

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037934**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.06.09

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

(21) Номер заявки
201992698

(22) Дата подачи заявки
2018.04.11

(54) **РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ**

(31) **2017-096651**

(56) JP-A-2000240862

(32) **2017.05.15**

JP-A-2006526747

(33) **JP**

WO-A1-2009044851

(43) **2020.03.31**

JP-A-2011501075

(86) **PCT/JP2018/015263**

JP-A-2010531418

(87) **WO 2018/211873 2018.11.22**

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

(72) Изобретатель:
**Маруга Сатоси, Оку Йоусуке,
Накамура Тадаси (JP)**

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

(57) Предложено резьбовое соединение, которое содержит ниппель (10) и муфту (20). Ниппель (10) содержит, в порядке от стороны свободного конца ниппеля (10) к его стороне трубчатого корпуса, внутреннюю уплотняющую поверхность (11), внутренний резьбовой участок (12) с наружной резьбой, участок (13) заплечика, внешний резьбовой участок (14) с наружной резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность (15). Муфта (20) содержит, в порядке от стороны трубчатого корпуса муфты (20) к стороне ее свободного конца, внутреннюю уплотняющую поверхность (21), внутренний резьбовой участок (22) с внутренней резьбой, участок (23) заплечика, внешний резьбовой участок (24) с внутренней резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность (25). Между внутренней уплотняющей поверхностью (21) и внутренним резьбовым участком (22) с внутренней резьбой муфты (20) предусмотрена внутренняя канавка (16) вдоль окружного направления, и множество витков резьбы внутреннего резьбового участка (12) с наружной резьбой ниппеля (10) содержится во внутренней канавке (16). В результате может быть стабильно обеспечена уплотняющая характеристика против внутреннего давления, внешнего давления, растягивающей нагрузки и сжимающей нагрузки.

037934 B1

037934 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению, используемому для соединения стальных труб.

Уровень техники

В нефтяной скважине, газовой скважине и т.п. (далее совместно именуемых "нефтяная скважина"), стальные трубы, называемые трубными изделиями нефтепромыслового сортамента (ОСТГ), используются для добычи подземных ресурсов. Стальные трубы соединяются одна за другой. Для соединения используются резьбовые соединения.

Типы резьбовых соединений для стальных труб грубо классифицируются как муфтового типа и интегрального типа. В случае резьбового соединения муфтового типа одна из труб в соединяемой паре представляет собой стальную трубу, а другая представляет собой муфту. В этом случае резьбовые участки с наружной резьбой образованы на внешних окружностях обеих концевых участков стальной трубы, а резьбовые участки с внутренней резьбой образованы на внутренних окружностях обеих концевых участков муфты. Стальная труба и муфта затем соединяются друг с другом. В случае резьбового соединения интегрального типа трубы в соединяемой паре являются стальными трубами, и муфта отдельно не используется. В этом случае резьбовой участок с наружной резьбой образован на внешней окружности одного концевого участка каждой стальной трубы, а резьбовой участок с внутренней резьбой образован на внутренней окружности другого концевого участка. Одна и другая из стальных труб затем соединяются друг с другом.

Соединительный участок переднего концевого участка трубы, на котором образован резьбовой участок с наружной резьбой, включает элемент, который должен быть вставлен в резьбовой участок с внутренней резьбой, и, таким образом, называется ниппелем. В отличие от этого соединительный участок переднего концевого участка трубы, на котором образована внутренняя резьба, включает элемент для приема резьбового участка с наружной резьбой и, таким образом, называется муфтой. Ниппель и муфта являются концевыми участками трубы, и поэтому оба являются трубчатыми.

Типы резьбового соединения для стальных труб могут быть классифицированы как скрытого типа, полускрытого типа, тонкого типа и т.п. согласно внешним диаметрам муфт. Резьбовое соединение тонкого типа сконструировано со ссылкой на соединение, муфта которого имеет, по существу, ту же площадь критического сечения, что и трубчатый корпус ниппеля резьбового соединения (далее также называемое "стандартное соединение"). Конкретно резьбовое соединение тонкого типа включает в себя муфту, максимальный внешний диаметр которой меньше внешнего диаметра стандартного соединения. Резьбовые соединения скрытого типа или полускрытого типа сконструированы со ссылкой к трубчатому корпусу их ниппелей. Конкретно резьбовое соединение скрытого типа включает в себя муфту, максимальный внешний диаметр которой, по существу, равен внешнему диаметру трубчатого корпуса ниппеля резьбового соединения. Резьбовое соединение полускрытого типа включает в себя муфту, максимальный внешний диаметр которой равен диаметру резьбового соединения скрытого типа и резьбового соединения тонкого типа. Таким образом, резьбовое соединение скрытого типа, резьбовое соединение полускрытого типа и резьбовое соединение тонкого типа расположены в порядке возрастания максимального внешнего диаметра муфты в отношении внешнего диаметра трубчатого корпуса ниппеля. Не существует определения для четкой классификации резьбовых соединений на соединения скрытого типа, полускрытого типа и тонкого типа. Тем не менее, резьбовое соединение для стальных труб, доступных в настоящее время на рынке, обычно называется скрытого типа или полускрытого типа, когда резьбовое соединение включает в себя муфту, максимальный внешний диаметр которой составляет примерно до 110% внешнего диаметра трубчатого корпуса ниппеля резьбового соединения.

Как правило, критическое сечение относится к сечению в положении концевого участка области зацепления в резьбовом участке. В целом в положении критического сечения площадь сечения, несущая растягивающую нагрузку, достигает своего минимума. Положение и площадь сечения критического сечения является фактором, определяющим прочность на разрыв резьбового соединения.

В последние годы нефтяные скважины все чаще смещаются на большие глубины и в хадальные зоны. В такой среде нефтяной скважины резьбовое соединение получает высокое давление от текучей среды (например, газа, жидкости), существующей снаружи и внутри. Более того, резьбовое соединение многократно получает растягивающую нагрузку и сжимающую нагрузку. Кроме того, в вышеупомянутой среде нефтяной скважины, трубные изделия нефтепромыслового сортамента (ОСТГ) располагаются мультиплексным образом. Для соединения трубных изделий нефтепромыслового сортамента во множественную структуру чаще используются резьбовые соединения полускрытого типа, у которых муфта и ниппель имеют практически одинаковые внешние диаметры. Это связано с тем, что внутренний диаметр ниппеля регулируется стандартом API (Американский институт нефти), а внешний диаметр муфты соответственно ограничен. При таком ограничении резьбовые соединения должны иметь превосходную уплотняющую характеристику против давления изнутри (в дальнейшем также называемого "внутренним давлением") и давления извне (в дальнейшем также называемого "внешним давлением"). Более того, резьбовые соединения также должны иметь превосходную уплотняющую характеристику против растягивающей нагрузки и сжимающей нагрузки.

Например, в публикации заявки на патент Японии № 9-126366 (патентная литература 1) раскрыто резьбовое соединение для стальных труб, предназначенное для обеспечения улучшенной уплотняющей характеристики против внутреннего давления, внешнего давления, растягивающей нагрузки и сжимающей нагрузки. В резьбовом соединении, описанном в патентной литературе 1, коническая резьба трапецеидального типа используются в качестве резьбового участка, образованного резьбовым участком с наружной резьбой ниппеля и резьбовым участком с внутренней резьбой муфты. Эта резьбовая часть разделена на внутренний резьбовой участок и внешний резьбовой участок участком заплечика. То есть внутренний резьбовой участок предусмотрен на стороне свободного конца ниппеля. Внешний резьбовой участок предусмотрен на стороне свободного конца муфты. Между внутренним резьбовым участком и внешним резьбовым участком предусмотрен участок заплечика. Кроме того, участок внутреннего уплотнения предусмотрен на внутренней стороне внутреннего резьбового участка (со стороны свободного конца ниппеля). Участок внешнего уплотнения предусмотрен на внешней стороне внешнего резьбового участка (со стороны свободного конца муфты).

При закреплении посредством ввинчивания ниппеля в муфту поверхность заплечика, включенная в участок заплечика ниппеля, входит в контакт с поверхностью заплечика, включенной в участок заплечика муфты. Кроме того, резьбовой участок с наружной резьбой и резьбовой участок с внутренней резьбой внутреннего резьбового участка подходят друг к другу, и резьбовой участок с наружной резьбой и резьбовой участок с внутренней резьбой внешнего резьбового участка подходят друг к другу. В результате части с резьбовым уплотнением образованы во внутреннем резьбовом участке и внешнем резьбовом участке. Кроме того, внутренняя уплотняющая поверхность, включенная в участок внутреннего уплотнения ниппеля, сталкивается с внутренней уплотняющей поверхностью, включенной в участок внутреннего уплотнения муфты, в контакте при высоком граничном давлении. Внешняя уплотняющая поверхность, включенная в участок внешнего уплотнения ниппеля, сталкивается с внешней уплотняющей поверхностью, включенной в участок внешнего уплотнения муфты, в контакте при высоком граничном давлении. В результате части уплотнения образованы поверхностным контактом в участке внутреннего уплотнения и участке внешнего уплотнения.

