

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037765**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.05.19

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

(21) Номер заявки
202090546

(22) Дата подачи заявки
2018.11.06

(54) РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ

(31) 2017-216690

(56) JP-A-2006526747

(32) 2017.11.09

JP-A-2012247028

(33) JP

JP-A-2012506000

(43) 2020.08.31

(86) PCT/JP2018/041148

(87) WO 2019/093311 2019.05.16

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

(72) Изобретатель:
Оку Йоусуке, Сугино Масааки (JP)

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

(57) Резьбовое соединение для стальной трубы, обеспеченное с улучшенной уплотняемостью относительно внутреннего и внешнего давления. Резьбовое соединение 1 включает в себя ниппель 10 и муфту 20. Ниппель 10 включает в себя охватываемую резьбу 11, носовую часть 12, поверхность 13 заплечика ниппеля и уплотняющую поверхность 14 ниппеля. Муфта 20 включает в себя охватывающую резьбу 21, поверхность 23 заплечика муфты и уплотняющую поверхность 24 муфты. Уплотняющая поверхность 24 муфты имеет точку SP уплотнения, коническую поверхность 242, расположенную на центральной ее точке, определенной вдоль направления оси CL трубы. Расстояние LSP между концом носовой части 12 и точкой SP уплотнения, измеренное в направлении оси CL трубы, составляет 13 мм или больше. Угол α заплечика между ниппелем или поверхностью 13 или 23 заплечика муфты и плоскостью VP, перпендикулярной оси CL трубы, составляет от 2 до 13°. Отношение TB/TP толщины стенки TB муфты к толщине стенки TP ниппеля 10, измеренное в точке SP уплотнения, равно 1,7 или выше.

037765 B1

037765 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к резьбовому соединению для стальных труб.

Уровень техники

Стальные трубы, называемые трубами для нефтяной скважины, используются, например, для разведки или добычи нефти или природного газа в нефтяных скважинах или скважинах для природного газа (далее совместно именуемые "нефтяные скважины" или т.п.) для разработки нетрадиционных ресурсов, таких как нефтяной песок или сланцевый газ, для извлечения или хранения двуокиси углерода (улавливание и хранение двуокиси углерода (CCS)) для геотермальной выработки электроэнергии, или в горячих источниках. Резьбовое соединение используется для соединения труб нефтяных скважин.

Такие резьбовые соединения для стальных труб обычно классифицируют как соединение муфтового типа и интегрального типа. Соединение муфтового типа соединяет пару труб, одна из которых представляет собой стальную трубу, а другая представляет собой муфтовое соединение. В этом случае охватываемая резьба обеспечена на внешней периферии каждого из концов стальной трубы, а охватывающая резьба обеспечена на внутренней периферии каждого из концов муфтового соединения. Затем, охватываемая резьба стальной трубы ввинчивается в охватывающую резьбу муфтового соединения так, что они свинчиваются и соединяются. Интегральное соединение соединяет пару труб, обе из которых являются стальными трубами, и не использует отдельное муфтовое соединение. В этом случае, охватываемая резьба обеспечена на внешней периферии одного конца каждой стальной трубы, а охватывающая резьба обеспечена на внутренней периферии другого конца. Затем, охватываемая резьба одной стальной трубы ввинчивается в охватывающую резьбу другой стальной трубы так, что они свинчиваются и соединяются.

Соединительный участок конца трубы, на котором обеспечена охватываемая резьба, включает в себя элемент, который должен быть вставлен в охватывающую резьбу, и таким образом обычно называется "ниппелем". Соединительный участок конца трубы, на котором обеспечена охватывающая резьба, включает в себя элемент для приема охватываемой резьбы и таким образом называется "муфтой". Ниппель и муфта образуют концы труб и таким образом имеют трубчатую форму.

Нефтяная скважина пробурена вдоль, при этом ее боковая стенка усилена трубами для нефтяной скважины для предотвращения разрушения боковой стенки во время разработки месторождения, что приводит к тому, что множество труб для нефтяных скважин расположены друг в друге. В последние годы как наземные, так и морские нефтяные скважины становятся все глубже и глубже; в таких средах для соединения труб для нефтяных скважин резьбовые соединения, в которых внутренний и внешний диаметры соединительных участков в общем равны, или незначительно больше, чем внутренний и внешний диаметры стальных труб, часто используются для того, чтобы улучшить эффективность разработки нефтяных скважин. Использование таких резьбовых соединений минимизирует зазоры между трубами для нефтяных скважин, расположенных друг в друге, что улучшает эффективность разработки глубокой нефтяной скважины без значительного увеличения диаметра скважины. Резьбовое соединение требуется для хорошей уплотняемости для противодействия давлению текучей среды изнутри (далее так же называемому "внутреннее давление") и давлению текучей среды снаружи (далее так же называемому "внешнее давление") в соответствии с вышеописанными ограничениями относительно внутреннего и внешнего диаметров. Дополнительно, если трубы для нефтяных скважин, например, используются в нефтяной скважине с большой глубиной, термическое расширение трубы может прикладывать большие нагрузки растяжения или нагрузки сжатия к соответствующему резьбовому соединению. В таких средах резьбовое соединение также должно иметь хорошую уплотняемость.

