

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039155**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.12.10

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

(21) Номер заявки
201991285

(22) Дата подачи заявки
2017.12.27

(54) РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

(31) **2017-006321**

(56) JP-A-08-247351

(32) **2017.01.18**

US-A-4538840

(33) **JP**

JP-A-60-501322

(43) **2019.12.30**

JP-A-2012-506000

(86) **PCT/JP2017/046878**

(87) **WO 2018/135266 2018.07.26**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**НИППОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН
(JP); ВАЛЛУРЕК ОЙЛ ЭНД ГЭС
ФРАНС (FR)**

(72) Изобретатель:
Сугино Масааки, Угаи Син (JP)

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

(57) Предложено резьбовое соединение для стальных труб, которое предотвращает истирание на уплотнительных поверхностях во время скрепления, обеспечивая высокие показатели уплотнения по завершении скрепления. Ниппель (10) содержит носик (112), содержащий коническую направляющую поверхность ниппеля (112a) и уплотнительную поверхность ниппеля (113), содержащую коническую поверхность (113a). Муфта (20) содержит участок (22) приема носика, содержащий коническую направляющую поверхность (22a) муфты, уплотнительную поверхность (23) муфты, содержащую коническую поверхность (23a) и буферную поверхность (24). Угол конусности конической поверхности (113a, 23a) содержит второй угол конусности, который больше угла конусности конических направляющих поверхностей (112a, 22a). Резьбовое соединение (1) сконструировано для удовлетворения условиям $Dp2 > Db2 > Dp1$ и $Lb2 > Lp2$. Буферная поверхность (24), расположенная между конической направляющей поверхностью (22a) и конической поверхностью (23a) муфты, имеет длину 0,75 мм или больше и расположена снаружи от воображаемой плоскости (V), как определено вдоль радиальных направлений.

039155 B1

039155 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению для стальных труб.

Уровень техники

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

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

Соединительный участок конца трубы, на котором обеспечивают охватываемую резьбу, содержит элемент, подлежащий вставлению в охватывающую резьбу и обычно называемый "ниппель". Соединительный участок конца трубы, на котором обеспечивают охватывающую резьбу, содержит элемент для приема охватываемой резьбы и называемый "муфта". Ниппель и муфта образуют концы труб и имеют трубчатую форму.

Резьбовому соединению для стальных труб требуется иметь удовлетворительные показатели уплотнения для противодействия давлению текучей среды внутри (ниже в данном документе также именуется "внутренним давлением") и давлению текучей среды снаружи (ниже в данном документе также именуется "наружным давлением"). Для решения указанного, резьбовое соединение обеспечивают уплотнением, где применяют контакт металла с металлом. Уплотнение с применением контакта металла с металлом состоит из уплотнительной поверхности ниппеля и уплотнительной поверхности муфты, которая имеет диаметр немного меньше диаметра уплотнительной поверхности ниппеля. Когда резьбовое соединение скрепляют и уплотнительные поверхности пригоняют одну к другой, присутствие величины натяга, то есть разности между диаметром уплотнительной поверхности ниппеля и диаметром уплотнительной поверхности муфты, обуславливает уменьшение диаметра уплотнительной поверхности ниппеля и увеличение диаметра уплотнительной поверхности муфты. Каждая из уплотнительных поверхностей прилагает усилия для восстановления до своего исходного диаметра и таким образом дает упругое восстановление, при этом генерируется контактное давление на уплотнительных поверхностях, которые теперь сцепляются друг с другом по всей периферии для обеспечения показателей уплотнения.

Некоторые резьбовые соединения содержат конструкцию, называемую "носик" для дополнительно улучшения показателей уплотнения. Носик обеспечен на вершине ниппеля и расположен смежно с уплотнительной поверхностью ниппеля. Носик не имеет натяга с муфтой и, следовательно, увеличивает упругое восстановление уплотнительной поверхности ниппеля. Поскольку носик увеличивает сцепление уплотнительных поверхностей, показатели уплотнения улучшаются.

WO 2009/060552 и JP 2012-506000 раскрывают резьбовое соединение для стальных труб, содержащее носик, расположенный между поверхностью заплечика ниппеля и уплотнительной поверхностью ниппеля. В каждом из данных резьбовых соединений наружная периферийная поверхность носика ниппеля содержит не входящую в контакт зону и участок внутренней периферийной поверхности муфты, который соответствует носу, с не входящей в контакт зоной, которая не контактирует с не входящей в контакт зоной ниппеля, когда соединение скреплено. Каждая из не входящих в контакт зон образована конической поверхностью или цилиндрической поверхностью.

JP 2013-524116 раскрывает резьбовое соединение для стальных труб, в котором уплотнительная поверхность ниппеля и уплотнительная поверхность муфты образованы криволинейными поверхностями отличающейся кривизны. В данном резьбовом соединении коническая поверхность обеспечена примыкающей к уплотнительной поверхности ниппеля и коническая поверхность обеспечена примыкающей к уплотнительной поверхности муфты.