Участок внутреннего уплотнения выполняет главным образом роль предотвращения текучей среды, присутствующей внутри резьбового соединения, от случайного попадания в область части уплотнения резьбы. То есть участок внутреннего уплотнения способствует улучшению уплотняющей характеристики против внутреннего давления. Участок внешнего уплотнения выполняет главным образом роль предотвращения текучей среды, присутствующей вне резьбового соединения, от случайного попадания в область части уплотнения резьбы. То есть участок внешнего уплотнения способствует улучшению уплотняющей характеристики против внешнего давления.

В резьбовом соединении, описанном в патентной литературе 1, внутренний резьбовой участок с наружной резьбой ниппеля и внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой муфты, образующие внутренний резьбовой участок, находятся в зацеплении друг с другом по всей области внутреннего резьбового участка. Однако в области внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой муфты, в некоторой области, близкой к участку внутреннего уплотнения, концы витков резьбы нарезаются так, чтобы они были параллельны оси трубы, образуя неполную резьбу с малой высотой резьбы. Если внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой в области является полной резьбой, существует риск повреждения внутренней уплотняющей поверхности ниппеля при скреплении. Тем не менее, даже в области неполной резьбы внутренний резьбовой участок с наружной резьбой и внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой находятся в зацеплении друг с другом.

Аналогично внешний резьбовой участок с наружной резьбой ниппеля и внешний резьбовой участок с внутренней резьбой муфты, которые образуют внешний резьбовой участок, находятся в зацеплении друг с другом по всей области внешнего резьбового участка. Однако в области внешнего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля, в некоторой области, близкой к участку внешнего уплотнения, концы витков резьбы нарезаются так, чтобы они были параллельны оси трубы, образуя неполную резьбу с малой высотой резьбы. Если внешний резьбовой участок с наружной резьбой в области является полной резьбой, существует риск повреждения внешней уплотняющей поверхности муфты при скреплении. Тем не менее, даже в области неполной резьбы внешний резьбовой участок с наружной резьбой и внешний резьбовой участок с внутренней резьбой находятся в зацеплении друг с другом.

Список цитированной литературы.

Патентная литература.

Патентная литература 1: публикация № 9-126366 Заявки на выдачу патента Японии.

Сущность изобретения

Техническая задача

В случае резьбового соединения, описанного в патентной литературе 1, уплотняющая характеристика остается хорошей, пока резьбовое соединение просто подвергается внутреннему давлению, внешнему давлению, растягивающей нагрузке и сжимающей нагрузке один раз. Однако согласно тесту, проведенному авторами настоящего изобретения, когда резьбовое соединение неоднократно подвергалось, например, растягивающей нагрузке и внутреннему давлению определенное количество раз, в некоторых

случаях возникала утечка внутреннего давления в участке внутреннего уплотнения. Таким образом, уплотняющая характеристика резьбового соединения, описанного в патентной литературе 1, является нестабильной.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение резьбового соединения для стальных труб, имеющего следующие характеристики:

стабильное обеспечение уплотняющей характеристики даже в условиях эксплуатации, когда резьбовое соединение неоднократно подвергается внутреннему давлению, внешнему давлению, растягивающей нагрузке и сжимающей нагрузке.

Решение задачи

Резьбовое соединение для стальных труб согласно варианту осуществления настоящего изобретения содержит трубчатый ниппель и трубчатую муфту. Ниппель содержит, в порядке от стороны свободного конца ниппеля к его стороне трубчатого корпуса, внутреннюю уплотняющую поверхность, внутренний резьбовой участок с наружной резьбой, участок заплечика, внешний резьбовой участок с наружной резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность. Муфта содержит, в порядке от стороны трубчатого корпуса муфты к стороне ее свободного конца, внутреннюю уплотняющую поверхность, внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой, участок заплечика, внешний резьбовой участок с внутренней резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность. Резьбовое соединение включает в себя по меньшей мере одну из следующих конфигураций (1) и (2).

(1) Внутренняя канавка вдоль окружного направления предусмотрена между внутренней уплотняющей поверхностью и внутренним резьбовым участком с внутренней резьбой муфты, и множество витков резьбы внутреннего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля содержится во внутренней канавке.

(2) Внешняя канавка вдоль окружного направления предусмотрена между внешней уплотняющей поверхностью и внешним резьбовым участком с наружной резьбой ниппеля, и множество витков резьбы внешнего резьбового участка с внутренней резьбой муфты содержится во внешней канавке.

Технический результат изобретения

Резьбовое соединение для стальных труб согласно варианту осуществления настоящего изобретения производит следующий отмечаемый преимущественный эффект:

стабильно обеспечивается уплотняющая характеристика даже в условиях эксплуатации, когда резьбовое соединение неоднократно подвергается внутреннему давлению, внешнему давлению, растягивающей нагрузке и сжимающей нагрузке.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1А представляет собой схематичное изображение, показывающее обзор продольного сечения внутреннего резьбового участка с наружной резьбой в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения резьбового соединения, в котором произошла утечка внутреннего давления.

Фиг. 1В представляет собой схематичное изображение, показывающее обзор продольного сечения внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения резьбового соединения, в котором произошла утечка внутреннего давления.

Фиг. 2А представляет собой вид продольного сечения, показывающий участок внутреннего уплотнения и его окрестность в резьбовом соединении, в котором произошла утечка внутреннего давления.

Фиг. 2В представляет собой увеличенный вид продольного сечения внутреннего резьбового участка в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения по фиг. 2А.

Фиг. 3А представляет собой вид продольного сечения, показывающий участок внешнего уплотнения и его окрестность в резьбовом соединении, в котором произошла утечка внешнего давления.

Фиг. 3В представляет собой увеличенный вид продольного сечения внешнего резьбового участка в непосредственной близости от участка внешнего уплотнения по фиг. 3А.

Фиг. 4 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения для стальных труб согласно настоящему варианту осуществления.

Фиг. 5 представляет собой вид продольного сечения, показывающий участок внутреннего уплотнения и его окрестность в резьбовом соединении, показанном на фиг. 4.

Фиг. 6 представляет собой вид продольного сечения, показывающий участок внешнего уплотнения и его окрестность в резьбовом соединении, показанном на фиг. 4.

Фиг. 7А представляет собой схему, показывающую результаты испытаний участка внутреннего уплотнения.

Фиг. 7В представляет собой схему, показывающую результаты испытаний участка внешнего уплотнения.

Описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

Для достижения вышеописанных задач авторы настоящего изобретения подготовили образцы различных размеров для резьбового соединения согласно патентной литературе 1 и провели испытание, в котором образцы неоднократно подвергались воздействию внутреннего давления, внешнего давления, растягивающей нагрузке и сжимающей нагрузке.

Каждый образец показал утечку внутреннего давления на участке внутреннего уплотнения при воз-

действии растягивающей нагрузки и внутреннего давления. Кроме того, каждый образец демонстрировал утечку внешнего давления в участке внешнего уплотнения при воздействии растягивающей нагрузки и внешнего давления. Кроме того, в некоторых случаях утечка внутреннего давления и утечка внешнего давления возникали при приложении сжимающей нагрузки. Поэтому было сделано заключение, что утечка внутреннего давления и утечка внешнего давления произошли из-за конструкции формы резьбы.

Резьбовое соединение, которое показало утечку внутреннего давления, было затем разобрано для точного исследования каждого ниппеля и муфты. Точно так же резьбовое соединение, которое показало утечку внешнего давления, было разобрано для точного исследования каждого ниппеля и муфты.

Фиг. 1А и В представляют собой схематичное изображение, показывающее пример обзора продольного сечения внутреннего резьбового участка в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения резьбового соединения, в котором произошла утечка внутреннего давления. При этом фиг. 1А показывает часть внутреннего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля, а фиг. 1В показывает часть внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой муфты. Следует отметить, что наблюдение сечения внутреннего резьбового участка каждого ниппеля и муфты было выполнено в каждом положении с интервалом 90° вокруг оси трубы (в целях удобства обозначенных как 0° , 90° , 180° и 270° соответственно). Фиг. 1А показывает состояние в положении 180° , а фиг. 1В показывает состояние в положении 270° .