Известное резьбовое соединение, которое может обеспечивать уплотняемость, представляет собой резьбовое соединение, обеспеченное уплотнением, с использованием контакта металл-к-металлу (далее называемое "металлическое уплотнение"). Металлическое уплотнение представляет собой конструкцию, в которой диаметр уплотняющей поверхности ниппеля незначительно больше, чем диаметр уплотняющей поверхности муфты (эта разница в диаметре будет называться "помеха") так, что, когда резьбовое соединение свинчивается и уплотняющие поверхности оказываются вместе, помеха способствует уменьшению диаметра уплотняющей поверхности ниппеля и способствует увеличению диаметра уплотняющей поверхности муфты, а каждая из уплотняющих поверхностей пытается восстановить их первоначальные диаметры и, таким образом, создает силы упругого восстановления, которые создают контактные давления на уплотняющие поверхности, чтобы вызывать их прилипание друг к другу вдоль всей периферии, тем самым обеспечивая уплотняемость.

JP 2006-526747A (патентный документ 1) раскрывает резьбовое соединение для стальной трубы, состоящее из ниппеля и муфты. Ниппель включает в себя охватываемую резьбу уплотняющей поверхности и поверхность заплечика. Соответственно, муфта включает в себя охватывающую резьбу уплотняющей поверхности и поверхности заплечика. Ниппель включает в себя носовую часть, расположенную между уплотняющей поверхностью и поверхностью заплечика. Носовая часть не контактирует с соответствующим участком муфты. В этом документе говорится, что угол заплечика предпочтительно составляет от 4 до 16° относительно плоскости, перпендикулярной к оси трубы.

JP 2013-29176A (патентный документ 2) раскрывает резьбовое соединение для стальной трубы, состоящее из ниппеля и муфты. Ниппель включает в себя охватываемую резьбу, носовую часть, продол-

жающуюся от охватываемой резьбы по направлению к концу трубы, и заплечик, обеспеченный на конце носовой части. Муфта включает в себя охватывающую резьбу, соединяемую с возможностью ввинчивания с охватываемой резьбой, чтобы образовывать резьбовой узел, уплотняющую поверхность, обращенную к внешней периферии носовой части ниппеля, и заплечик, стыкующийся с заплечиком ниппеля. Внешняя периферия носовой части ниппеля имеет форму изогнутой поверхности, выступающей по направлению наружу. Уплотняющая поверхность муфты имеет форму одного сужения. Внешняя периферия носовой части ниппеля и уплотняющая поверхность муфты входят в контакт металл к металлу так, что контактные участки образуют уплотнение.

JP 2014-13052A (патентный документ 3) раскрывает резьбовое соединение для трубы, состоящее из элемента ниппеля и элемента муфты. Элемент ниппеля включает в себя охватываемую резьбу, носовую часть, продолжающуюся от охватываемой резьбы по направлению к концу трубы, и заплечик, обеспеченный на конце носовой части. Элемент муфты включает в себя охватывающую резьбу, соединяемую с возможностью ввинчивания с охватываемой резьбой, внутреннюю периферию, обращенную к внешней периферии носовой части элемента ниппеля, и заплечик, стыкующийся с заплечиком элемента ниппеля. Внешняя периферия ниппеля носовой части представляет собой изогнутую, выступающую поверхность. Внутренняя периферия элемента муфты представляет собой коническую поверхность, приспособленную для создания помехи с изогнутой выступающей поверхностью ниппеля носовой части, когда элемент муфты соединен с элементом ниппеля. Угол заплечика составляет 0° или больше. В результате ввинчиваемого соединения ниппеля и элементов муфты, элементы соединены так, что выступающая изогнутая поверхность носовой части ниппеля и коническая поверхность элемента муфты, входят в контакт металл к металлу, где контактируют с границей, образуя уплотнение.

Следующие документы включены здесь в качестве ссылки.

Патентный документ 1: JP 2006-526747A.

Патентный документ 2: JP 2013-29176A.

Патентный документ 3: JP 2014-13052A.

Сущность изобретения

Задачей изобретения является обеспечение резьбового соединения для стальной трубы с улучшенной уплотняемостью относительно внутреннего и внешнего давления.

Авторы настоящего изобретения продолжают изучение факторов, воздействующих на уплотняемость относительно внутреннего и внешнего давления, отличного от угла заплечика, и вновь обнаружили, что расстояние между концом ниппеля и металлическим уплотнением влияет на уплотняемость. В дополнение к этим результатам авторы настоящего изобретения вновь обнаружили, что отношение толщины стенки между ниппелем и муфтой, измеренное на металлическом уплотнении, которое не принималось во внимание, влияют на уплотняемость. На основе этих новых результатов авторы настоящего изобретения изобрели резьбовое соединение, описанное ниже.

Резьбовое соединение для стальной трубы согласно изобретению включает в себя трубный ниппель, образованный из концевой участка стальной трубы; и трубную муфту, приспособленную для свинчивания на ниппель, когда ниппель вставлен в нее. Ниппель включает в себя охватываемую резьбу, обеспеченную на внешней периферии ниппеля; носовую часть, образованную из концевой участка ниппеля, причем носовая часть имеет внешний диаметр, меньший, чем внутренний диаметр муфты, который обращен к носовой части, когда ниппель и муфта свинчены; поверхность заплечика ниппеля, обеспеченную на конце носовой части; и уплотняющую поверхность ниппеля, обеспеченную на внешней периферии ниппеля, причем уплотняющая поверхность ниппеля расположена между охватываемой резьбой и носовой частью. Уплотняющая поверхность ниппеля включает в себя первую криволинейную поверхность, вторую криволинейную поверхность и первую коническую поверхность, причем первая криволинейная поверхность расположена ближе к поверхности заплечика ниппеля, чем вторая криволинейная поверхность, причем вторая криволинейная поверхность расположена на большем расстоянии от поверхности заплечика ниппеля, чем первая криволинейная поверхность, причем первая коническая поверхность расположена между первой криволинейной поверхностью и второй криволинейной поверхностью. Муфта включает в себя охватывающую резьбу, обеспеченную на внутренней периферии муфты, причем охватывающая резьба соответствует охватываемой резьбе; поверхность заплечика муфты, обращенную к поверхности заплечика ниппеля, причем поверхность заплечика муфты контактирует с поверхностью заплечика ниппеля, когда ниппель и муфта свинчены; и уплотняющую поверхность муфты, обращенную к поверхности уплотнения ниппеля, причем уплотняющая поверхность муфты контактирует с уплотняющей поверхностью ниппеля, когда ниппель и муфта свинчены. Уплотняющая поверхность муфты включает в себя третью криволинейную поверхность, четвертую криволинейную поверхность и вторую коническую поверхность, причем третья криволинейная поверхность расположена ближе к поверхности заплечика муфты, чем четвертая криволинейная поверхность, причем четвертая криволинейная поверхность расположена на большем расстоянии от поверхности заплечика муфты, чем третья криволинейная поверхность, причем вторая коническая поверхность расположена между третьей криволинейной поверхностью и четвертой криволинейной поверхностью. Уплотняющая поверхность муфты имеет точку уплотнения на второй конической поверхности, расположенной на центральной точке, оп-