Сущность изобретения

Когда резьбовое соединение скрепляют и подгоняют уплотнительные поверхности, охватываемый торец (носик) увеличивает сцепление уплотнительных поверхностей для улучшения показателей уплотнения. Вместе с тем, во время скрепления увеличения сцепления (т.е. контактной силы), обеспеченное носиком, может обуславливать истирание на уплотнительных поверхностях.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение резьбового соединения для стальных труб,

которое предотвращает истирание на уплотнительных поверхностях во время скрепления, при этом обеспечивая высокие показатели уплотнения по завершении скрепления.

Настоящее изобретение направлено на создание резьбового соединения для стальных труб. Резьбовое соединение содержит трубчатый ниппель и трубчатую муфту. Ниппель обеспечен на конце тела стальной трубы. Ниппель вставляют в муфту так, что муфта и ниппель скрепляются. Ниппель содержит упорный выступ ниппеля и охватываемую резьбу. Упорный выступ ниппеля образует участок вершины ниппеля. Охватываемая резьба обеспечена на наружной периферии ниппеля и расположена ближе к телу стальной трубы, чем упорный выступ ниппеля. Охватываемая резьба является конической резьбой. Упорный выступ ниппеля содержит первую поверхность заплечика ниппеля, носик и первую уплотнительную поверхность ниппеля. Первая поверхность заплечика ниппеля обеспечена на вершине ниппеля. Носик расположен ближе к охватываемой резьбе, чем первая поверхность заплечика ниппеля. Носик содержит коническую направляющую поверхность ниппеля на своей наружной периферии. Коническая направляющая поверхность ниппеля имеет диаметр, уменьшающийся в направлении к вершине ниппеля. Первая уплотнительная поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферии упорного выступа ниппеля и расположена ближе к охватываемой резьбе, чем носик. Первая уплотнительная поверхность ниппеля содержит коническую поверхность с диаметром, уменьшающимся к вершине ниппеля. Муфта содержит первую поверхность заплечика муфты, участок приема носика, первую уплотнительную поверхность муфты, буферную поверхность и охватываемую резьбу. Первая поверхность заплечика муфты расположена на внутреннем конце муфты и соответствует первой поверхности заплечика ниппеля. Первая поверхность заплечика муфты контактирует с первой поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение скреплено. Обеспечен участок приема носика, соответствующий носику. Участок приема носика содержит коническую направляющую поверхность муфты на своей внутренней периферии. Коническая направляющая поверхность муфты имеет диаметр, уменьшающийся в направлении к внутреннему концу муфты. На внутренней периферии муфты обеспечена первая уплотнительная поверхность муфты, соответствующая первой уплотнительной поверхности ниппеля. Первая уплотнительная поверхность муфты содержит коническую поверхность с диаметром, уменьшающимся к внутреннему концу муфты. Первая уплотнительная поверхность муфты контактирует с первой уплотнительной поверхностью ниппеля, когда соединение скреплено. Буферная поверхность обеспечена на внутренней периферии муфты и расположена между конической направляющей поверхностью муфты и конической поверхностью первой уплотнительной поверхности муфты. На внутренней периферии муфты обеспечена охватываемая резьба, соответствующая охватываемой резьбе. Охватываемая резьба является конической резьбой. Каждая из конической направляющей поверхности ниппеля и конической направляющей поверхности муфты имеет первый угол конусности. Каждая из конических поверхностей первой уплотнительной поверхности ниппеля и первой уплотнительной поверхности муфты имеет второй угол конусности. Второй угол конусности больше первого угла конусности. Когда соединение не скреплено, удовлетворяются следующие выражения (1) и (2):

$$Dp2 > Db2 > Dp1 \quad (1), \text{ и}$$

$$Lb2 > Lp2 \quad (2),$$

где $Dp1$ - диаметр конца конической направляющей поверхности ниппеля, которая ближе к вершине ниппеля;

$Dp2$ - диаметр линии пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности ниппеля и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности ниппеля;

$Lp2$ - длина, измеренная в направлении оси трубы, резьбового соединения, которая начинается вершиной ниппеля и заканчивается линией пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности ниппеля и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности ниппеля;

$Db2$ - диаметр линии пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности муфты и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности муфты; и

$Lb2$ - отрезок длины, измеренный в направлении оси трубы, который начинается внутренним концом муфты и заканчивается линией пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности муфты и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности муфты.

Буферная поверхность имеет длину 0,75 мм или больше, измеренную в направлении оси трубы. Буферная поверхность расположена снаружи от воображаемой поверхности, как определено вдоль радиального направления резьбового соединения.

Воображаемая поверхность образована поверхностью, проходящей от конической направляющей поверхности муфты и поверхностью, проходящей от первой уплотнительной поверхности муфты.

Резьбовое соединение для стальных труб настоящего изобретения предотвращает истирание на уплотнительных поверхностях во время скрепления, при этом обеспечивая высокие показатели уплотнения по завершении скрепления.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 схематично показано продольное сечение резьбового соединения муфтового типа для стальных труб первого варианта осуществления.

