления. Муфты обеспечены на обоих концах соединительной муфты. Каждая из муфт выполнена с функциональной возможностью свинчивания с соответствующим ниппелем. Участок углубления расположен между двумя муфтами. Каждый из ниппелей содержит носовую часть, поверхность заплечика ниппеля, охватываемую резьбу и уплотнительную поверхность ниппеля. Носовая часть образует концевой участок ниппеля. Наружная периферийная поверхность носовой части не соприкасается с муфтой, свинченной на ниппеле. Поверхность заплечика ниппеля выполнена на концевой поверхности носовой части. Охватываемая резьба обеспечена на наружной периферийной поверхности ниппеля и расположена ближе к телу соответствующей трубы, чем носовая часть. Охватываемая резьба является конической резьбой. Уплотнительная поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферийной поверхности ниппеля и расположена между носовой частью и охватываемой резьбой. Каждая из муфт содержит охватывающую резьбу, поверхность заплечика муфты и уплотнительную поверхность муфты. Охватывающая резьба обеспечена на внутренней периферийной поверхности соединительной муфты, причем соответствует охватываемой резьбе. Охватывающая резьба является конической резьбой. Поверхность заплечика муфты расположена ближе к середине соединительной муфты, определенной по направлению оси трубы, чем охватывающая резьба. Поверхность заплечика муфты соприкасается с поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение свинчено, для образования упора. Уплотнительная поверхность муфты обеспечена на внутренней периферийной поверхности соединительной муфты и расположена между охватывающей резьбой и поверхностью заплечика муфты. Уплотнительная поверхность муфты соприкасается с уплотнительной поверхностью ниппеля, когда соединение свинчено для образования уплотнения. Участок углубления имеет длину не меньше 10 мм, измеренную в направлении оси трубы. Соединение имеет показатель эффективности соединения меньше 1. Показатель эффективности соединения вычисляют, как частное от деления $A1/A2$, где $A1$ площадь поперечного сечения соединительной муфты, измеренная на концах, смежных с уплотнением охватываемой резьбы и охватывающей резьбы, сцепленных друг с другом, когда соединение свинчено, и $A2$ площадь поперечного сечения тела. Когда толщиной стенки тела обозначена как t_{pipe} , толщина стенки участка углубления и длина участка углубления, измеренная в направлении оси трубы, обозначены как t_1 и $2 \times L_1$ соответственно, и длина каждой из муфт, измеренная в направлении оси трубы, обозначена как L_2 , и когда следующее выражение (1) определяет T и следующее выражение (2) определяет L , T и L удовлетворяют следующему выражению (3).

$$T = \frac{t_1}{t_{pipe}} \quad (1)$$

$$L = \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad (2)$$

$$T \cdot L^{1/15} > 1.4 \quad (3)$$

В резьбовом соединении, раскрытом выше, участок углубления имеет толщину стенки и длину, измеренную в направлении оси трубы, которые удовлетворяют выражению (3). Данная конструкция должна увеличивать жесткость соединительной муфты. Указанное должно предотвращать деформацию муфты с увеличением диаметра во время приложения внутреннего давления, при этом предотвращается уменьшение контактной силы, действующей между уплотнительной поверхностью муфты и уплотнительной поверхностью ниппеля. Наружный диаметр соединительной муфты не требует изменения для удовлетворения выражению (3). Таким образом, раскрытое выше резьбовое соединение должно обеспечивать высокие показатели работы уплотнения без увеличения наружного диаметра соединительной муфты.

Варианты осуществления конкретно описаны ниже со ссылкой на чертежи. На чертежах одинаковым и соответствующим элементам присвоены одинаковые позиции, и одинаковые описания не повторяются. Для простоты объяснения чертежи могут показывать элементы упрощенно или схематично, а также могут не показывать некоторые элементы.

Конструкция в целом.