ределенной вдоль направления оси трубы. Расстояние до точки уплотнения между концом носовой части и точкой уплотнения, измеренное в направлении оси трубы, составляет 13 мм или выше. Угол заплечика между поверхностью заплечика ниппеля или поверхностью заплечика муфты и плоскостью, перпендикулярной оси трубы, составляет от 2 до 13°. Отношение толщины стенки уплотнения к толщине стенки муфты к толщине стенки ниппеля, измеренное в точке уплотнения, составляет 1,7 или выше. Расстояние точки уплотнения может быть от 13 до 25 мм. Угол заплечика может быть от 2 до 10°. Отношение толщины стенки уплотнения может быть от 1,8 до 3,0.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой продольный вид в сечении резьбового соединения муфтового типа для стальной трубы, согласно варианту осуществления, вдоль направления оси трубы;

фиг. 2 - продольный вид в сечении резьбового соединения интегрального типа для стальной трубы, отличной от трубы с фиг. 1, вдоль направления оси трубы;

фиг. 3 - увеличенный продольный вид в сечении участка II на фиг. 1;

фиг. 4 - увеличенный продольный вид в сечении уплотнения и носовой части и окружающих участков на фиг. 3;

фиг. 5 графически изображает область условий нагрузки, используемую в анализе FEM;

фиг. 6 графически изображает результаты оценки характеристики крутящего момента;

фиг. 7 графически изображает результаты оценки уплотняемости при сложных нагрузках;

фиг. 8 графически изображает результаты оценки уплотняемости от внешнего давления;

фиг. 9 графически изображает результаты оценки уплотняемости от внутреннего давления.

Варианты осуществления изобретения

Резьбовое соединение для стальной трубы согласно варианту осуществления далее будет описано со ссылкой на чертежи. Одинаковые и соответствующие элементы на чертежах обозначены одинаковыми символами, а одинаковые детали не будут повторяться.

Со ссылкой на фиг. 1, резьбовое соединение для стальной трубы 1, согласно настоящему варианту осуществления, включает в себя трубные ниппели 10 и трубную муфту 20. Каждый ниппель 10 образован из участка стальной трубы 2, связанного с одним концом. Муфта 20 свинчена на ниппель 10, когда ниппель 10 вставлен в нее. Участки стальной трубы 2, отличные от концевых участков, могут в дальнейшем конкретно называться "корпусом стальной трубы".

Резьбовое соединение 1, показанное на фиг. 1, представляет собой соединение муфтового типа, которое включает в себя два ниппеля 10 и соединительную муфту 3. Один ниппель 10 образован из концевой части одной стальной трубы 2. Другой ниппель 10 образован из концевой части другой стальной трубы 2. Соединительная муфта 3 включает в себя две муфты 20 и кольцеобразный выступающий участок 31. Одна муфта 20 образована из участка соединительной муфты 3, связанного с одним концом соединительной муфты. Другая муфта 20 образована из участка соединительной муфты 3, связанного с другим концом муфты. Выступающий участок 31 обеспечен в средней части соединительной муфты 3. Одна муфта 20 свинчена на один ниппель 10, когда один ниппель 10 вставлен в нее. Другая муфта 20 обеспечена на стороне соединительной муфты, противоположной одной муфте 20, и свинчена на другой ниппель 10, когда другой ниппель 10 вставлен в нее.

Альтернативно, резьбовое соединение 1 может быть интегральным резьбовым соединением. Как показано на фиг. 2, интегральное резьбовое соединение 1 выполнено с возможностью соединять две стальные трубы 2 и включает в себя ниппель 10 и муфту 20. В интегральном резьбовом соединении 1 стальная труба 2 включает в себя ниппель 10, а другая стальная труба 2 включает в себя муфту 20.

Со ссылкой на фиг. 1 и 3, ниппель 10 включает в себя охватываемую резьбу 11, носовую часть 12, поверхность 13 заплечика ниппеля и уплотняющую поверхность 14 ниппеля. Охватываемая резьба 11 обеспечена на внешней периферии ниппеля 10. Носовая часть 12 образована из концевой части ниппеля 10 и имеет внешний диаметр, который меньше внутреннего диаметра участка муфты 20, который обращен к носовой части, когда ниппель 10 и муфта 20 свинчены. В связи с этим маленький зазор образован между внешней периферией носовой части 12 ниппеля 10 и противоположной внутренней периферией муфты 20, как показано на фиг. 4. Поверхность 13 заплечика ниппеля обеспечена на конце носовой части 12. Уплотняющая поверхность 14 ниппеля обеспечена на внешней периферии ниппеля 10, расположенная между охватываемой резьбой 11 и носовой частью 12.