На фиг. 2 схематично показано продольное сечение резьбового соединения интегрального типа для стальных труб первого варианта осуществления.

На фиг. 3 показан с увеличением внутренний концевой участок, определенный по направлению оси трубы, резьбового соединения когда соединение не скреплено.

На фиг. 4 показан с увеличением внутренний концевой участок, определенный по направлению оси трубы, резьбового соединения во время скрепления.

На фиг. 5 показан с увеличением внутренний концевой участок, определенный по направлению оси трубы, резьбового соединения по завершении скрепления.

На фиг. 6 показана геометрия буферной поверхности резьбового соединения.

На фиг. 7 показана другая геометрия буферной поверхности резьбового соединения.

На фиг. 8 показана другая геометрия буферной поверхности резьбового соединения.

На фиг. 9 схематично показано продольное сечение резьбового соединения для стальных труб второго варианта осуществления.

На фиг. 10 схематично показано продольное сечение резьбового соединения для стальных труб третьего варианта осуществления.

На фиг. 11 схематично показано продольное сечение резьбового соединения для стальных труб четвертого варианта осуществления.

Варианты осуществления изобретения

Как рассмотрено выше, носик улучшает показатели герметизации уплотнения. Носик дает эффект увеличения жесткости верхнего участка ниппеля (т.е. упорного выступа ниппеля) против деформации. Данный эффект носика улучшает контактное поверхностное давление между уплотнительными поверхностями, и также поддерживает стабильное контактное поверхностное давление, даже когда прикладывается комбинированная нагрузка, обуславливающая небольшую пластическую деформацию заплечика и близлежащих участков.

Хотя носик обеспечивает удовлетворительные показатели уплотнения, он может являться фактором, несущим ответственность за истирание на уплотнительных поверхностях во время скрепления резьбового соединения. Причина в том, что результатом способности носика увеличивать давление на контактной поверхности между уплотнительными поверхностями также является увеличение давления на контактной поверхности между уплотнительными поверхностями, когда уплотнительные поверхности скользят впритык друг другу в процессе скрепления.

Другим фактором, несущим ответственность за истирание во время скрепления, является эксцентричный контакт между уплотнительной поверхностью ниппеля и уплотнительной поверхностью муфты, т.е. во время скрепления, если уплотнительная поверхность ниппеля и уплотнительная поверхность муфты начинают контактировать, когда резьбы еще не полностью затянуты и имеется гибкость, уплотнительная поверхность ниппеля и уплотнительная поверхность муфты неравномерно контактируют по всему периметру, т.е. могут скользить с эксцентричным контактом. В таких случаях, весьма вероятно возникновение истирания на участках уплотнительных поверхностей где имеет место эксцентричный контакт. Даже если до истирания не доходит, возникают такие повреждения, как царапины на уплотнительных поверхностях, которые могут приводить к снижению показателей уплотнения.

Для предотвращения истирания на уплотнительных поверхностях можно применять обработку поверхностей для обеспечения удовлетворительного сопротивления истиранию, такую как нанесение медного покрытия или нанесение покрытия медь-олово-цинк. Вместе с тем, данные виды обработки поверхности являются дорогостоящими и страдают низкой производительностью.

Для предотвращения истирания на уплотнительных поверхностях можно применять смазку. Смазки с удовлетворительными свойствами сопротивления истиранию содержат, например, составы для смазки резьбовых соединений, содержащие тяжелые металлы, отвечающие требованиям стандартов API (American Petroleum Institute), т.е. стандартные трубные смазки API. Сегодня, вместе с тем, охрана окружающей среды может требовать применения составов для смазки резьбовых соединений, не содержащих тяжелых металлов (т.е. желтых трубных смазок). Свойства сопротивления истиранию желтых трубных смазок обычно хуже таких свойств стандартных трубных смазок API. С учетом указанного, некоторое сопротивление истиранию должно быть обеспечено с применением методик, иных чем смазка.

Принимая во внимание данные обстоятельства, изобретатели старались найти способ исключения факторов, вызывающих истирание во время скрепления, при этом реализуя возможности использования преимуществ носика, т.е. обеспечивая высокие показатели уплотнения по завершении скрепления. Указанное рассмотрено более подробно ниже.

Изобретатели предложили обеспечить коническую направляющую поверхности на каждом из ниппеля и муфты, так чтобы конические направляющие поверхности могли натягиваться и скользить впритык друг другу перед начала скольжения уплотнительных поверхностей впритык друг другу. В данном способе ось трубы ниппеля совмещается с осью трубы муфты перед началом скольжения уплотнитель-

ных поверхностей впритык друг другу. Данное предотвращает скольжение уплотнительной поверхности ниппеля и уплотнительной поверхности впритык друг другу с эксцентричным контактом. Кроме того, расстояние, вдоль которого уплотнительные поверхности скользят впритык друг другу, уменьшается на разность между диаметром конической направляющей поверхности ниппеля и диаметром конической направляющей поверхности муфты (т.е. величину натяга). Данное предотвращает истирание на уплотнительных поверхностях.

