

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038876**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.11.01

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

(21) Номер заявки
202090355

(22) Дата подачи заявки
2018.10.02

(54) РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ

(31) **2017-206157**

(32) **2017.10.25**

(33) **JP**

(43) **2020.07.31**

(86) **PCT/JP2018/036859**

(87) **WO 2019/082612 2019.05.02**

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

(72) Изобретатель:
**Сугино Масааки, Оку Йоусуке, Иносе
Кента (JP)**

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

(56) **WO-A1-2017141538
WO-A1-2005121622
JP-A-2005511990
WO-A1-2009044851
JP-A-2014535023
JP-A-10096489
JP-B2-3287197
JP-A-2017039963**

(57) Предложено резьбовое соединение для стальной трубы, которое улучшает свою герметичность при внутреннем давлении с поддержанием высокой герметичности при наружном давлении резьбового соединения имеющего нос, применяемое в стальной трубе большого диаметра и со стенкой большой толщины. В резьбовом соединении для соединения тел стальных труб, каждое из которых имеет наружный диаметр больше или равный 7 дюймам (178 мм) и толщину стенки больше или равную 0,7 дюймам (18 мм), удовлетворяется выражение (1) в описании и $t_b/t_L > 1,4$ где δ [мм] является зазором между наружной поверхностью ниппеля и внутренней поверхностью муфты после скрепления, измеренным на граничной линии между конической поверхностью ниппеля и скругленной поверхностью ниппеля, D [дюйм] наружный диаметр тела стальной трубы, t [дюйм] толщина стенки тела стальной трубы, L [мм] расстояние между точкой поворота, которая является позицией в области контакта между уплотнительной поверхностью ниппеля и уплотнительной поверхностью муфты, которая является самой близкой к вершине ниппеля, и вершиной ниппеля после скрепления, как измерено в направлении оси трубы, t_L [мм] толщина стенки ниппеля, измеренная в точке поворота, и t_b [мм] толщина стенки муфты, измеренная в точке поворота.

038876 B1

038876 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к резьбовому соединению для стальной трубы и, конкретнее, к резьбовому соединению для соединения стальных труб с большими диаметрами и стенками большой толщины.

Уровень техники

Стальные трубы, называемые трубными изделиями нефтепромыслового сортамента, применяют, например, для разведки или добычи нефти или природного газа в нефтяных скважинах или газовых скважинах (ниже в данном документе вместе называются "нефтяными скважинами" или т.п.), разработке необычных запасов, таких как битуминозный песок или сланцевый газ, извлечения или хранения двуокиси углерода (получения и хранения двуокиси углерода (CCS), получения геотермальной энергии или в термальных источниках. Для соединения стальных труб применяют резьбовое соединение.

Такие резьбовые соединения для стальных труб в общем классифицируют, как соединения муфтового типа и интегрального типа. Соединение муфтового типа соединяет пару труб, одна из которых является стальной трубой, и другая является короткой трубой, называемой соединительной муфтой. В таком случае охватываемая резьба обеспечена на наружной периферии каждого из концов стальной трубы, а охватывающая резьба обеспечена на внутренней периферии каждого из концов соединительной муфты. В таком случае охватываемую резьбу стальной трубы ввинчивают в охватывающую резьбу соединительной муфты так, что они скрепляются и соединяются. Соединение интегрального типа соединяет пару труб, обе из которых являются стальными трубами, и отдельную соединительную муфту не применяют. В данном случае охватываемая резьба обеспечена на наружной периферии одного конца каждой стальной трубы, а охватывающая резьба обеспечена на внутренней периферии другого конца. В таком случае охватываемую резьбу одной стальной трубы ввинчивают в охватывающую резьбу другой стальной трубы так, что они скрепляются и соединяются.

Соединительный участок конца трубы, на котором обеспечена охватываемая резьба, содержит элемент, подлежащий вставлению в охватывающую резьбу и обычно называемый "ниппелем". Соединительный участок конца трубы, на котором обеспечена охватывающая резьба, содержит элемент для приема охватываемой резьбы, называемый "муфтой". Ниппель и муфта образуют концы труб и имеют трубчатую форму.

При бурении нефтяных скважин их боковую стенку усиливают трубными изделиями нефтепромыслового сортамента для предотвращения обрушения боковой стенки во время бурения, при этом получают многочисленные трубные изделия нефтепромыслового сортамента, расположенные одно в другом. В последнее время скважины, как на суше, так и на море, становятся все глубже; для таких условий работы часто применяют резьбовые соединения для соединения трубных изделий нефтепромыслового сортамента, в которых внутренние и наружные диаметры соединительных участков в общем одинаковы с внутренними и наружными диаметрами стальных труб для улучшения эффективности строительства нефтяных скважин. Применение таких резьбовых соединений минимизирует кольцевые зазоры между многочисленными трубными изделиями нефтепромыслового сортамента, расположенными одно внутри другого, что повышает эффективность строительства глубоких нефтяных скважин без значительного увеличения диаметра скважины. Требуется резьбовое соединение с удовлетворительными показателями герметичности, противостоящего давлению текучей среды внутри (ниже в данном документе также называется "внутренним давлением") и давлению текучей среды снаружи (ниже в данном документе также называется "наружным давлением") при вышеописанных сужениях сечения на внутренних и наружных диаметрах. В общем, показатель герметичности по противодействию внутреннему давлению называют "герметичностью при внутреннем давлении", показатель герметичности по противодействию наружному давлению называют "герметичностью при наружном давлении".