Уплотняющая поверхность 14 ниппеля включает в себя криволинейную поверхность 141, криволинейную поверхность 143 и коническую поверхность 142, причем криволинейная поверхность 141 расположена ближе к поверхности 13 заплечика ниппеля, чем криволинейная поверхность 143, причем криволинейная поверхность 143 расположена на большем расстоянии от поверхности 13 заплечика ниппеля, чем криволинейная поверхность 141, причем коническая поверхность 142 расположена между криволинейными поверхностями 141 и 143. Т.е. уплотняющая поверхность 14 ниппеля состоит из криволинейной поверхности 141, конической поверхности 142 и криволинейной поверхности 143. Криволинейная поверхность 141, коническая поверхность 142 и криволинейная поверхность 143 расположены в этом порядке вдоль направления оси CL трубы.

Муфта 20 включает в себя охватывающую резьбу 21, поверхность 23 заплеика муфты и уплотняющую поверхность 24 муфты. Охватывающая резьба 21 обеспечена на внутренней периферии муфты 20, чтобы соответствовать охватываемой резьбе 11. Поверхность 23 заплеика муфты обращена к поверхности 13 заплеика ниппеля и контактирует с поверхностью 13 заплеика ниппеля, когда ниппель 10 и муфта 20 свинчены. Уплотняющая поверхность 24 муфты, обращенная к уплотняющей поверхности 14 ниппеля, контактирует с уплотняющей поверхностью 14 ниппеля, когда ниппель 10 и муфта 20 свинчены, и имеет коническую форму.

Уплотняющая поверхность 24 муфты включает в себя криволинейную поверхность 241, криволинейную поверхность 243 и коническую поверхность 242, причем криволинейная поверхность 241 расположена ближе к поверхности 23 заплеика муфты, чем криволинейная поверхность 243, причем криволинейная поверхность 243 расположена на большем расстоянии от поверхности 23 заплеика муфты, чем криволинейная поверхность 241, причем суженная поверхность 242 расположена между криволинейными поверхностями 241 и 243. Т.е. уплотняющая поверхность 24 муфты состоит из криволинейной поверхности 241, конической поверхности 242 и криволинейной поверхности 243. Криволинейная поверхность 241, коническая поверхность 242 и криволинейная поверхность 243 расположены в этом порядке вдоль направления оси CL трубы.

Охватываемая и охватывающая резьбы 11 и 21 являются трапецидальными резьбами, которые могут быть получены преобразованием формы упорной резьбы.

Со ссылкой на фиг. 3 и 4 уплотняющая поверхность 24 муфты имеет точку SP уплотнения. Точка SP уплотнения находится на конической поверхности 242 уплотняющей поверхности 24 и расположена на центральной точке уплотняющей поверхности 24 муфты, определенной вдоль направления оси CL трубы. Расстояние LSP точки уплотнения не меньше 13 мм. Расстояние LSP точки уплотнения представляет собой расстояние между концом носовой части 12 и точкой SP уплотнения, определенной вдоль направления оси CL трубы. Угол α заплеика составляет от 2 до 13°. Угол α заплеика представляет собой угол между ниппелем или поверхностью 13 или 23 заплеика муфты и плоскостью VP, перпендикулярной оси CL трубы. Отношение ТВ/ТР толщины стенки уплотнения не ниже 1,7. Отношение ТВ/ТР толщины стенки уплотнения, измеренное на точке SP уплотнения, представляет собой отношение толщины стенки муфты 20 (далее называемой "толщина стенки уплотнения муфты") ТВ к толщине стенки ниппеля 10 (далее называется "толщина стенки уплотнения ниппеля") ТР. На фиг. 3 W обозначает внешний диаметр муфты 20, при этом ID обозначает внутренний диаметр корпуса 2 трубы.

При этой конфигурации в рабочем положении нижний предел расстояния LSP точки уплотнения предпочтительно составляет 14 мм и более предпочтительно 15 мм. Если расстояние LSP точки уплотнения слишком большое, это уменьшает технологичность; для предотвращения этого верхний предел расстояния LSP точки уплотнения может быть, например, 25 мм, но предпочтительно 24 мм и более предпочтительно 23 мм. Нижний предел угла α заплеика предпочтительно составляет 3° и более предпочтительно 4°. Верхний предел угла α заплеика предпочтительно составляет 10° и более предпочтительно 9 градусов. Нижний предел отношения ТВ/ТР толщины стенки уплотнения предпочтительно составляет 1,8 и более предпочтительно 1,9. В вариантах осуществления, где множество стальных труб расположены друг в друге и вставлены в скважину, соединительная муфта 3 с чрезмерно большим внешним диаметром может создавать помеху с внутренней периферией ниппеля 10, расположенного снаружи; для предотвращения этого верхний предел отношения ТВ/ТР толщины стенки уплотнения может быть, например, 3,0, но предпочтительно 2,9 и более предпочтительно 2,8.

В вышепроиллюстрированном варианте осуществления расстояние LSP точки уплотнения составляет не менее 13 мм, что означает высокую жесткость носовой части 12; по существу, когда нагрузка сжатия приложена к резьбовому соединению 1, носовая часть 12 удерживает некоторые из нагрузок сжатия для предотвращения отклонения уплотняющей поверхности металлического уплотнения, минимизируя тем самым понижение контактного давления. В дополнение, отношение ТВ/ТР толщины стенки уплотнения не ниже 1,7, что означает высокую жесткость муфты 20; по существу, муфта 20 имеет особенно высокое сопротивление относительно силы выталкивания от внутреннего давления, тем самым поддерживая адгезию между уплотняющими поверхностями, минимизируя таким образом понижение контактного давления металлического уплотнения. В результате, обеспечивается улучшенная уплотняемость относительно внутреннего и внешнего давления.