Как показано пунктирной линией в кругу на фиг. 1А, концевая часть опорной стороны была деформирована во внутреннем резьбовом участке с наружной резьбой в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения. То есть во внутреннем резьбовом участке с наружной резьбой вблизи участка внутреннего уплотнения были обнаружены следы чрезмерной нагрузки, приложенной к концевой части опорной стороны. Как показано пунктирной линией в кругу на фиг. 1В, аналогичное явление произошло и во внутреннем резьбовом участке с внутренней резьбой в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения.

Кроме того, хотя это не показано на фигуре, в случае резьбового соединения, в котором имела место утечка внешнего давления, следы чрезмерной нагрузки, приложенной к концевой части опорной стороны, были обнаружены во внешнем резьбовом участке с наружной резьбой в непосредственной близости участка внешнего уплотнения. С другой стороны, во внешнем резьбовом участке с внутренней резьбой вблизи участка внешнего уплотнения были обнаружены следы чрезмерной нагрузки, приложенной к концевой части опорной стороны.

Таким образом, в случае резьбового соединения, в котором произошла утечка внутреннего давления, было обнаружено, что в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения множество витков резьбы (в частности, опорные стороны) внутреннего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля ненадлежащим образом сталкивались с внутренним резьбовым участком с внутренней резьбой муфты. В случае резьбового соединения, в котором произошла утечка внешнего давления, было обнаружено, что в непосредственной близости от участка внешнего уплотнения множество витков резьбы (в частности, опорные стороны) внешнего резьбового участка с внутренней резьбой муфты ненадлежащим образом сталкивались с внешним резьбовым участком с наружной резьбой ниппеля.

Соответственно авторы настоящего изобретения сосредоточились на ненадлежащим образом сталкивании внутреннего резьбового участка в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения и исследовали механизм возникновения утечки внутреннего давления из-за такого столкновения. Дополнительно, авторы настоящего изобретения сосредоточились на ненадлежащим образом сталкивании внешнего резьбового участка в непосредственной близости от участка внешнего уплотнения и исследовали механизм возникновения утечки внешнего давления из-за такого столкновения.

Фиг. 2А и В представляют собой принципиальную схему для иллюстрации механизма возникновения утечки внутреннего давления. При этом фиг. 2А представляет собой вид продольного сечения для показа участка внутреннего уплотнения и его окрестности в резьбовом соединении. Фиг. 2В представляет собой увеличенный вид продольного сечения внутреннего резьбового участка в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения по фиг. 2А.

Ссылаясь на фиг. 2А и В, в резьбовом соединении согласно патентной литературе 1 свободный концевой участок 10а ниппеля 10 упруго деформируется для расширения в диаметре при приложении к нему внутреннего давления (см. полые стрелки на фиг. 2А). В частности, часть внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой в непосредственной близости от участка 1 внутреннего уплотнения представляет собой неполную резьбу с малой высотой витков резьбы. По этой причине, даже если неполная резьба находится в зацеплении с внутренним резьбовым участком 12 с наружной резьбой, свободный концевой участок 10а ниппеля 10 может деформироваться с тем, чтобы расширяться в диаметре до тех пор, пока вершины и впадины друг друга не вступят в контакт друг с другом. В результате давление на поверхность контакта участка 1 внутреннего уплотнения увеличивается (см. полые стрелки на фиг. 2А), тем самым улучшая уплотняющую характеристику против внутреннего давления.

Однако, когда внутреннее давление не нагружено (состояние, в котором на фиг. 2А отсутствует полая стрелка), свободный концевой участок 10а ниппеля 10 восстанавливается с тем, чтобы уменьшиться в диаметре. В результате, как показано на фиг. 2В, концевая часть опорной стороны 22d с неполной резь-

бой (часть внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой) и концевая часть опорной стороны 12d внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой вступают в контакт друг с другом. Эта область контакта является узкой. Если в этот момент приложена растягивающая нагрузка (см. заштрихованные стрелки на фиг. 2А), чрезмерная нагрузка прикладывается к концевой части каждой из опорных сторон 12d и 22d. В результате концевая часть каждой из опорных сторон 12d и 22d деформируется, и дополнительно некоторые из витков резьбы деформированного внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой входят в зацепление с множеством витков резьбы (неполной резьбой) внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой муфты 20. Как только такое условие имеет место, деформация расширения диаметра свободного концевой участка 10а ниппеля 10 остается ограниченной, даже если затем будет приложено внутреннее давление. Следовательно, давление на поверхность контакта участка 1 внутреннего уплотнения не будет увеличиваться. В результате уплотняющая характеристика по отношению к внутреннему давлению будет ухудшаться.

Фиг. 3А и В представляют собой принципиальную схему для иллюстрации механизма возникновения утечки внешнего давления. При этом фиг. 3А представляет собой вид продольного сечения для показа участка внешнего уплотнения и его окрестности в резьбовом соединении. Фиг. 3В представляет собой увеличенный вид продольного сечения внешнего резьбового участка в непосредственной близости от участка внешнего уплотнения по фиг. 3А.

Ссылаясь к фиг. 3А и В, в случае резьбового соединения согласно патентной литературе 1 свободный концевой участок 20а муфты 20 упруго деформируется с тем, чтобы быть расширенным в диаметре при приложении к нему внешнего давления (см. полые стрелки на фиг. 3А). В частности, часть внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой в непосредственной близости от участка 5 внешнего уплотнения представляет собой неполную резьбу с малой высотой витков резьбы. По этой причине, даже если неполная резьба находится в зацеплении с внешним резьбовым участком 24 с внутренней резьбой, свободный концевой участок 20а муфты 20 может деформироваться с тем, чтобы уменьшаться в диаметре до тех пор, пока вершины и впадины каждая не вступят в контакт друг с другом. В результате давление на поверхность контакта участка 5 внешнего уплотнения увеличивается (см. полые стрелки на фиг. 3А), тем самым улучшая уплотняющую характеристику против внешнего давления.

Однако, когда внешнее давление не нагружено (состояние, в котором отсутствует полая стрелка на фиг. 3А), свободный концевой участок 20а муфты 20 восстанавливается с тем, чтобы расширяться в диаметре. В результате, как показано на фиг. 3В, концевая часть опорной стороны 14d с неполной резьбой (часть внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой) и концевая часть опорной стороны 24d внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой вступают в контакт друг с другом. Эта область контакта является узкой. Если в этот момент приложена растягивающая нагрузка (см. заштрихованные стрелки на фиг. 3А), чрезмерная нагрузка прикладывается к концевой части каждой из опорных сторон 14d и 24d. В результате концевая часть каждой из опорных сторон 14d и 24d деформируется, и дополнительно некоторые из витков резьбы деформированного внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой входят в зацепление с множеством витков резьбы (неполной резьбой) внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой ниппеля 10. Как только такое условие имеет место, деформация сокращения диаметра свободного концевой участка 20а ниппеля 20 остается ограниченной, даже если затем будет приложено внешнее давление. Следовательно, давление на поверхность контакта участка 5 внешнего уплотнения не будет увеличиваться. В результате уплотняющая характеристика по отношению к внешнему давлению будет ухудшаться.

Из того, что было описано до сих пор, можно сказать, что, если в непосредственной близости с участком внутреннего уплотнения множество витков резьбы внутреннего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля могут быть предотвращены от прохождения по виткам резьбы внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой муфты, уплотняющая характеристика против внутреннего давления может быть стабильно обеспечена. Кроме того, можно сказать, что, если в непосредственной близости от участка внешнего уплотнения множество витков резьбы внешнего резьбового участка с внешней резьбой муфты могут быть предотвращены от прохождения по виткам резьбы внешнего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля, уплотняющая характеристика против внешнего давления может быть стабильно обеспечена.

Резьбовое соединение для стальных труб согласно настоящему изобретению выполнено на основании вышеизложенных заключений.

Резьбовое соединение для стальных труб согласно варианту осуществления настоящего изобретения включает трубчатый ниппель и трубчатую муфту. Ниппель включает, в порядке от стороны свободного конца ниппеля к его стороне трубчатого корпуса, внутреннюю уплотняющую поверхность, внутренний резьбовой участок с наружной резьбой, участок запечника, внешний резьбовой участок с наружной резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность. Муфта включает, в порядке от стороны трубчатого корпуса муфты к стороне ее свободного конца, внутреннюю уплотняющую поверхность, внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой, участок запечника, внешний резьбовой участок с внутренней резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность. Резьбовое соединение включает в себя по меньшей мере одну из следующих конфигураций (1) и (2).