Конические направляющие поверхности скользят впритык друг другу во время скрепления, но не соприкасаются по завершении скрепления. Когда соединение скреплено, коническая направляющая поверхность ниппеля и коническая направляющая поверхность муфты обращены друг к другу, разделенные просветом. Таким образом, когда соединение скреплено, коническая направляющая поверхность, т.е. носик увеличивает контактное давление между уплотнительными поверхностями, обеспечивая удовлетворительные показатели уплотнения.

Вместе с тем, если вводятся конические направляющие поверхности на ниппеле и муфте, граничный участок между конической направляющей поверхностью муфты и уплотнительная поверхность муфты скользит во время скрепления, будучи сильно прижатым к конической направляющей поверхности ниппеля. Данное, увеличивает давление на контактной поверхности на граничном участке, что может вызывать износ или пластическую деформацию, если не истирание, поверхностей. Если данное повреждение или деформация достигает уплотнительной поверхности муфты, изнашивается уплотнительная поверхность ниппеля. В результате, может происходить истирание, или могут снижаться показатели уплотнения, в особенности по сопротивлению наружному давлению.

Для решения рассмотренных выше проблем изобретатели решили обеспечить буферную поверхность между конической направляющей поверхностью муфты и уплотнительной поверхностью муфты. Т.е. выполнение буферной поверхности на граничном участке между конической направляющей поверхностью муфты и уплотнительной поверхностью муфты отделяет уплотнительную поверхность муфты от конической направляющей поверхности муфты. Данное, должно предотвращать достижение уплотнительной поверхности муфты повреждением или деформацией на соответствующем конце конической направляющей поверхности муфты.

Резьбовое соединение для стальных труб варианта осуществления выполнено на основе приведенных выше сведений.

Резьбовое соединение для стальных труб варианта осуществления содержит трубчатый ниппель и трубчатую муфту. Ниппель обеспечен на конце тела стальной трубы. Ниппель вставляется в муфту так, что муфта и ниппель скрепляются. Ниппель содержит упорный выступ ниппеля и охватываемую резьбу. Упорный выступ ниппеля образует участок вершины ниппеля. Охватываемая резьба обеспечена на наружной периферии ниппеля и расположена ближе к телу стальной трубы, чем упорный выступ ниппеля. Охватываемая резьба является конической резьбой. Упорный выступ ниппеля содержит первую поверхность заплечика ниппеля, носик и первую уплотнительную поверхность ниппеля. Первая поверхность заплечика ниппеля обеспечена на вершине ниппеля. Носик расположен ближе к охватываемой резьбе, чем первая поверхность заплечика ниппеля. Носик содержит коническую направляющую поверхность ниппеля на своей наружной периферии. Коническая направляющая поверхность ниппеля имеет диаметр, уменьшающийся в направлении к вершине ниппеля. Первая уплотнительная поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферии упорного выступа ниппеля и расположена ближе к охватываемой резьбе, чем носик. Первая уплотнительная поверхность ниппеля содержит коническую поверхность с диаметром, уменьшающимся к вершине ниппеля. Муфта содержит первую поверхность заплечика муфты, участок приема носика, первую уплотнительную поверхность муфты, буферную поверхность и охватывающую резьбу. Первая поверхность заплечика муфты расположена на внутреннем конце муфты и соответствует первой поверхности заплечика ниппеля. Первая поверхность заплечика муфты контактирует с первой поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение скреплено. Обеспечен участок приема носика, соответствующий носику. Участок приема носика содержит коническую направляющую поверхность муфты на своей внутренней периферии. Коническая направляющая поверхность муфты имеет диаметр, уменьшающийся в направлении к внутреннему концу муфты. На внутренней периферии муфты обеспечена первая уплотнительная поверхность муфты, соответствующая первой уплотнительной поверхности ниппеля. Первая уплотнительная поверхность муфты содержит коническую поверхность с диаметром, уменьшающимся к внутреннему концу муфты. Первая уплотнительная поверхность муфты контактирует с первой уплотнительной поверхностью ниппеля, когда соединение скреплено. Буферная поверхность обеспечена на внутренней периферии муфты и расположена между конической направляющей поверхностью муфты и конической поверхностью первой уплотнительной поверхности муфты. На внутренней периферии муфты обеспечена охватывающая резьба, соответствующей охватываемой резьбе. Охватывающая резьба является конической резьбой. Каждая из конической направляющей поверхности ниппеля и конической направляющей поверхности муфты имеет первый угол конусности. Каждая из конических поверхностей первой уплотнительной поверхности ниппеля и первой уплотнительной поверхности муфты имеет второй угол конусности. Второй угол конусности больше первого угла конусности. Когда соединение не скреплено, удовлетворяются следующие выражения (1) и (2):

$$Dp2 > Db2 > Dp1 \text{ (1), и}$$

$$Lb2 > Lp2 \text{ (2),}$$

где $Dp1$ - диаметр конца конической направляющей поверхности ниппеля, который ближе к вершине ниппеля;

$Dp2$ - диаметр линии пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности ниппеля и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности ниппеля;

$Lp2$ - длина участка резьбового соединения измеренная в направлении оси трубы, который начинается вершиной ниппеля и заканчивается линией пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности ниппеля, и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности ниппеля;

$Db2$ - диаметр линии пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности муфты и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности муфты; и

$Lb2$ - длина, измеренная в направлении оси трубы которая начинается внутренним концом муфты и заканчивается линией пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности муфты и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности муфты.