Известные резьбовые соединения, которые обеспечивают удовлетворительную герметичность, содержат соединения с уплотнением, где применяют контакт металла с металлом (ниже в данном документе называется "металлическим уплотнением"). Металлическое уплотнение является устройством, в котором диаметр уплотнительной поверхности ниппеля немного больше диаметра уплотнительной поверхности муфты (разность данных диаметров следует называть "величиной натяга") и, когда резьбовое соединение скрепляются и уплотнительные поверхности пригоняют одну к другой, величина натяга обуславливает уменьшение диаметра уплотнительной поверхности ниппеля и увеличение диаметра уплотнительной поверхности муфты, и каждая из уплотнительных поверхностей стремится восстановить свой начальный диаметр и при этом генерирует силы упругого последствия, которые производят контактные давления на уплотнительных поверхностях, обуславливая их сцепление друг с другом по всей периферии, обеспечивая при этом герметичность.

JP 2006-526747 A (патентный документ 1) раскрывает методику, применяемую для резьбового соединения для стальной трубы, содержащего ниппель и муфту, где на ниппеле обеспечен нос для улучшения герметичности при наружном давлении с сохранением его герметичности при внутреннем давлении.

JP 2015-132285 A (патентный документ 2) раскрывает методику, применяемую для резьбового соединения для стальной трубы содержащего ниппель и муфту, где должно предотвращаться заедание резьбы при обеспечении герметичности при внутреннем давлении и наружном давлении.

Японский Патент 4535064 (патентный документ 3) сообщает, что резьбовое соединение, содержа-

щее одно металлическое уплотнение и один нос, имеет более высокую герметичность при наружном давлении, чем резьбовое соединение без носа.

В данный документ в виде ссылки включены следующие документы известной техники:

[патентный документ 1] JP 2006-526747 А,

[патентный документ 2] JP 2015-132285 А,

[патентный документ 3] патент Японии No. 4535064.

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является обеспечение резьбового соединения, в котором улучшена герметичность при внутреннем давлении с поддержанием высокой герметичности при наружном давлении, причем резьбовое соединение имеет нос, применяется в стальной трубе большого диаметра и со стенкой большой толщины.

Резьбовое соединение для стальной трубы настоящего изобретения является резьбовым соединением для соединения тел стальных труб, каждой имеющей наружный диаметр больше или равный 7 дюймов (178 мм) и стенку толщиной больше или равной 0,7 дюйма (18 мм). Резьбовое соединение включает в себя трубчатый ниппель и трубчатую муфту. Муфту скрепляют на ниппеле, когда ниппель введен в нее. Ниппель включает в себя нос, поверхность заплечика ниппеля, коническую поверхность ниппеля, скругленную поверхность ниппеля, охватываемую резьбу и уплотнительную поверхность ниппеля. Нос обеспечен на участке вершины ниппеля и имеет наружный диаметр меньше внутреннего диаметра участка муфты, который обращен к участку вершины ниппеля, когда соединение скреплено. Поверхность заплечика ниппеля обеспечена на вершине носа. Коническая поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферии носа. Скругленная поверхность ниппеля обеспечена на кромке между поверхностью заплечика ниппеля и конической поверхностью ниппеля. Охватываемая резьба обеспечена на наружной периферии ниппеля. Уплотнительная поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферии ниппеля и расположена между носом и охватываемой резьбой. Муфта содержит поверхность заплечика муфты, охватывающую резьбу и уплотнительную поверхность муфты. Поверхность заплечика муфты обращена к поверхности заплечика ниппеля и соприкасается с поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение скреплено. Охватывающая резьба соответствует охватываемой резьбе и обеспечена на внутренней периферии муфты. Уплотнительная поверхность муфты обращена к уплотнительной поверхности ниппеля и соприкасается с уплотнительной поверхностью ниппеля после скрепления.

Удовлетворяется выражение (1), приведенное ниже, и $t_B/t_L > 1,4$, где δ [мм] зазор между наружной поверхностью ниппеля и внутренней поверхностью муфты после скрепления, измеренный на граничной линии между конической поверхностью ниппеля и скругленной поверхностью ниппеля, D [мм] наружный диаметр тела стальной трубы, t [мм] толщина стенки тела стальной трубы, L [мм] расстояние между точкой поворота, которая является позицией в области контакта между уплотнительной поверхностью ниппеля и уплотнительной поверхностью муфты, которая является самой близкой к вершине ниппеля, и вершиной ниппеля после скрепления, как измерено в направлении оси трубы, t_L [мм] толщина стенки ниппеля, измеренная в точке поворота, и t_B [мм] толщина стенки муфты, измеренная в точке поворота.

$$0,30 + \min(a_n t_L + b_n D, n=1,2,3) > \delta > \min(a_n t_L + b_n D, n=1,2,3) \quad (1)$$