(1) Внутренняя канавка вдоль окружного направления предусмотрена между внутренней уплотняющей поверхностью и внутренним резьбовым участком с внутренней резьбой муфты, и множество витков резьбы внутреннего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля содержится во внутренней канавке.

(2) Внешняя канавка вдоль окружного направления предусмотрена между внешней уплотняющей поверхностью и внешним резьбовым участком с наружной резьбой ниппеля, и множество витков резьбы внешнего резьбового участка с внутренней резьбой муфты содержится во внешней канавке.

С таким резьбовым соединением, когда используется вышеприведенная конфигурация (1), вблизи участка внутреннего уплотнения, выполненного посредством контакта между внутренней уплотняющей поверхностью ниппеля и внутренней уплотняющей поверхностью муфты, множество витков резьбы (в частности, опорные стороны) внутреннего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля могут быть предотвращены от ненадлежащего столкновения с внутренним резьбовым участком с внутренней резьбой муфты. Это объясняется тем, что, хотя витки резьбы внутреннего резьбового участка с наружной резьбой присутствуют в непосредственной близости от участка внутреннего уплотнения, отсутствует внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой, который был бы в зацеплении с этими витками резьбы внутреннего резьбового участка с наружной резьбой. В результате, даже когда резьбовое соединение подвергается растягивающей нагрузке и внутреннему давлению, множество витков резьбы внутреннего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля могут быть предотвращено от зацепления с витками резьбы внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой муфты. В результате снижение контактного пограничного давления в участке внутреннего уплотнения блокируется и уплотняющая характеристика против внутреннего давления может быть стабильно обеспечена.

В отличие от этого, когда используется вышеуказанная конфигурация (2), вблизи участка внешнего уплотнения, выполненного посредством контакта между внешней уплотняющей поверхностью ниппеля и внешней уплотняющей поверхностью муфты, множество витков резьбы (в частности, опорные стороны) внешнего резьбового участка с внутренней резьбой муфты могут быть предотвращены от ненадлежащего столкновения с внешним резьбовым участком с наружной резьбой ниппеля. Это объясняется тем, что, хотя витки резьбы внешнего резьбового участка с внутренней резьбой присутствуют в непосредственной близости от участка внешнего уплотнения, отсутствует внешний резьбовой участок с наружной резьбой, который был бы в зацеплении с этими витками резьбы внешнего резьбового участка с внутренней резьбой. В результате, даже когда резьбовое соединение подвергается растягивающей нагрузке и внешнему давлению, множество витков резьбы внешнего резьбового участка с внутренней резьбой муфты могут быть предотвращены от зацепления с витками резьбы внешнего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля. В результате снижение контактного пограничного давления в участке внешнего уплотнения блокируется, и уплотняющая характеристика против внешнего давления может быть стабильно обеспечена. Для стабильного обеспечения уплотняющей характеристики, как по внутреннему, так и по внешнему давлению, достаточно использовать обе вышеуказанные конфигурации (1) и (2).

В качестве типового примера резьбовое соединение согласно настоящему варианту осуществления представляет собой резьбовое соединение интегрального типа. Тип резьбового соединения, однако, не ограничивается конкретным типом и может быть муфтового типа.

В качестве типового примера резьбовое соединение согласно настоящему варианту осуществления представляет собой так называемое резьбовое соединение полускрытого типа или скрытого типа. То есть внешний диаметр муфты составляет более 100% и не более 110% внешнего диаметра трубчатого корпуса ниппеля. Тип резьбового соединения, однако, не ограничивается конкретным типом и может быть тонкого типа.

В качестве типового примера резьбовой участок, состоящий из внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой, и резьбовой участок, состоящий из внешнего резьбового участка с наружной резьбой и внешнего резьбового участка с внутренней резьбой, каждый представляет собой коническую резьбу трапецеидального типа. В этом случае каждая из конических резьб включает вершины, впадины, закладные стороны и опорные стороны. Вершины внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и впадины внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой затем находятся в контакте друг с другом, и опорные стороны внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и опорные стороны внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой находятся в контакте друг с другом. Впадины внешнего резьбового участка с наружной резьбой и вершины внешнего резьбового участка с внутренней резьбой находятся в контакте друг с другом, а опорные стороны внешнего резьбового участка с наружной резьбой и опорные стороны внешнего резьбового участка с внутренней резьбой находятся в контакте друг с другом. Угол наклона опорных сторон является отрицательным углом.

Следует отметить, что состояние зацепления между внутренним резьбовым участком с наружной резьбой и внутренним резьбовым участком с внутренней резьбой и состояние зацепления между внешним резьбовым участком с наружной резьбой и внешним резьбовым участком с внутренней резьбой особенно не ограничиваются, поскольку опорные стороны находятся в контакте друг с другом. Например, вместо контакта между вершинами внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и впадинами

внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой, впадины внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и вершины внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой могут быть в контакте друг с другом. Вместо контакта между впадинами внешнего резьбового участка с наружной резьбой и вершинами внешнего резьбового участка с внутренней резьбой вершины внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и впадины внешнего резьбового участка с внутренней резьбой могут быть в контакте друг с другом.

В вышеприведенном резьбовом соединении длина вдоль оси трубы внутренней канавки муфты предпочтительно больше шага резьбы внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой. Длина внутренней канавки, используемой здесь, является длиной, измеренной от концевой участка внутренней уплотняющей поверхности. Длина вдоль оси трубы внешней канавки ниппеля предпочтительно больше шага резьбы внешнего резьбового участка с наружной резьбой. Длина внешней канавки, используемой здесь, является длиной, измеренной от концевой участка внешней уплотняющей поверхности.

В резьбовом соединении в этом случае длина вдоль оси трубы внутренней канавки муфты предпочтительно не более чем в 4 раза больше шага резьбы внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой. Длина, более предпочтительно, не более чем в 2,5 раза больше шага резьбы. В результате может быть обеспечена длина зацепления между внутренним резьбовым участком с наружной резьбой и внутренним резьбовым участком с внутренней резьбой. Кроме того, длина вдоль оси трубы внешней канавки ниппеля предпочтительно не более чем в 4 раза больше шага резьбы внешнего резьбового участка с наружной резьбой. Длина, более предпочтительно, не более чем в 2,5 раза больше шага резьбы. В результате может быть обеспечена длина зацепления между внешним резьбовым участком с наружной резьбой и внешним резьбовым участком с внутренней резьбой. В результате растягивающая нагрузка, допустимая в резьбовом соединении, не снижается.

В вышеприведенном резьбовом соединении глубина внутренней канавки муфты предпочтительно составляет не менее высоты резьбы внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой и не более чем в два раза больше высоты резьбы. Глубина используемой здесь внутренней канавки является глубиной от вершины, если предположить, что внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой продолжен до области внутренней канавки. В результате область критического сечения муфты может быть обеспечена. Кроме того, глубина внешней канавки ниппеля предпочтительно составляет не менее высоты резьбы внешнего резьбового участка с наружной резьбой и не более чем в два раза больше высоты резьбы. Глубина используемой здесь внешней канавки является глубиной от вершины, если предположить, что внешний резьбовой участок с наружной резьбой продолжен до области внешней канавки. В результате область критического сечения ниппеля может быть обеспечена.

Форма внутренней канавки муфты особо не ограничена. Например, внутренняя канавка может включать в себя цилиндрическую поверхность, параллельную оси трубы. Кроме того, внутренняя канавка может включать в себя суживающуюся поверхность, диаметр которой уменьшается по мере того, как суживающаяся поверхность продолжается к внутренней уплотняющей поверхности. Эта суживающаяся поверхность прилегает к внутренней уплотняющей поверхности. Угол сужения этой суживающейся поверхности больше 0° и меньше 90° . Однако, когда этот угол сужения является слишком маленьким, может быть трудно обеспечить область критического сечения муфты. Напротив, когда этот угол сужения является слишком большим, может возникнуть концентрация напряжений. По этой причине этот угол сужения суживающейся поверхности предпочтительно составляет не менее чем 1° и не более чем 50° . Угол сужения более предпочтительно составляет не менее чем 1° и не более 30° и еще более предпочтительно не менее чем 3° и не более чем 15° . Этот угол сужения суживающейся поверхности может быть таким же, как угол сужения внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой.