Буферная поверхность имеет длину 0,75 мм или больше, измеренную в направлении оси трубы. Буферная поверхность расположена снаружи от воображаемой поверхности, как определено вдоль радиального направления относительно резьбового соединения. Воображаемая поверхность образована поверхностью, проходящей от конической направляющей поверхности муфты и поверхностью, проходящей от первой уплотнительной поверхности муфты.

В описанном выше варианте осуществления конические направляющие поверхности сконструированы так, что угол конусности конической поверхности каждой уплотнительной поверхности больше угла конусности каждой конической направляющей поверхности и удовлетворяются выражения (1) и (2). Таким образом, до начала скольжения уплотнительных поверхностей впритык друг другу, конические направляющие поверхности натягиваются друг с другом, и ось трубы ниппеля совмещается с осью трубы муфты. Данное должно предотвращать эксцентричный контакт между уплотнительными поверхностями. Дополнительно, расстояние вдоль, которого уплотнительные поверхности скользят впритык друг другу, должно быть уменьшено на величину натяга конических направляющих поверхностей. Данное, должно предотвращать истирание на уплотнительных поверхностях во время скрепления.

В описанном выше варианте осуществления буферная поверхность присутствует между конической направляющей поверхностью муфты и уплотнительной поверхностью муфты. Таким образом, уплотнительная поверхность муфты отделена от конической направляющей поверхности муфты. Таким образом, даже когда коническая направляющая поверхность муфты повреждается или деформируется во время скрепления, предотвращается достижение данным повреждением или деформацией уплотнительной поверхности муфты. Данное, должно предотвращать изнашивание уплотнительной поверхностью муфты уплотнительной поверхности ниппеля, при этом предотвращается истирание.

В описанном выше варианте осуществления удовлетворяются выражения (1) и (2), так что коническая направляющая поверхность ниппеля обращена к конической направляющей поверхности муфты по завершении скрепления, данные поверхности разделены просветом. Таким образом, когда соединение скреплено, жесткость носика ниппеля увеличивает упругое восстановление уплотнительной поверхности ниппеля, при этом улучшается давление на контактной поверхности между уплотнительными поверхностями. Данное должно обеспечивать высокие показатели уплотнения.

Таким образом, описанный выше вариант осуществления предотвращает истирание на уплотнительных поверхностях во время скрепления, обеспечивая высокие показатели уплотнения по завершении скрепления.

Первая поверхность заплечика ниппеля может содержать основную поверхность заплечика ниппеля и вспомогательную поверхность заплечика ниппеля. Вспомогательная поверхность заплечика ниппеля расположена смежно с наружной периферией основной поверхности заплечика ниппеля. Первая поверхность заплечика муфты может содержать основную поверхность заплечика муфты и вспомогательную поверхность заплечика муфты. Обеспечена основная поверхность заплечика муфты, соответствующая основной поверхности заплечика ниппеля. Основная поверхность заплечика муфты контактирует с основной поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение скреплено. Обеспечена вспомогательная поверхность заплечика муфты, соответствующая вспомогательной поверхности заплечика ниппеля. Вспомогательная поверхность заплечика муфты может контактировать с вспомогательной поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение скреплено. Когда соединение скреплено, вспомогательную поверхность заплечика ниппеля и вспомогательная поверхность заплечика муфты могут не контактировать друг с другом.

Ниппель может дополнительно содержать вторую уплотнительную поверхность ниппеля. Вторая уплотнительная поверхность ниппеля обеспечена на наружной периферии ниппеля и расположена, как

определено в направлении оси трубы, в его середине или на его конце смежно с телом стальной трубы. Муфта может дополнительно содержать вторую уплотнительную поверхность муфты. Обеспечена вторая уплотнительная поверхность муфты на внутренней периферии муфты, соответствующая второй уплотнительной поверхности ниппеля. Вторая уплотнительная поверхность муфты контактирует со второй уплотнительной поверхностью ниппеля, когда соединение скреплено.

Ниппель может дополнительно содержать вторую поверхность заплечика ниппеля. Муфта может дополнительно содержать вторую поверхность заплечика муфты. Вторая поверхность заплечика ниппеля расположена, как определено в направлении оси трубы, в его середине или на его конце смежно с телом стальной трубы. Вторая поверхность заплечика ниппеля пересекает направление оси трубы. Вторая поверхность заплечика муфты расположена соответствующей второй поверхности заплечика ниппеля. Вторая поверхность заплечика муфты контактирует со второй поверхностью заплечика ниппеля, когда соединение скреплено.