Здесь $\min$ является функцией, которая принимает минимум из трех факторов в ее скобках,

$$\begin{aligned} a_1 &= (L/t) \times 0,0115 \times (t_L/t)^{-1,68778} - 0,00247 \times (t_L/t)^{-2,02052}, \\ b_1 &= (L/t) \times 0,0076 \times (t_L/t)^{-0,65672} - 0,00120 \times (t_L/t)^{-1,06817}, \\ a_2 &= (L/t) \times 0,00725 \times (t_L/t)^{-1,67341} - 0,00157 \times (t_L/t)^{-1,93212}, \\ b_2 &= 0; \\ a_3 &= -(L/t) \times 0,00256 \times (t_L/t)^{-2,40620} + 0,00372 \times (t_L/t)^{-2,19899}, \text{ и} \\ b_3 &= (L/t) \times 0,01986 \times (t_L/t)^{-0,88615} - 0,01048 \times (t_L/t)^{-1,00532}. \end{aligned}$$

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 схематично показано продольное сечение резьбового соединения муфтового типа варианта осуществления.

На фиг. 2 схематично показано продольное сечение резьбового соединения интегрального типа, которое отличается от соединения фиг. 1.

На фиг. 3 показано продольное сечение резьбовых соединений фиг. 1 и 2 по направлению оси трубы, показывающее нос и участки вблизи него.

На фиг. 4 показано продольное сечение резьбового соединения, отличающегося от показанного на фиг. 3, по направлению оси трубы, показывающее нос и участки вблизи него.

На фиг. 5 показан график корреляции между зазором на носу и герметичностью при наружном давлении.

Варианты осуществления изобретения

Герметичность при наружном давлении.

В резьбовом соединении для стальной трубы со стенкой большой толщины величины наружного давления по стандарту API 5C3 являются близкими к 100% величин наружного давления эквивалентным напряжению по Мизесу (т.е. величин, соответствующих началу текучести самого материала без не до-

бавленных расчетных прочностей). Если приложено такое очень высокое наружное давление, протечка от наружного давления может возникать даже в резьбовом соединении для стальной трубы со стенкой большой толщины.

Авторы провели обширные исследования и идентифицировали случаи протечки от наружного давления. Т.е. высокое наружное давление, которое проникло на резьбу, уменьшает диаметр всех участков ниппеля, которые расположены назад от металлического уплотнения, когда никакое наружное давление не проникает на участки, расположенные вперед от металлического уплотнения и, таким образом, их диаметр не уменьшается и, в результате, участки ниппеля, расположенные ближе к вершине, чем охватываемая резьба, содержащие металлическое уплотнение и нос (ниже в данном документе называемый "торец ниппеля"), выгибаются радиально наружу. Таким образом, точка уплотнения перемещается к вершине ниппеля, извне от подходящей для уплотнения поверхности (т.е. поверхности, которая обработана для обеспечения подходящей шероховатости или подвергнута другой подходящей обработке для обеспечения образования металлического уплотнения, и получила посадку надлежащим скольжением во время скрепления соединения), или упорный выступ ниппеля прочно входит в контакт с внутренней периферией муфты, при этом контактные силы уплотнения значительно уменьшаются, таким образом, значительно уменьшается герметичность при наружном давлении.

На основе данных новых фактов авторы сочли, что может быть предотвращено значительное уменьшение герметичности при наружном давлении даже в резьбовом соединении для стальной трубы со стенкой большой толщины, если нижний предел установлен на зазор δ для предотвращения прочного контакта вершины носа с внутренней периферией муфты, даже когда прикладывается высокое наружное давление. Поэтому приняли теорию упругой цилиндрической оболочки для расчета величины деформации выгиба носа (которая соответствует половине увеличения диаметра), которую находили, когда прикладывается наружное давление, и идентифицировали подходящий нижний предел для зазора 5.

Герметичность при внутреннем давлении.

Когда прикладывается внутреннее давление, диаметр упорного выступа ниппеля увеличивается для увеличения контактных сил уплотнения. Вместе с тем, в стальной трубе большого диаметра и со стенкой большой толщины, если толщина стенки муфты является небольшой относительно ниппеля, увеличение диаметра муфты в результате приложения внутреннего давления является также большим, уменьшающим усиление контактных сил уплотнения. Принимая указанное во внимание, авторы посчитали, что должна существовать подходящая величина соотношения толщины уплотнительной стенки ниппеля и муфты для увеличения усиления контактных сил уплотнения для улучшения герметичности при внутреннем давлении.

На основе данных фактов авторы изобрели резьбовое соединение для стальной трубы, которое улучшает герметичность при внутреннем давлении с поддержанием высокой герметичности при наружном давлении резьбового соединения с носом, применяемым в стальной трубе большого диаметра и со стенкой большой толщины.