На фиг. 5 схематично показано продольное сечение резьбового соединения 10 варианта осуществ-

ления. Рассмотренное дополнительно ниже подробно резьбовое соединение 10 является так называемым резьбовым соединением уменьшенного диаметра. Резьбовое соединение 10 соединяет трубы 1 для нефтяных скважин с помощью трубной соединительной муфты 2. Каждая из труб 1 для нефтяных скважин является стальной трубой с относительно большой толщиной стенки. В каждой из труб 1 для нефтяных скважин тело 12 трубы имеет толщину стенки, равную или больше 12 мм.

Как показано на фиг. 5, резьбовое соединение 10 содержит два ниппеля 11 и трубную соединительную муфту 2. Каждый из ниппелей 11 обеспечен на конце трубы 1 для нефтяных скважин и не имеет разрыва с телом 12 трубы. Соединительная муфта 2 содержит две муфты 21 и участок 22 углубления. Муфты 21 обеспечены на обоих концах соединительной муфты 2. Каждая из муфт 21 свинчена с соответствующим ниппелем 11. Для простоты объяснения, как определено по направлению оси трубы резьбового соединения 10, направление к концу ниппеля 11 можно называть направлением внутрь, и направление к телу 12 трубы называть направлением наружу.

Каждый из ниппелей 11 содержит носовую часть 111, охватываемую резьбу 112, уплотнительную поверхность 113 ниппеля и поверхность 114 заплечика ниппеля.

Носовая часть 111 расположена ближе к концу ниппеля 11, чем охватываемая резьба 112 и уплотнительная поверхность 113 ниппеля. Носовая часть 111 формирует концевой участок ниппеля 11. Когда ниппель 11 и муфта 21 свинчены, наружная периферийная поверхность носовой части 111 не соприкасается с муфтой 21. То есть, когда соединение свинчено, наружный диаметр носовой части 111 меньше внутреннего диаметра участка муфты 21, который обращен к носовой части 111. Например, наружная периферийная поверхность носовой части 111 может быть образована вогнутой поверхностью с выемкой к внутренней периферии ниппеля 11 относительно уплотнительной поверхности 113 ниппеля.

Охватываемая резьба 112 обеспечена на наружной периферийной поверхности ниппеля 11. На ниппеле 11 охватываемая резьба 112 расположена ближе к телу 12 трубы, чем носовая часть 111. Охватываемая резьба 112 представляет собой коническую резьбу. Уплотнительная поверхность 113 ниппеля обеспечена на наружной периферии ниппеля 11 и расположена между носовой частью 111 и охватываемой резьбой 112.

Уплотнительная поверхность 113 ниппеля является в общем конической поверхностью, диаметр которой уменьшается от охватываемой резьбы 112 к носовой части 111. Уплотнительная поверхность 113 ниппеля образована, например, периферией тела вращения, полученного вращением дуги вокруг оси CL трубы, или периферией усеченного конуса, ось которого представлена осью CL трубы, или комбинацией двух или больше таких периферийных участков.

Поверхность 114 заплечика ниппеля является тороидальной поверхностью, образованной концевой поверхностью носовой части 111. В настоящем варианте осуществления поверхность 114 заплечика ниппеля является скошенной, так что его наружная периферия расположена ближе к концу ниппеля 11 чем его внутренняя периферия. То есть в сечении ниппеля 11 в плоскости, содержащей ось CL трубы, поверхность 114 заплечика ниппеля сформирована такой, что его наружная периферия наклонена к направлению продвижения во время ввинчивания ниппеля 11. Вместе с тем, поверхность 114 заплечика ниппеля не ограничена такой формой. Поверхность 114 заплечика ниппеля может быть, по существу, перпендикулярной оси CL трубы.

Каждая из муфт 21 содержит охватывающую резьбу 212, уплотнительную поверхность 213 муфты и поверхность 214 заплечика муфты.

Охватывающая резьба 212 соответствует охватываемой резьбе 112 ниппеля 11 и обеспечена на внутренней периферийной поверхности муфты 21. Охватывающая резьба 212 представляет собой резьбу, которая сцепляется с резьбой, представляющей собой охватываемую резьбу 112. Охватывающая резьба 212 представляет собой коническую резьбу.