По меньшей мере одна из первой уплотнительной поверхности ниппеля и первой уплотнительной поверхности муфты может дополнительно содержать криволинейную поверхность. Криволинейная поверхность обеспечена примыкающей к конической поверхности муфты и первой уплотнительной поверхности муфты. Криволинейная поверхность имеет одно или более искривлений.

Буферная поверхность может содержать криволинейную поверхность. Криволинейная поверхность обеспечена примыкающей к конической направляющей поверхности муфты и первой уплотнительной поверхности муфты. Криволинейная поверхность имеет одно или более искривлений.

Буферная поверхность может иметь длину 2 мм или меньше, измеренную в направлении оси трубы.

Варианты осуществления конкретно описаны ниже со ссылкой на чертежи. Одинаковым и соответствующим элементам на чертежах присвоены одинаковые ссылочные позиции, и одинаковые описания не повторяются. Для упрощения объяснения чертежи могут показывать элементу упрощенно или схематично или не показывать некоторые элементы.

Первый вариант осуществления.

Конструкция резьбового соединения.

Конструкция в целом.

На фиг. 1 и 2 схематично показаны продольные сечения резьбовых соединений 1А и 1В для стальных труб, соответственно, первого варианта осуществления. Резьбовое соединение 1А, показанное на фиг. 1, является резьбовым соединением муфтового типа. Резьбовое соединение 1В, показанное на фиг. 2, является резьбовым соединением интегрального типа. В следующем описании резьбовые соединения 1А и 1В оба могут быть названы резьбовым соединением 1, когда не делается различия.

Как показано на фиг. 1 и 2, резьбовое соединение 1 содержит трубчатый ниппель 10 и трубчатую муфту 20. Ниппель 10 вставляют в муфту 20 так, что ниппель 10 и муфта 20 скрепляются.

Ниппель 10 обеспечен на конце тела стальной трубы. Тело стальной трубы относится к участкам стальной трубы, содержащей ниппель 10, не находящимся в муфте 20 после вставления. Для простоты объяснения направление к вершине ниппеля 10 может быть названо направлением внутрь или направлением во внутреннее пространство или направлением вперед или направлением к передней части, и направление к телу стальной трубы может быть названо направлением наружу или направлением к наружной стороне или направлением назад или направлением к задней части, все, как определено по оси трубы резьбового соединения 1.

Ниппель 10 содержит упорный выступ 11 ниппеля и охватываемую резьбу 12. Упорный выступ 11 ниппеля представляет собой участок вершины ниппеля. Охватываемая резьба 12 расположена ближе к телу стальной трубы, чем упорный выступ 11 ниппеля.

Упорный выступ 11 ниппеля содержит поверхность 111 заплечика ниппеля, носик 112, и уплотнительную поверхность 113 ниппеля. Поверхность 111 заплечика ниппеля, носик 112 и уплотнительная поверхность 113 ниппеля расположены в данном порядке в направлении к наружной стороне, как определено по оси трубы.

Поверхность 111 заплечика ниппеля обеспечена на вершине ниппеля 10. Поверхность 111 заплечика ниппеля может содержать основную поверхность заплечика ниппеля и вспомогательную поверхность заплечика ниппеля, рассмотренные дополнительно ниже.

Носик 112 расположен ближе к охватываемой резьбе 12, чем поверхность 111 заплечика ниппеля. Носик 112 содержит коническую направляющую поверхность 112а ниппеля на своей периферии. Коническая направляющая поверхность 112а ниппеля является конической поверхностью, с диаметром, уменьшающимся в направлении к вершине ниппеля 10. То есть, коническая направляющая поверхность 112 ниппеля образована периферией усеченного конуса, ось которого является осью СL трубы.

Уплотнительная поверхность 113 ниппеля расположена ближе к охватываемой резьбе 12, чем носик 112. Уплотнительная поверхность 113 ниппеля содержит коническую поверхность, имеющую диаметр, уменьшающийся к вершине ниппеля 10. Коническая поверхность уплотнительной поверхности 113 ниппеля дополнительно описана подробно ниже.

Охватываемая резьба 12 расположена снаружи от упорного выступа 11 ниппеля как определено в направлении оси трубы. Охватываемая резьба 12 обеспечена на наружной периферии ниппеля 10. Охва-

тываемая резьба 12 представляет собой коническую резьбу.

Муфта 20 содержит поверхность 21 заплечика муфты, участок 22 приема носика, уплотнительную поверхность 23 муфты, буферную поверхность 24 и охватываемую резьбу 25.