Кроме того, внутренняя канавка может включать в себя суживающуюся поверхность, диаметр которой уменьшается по мере того, как суживающаяся поверхность продолжается к внутреннему резьбовому участку с внутренней резьбой. Эта суживающаяся поверхность прилегает к внутреннему резьбовому участку с внутренней резьбой. Угол сужения этой суживающейся поверхности больше 0° и меньше 90° . Однако, когда этот угол сужения является слишком маленьким, может быть трудно обеспечить длину зацепления между внутренним резьбовым участком с наружной резьбой и внутренним резьбовым участком с внутренней резьбой. Напротив, когда этот угол сужения является слишком большим, может возникнуть концентрация напряжений. По этой причине этот угол сужения суживающейся поверхности предпочтительно составляет не менее чем 5° и не более чем 45° . Угол сужения более предпочтительно составляет не менее чем 10° и не более чем 30° .

Подобным образом форма внешней канавки ниппеля особо не ограничена. Например, внешняя канавка может включать в себя цилиндрическую поверхность, параллельную оси трубы. Кроме того, внешняя канавка может включать в себя суживающуюся поверхность, диаметр которой уменьшается по мере того, как суживающаяся поверхность продолжается к внешней уплотняющей поверхности. Эта суживающаяся поверхность прилегает к внешней уплотняющей поверхности. Угол сужения этой суживающейся поверхности больше 0° и меньше 90° . Однако, когда этот угол сужения является слишком маленьким, может быть трудно обеспечить область критического сечения ниппеля. Напротив, когда этот

угол сужения является слишком большим, может возникнуть концентрация напряжений. По этой причине этот угол сужения суживающейся поверхности предпочтительно составляет не менее чем 1° и не более чем 50° . Угол сужения более предпочтительно составляет не менее чем 1° и не более чем 30° и еще более предпочтительно не менее чем 3° и не более чем 15° . Этот угол сужения суживающейся поверхности может быть таким же, как угол сужения внешнего резьбового участка с наружной резьбой.

Кроме того, внешняя канавка может включать в себя суживающуюся поверхность, диаметр которой уменьшается по мере того, как суживающаяся поверхность продолжается к внешнему резьбовому участку с наружной резьбой. Эта суживающаяся поверхность прилегает к внешнему резьбовому участку с наружной резьбой. Угол сужения этой суживающейся поверхности больше 0° и меньше 90° . Однако, когда этот угол сужения является слишком маленьким, может быть трудно обеспечить длину зацепления между внешним резьбовым участком с наружной резьбой и внешним резьбовым участком с внутренней резьбой. Напротив, когда этот угол сужения является слишком большим, может возникнуть концентрация напряжений. По этой причине этот угол сужения суживающейся поверхности предпочтительно составляет не менее чем 5° и не более чем 45° . Угол сужения более предпочтительно составляет не менее чем 10° и не более чем 30° .

Далее конкретный пример резьбового соединения для стальных труб согласно настоящему варианту осуществления будет описан со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Фиг. 4 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения для стальных труб согласно настоящему варианту осуществления. Фиг. 5 представляет собой вид продольного сечения, показывающий участок внутреннего уплотнения и его окрестность в резьбовом соединении, показанном на фиг. 4. Фиг. 6 представляет собой вид продольного сечения, показывающий участок внешнего уплотнения и его окрестность в резьбовом соединении, показанном на фиг. 4. Как показано на фиг. 4-6, резьбовое соединение согласно настоящему варианту осуществления представляет собой резьбовое соединение интегрального типа и включает в себя ниппель 10 и муфту 20.

Ниппель 10 включает, в порядке от стороны свободного конца ниппеля 10 к его стороне трубчатого корпуса, внутреннюю уплотняющую поверхность 11, внутренний резьбовой участок 12 с наружной резьбой, участок 13 заплечика, внешний резьбовой участок 14 с наружной резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность 15. Муфта 20 включает, в порядке от стороны трубчатого корпуса муфты 20 к стороне ее свободного конца, внутреннюю уплотняющую поверхность 21, внутренний резьбовой участок 22 с внутренней резьбой, участок 23 заплечика, внешний резьбовой участок 24 с внутренней резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность 25. Внутренняя уплотняющая поверхность 21, внутренний резьбовой участок 22 с внутренней резьбой, участок 23 заплечика, внешний резьбовой участок 24 с внутренней резьбой и внешняя уплотняющая поверхность 25 муфты 20 предусмотрены соответственно в соответствии с внутренней уплотняющей поверхностью 11, внутренним резьбовым участком 12 с наружной резьбой, участком 13 заплечика, внешним резьбовым участком 14 с наружной резьбой и внешней уплотняющей поверхностью 15 ниппеля 10.

Внутренний резьбовой участок 12 с наружной резьбой ниппеля 10 и внутренний резьбовой участок 22 с внутренней резьбой муфты 20 являются коническими резьбами трапецеидального типа, находящимися в зацеплении друг с другом, и образуют внутренний резьбовой участок 2 близко к внутренней части (близко к стороне свободного конца ниппеля 10). Внешний резьбовой участок 14 с наружной резьбой ниппеля 10 и внешний резьбовой участок 24 с внутренней резьбой муфты 20 являются коническими резьбами трапецеидального типа, находящимися в зацеплении друг с другом и образуют внешний резьбовой участок 4 близко к внешней стороне (близко к стороне свободного конца муфты 20).

Участок 13 заплечика ниппеля 10 включает в себя поверхность 13а заплечика. Участок 23 заплечика муфты 20 включает в себя поверхность 23а заплечика. Поверхности 13а и 23а заплечиков являются кольцевыми поверхностями, по существу, ортогональными оси трубы. Поверхности 13а и 23а заплечиков могут быть образованы в виде кольцевых поверхностей, наклоняющихся от плоскости, перпендикулярной оси трубы, в направлении завинчивания ниппеля 10 вперед. То есть поверхности 13а и 23а заплечиков могут наклоняться больше к стороне свободного конца ниппеля 10, продолжаясь к сторонам его внешней окружности.

Между внутренним резьбовым участком 2 и внешним резьбовым участком 4 расположены участки 13 и 23 заплечиков. В участках 13 и 23 заплечиков суживающаяся поверхность внутреннего резьбового участка 2 и суживающаяся поверхность внешнего резьбового участка 4 не находятся на одном уровне друг с другом.

Во внутреннем резьбовом участке 2 внутренний резьбовой участок 12 с наружной резьбой ниппеля 10 включает в себя вершину 12а, впадину 12b, закладную сторону 12с для приведения внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой в свинчивание и опорную сторону 12d, лежащую на противоположной стороне от закладной стороны 12с. Внутренний резьбовой участок 22 с внутренней резьбой муфты 20 включает в себя вершину 22а, впадину 22b, закладную сторону 22с и опорную сторону 22d. Вершина 12а внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой обращена к впадине 22b внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой. Впадина 12b внутреннего резьбового участка 12 с наружной

резьбой обращена к вершине 22а внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой. Закладная сторона 12с внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой обращена к закладной стороне 22с внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой. Опорная сторона 12d внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой обращена к опорной стороне 22d внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой. Углы наклона боковых сторон опорных сторон 12d и 22d являются отрицательными углами, и в состоянии крепления опорные стороны 12d и 22d сильно прижаты друг к другу. Углы наклона боковых сторон закладных сторон 12с и 22с могут быть либо положительными углами, либо отрицательными углами.

Аналогично во внешнем резьбовом участке 4 внешний резьбовой участок 14 с наружной резьбой ниппеля 10 включает в себя вершину 14а, впадину 14b, закладную сторону 14с для приведения внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой в свинчивание и опорную сторону 14d, лежащую на противоположной стороне от закладной стороны 14с. Внешний резьбовой участок 24 с внутренней резьбой муфты 20 включает в себя вершину 24а, впадину 24b, закладную сторону 24с и опорную сторону 24d. Впадина 14а внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой обращена к вершине 24b внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой. Впадина 14b внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой обращена к вершине 24а внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой. Закладная сторона 14с внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой обращена к закладной стороне 24с внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой. Опорная сторона 14d внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой обращена к опорной стороне 24d внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой. Углы наклона боковых сторон опорных сторон 14d и 24d являются отрицательными углами, и в состоянии крепления опорные стороны 14d и 24d сильно прижаты друг к другу. Углы наклона боковых сторон закладных сторон 14с и 24с могут быть либо положительными углами, либо отрицательными углами.