Резьбовое соединение для стальной трубы варианта осуществления является резьбовым соединением для соединения тел стальных труб, каждое из которых имеет наружный диаметр больше или равный 7 дюймам (178 мм) и толщину стенки больше или равную 0,7 дюйма (18 мм). Резьбовое соединение содержит трубчатый ниппель и трубчатую муфту. Муфта скрепляется на ниппеле, когда ниппель введен в нее. Ниппель содержит нос, поверхность заплечика ниппеля, коническую поверхность ниппеля, скругленную поверхность ниппеля, охватываемую резьбу и уплотнительную поверхность ниппеля. Нос обеспечен на участке вершины ниппеля и имеет наружный диаметр меньше внутреннего диаметра участка муфты, который обращен к участку вершины ниппеля, когда соединение скреплено. Поверхность заплечика ниппеля обеспечена на вершине носа. Коническая поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферии носа. Скругленная поверхность ниппеля обеспечена на кромке между поверхностью заплечика ниппеля и конической поверхностью ниппеля. Охватываемая резьба обеспечена на наружной периферии ниппеля. Уплотнительная поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферии ниппеля и расположена между носом и охватываемой резьбой. Муфта содержит поверхность заплечика муфты, охватывающую резьбу, и уплотнительную поверхность муфты. Поверхность заплечика муфты обращена к поверхности заплечика ниппеля и соприкасается с поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение скреплено. Охватывающая резьба соответствует охватываемой резьбе и обеспечена на внутренней периферии муфты. Уплотнительная поверхность муфты обращена к уплотнительной поверхности ниппеля и соприкасается с уплотнительной поверхностью ниппеля после скрепления.

Удовлетворяется выражение (1), приведенное ниже, и $t_b/t_L > 1,4$, где δ [мм] зазор между наружной поверхностью ниппеля и внутренней поверхностью муфты после скрепления, измеренный на граничной линии между конической поверхностью ниппеля и скругленной поверхностью ниппеля, D [мм] наружный диаметр тела стальной трубы, t [мм] толщина стенки тела стальной трубы, L [мм] расстояние между точкой поворота, которая является позицией в области контакта между уплотнительной поверхностью ниппеля и уплотнительной поверхностью муфты, которая является самой близкой к вершине ниппеля, и вершиной ниппеля после скрепления, как измерено в направлении оси трубы, t_L [мм] толщина стенки

ниппеля, измеренная в точке поворота, и t_B [мм] толщина стенки муфты, измеренная в точке поворота.
 $0,30 + \min(a_n t_L + b_n D, n=1,2,3) > \delta > \min(a_n t_L + b_n D, n=1,2,3) \quad (1)$

Здесь $\min$ является функцией, которая берет минимум из трех факторов в своем выражении в скобках, a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 и b_3 определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} a_1 &= (L/t) \times 0,0115 \times (t_L/t)^{-1,68778} - 0,00247 \times (t_L/t)^{-2,02052}, \\ b_1 &= (L/t) \times 0,0076 \times (t_L/t)^{-0,65672} - 0,00120 \times (t_L/t)^{-1,06817}, \\ a_2 &= (L/t) \times 0,00725 \times (t_L/t)^{-1,67341} - 0,00157 \times (t_L/t)^{-1,93212}, \\ b_2 &= 0; \\ a_3 &= -(L/t) \times 0,00256 \times (t_L/t)^{-2,40620} + 0,00372 \times (t_L/t)^{-2,19899}, \text{ и} \\ b_3 &= (L/t) \times 0,01986 \times (t_L/t)^{-0,88615} - 0,01048 \times (t_L/t)^{-1,00532}. \end{aligned}$$

В резьбовом соединении для стальной трубы варианта осуществления установлен такой нижний предел для зазора δ , что даже, когда высокое наружное давление, которое проникло на резьбу, уменьшает диаметр всех участков ниппеля, расположенных назад от уплотнительной поверхности ниппеля, и при реакции на него нос выгибается по отношению к точке поворота, герметичность при наружном давлении, полученная от носа, может поддерживаться. Верхний предел зазора δ равен нижнему пределу зазора, плюс 0,3 мм для предотвращения ненужного увеличения объема резания или числа проходов во время станочной обработки.

С другой стороны, поскольку установлен нижний предел соотношения t_B/t_L для толщины стенки равный 1,4, увеличение диаметра муфты, полученное при приложении внутреннего давления, может быть минимизировано даже в стальной трубе большого диаметра и со стенкой большой толщины. Данное увеличивает усиление контактных сил уплотнения, при этом улучшается герметичность при внутреннем давлении.

Таким образом, резьбовое соединение настоящего варианта осуществления улучшает герметичности при внутреннем давлении, поддерживая высокую герметичность при наружном давлении резьбового соединения с носом, применяемым в стальной трубе большого диаметра и с большой толщиной стенки.

Предпочтительно, $t_B/t_L > 2,0$ и, более предпочтительно, $t_B/t_L > 2.2$.

Резьбовое соединение может иметь интегральный тип или муфтовый тип.

Нос может иметь 0,2% условного предела текучести больше, в 1,05 или более раз превышающий 0,2% условный предел текучести тела стальной трубы, до скрепления и измеренного в направлении вдоль окружности.

Конкретные способы увеличения 0,2% условного предела текучести включают в себя выполнение обжатия в холодном состоянии на конце трубы перед нарезкой резьбы или выполнение упрочнения закалкой с высокочастотным нагревом, например.