Поверхность 21 заплечика муфты обеспечена на внутреннем конце муфты 20 и соответствует поверхности 111 заплечика ниппеля. Когда соединение скреплено, поверхность 21 заплечика муфты контактирует с поверхностью 111 заплечика ниппеля и вместе с поверхностью 111 заплечика ниппеля образует узел заплечиков. Поверхность 111 заплечика ниппеля и поверхность 21 заплечика муфты служат останавливающим упором для ограничения ввинчивания ниппеля 10. Поверхность 111 заплечика ниппеля и поверхность 21 заплечика муфты служат для генерирования аксиальной силы затягивания резьбы внутри соединения.

На муфте 20 обеспечен участок 22 приема носика, соответствующий носику 112 ниппеля 10. Участок 22 приема носика расположен снаружи от поверхности 21 заплечика муфты, как определено в направлении оси трубы. Участок 22 приема носика содержит коническую направляющую поверхность муфты 22а на своей внутренней периферии.

Коническая направляющую поверхность 22а муфты является конической поверхностью с диаметром, уменьшающимся в направлении к внутреннему концу муфты 20. Т.е. коническая направляющая поверхность 22а муфты образована внутренней периферией усеченного конуса, ось которого является осью CL трубы.

Коническая направляющую поверхность 22а муфты и коническая направляющая поверхность 112а ниппеля имеют величину натяга. Коническая направляющая поверхность 22а муфты контактирует с конической направляющей поверхностью 112а ниппеля во время скрепления ниппеля 10 и муфты 20. По завершении скрепления коническая направляющая поверхность 22а муфты не контактирует с конической направляющей поверхностью 112а ниппеля.

Уплотнительная поверхность 23 муфты расположена наружу от участка 22 приема носика, как определено в направлении оси трубы. На внутренней периферии муфты 20 обеспечена уплотнительная поверхность 23 муфты, соответствующая уплотнительной поверхности 113 ниппеля. Уплотнительная поверхность 23 муфты и уплотнительная поверхность 113 ниппеля имеют величину натяга. Когда соединение скреплено, уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 23 муфты должным образом сцепляются друг с другом для получения посадки с натягом. Когда соединение скреплено, уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 23 муфты образуют уплотнение, где применяется контакт металла с металлом.

Буферная поверхность 24 обеспечена на внутренней периферии муфты 20. Буферная поверхность 24 представляет собой граничный участок внутренней периферийной поверхности муфты 20 между конической направляющей поверхностью 22а муфты и уплотнительной поверхностью 23 муфты.

На внутренней периферии муфты 20 обеспечена охватываемая резьба 25, соответствующая охватываемой резьбе 12. Охватываемая резьба 25 представляет собой коническую резьбу, которая может сцепляться с конической резьбой, представляющей собой охватываемую резьбу 12. Когда соединение скреплено, охватываемая резьба 25 вместе с охватываемой резьбой 12 образует резьбовой узел. Резьбы предпочтительно являются однозаходными или двухзаходными резьбами.

Ниппель 10 резьбового соединения 1В, показанный на фиг. 2, дополнительно содержит уплотнительную поверхность 13 ниппеля. Уплотнительная поверхность 13 ниппеля обеспечена на наружной периферии ниппеля 10 и расположена на конце ниппеля 10, т.е. смежно с телом стальной трубы.

Муфта 20 резьбового соединения 1В дополнительно содержит уплотнительную поверхность 26 муфты, соответствующую уплотнительной поверхности 13 ниппеля. Уплотнительная поверхность 13 ниппеля и уплотнительная поверхность 26 муфты имеют величину натяга. Поэтому, когда соединение скреплено, уплотнительная поверхность 13 ниппеля и уплотнительная поверхность 26 муфты должным образом сцепляются друг с другом для получения посадки с натягом. Когда соединение скреплено, уплотнительная поверхность 13 ниппеля и уплотнительная поверхность 26 муфты образуют уплотнение, где применяется контакт металла с металлом.

Конструкция внутреннего конца резьбового соединения.

На фиг. 3 показан с увеличением внутренний концевой участок, как определено в направлении оси трубы, резьбового соединения 1, показанного на фиг. 1 и 2.

Как показано на фиг. 3 настоящего варианта осуществления, поверхность 111 заплечика ниппеля содержит основную поверхность 111а заплечика ниппеля и вспомогательную поверхность 111b заплечика ниппеля. Поверхность заплечика 21 муфты содержит основную поверхность 21а заплечика муфты и вспомогательную поверхность 21b заплечика муфты.

Основная поверхность 111а заплечика ниппеля является тороидальной поверхностью, пересекающей направление оси трубы резьбового соединения 1. В настоящем варианте осуществления основная поверхность 111а заплечика ниппеля наклонена так, что ее наружная периферия расположена внутрь от ее внутренней периферии, как определено в направлении оси трубы.

Вспомогательная поверхность 111b заплечика ниппеля является тороидальной поверхностью, обеспеченной смежно с наружной периферией основной поверхности 111а заплечика ниппеля. вспомога-

тельная поверхность 111b заплечика ниппеля пересекает радиальные направления относительно резьбового соединения 1. Вспомогательная поверхность 111b заплечика ниппеля имеет наклон противоположный наклону основной поверхности 111a заплечика ниппеля. Т.е. вспомогательная поверхность 111b заплечика ниппеля наклонена так, что ее наружная периферия расположена наружу от ее внутренней периферии, как определено в направлении оси трубы.