Внутренние уплотняющие поверхности 11 и 21 и внешние уплотняющие поверхности 15 и 25 все являются суживающимися. Точнее каждая из внутренних уплотняющих поверхностей 11 и 21 и внешних уплотняющих поверхностей 15 и 25 имеют форму, образованную поверхностью, эквивалентной периферийной поверхности усеченного конуса, диаметр которого уменьшается по мере того, как усеченный конус продолжается к стороне свободного конца ниппеля 10, или форму, образованную путем объединения окружной поверхности усеченного конуса и окружной поверхности тела вращения, полученного вращением кривой, такой как дуга вокруг оси трубы.

В состоянии крепления внутренний резьбовой участок 12 с наружной резьбой и внутренний резьбовой участок 22 с внутренней резьбой подходят друг к другу. То есть впадина 12b внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой входит в контакт с вершиной 22а внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой. Опорная сторона 12d внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой входит в контакт с опорной стороной 22d внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой. Между вершиной 12а внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой и впадиной 22b внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой образован зазор. Между закладной стороной 12с внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой и закладной стороной 22с внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой образован зазор. В эти зазоры наполняется смазка. В результате часть уплотнения резьбы образуется во внутреннем резьбовом участке 2.

Кроме того, внешний резьбовой участок 14 с наружной резьбой и внешний резьбовой участок 24 с внутренней резьбой подходят друг к другу. То есть вершина 14а внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой входит в контакт с впадиной 24b внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой. Опорная сторона 14d внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой входит в контакт с опорной стороной 24d внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой. Между впадиной 14b внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой и вершиной 24а внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой образован зазор. Между закладной стороной 14с внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой и закладной стороной 24с внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой образован зазор. В эти зазоры наполняется смазка. В результате часть уплотнения резьбы образуется во внешнем резьбовом участке 4.

Внутренняя уплотняющая поверхность 11 ниппеля 10 сталкивается с внутренней уплотняющей поверхностью 21 муфты 20 в контакте при высоком граничном давлении. В результате часть уплотнения образуется посредством поверхностного контакта во внутреннем участке 1 уплотнения. Внешняя уплотняющая поверхность 15 ниппеля 10 сталкивается с внешней уплотняющей поверхностью 25 муфты 20 в контакте при высоком граничном давлении. В результате часть уплотнения образуется посредством поверхностного контакта во внешнем участке 5 уплотнения.

Поверхности 13а и 23а заплечиков входят в контакт и прижимаются друг к другу, когда ниппель 10 ввинчен в муфту 20. В состоянии крепления осевое растягивающее напряжение крепления передается на опорные стороны 12d и 14d внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой и внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой ниппеля 10.

Здесь, в настоящем варианте осуществления внутренняя канавка 16 вдоль окружного направления предусмотрена на внутренней окружности муфты 20. В частности, внутренняя канавка 16 предусмотрена между внутренней уплотняющей поверхностью 21 и внутренним резьбовым участком 22 с внутренней

резьбой муфты 20. В непосредственной близости от внутренней уплотняющей поверхности 21 (участок 1 внутреннего уплотнения) присутствуют витки резьбы внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой, но эти витки резьбы внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой содержится во внутренней канавке 16. То есть в непосредственной близости внутренний резьбовой участок 22 с внутренней резьбой не входит в зацепление с какими либо витками резьбы внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой. По этой причине в непосредственной близости от участка 1 внутреннего уплотнения множество витков резьбы внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой ниппеля 10 могут быть предотвращены от ненадлежащего столкновения с внутренним резьбовым участком 22 с внутренней резьбой муфты 20. В результате, даже когда резьбовое соединение подвергается растягивающей нагрузке и внутреннему давлению, множество витков резьбы внутреннего резьбового участка 12 с наружной резьбой ниппеля 10 могут быть предотвращены от зацепления с витками резьбы внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой муфты 20. В результате снижение контактного пограничного давления в участке 1 внутреннего уплотнения блокируется, и уплотняющая характеристика против внутреннего давления может быть стабильно обеспечена.

Кроме того, в настоящем варианте осуществления внешняя канавка 26 вдоль окружного направления предусмотрена на внешней окружности ниппеля 10. Конкретно внешняя канавка 26 предусмотрена между внешней уплотняющей поверхностью 15 и внешним резьбовым участком 14 с наружной резьбой ниппеля 10. В непосредственной близости от внешней уплотняющей поверхности 15 (участок 5 внешнего уплотнения) присутствуют витки резьбы внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой, но эти витки резьбы внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой содержится во внешней канавке 26. То есть в непосредственной близости внешний резьбовой участок 14 с наружной резьбой не находится в зацеплении с любыми витками резьбы внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой. По этой причине в непосредственной близости от участка 5 внешнего уплотнения множество витков резьбы внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой муфты 20 могут быть предотвращены от ненадлежащего столкновения с внешним резьбовым участком 14 с наружной резьбой ниппеля 10. В результате, даже когда резьбовое соединение подвергается растягивающей нагрузке и внешнему давлению, множество витков резьбы внешнего резьбового участка 24 с внутренней резьбой муфты 20 могут быть предотвращены от зацепления с витками резьбы внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой ниппеля 10. В результате снижение контактного пограничного давления в участке 5 внешнего уплотнения блокируется и уплотняющая характеристика против внешнего давления может быть стабильно обеспечена.

Внутренняя канавка 16 согласно настоящему варианту осуществления включает, в порядке от стороны внутренней уплотняющей поверхности 21 к внутреннему резьбовому участку 22 с внутренней резьбой, первую суживающуюся поверхность 16а, цилиндрическую поверхность 16b и вторую суживающуюся поверхность 16с. Первая суживающаяся поверхность 16а имеет угол сужения 6°. Этот угол сужения является таким же, как угол сужения внутреннего резьбового участка 22 с внутренней резьбой. Вторая суживающаяся поверхность 16с имеет угол сужения 15°.

Внешняя канавка 26 согласно настоящему варианту осуществления включает, в порядке от стороны внешней уплотняющей поверхности 15 к внешнему резьбовому участку 14 с наружной резьбой, первую суживающуюся поверхность 26а, цилиндрическую поверхность 26b и вторую суживающуюся поверхность 26с. Первая суживающаяся поверхность 26а имеет угол сужения 6°. Этот угол сужения является таким же, как угол сужения внешнего резьбового участка 14 с наружной резьбой. Вторая суживающаяся поверхность 26с имеет угол сужения 15°.

Должно быть понятно, что настоящее изобретение не ограничено вышеописанными вариантами осуществления, и могут быть сделаны различные модификации без отклонения от сущности и объема настоящего изобретения.

Пример

Был проведен численный анализ посредством упругопластического метода конечных элементов (FEM-анализ), чтобы подтвердить полезные эффекты настоящего изобретения.

Условия испытания

В FEM анализе была создана модель резьбового соединения для стальных труб, показанного на фиг. 4. В качестве сравнительного примера была создана модель, в которой внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой был продолжен сверх области внутренней канавки, а внешний резьбовой участок с наружной резьбой был продолжен сверх области внешней канавки, то есть модель резьбового соединения для стальных труб согласно патентной литературе 1.

Основные характеристики, касающиеся материала и размеров стальной трубы, были следующими: размеры стальной трубы 13-5/8 (дюйм), 88,2 (фунт/фут) (внешний диаметр 346,1 мм и толщина стенки 15,9 мм),

марка стальной трубы Q125 стандарта API (углеродистая сталь для труб нефтяной скважины, определенная API 5CT и имеющая предел текучести при растяжении 125 тыс. фунтов/кв.дюйм (862 Н/мм²)).

В FEM анализе материал был смоделирован как упругопластическое тело, демонстрирующее изотропное упрочнение и имеющее модуль упругости 210 ГПа и номинальный предел текучести 125 тыс.

фунтов/кв.дюйм (862 МПа), равный 0,2% условного предела текучести. При скреплении ниппель дополнительно поворачивался на 1,5/100 оборотов из состояния, в котором поверхности заплечиков ниппеля и муфты контактировали друг с другом.