Уплотнительная поверхность 213 муфты соответствует уплотнительной поверхности 113 ниппеля и обеспечена на внутренней периферии муфты 21. Уплотнительная поверхность 213 муфты соприкасается с уплотнительной поверхностью 113 ниппеля, когда ниппель 11 и муфта 21 свинчены.

Уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 213 муфты имеют некоторую величину натяга. То есть, когда соединение не свинчено, диаметр уплотнительной поверхности 113 ниппеля немного больше диаметра уплотнительной поверхности 213 муфты. При этом, когда ниппель 11 ввинчивают в муфту 21, уплотнительные поверхности ниппеля и муфты 113 и 213 соприкасаются и, когда соединение свинчено, сцепляются надлежащим образом друг с другом для достижения посадки с натягом. Таким образом, уплотнительные поверхности 113 и 213 ниппеля и муфты образуют уплотнение, применяя контакт металла с металлом.

Поверхность 214 заплечика муфты соответствует поверхности 114 заплечика ниппеля и обеспечена на внутреннем конце муфты 21, как определено по направлению оси трубы. Поверхность 214 заплечика муфты соприкасается с поверхностью 114 заплечика ниппеля, когда соединение свинчено.

Когда ниппель 11 ввинчивают в муфту 21, поверхности 114 и 214 заплечиков ниппеля и муфты соприкасаются и прижимаются друг к другу. Поверхности 114 и 214 заплечиков ниппеля и муфты, в соприкосновении друг с другом, представляют собой упор.

Площадь соприкосновения поверхности 114 и 214 заплечиков ниппеля и муфты, т.е. площадь упо-

ра, предпочтительно составляет не меньше 30% площади поперечного сечения тела 12 трубы. Поперечное сечения означает сечение в плоскости перпендикулярной оси CL трубы. Если площадь упора составляет не меньше 30% поперечного сечения тела 12 трубы, данное уменьшает пластическую деформацию поверхности 114 заплечика ниппеля и смежной уплотнительной поверхности 113 ниппеля, происходящую, когда чрезмерная сжимающая нагрузка приложена к резьбовому соединению 10. Данное должно стабилизировать уплотнение на основе контакта, при этом предотвращается уменьшение давления контактной поверхности уплотнения.

Хотя указанное не является ограничивающим, площадь упора предпочтительно составляет не больше 60% площади поперечного сечения тела 12 трубы для предотвращения уменьшения минимального сечения соединительной муфты 2.

Как рассмотрено выше, резьбовое соединение 10 является так называемым резьбовым соединением уменьшенного диаметра. Таким образом, резьбовое соединение 10 имеет показатель эффективности соединения меньше 1. Показатель эффективности соединения вычисляют, как частное от деления $A1/A2$, где $A1$ площадь поперечного сечения участка соединительной муфты 2, который имеет наименьшую площадь сопротивления растягивающей нагрузке, когда соединение свинчено (т.е. критического сечения), и $A2$ площадь поперечного сечения тела трубы.

Охватываемая и охватываемая резьбы 112 и 212 имеют концы E1 и E2 своих сцепленных отрезков длины, когда соединение свинчено. Площадь $A1$ критического сечения соединительной муфты 2 является площадью поперечного сечения соединительной муфты 2, измеренной на конце E1 сцепленного отрезка длины, который расположен смежно с уплотнением.

Участок соединительной муфты 2, расположенный между двумя муфтами 21, образует участок 22 углубления. Внутренний диаметр участка 22 углубления является, по существу, постоянным. Наружный диаметр соединительной муфты 2 также является, по существу, постоянным. Таким образом, участок 22 углубления имеет толщину стенки, которая является, по существу, неизменной. Толщина стенки участка 22 углубления больше толщины стенки муфты 21. Таким образом, участок 22 углубления имеет более высокую жесткость, чем муфта 21.