По меньшей мере одно из следующего: химическую конверсионную обработку, пескоструйную обработку и металлизацию можно применять для по меньшей мере одного из следующего: охватываемой резьбы и охватывающей резьбы, по меньшей мере одного следующего: уплотнительной поверхности ниппеля и уплотнительной поверхности муфты, и по меньшей мере одного из следующего: поверхности заплечика ниппеля и поверхность заплечика муфты.

Варианты осуществления

Варианты осуществления резьбового соединения для стальной трубы описаны ниже и показаны на чертежах. Одинаковые и совпадающие компоненты на чертежах обозначены одинаковыми ссылочными позициями и их описание не повторяется.

На фиг. 1 схематично показано продольное сечение резьбового соединения 1 для стальной трубы варианта осуществления. Как показано на фиг. 1, резьбовое соединение 1 является резьбовым соединением для соединения тел 2 стальных труб. Резьбовое соединение 1 содержит трубчатые ниппели 10 и трубчатую муфту 20. Муфта 20 скрепляется на ниппелях 10, когда ниппели 10 вставляются в нее. Тело 2 стальной трубы каждого ниппеля 10 является частью стальной трубы, содержащей ниппель 10, которая не располагается внутри муфты 20 после вставления. Тело 2 стальной трубы имеет наружный диаметр 7 дюймов (178 мм) или больше и толщину стенки 0,7 дюйма (18 мм) или больше. То есть, резьбовое соединение 1 применяется для стальных труб с относительно большими диаметрами и со стенками относительно большой толщины.

Резьбовое соединение 1, показанное на фиг. 1, относится к муфтовому типу и содержит соединительную муфту 3. Соединительная муфта 3 соединяет две стальные трубы. Соединительная муфта 3 содержит две муфты 20.

Альтернативно, резьбовое соединение 1 может относиться к интегральному типу. Как показано на фиг. 2, резьбовое соединение 1 интегрального типа также является резьбовым соединением для соединения тел 2 стальных труб, и содержит ниппель 10 и муфту 20. В резьбовом соединении 1 интегрального типа одна стальная труба содержит ниппель 10, а другая стальная труба содержит муфту 20.

Как показано на фиг. 3, ниппель 10 содержит нос 11, поверхность 12 заплечика ниппеля, коническую поверхность 15 ниппеля, скругленную поверхность 16 ниппеля, охватываемую резьбу 13 и уплотнительную поверхность 14 ниппеля. Нос 11 обеспечен на участке вершины ниппеля 10, и имеет наруж-

ный диаметр меньше внутреннего диаметра участка муфты 20, который обращен к участку вершины ниппеля 10 когда соединение скреплено. Поверхность 12 заплечика ниппеля обеспечена на вершине носа 11. Коническая поверхность 15 ниппеля обеспечена на наружной периферии носа 11. Скругленная поверхность 16 ниппеля обеспечена на кромке между поверхностью 12 заплечика ниппеля и конической поверхностью 15 ниппеля. Охватываемая резьба 13 обеспечена на наружной периферии ниппеля 10. Уплотнительная поверхность 14 ниппеля обеспечена на наружной периферии ниппеля 10 и расположена между носом 11 и охватываемой резьбой 13.

Муфта 20 содержит поверхность 21 заплечика муфты, охватывающую резьбу 22, уплотнительную поверхность 23 муфты, коническую поверхность 24 муфты, и скругленную поверхность 25 муфты. Поверхность 21 заплечика муфты обращена к поверхности 12 заплечика ниппеля и соприкасается с поверхностью 12 заплечика ниппеля, когда соединение скреплено. Охватывающая резьба 22 соответствует охватываемой резьбе 13 и обеспечена на внутренней периферии муфты 20. Уплотнительная поверхность 23 муфты обращена к уплотнительной поверхности 14 ниппеля и соприкасается с уплотнительной поверхностью 14 ниппеля после скрепления. Коническая поверхность 24 муфты обращена к конической поверхности 15 ниппеля. Скругленная поверхность 25 муфты обращена к круглой поверхности 16 ниппеля.

Если зазор между наружной поверхностью ниппеля 10 и внутренней поверхностью муфты 20 после скрепления, измеренный на граничной линии между конической поверхностью 15 ниппеля и скругленной поверхностью 16 ниппеля обозначен δ [мм], наружный диаметр тела 2 стальной трубы обозначен D [мм], толщина стенки тела 2 стальной трубы обозначена t [мм], расстояние между точкой PP поворота и вершиной ниппеля 10 после скрепления, измеренное по направлению CL оси трубы обозначено L [мм], толщина стенки ниппеля 10, измеренная в точке PP поворота, которая является позицией в области контакта между уплотнительной поверхностью 14 ниппеля и уплотнительной поверхностью 23 муфты, которая является самой близкой к вершине ниппеля 10, обозначена t_L [мм], и толщина стенки муфты, измеренная в точке PP поворота обозначена t_B [мм], тогда удовлетворяется выражение (1), приведенное ниже, и $t_B/t_L > 1,4$.

$$0,30 + \min(a_n t_L + b_n D, n = 1, 2, 3) > \delta > \min(a_n t_L + b_n D, n = 1, 2, 3) \quad (1)$$