Несмотря на то что вариант осуществления был описан, настоящее изобретение не ограничено вышепроиллюстрированным вариантом осуществления, и возможны различные преобразования без отклонения от замысла изобретения.

Примеры

Для оценки влияния настоящего варианта осуществления характеристика крутящего момента и уплотняемость были оценены с использованием способа (FEM) конечного элемента. Были оценены соединения с упорной резьбой, где использовались стальные трубы, как описано ниже.

Размеры: 7 дюймов, 26# (с внешним диаметром корпуса трубы 177,8 мм и внутренним диаметром корпуса трубы 159,41 мм).

Материал: материал L80 труб для нефтяных скважин согласно API стандартам (с номинальным пределом прочности YS 552 МПа (80 кфунт/дюйм)).

Табл. 1 и 2 показывают размеры 42 экспериментальных примеров, которые были проанализированы, и результаты их оценки. В этих примерах внешний диаметр корпуса 2 трубы, внутренний диаметр ID корпуса 2 трубы, внешний диаметр W муфты 20, толщина стенки ТР уплотнения ниппеля, толщина стенки уплотнения муфты ТВ и отношение ТВ/ТР толщины стенки уплотнения были постоянными, а расстояние LSP точки уплотнения (SP) и угол α заплечика были переменными. Табл. 1 показывает результаты, отсортированные согласно расстоянию LSP точки уплотнения и показывает значения крутящего момента на пределе текучести в качестве результатов оценки характеристики крутящего момента. Табл. 2 показывает результаты, отсортированные согласно углу α заплечика и показывает значения минимального усилия контакта уплотнения в качестве результатов оценки уплотняемости. Определения крутящего момента на пределе текучести и минимального усилия контакта уплотнения будут обеспечены дополнительно ниже. Угол α заплечика ниппеля 10 был равен углу α заплечика муфты.

Таблица 1

Знак	Внешний диаметр корпуса трубы [мм]	Внутренний диаметр корпуса трубы [мм]	Внешний диаметр муфты [мм]	Толщина стенки уплотнения ниппеля [мм]	Толщина стенки уплотнения муфты [мм]	Отношение толщин стенок уплотнения	Расстояние SP [мм]	Угол заплечика [град]	Крутящий момент на пределе текучести [фут-фунт]
1	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	8	0	9427
2	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	8	3	9724
3	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	8	5	9897
4	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	8	15	9618
5	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	8	25	8893
6	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	8	35	8499
7	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	9	0	9509
8	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	9	3	9806

037765

9	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	9	5	9860
10	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	9	15	9583
11	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	9	25	9151
12	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	9	35	9220
13	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	10	0	9611
14	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	10	3	9920
15	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	10	5	9944
16	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	10	15	9552
17	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	10	25	9441
18	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	10	35	9055
19	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	11	0	9690
20	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	11	3	9989
21	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	11	5	10078
22	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	11	15	10030
23	177,8	159,41	192,8	5,7225	11,3125	2	11	25	9620

037765

			5						
24	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	11	35	9123
25	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	12	0	9774
26	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	12	3	10081
27	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	12	5	10140
28	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	12	15	9866
29	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	12	25	9666
30	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	12	35	9269
31	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	13	0	9853
32	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	13	3	10154
33	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	13	5	10181
34	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	13	15	10080
35	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	13	25	9717
36	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	13	35	9133
37	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	18	0	10220
38	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	18	3	10434
39	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	18	5	10634
40	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	18	15	10327
41	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	18	25	10031
42	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	18	35	9514

Таблица 2

Знак	Внешний диаметр корпуса трубы [мм]	Внутренний диаметр корпуса трубы [мм]	Внешний диаметр муфты [мм]	Толщина стенки уплотнения ниппеля [мм]	Толщина стенки уплотнения муфты [мм]	Отношение толщины стенки уплотнения	Угол заплечика [град]	Расстояние SP [мм]	Минимальное усилие контакта уплотнения [Н/мм]
1	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	0	8	261
7	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	0	9	284
13	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	0	10	311
19	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	0	11	332
25	177,8	159,41	192,85	5,7225	11,3125	2	0	12	358

037765

31	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	0	13	378
37	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	0	18	422
2	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	3	8	270
8	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	3	9	300
14	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	3	10	325
20	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	3	11	352
26	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	3	12	373
32	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	3	13	395
38	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	3	18	410
3	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	5	8	278
9	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	5	9	309
15	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	5	10	331
21	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	5	11	354
27	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	5	12	378
33	177,8	159,41	192,8	5,7225	11,3125	2	5	13	373

037765

			5						
39	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	5	18	402
4	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	15	8	285
10	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	15	9	309
16	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	15	10	337
22	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	15	11	341
28	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	15	12	328
34	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	15	13	337
40	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	15	18	396
5	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	25	8	274
11	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	25	9	302
17	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	25	10	332
23	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	25	11	332
29	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	25	12	341
35	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	25	13	348

41	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	25	18	405
6	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	35	8	264
12	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	35	9	295
18	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	35	10	324
24	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	35	11	340
30	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	35	12	363
36	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	35	13	368
42	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,3125	2	35	18	418

Табл. 3 показывает размеры 8 экспериментальных примеров, которые отличны от приведенных выше примеров за исключением знака 5 (такого же, как знак 33 в табл. 1 и 2) и результаты оценки уплотняемости. В этих примерах внешний диаметр корпуса 2 трубы, внутренний диаметр ID корпуса 2 трубы, толщина ТР стенки уплотнения ниппеля, расстояние LSP точки уплотнения и угол α заплечика были постоянными, а внешний диаметр W муфты 20 и толщина ТВ стенки уплотнения муфты были переменными для изменения отношения ТВ/ТР толщины стенки уплотнения. Показанные результаты оценки уплотняемости относительно внешнего и внутреннего давления представлены значениями минимального усилия контакта уплотнения, обнаруженные, когда внешнее и внутреннее давление было приложено.