Внутренний диаметр участка 22 углубления предпочтительно меньше внутреннего диаметра тела 12 трубы. Данное увеличивает толщину стенки участка 22 углубления и увеличивает его жесткость. Вместе с тем, если имеется выступ между ниппелем 11 и участком 22 углубления на внутренней периферийной поверхности резьбового соединения 10, когда соединение свинчено, генерируется турбулентный поток во внутренней текучей среде при ее прохождении через резьбовое соединение 10. Данное может не только уменьшать продуктивность скважины, но также повреждать резьбовое соединение 10. Таким образом, предпочтительным является внутренний диаметр участка 22 углубления, по существу, равный внутреннему диаметру конца ниппеля 11.

Для получения внутреннего диаметра вершины ниппеля 11 равного внутреннему диаметру участка 22 углубления, например, может быть выполнено вытягивание, делающее внутренний диаметр конца ниппеля 11 меньше внутреннего диаметра тела 12 трубы. Данное увеличивает толщину стенки участка ниппеля 11, расположенного ближе к концу, чем охватываемая резьба 112 (т.е. упорного выступа). Данное увеличивает жесткость упорного выступа ниппеля 11. Данное увеличивает контактную силу уплотнения, при этом дополнительно улучшая показатели работы уплотнения резьбового соединения 10.

Длина участка 22 углубления составляет не меньше 10 мм. Длина участка соединительной муфты 2, расположенного между внутренним концом одной поверхности 214 заплечика муфты и внутренним концом другой поверхности 214 заплечика муфты, измеренная в направлении оси трубы, называется ниже длиной участка 22 углубления. Если участок 22 углубления имеет длину по меньшей мере 10 мм, данное предотвращает отрицательное влияние деформации заплечика, возникающей, когда одну муфту 21 и связанный ниппель 11 свинчивают, на свинчивание другой муфты 21 и связанного ниппеля 11, при этом предотвращается ненадлежащее свинчивание. Данное должно предотвращать снижение показателей работы уплотнения резьбового соединения 10.

Чем длиннее участок 22 углубления, тем выше жесткость соединительной муфты 2, улучшающая показатели работы уплотнения резьбового соединения 10. Вместе с тем, при некоторой длине участка 22 углубления, достигается предел улучшения показателей работы уплотнения. Таким образом, максимальная длина участка 22 углубления может составлять, например, 100 мм.

Толщина стенки и длина участка 22 углубления являются такими, что соединительная муфта 2 имеет необходимую жесткость. Более конкретно, параметры T и L , относящиеся к толщине стенки и длине участка 22 углубления, определяются следующими выражениями (1) и (2), и T и L устанавливают удовлетворяющими следующему выражению (3):

$$T = \frac{t_1}{t_{pipe}} \quad (1)$$

$$L = \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad (2)$$

$$T \cdot L^{1.5} > 1.4 \quad (3)$$

Хотя толщина стенки участка 22 углубления является, по существу, постоянной, t_1 в выражении (1) определяют как толщину стенки участка 22 углубления, измеренную на его середине, определенной по направлению оси трубы. То есть t_1 является толщиной стенки соединительной муфты 2, измеренной на промежуточной позиции между двумя поверхностями 214 заплечиков муфты. t_{pipe} является толщиной стенки тела 12 трубы.

L_1 в выражении (2) является расстоянием между самой дальней в направлении внутрь точкой поверхности 214 заплечика муфты и серединой соединительной муфты 2, измеренной в направлении оси трубы. То есть длина участка 22 углубления, измеренная в направлении оси трубы, может быть дана как $2 \times L_1$. Длина $2 \times L_1$ равна минимальному расстоянию между противоположными поверхностями 214 заплечика муфты.

L_2 в выражении (2) является длиной каждой муфты 21, измеренной в направлении оси трубы. L_2 является расстоянием между концом соединительной муфты 2 и самой дальней в направлении внутрь точкой соответствующей поверхности 214 заплечика муфты.