Способ оценки

В FEM анализе модель в закрепленном состоянии последовательно подвергалась этапам нагрузки (внутреннему давлению, внешнему давлению, растягивающей нагрузке и сжимающей нагрузке), которые моделировали то же, что и в испытании серии А версии ISO13679 2011 года. Сравнивались контактные усилия (Н/м) каждого из участка внутреннего уплотнения и участка внешнего уплотнения в цикле внутреннего давления (первый и второй квадранты) и цикле внешнего давления (третий и четвертый квадранты) гистерезиса этапа нагружения. Контактное усилие участка уплотнения является минимальным значением "среднего давления на поверхности контакта между поверхностями уплотнения". "Ширина контакта" и уплотняющая характеристика участка уплотнения становились лучше, когда эта величина становилась выше. Уплотняющая характеристика по отношению к внутреннему давлению была оценена по контактному усилию участка внутреннего уплотнения. А уплотняющая характеристика по отношению к внешнему давлению была оценена по контактному усилию участка внешнего уплотнения.

Выведение контактного усилия каждого из участка внутреннего уплотнения и участка внешнего уплотнения выполнялось в каждом положении 0, 90, 180 и 270° вокруг оси трубы.

Результаты

Фиг. 7А и В представляют собой графики для подведения результатов испытаний. При этом фиг. 7А показывает результаты участка внутреннего уплотнения, а фиг. 7В показывает результаты участка внешнего уплотнения. Как показано на фиг. 7А, изменения контактного усилия участка внутреннего уплотнения в соответствии с примером были меньше, чем в случае сравнительного примера. Как показано на фиг. 7В, изменения контактного усилия участка внешнего уплотнения в соответствии с примером были меньше, чем в случае сравнительного примера. Эти результаты доказали, что резьбовое соединение по настоящему варианту осуществления может стабильно обеспечивать уплотняющую характеристику против внутреннего давления и внешнего давления.

Промышленная применимость

Резьбовое соединение по настоящему изобретению может быть эффективно применено для соединения стальных труб, используемых в качестве трубных изделий нефтепромыслового сортамента.

Список ссылочных позиций:

- 10 - ниппель;
- 11 - внутренняя уплотняющая поверхность;
- 12 - внутренний резьбовой участок с наружной резьбой;
- 12a - вершина;
- 12b - впадина;
- 12c - закладная сторона;
- 12d - опорная сторона;
- 13 - участок заплечика;
- 13a - поверхность заплечика;
- 14 - внешний резьбовой участок с наружной резьбы;
- 14a - вершина;
- 14b - впадина;
- 14c - закладная сторона;
- 14d - опорная сторона;
- 15 - внешняя уплотняющая поверхность;
- 16 - внутренняя канавка;
- 20 - муфта;
- 21 - внутренняя уплотняющая поверхность;
- 22 - внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой;
- 22a - вершина;
- 22b - впадина;
- 22c - закладная сторона;
- 22d - опорная сторона;
- 23 - участок заплечика;
- 23a - поверхность заплечика;
- 24 - внешний резьбовой участок с внутренней резьбой;
- 24a - вершина;
- 24b - впадина;
- 24c - закладная сторона;
- 24d - опорная сторона;
- 25 - внешняя уплотняющая поверхность;
- 26 - внешняя канавка.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение для стальных труб, содержащее трубчатый ниппель и трубчатую муфту, в котором

ниппель содержит, в порядке от стороны свободного конца ниппеля к стороне его трубчатого корпуса, внутреннюю уплотняющую поверхность, внутренний резьбовой участок с наружной резьбой, участок заплечика, внешний резьбовой участок с наружной резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность;

муфта содержит, в порядке от стороны трубчатого корпуса муфты к ее стороне свободного конца, внутреннюю уплотняющую поверхность, внутренний резьбовой участок с внутренней резьбой, участок заплечика, внешний резьбовой участок с внутренней резьбой и внешнюю уплотняющую поверхность, при этом

резьбовое соединение включает в себя по меньшей мере одну из следующих конфигураций (1) и (2):

(1) внутренняя канавка вдоль окружного направления предусмотрена между внутренней уплотняющей поверхностью и внутренним резьбовым участком с внутренней резьбой муфты, причем множество витков резьбы внутреннего резьбового участка с наружной резьбой ниппеля содержится во внутренней канавке, и

(2) внешняя канавка вдоль окружного направления предусмотрена между внешней уплотняющей поверхностью и внешним резьбовым участком с наружной резьбой ниппеля, причем множество витков резьбы внешнего резьбового участка с внутренней резьбой муфты содержится во внешней канавке.

2. Резьбовое соединение для стальных труб по п.1, в котором, когда предусмотрена конфигурация (1), длина вдоль оси трубы внутренней канавки муфты больше, чем шаг резьбы внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой, и когда предусмотрена конфигурация (2), длина вдоль оси трубы внешней канавки ниппеля больше, чем шаг резьбы внешнего резьбового участка с наружной резьбой.

3. Резьбовое соединение для стальных труб по п.2, в котором, когда предусмотрена конфигурация (1), длина вдоль оси трубы внутренней канавки муфты не более чем в 4 раза больше шага резьбы внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой, и когда предусмотрена конфигурация (2), длина вдоль оси трубы внешней канавки ниппеля не более чем в 4 раза больше шага резьбы внешнего резьбового участка с наружной резьбой.

4. Резьбовое соединение для стальных труб по любому одному из пп.1-3, в котором, когда предусмотрена конфигурация (1), глубина внутренней канавки муфты не меньше высоты резьбы внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой и не более чем в два раза больше высоты резьбы, а когда предусмотрена конфигурация (2), глубина внешней канавки ниппеля составляет не менее высоты резьбы внешнего резьбового участка с наружной резьбой и не более чем в два раза больше высоты резьбы.

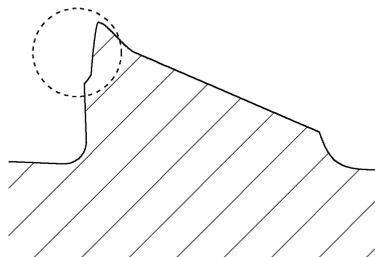
5. Резьбовое соединение для стальных труб по любому одному из пп.1-4, в котором внешний диаметр муфты составляет не более 110% от внешнего диаметра трубчатого корпуса ниппеля.

6. Резьбовое соединение для стальных труб по любому одному из пп.1-5, в котором резьбовой участок, состоящий из внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой, и резьбовой участок, состоящий из внешнего резьбового участка с наружной резьбой и внешнего резьбового участка с внутренней резьбой, каждый представляет собой коническую резьбу трапецеидального типа.

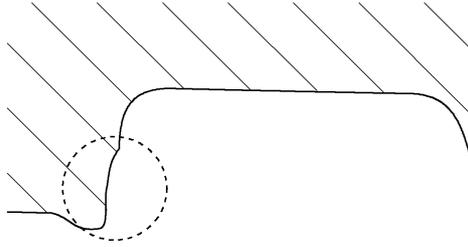
7. Резьбовое соединение для стальных труб по п.6, в котором каждая из конических резьб содержит вершины, впадины, закладные стороны и опорные стороны, при этом

вершины внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и впадины внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой находятся в контакте друг с другом, а опорные стороны внутреннего резьбового участка с наружной резьбой и опорные стороны внутреннего резьбового участка с внутренней резьбой находятся в контакте друг с другом,

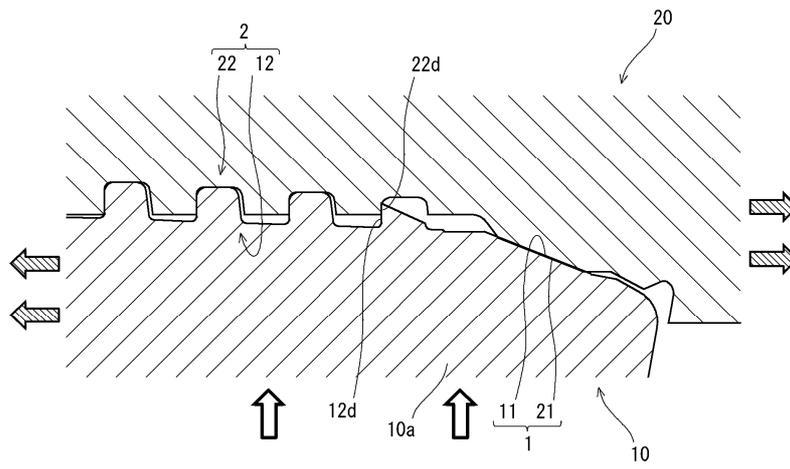
впадины внешнего резьбового участка с наружной резьбой и вершины внешнего резьбового участка с внешней резьбой находятся в контакте друг с другом, опорные стороны внешнего резьбового участка с наружной резьбой и опорные стороны внешнего резьбового участка с внутренней резьбой находятся в контакте друг с другом.