Таблица 3

Знак	Внешний диаметр корпуса	Внутренний диаметр корпуса	Внешний диаметр муфты	Толщина стенки уплотнения	Толщина стенки уплотнения	Отношение толщин	Расстояние SP [мм]	Угол заплечика [град]	Минимальное усилие контакта	Минимальное усилие контакта
------	-------------------------	----------------------------	-----------------------	---------------------------	---------------------------	------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------------

	са труб ы [мм]	а трубы [мм]	ы [мм]	нения ниппе ля [мм]	нения муфт ы [мм]	стенк и уплот нения			уплотн ения (внешн ее давлен ие) [Н/мм]	уплотне ния (внутре нное давлени е) [Н/мм]
1	177,8	159,41	185,1	5,7225	7,4375	1,3	13	5	536	597
2	177,8	159,41	187,3 9	5,7225	8,5825	1,5	13	5	547	770
3	177,8	159,41	189,6 8	5,7225	9,7275	1,7	13	5	555	862
4	177,8	159,41	191,9 7	5,7225	10,872 5	1,9	13	5	565	882
5	177,8	159,41	192,8 5	5,7225	11,312 5	2	13	5	568	893
6	177,8	159,41	196,5 5	5,7225	13,162 5	2,3	13	5	572	907
7	177,8	159,41	198,8 4	5,7225	14,307 5	2,5	13	5	573	915
8	177,8	159,41	201,1 3	5,7225	15,452 5	2,7	13	5	575	923
9	177,8	159,41	204,5	5,7225	17,137 5	3	13	5	576	932

Для характеристики крутящего момента значение (MTV) максимального крутящего момента, при котором линия крутящего момента свинчивания начинает переходить через предел текучести, было рассмотрено как "крутящий момент на пределе текучести", и это значение было использовано для оценки характеристики крутящего момента. Для уплотняемости в условиях сложной нагрузки были выполнены анализы, имитирующие испытание серии А ISO 13679, установленное в 2011, показанные на фиг. 5, значение усилия контакта уплотнения для каждого этапа нагрузки было определено, и минимальное значение рассматривалось как "минимальное усилие контакта уплотнения", и это значение было использовано для оценки уплотняемости. Дополнительно, для оценки воздействия отношения ТВ/ТР толщины стенки уплотнения уплотняемость относительно простого внешнего давления и простого внутреннего давления была также принята во внимание. Только внешнее давление или только внутреннее давление постепенно увеличивалось без применения аксиальной силы, и минимальное усилие контакта уплотнения было оценено.

Фиг. 6 графически изображает переход через предел текучести крутящего момента, полученный из FEM. Фиг. 6 раскрывает, что переход через предел текучести крутящего момента зависит от расстояния LSP точки уплотнения и угла α заплечика. По мере увеличения расстояния LSP точки уплотнения увеличивается жесткость, которая предлагает улучшения характеристики крутящего момента. При этом, когда угол α заплечика составляет 5° , крутящий момент на пределе текучести составляет максимум и, когда угол α заплечика увеличивается от 5° , крутящий момент на пределе текучести уменьшается. Это раскрывает то, что так как характеристика крутящего момента подвергается значительному воздействию угла α заплечика, то угол α заплечика предпочтительно составляет от 2 до 13° .

Фиг. 7 показывает результаты оценки уплотняемости при сложных нагрузках. Минимальное усилие контакта уплотнения возникало при простом внешнем давлении на этапе (12) нагрузки на фиг. 5. Фиг. 7 раскрывает то, что, когда расстояние LSP точки уплотнения составляет 13 мм или более, уплотняемость

улучшается независимо от угла α заплечика. Эти результаты оценки раскрывают то, что, предпочтительно, угол α заплечика составляет от 2 до 13° и расстояние LSP точки уплотнения составляет 13 мм или более для обеспечения высокой уплотняемости и высокой характеристики крутящего момента.

В дополнение, как показано в табл. 3, угол α заплечика был постоянным при 5°, и расстояние LSP точки уплотнения было постоянным и составляло 13 мм, а отношение ТВ/ТР толщины стенки уплотнения изменялось. Чтобы исследовать воздействие отношения ТВ/ТР толщины стенки уплотнения на уплотняемость, уплотняемость оценивали на основе условий нагрузки по простому внутреннему и внешнему давлению, показанному на фиг. 5. Фиг. 8 показывает результаты оценки уплотняемости при простом внешнем давлении, а фиг. 9 показывает результаты оценки при простом внутреннем давлении. В обоих случаях уплотняемость улучшается при увеличении отношения ТВ/ТР толщины стенки уплотнения; однако, в особенности фиг. 9 показывает, что уплотняемость относительно внутреннего давления значительно ниже, когда отношение ТВ/ТР толщины стенки уплотнения ниже 1,7, а насыщение присутствует при 1,7 или выше. Это раскрывает то, что необходимо, чтобы отношение ТВ/ТР толщины стенки уплотнения составляло 1,7 или более.