Здесь $\min$ является функцией, которая берет минимум из трех факторов в своем выражении в скобках.

a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 и b_3 определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} a_1 &= (L/t) \times 0,0115 \times (t_L/t)^{-1,68778} - 0,00247 \times (t_L/t)^{-2,02052}; \\ b_1 &= (L/t) \times 0,0076 \times (t_L/t)^{-0,65672} - 0,00120 \times (t_L/t)^{-1,06817}; \\ a_2 &= (L/t) \times 0,00725 \times (t_L/t)^{-1,67341} - 0,00157 \times (t_L/t)^{-1,93212}; \\ b_2 &= 0; \\ a_3 &= -(L/t) \times 0,00256 \times (t_L/t)^{-2,40620} + 0,00372 \times (t_L/t)^{-2,19899}; \text{ и} \\ b_3 &= (L/t) \times 0,01986 \times (t_L/t)^{-0,88615} - 0,01048 \times (t_L/t)^{-1,00532}. \end{aligned}$$

Поскольку наружный диаметр D и толщина t стенки тела 2 стальной трубы не являются строго постоянными вдоль всего тела 2 стальной трубы, наружный диаметр D может быть представлен средним наружным диаметром, и толщина t стенки может быть представлена средней толщиной стенки. Средний наружный диаметр получают измерением по каждому из двух направлений перпендикулярных друг другу, наружный диаметр тела 2 стальной трубы до скрепления на позиции в 1 дюйме (25 мм) от торцевой поверхности муфты соединения после скрепления и получения среднего по измерениям. Аналогично, среднюю толщину стенки получают по измерениям на каждой из 8 точек, расположенных по окружности периметра (с угловым интервалом 45°), толщины стенки тела 2 стальной трубы до скрепления на позиции в 1 дюйме (25 мм) от торцевой поверхности муфты соединения после скрепления и получения среднего по измерениям.

В носу 11, показанном на фиг. 3, коническая поверхность 15 ниппеля, по существу, параллельна конической поверхности 24 муфты. Т.е., расстояние между конической поверхностью 15 ниппеля и конической поверхностью 24 муфты является, по существу, постоянным. Альтернативно, как показано на фиг. 4, расстояние между конической поверхностью 15 ниппеля и конической поверхностью 24 муфты может постепенно увеличиваться в направлении к вершине носа 11. В таких реализациях площадь контакта уплотнительной поверхности 14 ниппеля с уплотнительной поверхностью 23 муфты после скрепления больше площади контакта, показанной на фиг. 3, и может, по существу, обеспечивать поверхностный контакт (или линейный контакт в продольном сечении). Таким образом, позиция точки PP поворота, как определено по направлению оси трубы CL может варьироваться в зависимости от затягивающей силы и величины выгибания, т.е. деформации носа 11.

Выше описаны варианты осуществления изобретения, но настоящее изобретение ими не ограничено и возможны различные модификации без отхода от сущности изобретения.

Примеры

Для подтверждения полезного эффекта описанных выше вариантов осуществления изобретения проведен анализ численного моделирования способом упругопластических конечных элементов.

Условия испытаний.

Для анализа по упругопластическим конечным элементам применяли модель резьбового соединения базовой конструкции, показанной на фиг. 1. Общие условия испытаний были следующими.

Размер стальной трубы: 14 дюймов, 100# (с наружным диаметром 355,6 мм и толщиной стенки 17,78 мм).

Материал: сталь P110 (предел текучести 862 Н/мм², модуль упругости 205 КН/мм², и коэффициент Пуассона 0,3) по стандартам American Petroleum Institute (API).

Тип резьбового соединения: муфтовый (с наружным диаметром 386 мм).

Форма и размер резьбы: трапецеидальная трубная резьба с углом наклона нагруженной стороны резьбы 3°, угол наклона направляющей стороны резьбы 10°, высота охватываемой резьбы 1,978 мм, шаг резьбы 6,35 мм (4 TPI (витка на дюйм) и конусность резьбы 1/16.

Размер носа: $L=17$ мм, $t_L=10,3$ мм

Условия скрепления: затяжка до соприкосновения с заплечиком и дополнительная затяжка с 1/100 оборота.

Условия нагружения:

(1) внутреннее давление: чистая нагрузка внутреннего давления 100% предела текучести тела стальной трубы;

(2) наружное давление: чистая нагрузка наружного давления 100% предела текучести (100% по стандарту API 5C3s) тела стальной трубы.

Внутреннее давление прикладывали к внутренним периферийным поверхностям ниппеля и муфты, также в целом к поверхностям, расположенным в направлении внутрь от контактов металлического уплотнения (например, наружной периферийной поверхности носа ниппеля, внутренней периферийной поверхности участка муфты, соответствующей носу ниппеля, и поверхностям заплечиков ниппеля и муфты).

Наружное давление прикладывали к наружным периферийным поверхностям ниппеля и муфты, а также ко всем поверхностям, расположенным снаружи контактов металлического уплотнения (например, резьбовым поверхностям ниппеля и муфты).

Способ оценки.