Для вычисления T и L на основе выражений (1) и (2) переменные можно принимать в любых единицах; вместе с тем, t_1 и t_{pipe} должны быть приняты в одинаковых единицах и L_1 и L_2 должны быть приняты в одинаковых единицах.

Полезный эффект.

В настоящем варианте осуществления толщина стенки участка 22 углубления соединительной муфты 2 и ее длина, измеренные в направлении оси трубы, являются такими, что удовлетворяют выражению (3). Наружный диаметр соединительной муфты 2 не требует регулировки для удовлетворения выражению (3). Данное должно улучшать жесткость соединительной муфты 2 без увеличения наружного диаметра соединительной муфты 2. Таким образом, даже в резьбовом соединении уменьшенного диаметра, с жесткими ограничениями по наружному диаметру, деформация с увеличением диаметра каждой муфты 21 во время приложения внутреннего давления может быть предотвращена, при этом поддерживается усилие на контакте уплотнения. Данное должно обеспечивать высокие показатели работы уплотнения.

В общем, если толщина стенки тела трубы составляет 15 мм или больше, нагрузка, приложенная к соединению, увеличивается так, что муфта может легче деформироваться. С другой стороны, в резьбовом соединении 10 настоящего варианта осуществления толщину стенки и длину участка 22 углубления регулируют для улучшения жесткости соединительной муфты 2, при этом предотвращается деформация муфты 21. Указанное позволяет предположить, что резьбовое соединение 10 должно также являться весьма эффективным, если толщина стенки тела трубы составляет 15 мм или больше.

Резьбовое соединение уменьшенного диаметра обычно имеет показатель эффективности соединения меньше 1 и имеет относительно низкую жесткость. В частности, если показатель эффективности соединения не превышает 0,8, жесткость резьбового соединения является недостаточной, при этом показатели работы уплотнения могут легко уменьшиться. С другой стороны, в резьбовом соединении 10 настоящего варианта осуществления толщину стенки и длину участка 22 углубления регулируют для улучшения жесткости соединительной муфты 2. Данное позволяет предположить, что резьбовое соединение 10 должно также быть весьма эффективным, если показатель эффективности соединения не превышает 0,8.

Вариации.

Хотя описан вариант осуществления, настоящее изобретение не ограничено описанным выше вариантом осуществления, и различные модификации являются возможными без отхода от сущности раскрытия. Например, хотя резьбовое соединение 10 настоящего варианта осуществления содержит одно уплотнение, оно может включать в себя два или больше уплотнений.

В вышеописанном варианте осуществления внутренний диаметр конца ниппеля 11 и внутренний диаметр участка 22 углубления соединительной муфты 2 меньше внутреннего диаметра тела 12 трубы. Вместе с тем, в резьбовом соединении 10а, показанном на фиг. 6, внутренний диаметр вершины ниппеля 11а и внутренний диаметр участка 22а углубления соединительной муфты 2а может быть не меньше внутреннего диаметра тела 12 трубы. В таких реализациях также предпочтительным является внутренний диаметр конца ниппеля 11а, по существу, равный внутреннему диаметру участка 22а углубления, когда соединение свинчено.

Примеры

Для подтверждения полезных эффектов резьбового соединения настоящего изобретения провели физические опрессовки уплотнения и численный анализ с применением метод конечных элементов для упругопластических тел.

Физическая опрессовка уплотнения.

Были подготовлены два образца резьбового соединения с соединительной муфтой, имеющего базовую конструкцию, показанную на фиг. 5, и проведены физические опрессовки уплотнения. Условия общие для данных образцов описаны ниже.

Применяющаяся труба: 8-5/8"57.4# стальная труба (с наружным диаметром 219,1 мм и толщиной стенки 16,3 мм).

Сталь: углеродистая сталь Q125 по стандартам API (с номинальным пределом текучести 125 ksi

(=862 МПа).

Резьба: каждая резьба имела шаг 5,08 мм, угол нагруженной стороны профиля резьбы -3° , угол заводящей стороны профиля резьбы 10° и зазор на заводящей стороне профиля резьбы 0,15 мм.