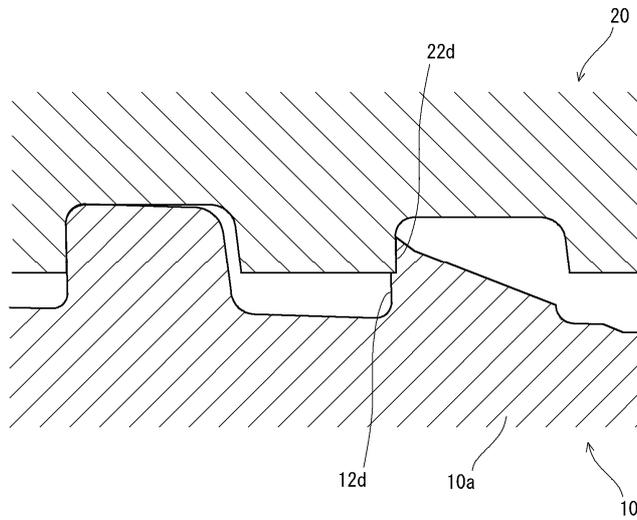
Фиг. 1А



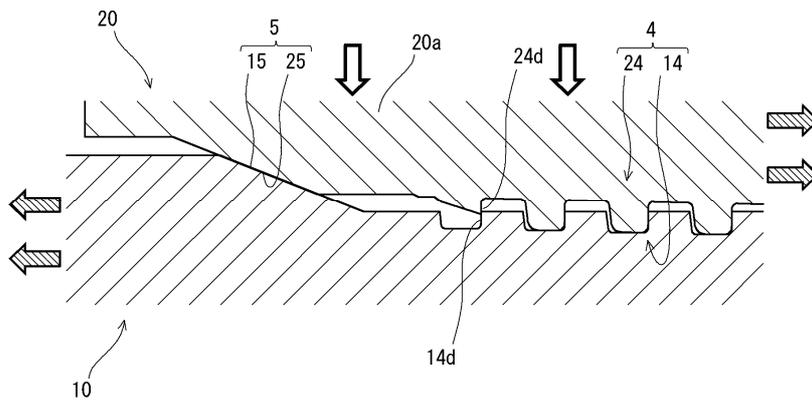
Фиг. 1B



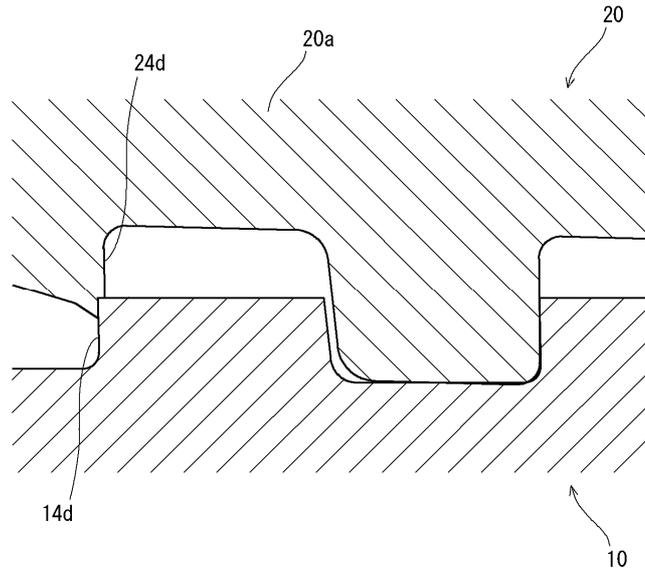
Фиг. 2A



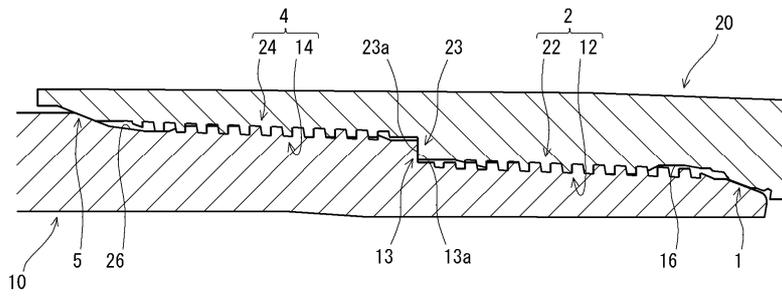
Фиг. 2B



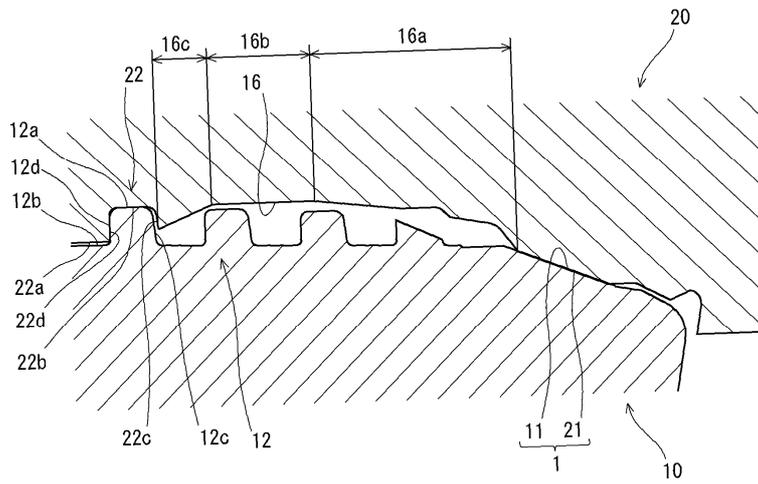
Фиг. 3A



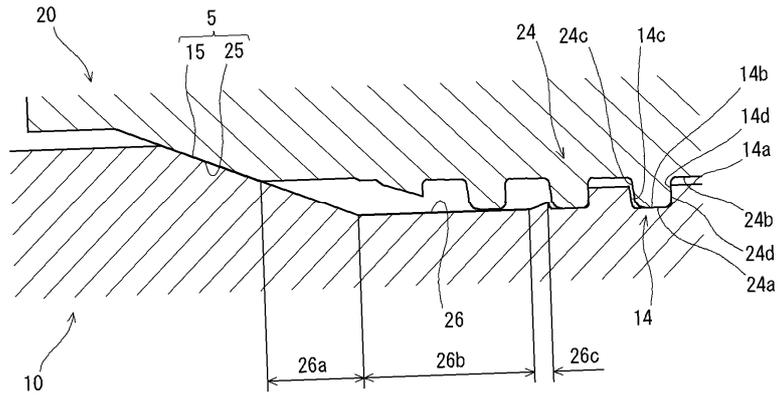
Фиг. 3В



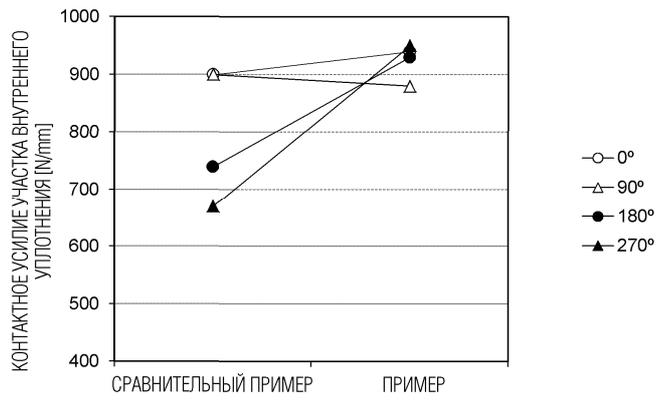
Фиг. 4



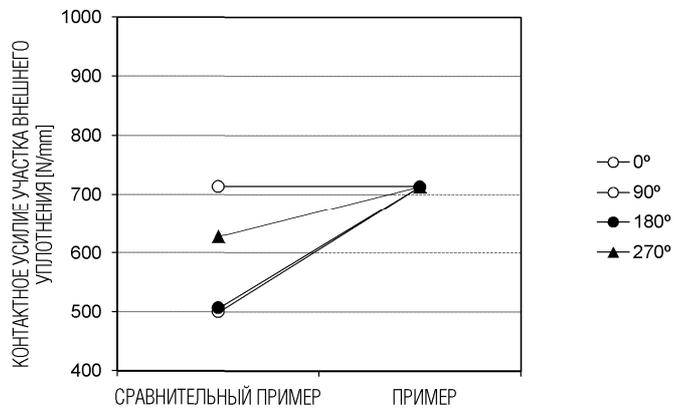
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7А



Фиг. 7В