Как показано в табл. 1, приведенной ниже, скрепление моделировали для моделей 1-6 в указанных выше условиях испытаний и анализировали до вычисления герметичности при внутреннем давлении и наружном давлении. Каждую, герметичность при внутреннем давлении и наружном давлении получали делением контактной силы уплотнения (или, более точно, контактной силы уплотнения на единицу длины окружности периметра), полученной, когда внутреннее или наружное давление при вышеописанных условиях нагружения прикладывали контактной силой уплотнения после скрепления (т.е. с коэффициентом уменьшения в контактной силе уплотнения в сравнении с величиной после скрепления). Герметичность является соотношением контактной силы уплотнения, полученной когда прикладывается нагрузка давления, относительно контактной силы уплотнения после скрепления, и чем больше указанная величина, тем лучше герметичность.

Таблица 1

модель	зазор	соотношение	герметичность	герметичность
	δ (мм)	толщины стенки t_B/t_L	по внутреннему давлению	по наружному давлению
1	0,15	2,25	1,21	0,81
2	0,48	2,25	1,23	0,81
3	0,08	2,25	1,21	0,77
4	0,14	1,38	0,8	0,91
5	0,3	2,25	1,22	0,81
6	0,06	2,25	1,21	0,71

В настоящих испытаниях $0,43 \text{ мм} > \delta > 0,13 \text{ мм}$. Таким образом, модели 1 и 5 являются патентоспособными примерами, а модели 2-4 и 6 являются сравнительными примерами. Модель 2 имеет зазор δ больше или равный верхнему пределу (0,43 мм). Модели 3 и 6 каждая имеет зазор δ меньше или равный нижнему пределу (0,13 мм). Модель 4 имеет отношение толщины стенки t_B/t_L меньше или равное нижнему пределу (1,4).

Величины герметичности при наружном давлении моделей, отличающихся от модели 4, показаны на фиг. 5. Как должно быть ясно из данного графика, герметичность при наружном давлении значительно меняется в случаях, когда зазор δ больше или меньше нижнего предела. Т.е., когда зазор δ становится меньше нижнего предела, герметичность при наружном давлении значительно уменьшается. Данное происходит в первую очередь, поскольку нос 11 деформируется или выгибается так, что его вершина

упирается во внутреннюю периферию муфты 20.

Для модели 4, которая имеет соотношение толщины стенок меньше нижнего предела, герметичность при внутреннем давлении является очень низкой. Модель 2 имеет герметичности при внутреннем давлении и наружному давлению, по существу, равную герметичности моделей 1 и 5; вместе с тем, поскольку зазор δ больше или равный верхнему пределу означает увеличенный объем резания, стоимость изготовления в модели 4 является высокой.

Приведенные выше результаты демонстрируют, что резьбовые соединения патентоспособных примеров имеют лучшую герметичность при внутреннем давлении и лучшую герметичность при наружном давлении, чем резьбовые соединения сравнительных примеров.

Описание ссылочных позиций

- 1 - резьбовое соединение для стальной трубы;
- 2 - тело стальной трубы;
- 10 - ниппель;
- 11 - нос;
- 12 - поверхность заплечика ниппеля;
- 13 - охватываемая резьба;
- 14 - уплотнительная поверхность ниппеля;
- 15 - коническая поверхность ниппеля;
- 16 - скругленная поверхность ниппеля;
- 20 - муфта;
- 21 - поверхность заплечика муфты;
- 22 - охватывающая резьба;
- 23 - уплотнительная поверхность муфты;
- 24 - коническая поверхность муфты;
- 25 - скругленная поверхность муфты.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение для соединения тел стальных труб, каждое из которых имеет наружный диаметр больше или равный 7 дюймам (178 мм) и толщину стенки больше или равную 0,7 дюйма (18 мм), содержащее

трубчатый ниппель; и

трубчатую муфту, выполненную с возможностью скрепления на ниппеле, когда ниппель введен в нее,

причем ниппель содержит

нос, обеспеченный на участке вершины ниппеля и имеющий наружный диаметр меньше внутреннего диаметра участка муфты, который обращен к участку вершины ниппеля, когда соединение скреплено;

поверхность заплечика ниппеля, обеспеченную на вершине носа;

коническую поверхность ниппеля, обеспеченную на наружной периферии носа;

скругленную поверхность ниппеля, обеспеченную на кромке между поверхностью заплечика ниппеля и конической поверхностью ниппеля;

охватываемую резьбу, обеспеченную на наружной периферии ниппеля; и

уплотнительную поверхность ниппеля, обеспеченную на наружной периферии ниппеля и расположенную между носом и охватываемой резьбой,

причем муфта содержит

поверхность заплечика муфты, обращенную к поверхности заплечика ниппеля и выполненную с возможностью контакта с поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение скреплено;

охватывающую резьбу, соответствующую охватываемой резьбе и обеспеченную на внутренней периферии муфты; и

уплотнительную поверхность муфты, обращенную к уплотнительной поверхности ниппеля и выполненную с возможностью контакта с уплотнительной поверхностью ниппеля после скрепления,

при этом удовлетворяется выражение (1), приведенное ниже, и $t_B/t_L > 1,4$,

$$0,30 + \min(a_n t_L + b_n D, n=1,2,3) > \delta > \min(a_n t_L + b_n D, n=1,2,3) \quad (1)$$