Для опрессовки уплотнений поверхностная обработка для ниппеля была "токарной", поверхностная обработка для муфты была обработкой на основе фосфата марганца и трубная смазка API накладывалась на все поверхности соединения. Опресовки уплотнения проводили согласно ISO 13679:2011, и максимальная приложенная растягивающая нагрузка на соединение составляла 75% растягивающей нагрузки предела текучести тела трубы.

Как показано в табл. 1, два образца имеют отличающиеся величины $T \cdot L^{1/15}$, вычисленные по выражению (3).

Таблица 1

Образец	Показатель эффективности соединения	T (толщина стенки базы углубления/толщина)	L (длина базы углубления/длина соединительной муфты)	$T \cdot L^{1/15}$	Результат опрессовки уплотнения
		стенки тела трубы (мм)	(мм)		
сравн. прим. 1	0,75	1,60	0,08	1,36	протечка
изобр. прим. 1	0,82	1,69	0,08	1,43	Испытание прошел

Как показано в табл. 1, в образце сравнительного примера 1 протечка возникла во время опрессовки уплотнения. В образце сравнительного примера 1 $T \cdot L^{1/15}$ составляло меньше 1,4 и не удовлетворяло выражению (3), что является предполагаемой причиной недостатка жесткости участка углубления соединительной муфты.

В отличие от указанного, образец, обладающий признаками изобретения примера 1, прошел опрессовку уплотнения, поскольку протечки во время опрессовки уплотнения не произошло. В образце, обладающем признаками изобретения примера 1, $T \cdot L^{1/15}$ было больше 1,4 и удовлетворяло выражению (3), что является предполагаемой причиной достаточно высокой жесткости участка углубления соединительной муфты.

Численный анализ с применением метода конечных элементов для упругопластических тел.

Численный анализ с применением метода конечных элементов для упругопластических тел проводили для множества образцов, показанных в табл. 2. После анализа свинчивания резьб для каждого образца применили испытание по ISO13679 CAL4 Series A, моделирующее нагрузку, и оценили показатели работы уплотнения, противодействующего каждому, внутреннему и наружному давлению. Показатели работы уплотнения оценивали на основе минимальной величины среднего давления контактной поверхности уплотнения в статистике нагрузки (т.е. минимального среднего давления контактной поверхности уплотнения). Более высокая величина минимального среднего давления контактной поверхности уплотнения означает лучшие показатели работы уплотнения. В анализе с применением метода конечных элементов для упругопластических тел применяли модели, в которых материал являлся изотропно упругим упругопластическим материалом, модуль упругости составлял 210 ГПа и предел текучести составлял 125 ksi (=862 МПа) с испытательным напряжением 0,2%.

Таблица 2

образец	Показатель эффективности соединения	Т (толщина стенки базы углубления/толщина стенки тела трубы)	Длина базы углубления (мм)	Длина соединительной муфты (мм)	Л (длина базы углубления/длина соединительной муфты)	$T \cdot L^{1/15}$	миним. средн. давл. контак. пов-ти (МПа)	Показатель работы уплотнения
сравн. прим. 2-1	0,75	1,60	25	320	0,08	1,35	466,0	неуд.
изобр. прим. 2-1	0,75	1,60	50	345	0,14	1,41	515,5	удовл.
изобр. прим. 2-2	0,75	1,60	75	370	0,20	1,44	536,7	удовл.
сравн. прим. 2-2	0,79	1,65	25	320	0,08	1,39	480,4	неуд.
изобр. прим. 2-3	0,79	1,65	50	345	0,14	1,45	517,4	удовл.
изобр. прим. 2-4	0,79	1,65	75	370	0,20	1,48	525,2	удовл.
изобр. прим. 2-5	0,82	1,69	25	320	0,08	1,43	500,2	удовл.
изобр. прим. 2-6	0,82	1,69	50	345	0,14	1,49	511,8	удовл.
изобр.	0,82	1,69	75	370	0,20	1,52	531,6	удовл.
прим. 2-7								