Перечень ссылочных позиций

- 1 - Резбовое соединение;
- 2 - стальная труба (корпус стальной трубы);
- 3 - соединительная муфта;
- 10 - ниппель;
- 11 - охватываемая резьба;
- 12 - носовая часть;
- 13 - поверхность заплечика ниппеля;
- 14 - поверхность уплотнения ниппеля;
- 20 - муфта;
- 21 - охватывающая резьба;
- 23 - поверхность заплечика муфты;
- 24 - поверхность уплотнения муфты;
- 141, 143, 241, 243 - криволинейные поверхности;
- 142, 242 - коническая поверхность;
- SP - точка уплотнения;
- LSP - расстояние точки уплотнения;
- α - угол заплечика;
- ТВ/ТР - отношение толщины стенки уплотнения;
- CL - оси трубы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резбовое соединение для стальной трубы, содержащее
 трубный ниппель, образованный из концевой участка стальной трубы; и
 трубную муфту для свинчивания на ниппель, когда ниппель вставлен в нее,
 причем ниппель включает в себя
 охватываемую резьбу, обеспеченную на внешней периферии ниппеля;
 носовую часть, образованную из концевой участка ниппеля, причем носовая часть имеет внешний диаметр меньше, чем внутренний диаметр участка муфты, который обращен к носовой части, когда ниппель и муфта свинчены;
 поверхность заплечика ниппеля, обеспеченную на конце носовой части; и
 уплотняющую поверхность ниппеля, обеспеченную на внешней периферии ниппеля, причем уплотняющая поверхность ниппеля расположена между охватываемой резьбой и носовой частью,
 причем уплотняющая поверхность ниппеля включает в себя первую криволинейную поверхность, вторую криволинейную поверхность и первую коническую поверхность, причем первая криволинейная поверхность расположена ближе к поверхности заплечика ниппеля, чем вторая криволинейная поверхность, причем вторая криволинейная поверхность расположена на большем расстоянии от поверхности заплечика ниппеля, чем первая криволинейная поверхность, причем первая коническая поверхность расположена между первой криволинейной поверхностью и второй криволинейной поверхностью,
 муфта включает в себя
 охватывающую резьбу, обеспеченную на внутренней периферии муфты, причем охватывающая резьба соответствует охватываемой резьбе;
 поверхность заплечика муфты, обращенную к поверхности заплечика ниппеля, причем поверхность заплечика муфты контактирует с поверхностью заплечика ниппеля, когда ниппель и муфта свинчены; и
 уплотняющую поверхность муфты, обращенную к уплотняющей поверхности ниппеля, причем уплотняющая поверхность муфты контактирует с уплотняющей поверхностью ниппеля, когда ниппель и муфта свинчены,

причем уплотняющая поверхность муфты включает в себя третью криволинейную поверхность, четвертую криволинейную поверхность и вторую коническую поверхность, причем третья криволинейная поверхность расположена ближе к поверхности заплечика муфты, чем четвертая криволинейная поверхность, причем четвертая криволинейная поверхность расположена на большем расстоянии от поверхности заплечика муфты, чем третья криволинейная поверхность, причем вторая коническая поверхность расположена между третьей криволинейной поверхностью и четвертой криволинейной поверхностью,

причем уплотняющая поверхность муфты имеет точку уплотнения на второй конической поверхности, расположенную на центральной точке уплотняющей поверхности муфты, определенную вдоль направления оси трубы,

расстояние до точки уплотнения между концом носовой части и точкой уплотнения, измеренное в направлении оси трубы, составляет 13 мм или более,

угол заплечика между поверхностью заплечика ниппеля или поверхностью заплечика муфты и плоскостью, перпендикулярной оси трубы, составляет от 2 до 13°, и

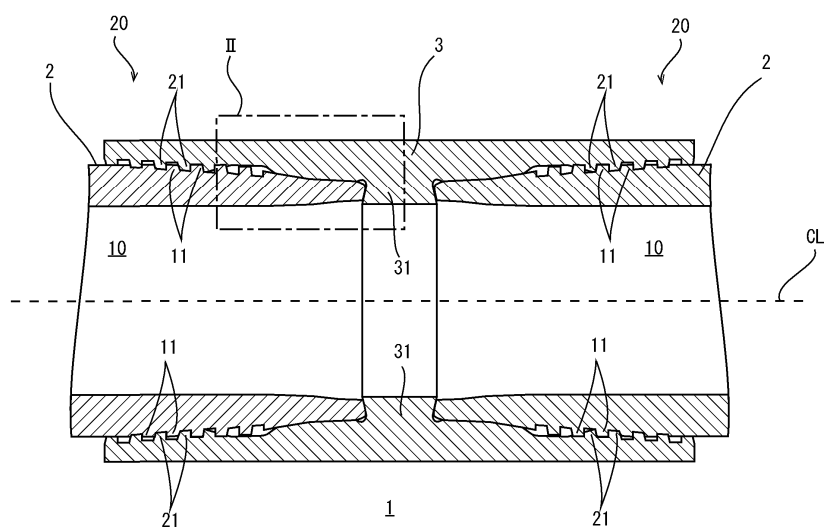
отношение толщины стенки уплотнения к толщине стенки муфты к толщине стенки ниппеля, измеренное в точке уплотнения, составляет 1,7 или выше.