где δ [мм] зазор между наружной поверхностью ниппеля и внутренней поверхностью муфты после скрепления, измеренный на граничной линии между конической поверхностью ниппеля и скругленной поверхностью ниппеля, D [мм] наружный диаметр тела стальной трубы, t [мм] толщина стенки тела стальной трубы, L [мм] расстояние между точкой поворота, которая является позицией в области контакта между уплотнительной поверхностью ниппеля и уплотнительной поверхностью муфты, которая является самой близкой к вершине ниппеля, и вершиной ниппеля после скрепления, как измерено в направлении оси трубы, t_L [мм] толщина стенки ниппеля, измеренная в точке поворота, и t_B [мм] толщина стенки муфты, измеренная в точке поворота, при этом $\min$ является функцией, принимающей минимум из трех факторов в ее скобках,

$$a1=(L/t) \times 0,0115 \times (t_L/t)^{-1,68778} - 0,00247 \times (t_L/t)^{-2,02052};$$

$$b1=(L/t) \times 0,0076 \times (t_L/t)^{-0,65672} - 0,00120 \times (t_L/t)^{-1,06817};$$

$$a2=(L/t) \times 0,00725 \times (t_L/t)^{-1,67341} - 0,00157 \times (t_L/t)^{-1,93212};$$

$$b2=0;$$

$$a3=-(L/t) \times 0,00256 \times (t_L/t)^{-2,40620} + 0,00372 \times (t_L/t)^{-2,19899};$$

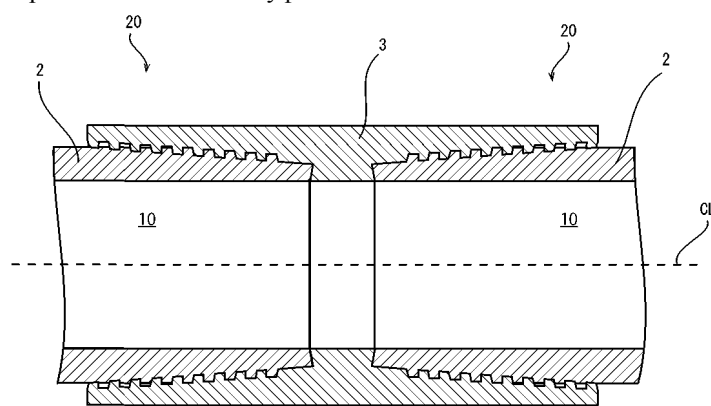
$$b3=(L/t) \times 0,01986 \times (t_L/t)^{-0,88615} - 0,01048 \times (t_L/t)^{-1,00532};$$

2. Резьбовое соединение по п.1, в котором $t_B/t_L > 2,0$.

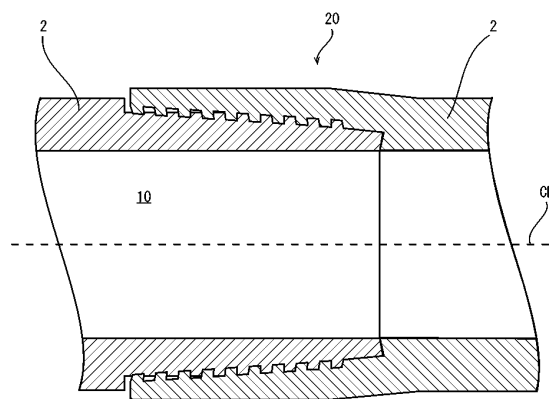
3. Резьбовое соединение по п.2, в котором резьбовое соединение является соединением муфтового типа.

4. Резьбовое соединение по любому из пп.1-3, в котором нос имеет 0,2% условный предел текучести в 1,05 или более раз превышающий 0,2% условный предел текучести тела стальной трубы, до скрепления и измеренный в направлении вдоль окружности.

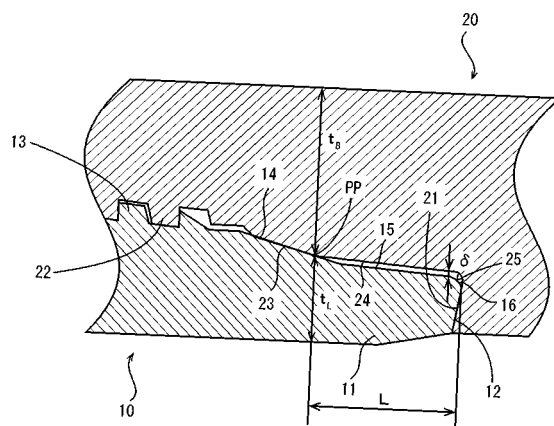
5. Резьбовое соединение по любому из пп.1-4, в котором по меньшей мере одно из химической конверсионной обработки, пескоструйной обработки и металлизации применяется по меньшей мере к одному из охватываемой резьбы и охватывающей резьбы, по меньшей мере одной из уплотнительной поверхности ниппеля и уплотнительной поверхности муфты и по меньшей мере одной из поверхности заплечика ниппеля и поверхности заплечика муфты.



1
Фиг. 1



1
Фиг. 2



Фиг. 3