Каждый из образцов, проиллюстрированных в табл. 2, является резьбовым соединением с соединительной муфтой, имеющим базовую конструкцию, показанную на фиг. 5, но имеющим отличающиеся размеры соединительной муфты. Анализ проводили с применением метода конечных элементов для упругопластических тел, где варьировали длину участка углубления и наружный диаметр соединительной муфты. Условия применявшейся трубы, стали и резьбы были общими для всех образцов и были одинаковыми с условиями рассмотренной выше физической опрессовки уплотнений.

Образец, обладающий признаками изобретения примеров 2-5, имел размер соединительной муфты, равный размеру образца, обладающего признаками изобретения примера 1, который прошел физическую опрессовку уплотнения. Поскольку минимальное среднее давление контактной поверхности уплотнения образца, обладающего признаками изобретения примеров 2-5, было не меньше 500 МПа, данные образцы с минимальными величинами среднего давления контактной поверхности уплотнения не ниже 500 МПа были определены как имеющие удовлетворительные показатели работы уплотнения, и образцы с величинами ниже 500 МПа были определены как имеющие неудовлетворительные показатели работы уплотнения.

В каждом из образцов сравнительных примеров 2-1 и 2-2 минимальное среднее давление контактной поверхности уплотнения составляло меньше 500 МПа, что означает неудовлетворительные показатели работы уплотнения. В каждом из образцов сравнительных примеров 2-1 и 2-2 $T \cdot L^{1/15}$ составляло меньше 1,4, позволяя предположить, что жесткость участка углубления соединительной муфты была недостаточной.

В отличие от указанного, в каждом из образцов, обладающих признаками изобретения примеров 2-1-2-7, минимальное среднее давление контактной поверхности уплотнения было не ниже 500 Па, что означает удовлетворительные показатели работы уплотнения. В каждом из образцов, обладающих признаками изобретения примеров 2-1-2-7, $T \cdot L^{1/15}$ составляло больше 1,4, позволяя предложить, что жесткость участка углубления соединительной муфты была достаточной.

Рассмотренные выше физические опрессовки уплотнения и анализ с применением метода конечных элементов для упругопластических тел демонстрируют, что удовлетворительные показатели работы уплотнения могут быть достигнуты, если $T \cdot L^{1/15} > 1,4$.