2. Резьбовое соединение для стальной трубы по п.1, в котором

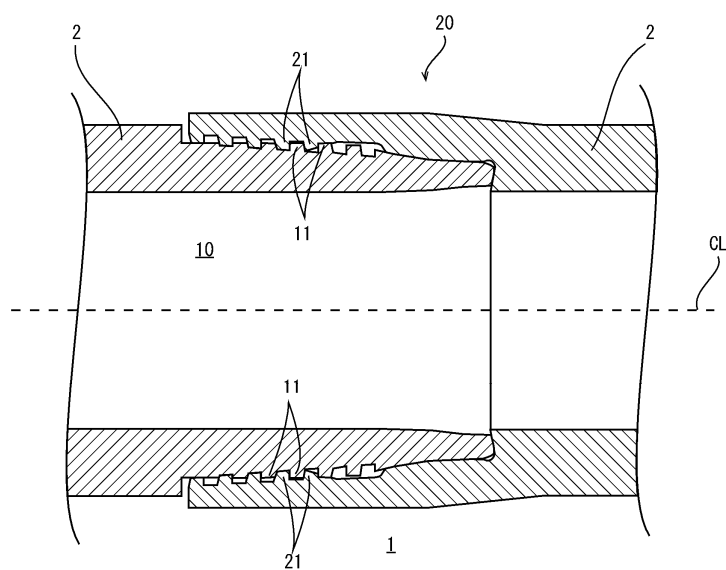
расстояние до точки уплотнения составляет от 13 до 25 мм;

угол заплечика составляет от 2 до 10°; и

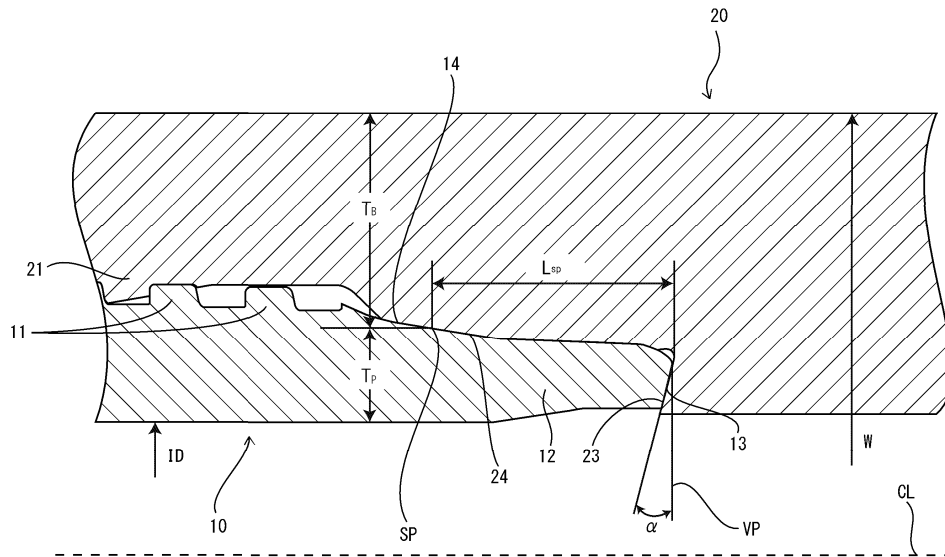
отношение толщины стенки уплотнения составляет от 1,8 до 3,0.



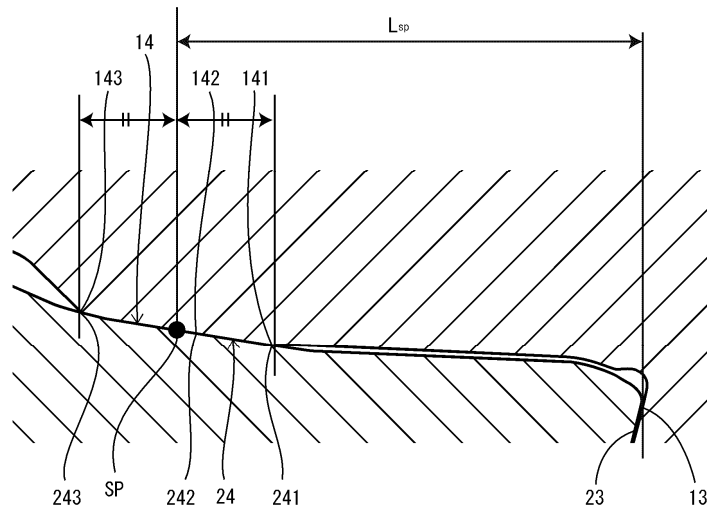
Фиг. 1



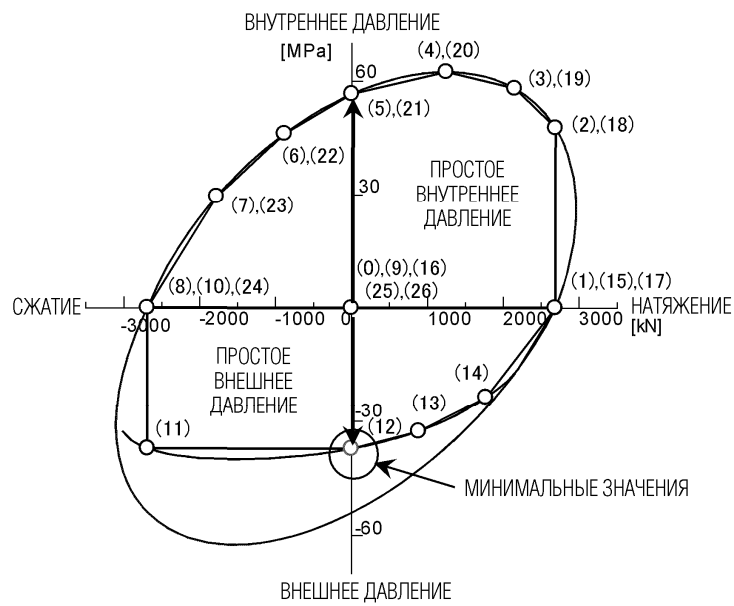
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