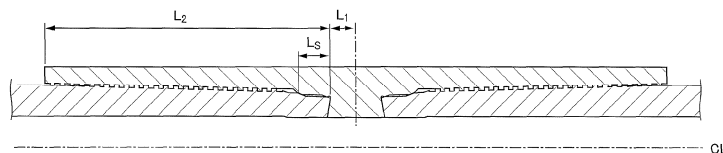
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Резьбовое соединение для соединения труб для нефтяной скважины, содержащее два ниппеля, каждый обеспечен на конце соответствующей одной из труб и не имеет разрыва с телом соответствующей трубы, имеющей толщину стенки не меньше 12 мм; и трубную соединительную муфту, содержащую две муфты и участок углубления, причем муфты обеспечены на обоих концах соединительной муфты, каждая из муфт выполнена с возможностью свинчивания с соответствующим ниппелем, участок углубления расположен между двумя муфтами; каждый из ниппелей содержит носовую часть, образующую концевой участок ниппеля, наружную периферийную поверхность носовой части, не контактирующую с муфтой, свинченной с ниппелем; поверхность заплечика ниппеля, образованную на концевой поверхности носовой части; охватываемую резьбу, обеспеченную на наружной периферийной поверхности ниппеля и расположенную ближе к телу соответствующей трубы, чем носовая часть, причем охватываемая резьба является конической резьбой; и уплотнительную поверхность ниппеля, обеспеченную на наружной периферийной поверхности ниппеля и расположенную между носовой частью и охватываемой резьбой, каждая из муфт содержит охватывающую резьбу, обеспеченную на внутренней периферийной поверхности соединительной муфты, соответствующую охватываемой резьбе, причем охватывающая резьба является конической резьбой; поверхность заплечика муфты, расположенную ближе к середине соединительной муфты, определенной по направлению оси трубы, чем охватывающая резьба, причем поверхность заплечика муфты контактирует с поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение свинчено, для образования упора; уплотнительную поверхность муфты, обеспеченную на внутренней периферийной поверхности соединительной муфты и расположенную между охватывающей резьбой и поверхностью заплечика муфты, причем уплотнительная поверхность муфты контактирует с уплотнительной поверхностью ниппеля, когда соединение свинчено для образования уплотнения, при этом участок углубления имеет длину не меньше 10 мм, измеренную в направлении оси трубы, причем соединение имеет показатель эффективности соединения меньше 1, показатель эффективности соединения вычисляют как $A1/A2$, где $A1$ площадь поперечного сечения соединительной муфты, измеренная на концах, смежных с уплотнением, охватываемой резьбы и охватывающей резьбы, сцепленных друг с другом, когда соединение свинчено, и $A2$ площадь поперечного сечения тела, и когда толщина стенки тела обозначена как t_{pipe} , толщина стенки участка углубления и длина участка углубления, измеренная в направлении оси трубы, обозначены как t_1 и $2 \times L_1$ соответственно, и длина каждой из муфт, измеренная в направлении оси трубы, обозначена как L_2 , и когда следующее выражение (1) образует T и следующее выражение (2) образует L , T и L удовлетворяют следующему выражению (3):

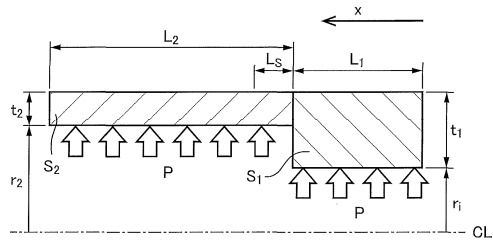
$$T = \frac{t_1}{t_{pipe}} \quad (1)$$

$$L = \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad (2)$$

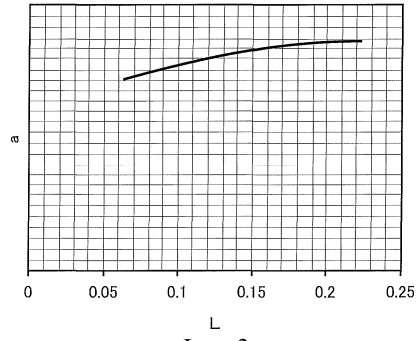
$$T \cdot L^{1/15} > 1.4 \quad (3)$$



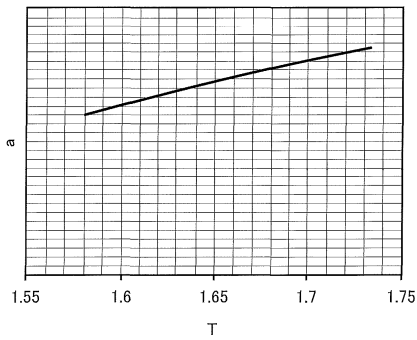
Фиг. 1



Фиг. 2

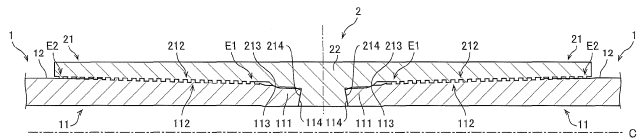


Фиг. 3



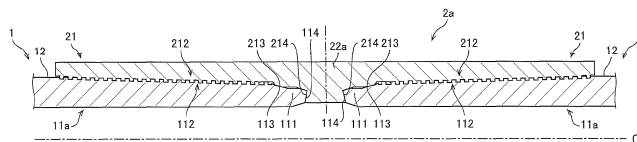
Фиг. 4

10



Фиг. 5

10a



Фиг. 6