Основная поверхность 21a заплечика муфты и вспомогательная поверхность 21b заплечика муфты являются тороидальными поверхностями, обеспеченными на муфте 20, соответствующими основной поверхности 111a заплечика ниппеля и вспомогательной поверхности 111b заплечика ниппеля, соответственно. Основная поверхность 21a заплечика муфты наклонена так, что ее наружная периферия расположена внутрь от ее внутренней периферии, как определено в направлении оси трубы для соответствия основной поверхности 111a заплечика ниппеля. Вспомогательная поверхность 21b заплечика муфты имеет наклон, противоположный наклону основной поверхности 21a заплечика муфты. Вспомогательная поверхность 21b заплечика муфты наклонена так, что ее наружная периферия расположена наружу от ее внутренней периферии, как определено в направлении оси трубы, для соответствия вспомогательной поверхности 111b заплечика ниппеля.

Основная поверхность 111a заплечика ниппеля и основная поверхность 21a заплечика муфты соприкасаются друг с другом когда соединение скреплено. С другой стороны, вспомогательная поверхность 111b заплечика ниппеля и вспомогательная поверхность 21b заплечика муфты сконструированы с возможностью соприкосновения, когда соединение скреплено, но не требующими соприкосновения друг с другом в нормальном состоянии со скрепленным соединением. Вспомогательная поверхность 111b заплечика ниппеля и вспомогательная поверхность 21b заплечика муфты могут контактировать друг с другом, если, например, приложена высокая сжимающая нагрузка к резьбовому соединению 1 или приложен чрезмерный затягивающий крутящий момент. Когда вспомогательная поверхность 111b заплечика ниппеля контактирует с вспомогательной поверхностью 21b заплечика муфты, предотвращается деформация упорного выступа 11, при которой увеличивается его диаметр.

Поверхность 111 заплечика ниппеля не требует в своем составе вспомогательной поверхности 111b заплечика ниппеля. В таких реализациях поверхность 21 заплечика муфты не содержит вспомогательную поверхность 21b заплечика муфты.

Уплотнительная поверхность 113 ниппеля содержит коническую поверхность 113a. Коническая поверхность 113a имеет диаметр, уменьшающийся к вершине ниппеля 10. Т.е. коническая поверхность 113a образована периферией усеченного конуса, ось которого является осью CL трубы. Когда соединение не скреплено, коническая поверхность 113a имеет угол конусности, который больше угла конусности конической направляющей поверхности 112a ниппеля.

Коническая поверхность 113a уплотнительной поверхности 113 ниппеля предпочтительно соединена с конической направляющей поверхностью 112a ниппеля через криволинейную поверхность, имеющую одно или более искривлений. Аналогично, предпочтительным является обеспечение криволинейной поверхности, имеющей одно или более искривлений между конической поверхностью 113a и охватываемой резьбой 12 (фиг. 1 и 2). В таких реализациях оба конца, как определено в направлении оси трубы, уплотнительной поверхности 113 ниппеля образованы криволинейными поверхностями. Криволинейная поверхность, имеющая одно или более искривлений, означает поверхность, образованную в сечении ниппеля 10, взятом в плоскости, содержащей ось CL трубы (т.е. продольном сечении), одну или более кривых линий, выбранных из дуги, эллиптической дуги и параболы. Альтернативно, уплотнительная поверхность 113 ниппеля может состоять только из конической поверхности 113a.

Уплотнительная поверхность 23 муфты содержит коническую поверхность 23a. Коническая поверхность 23a имеет диаметр, уменьшающийся и к внутреннему концу муфты 20. Т.е. коническая поверхность 23a образована периферией усеченного конуса, ось которого является осью CL трубы. Когда соединение не скреплено, угол конусности конической поверхности 23a равен углу конусности конической поверхности 113a уплотнительной поверхности 113 ниппеля и больше угла конусности конической направляющей поверхности 22a муфты. Когда соединение не скреплено, угол конусности конической направляющей поверхности 22a муфты равен углу конусности конической направляющей поверхности 112a ниппеля.

Углы конусности конических поверхностей 113a и 23a предпочтительно больше углов конусности конических направляющих поверхностей 112a и 22a ниппеля и муфты на 2-25°, и более предпочтительно на 3-15°.

Буферная поверхность 24 обеспечена между конической направляющей поверхностью 22a муфты и конической поверхностью 23a уплотнительной поверхности 23 муфты. Буферная поверхность 24 имеет длину 0,75 мм или больше. Длина буферной поверхности 24 предпочтительно не больше 2 мм. Длину буферной поверхности 24 определяют, как расстояние по направлению оси трубы между задним концом конической направляющей поверхности 22a муфты и передним концом конической поверхности 23a.

Буферная поверхность 24 расположена наружу от воображаемой поверхности V, как определено вдоль радиальных направлений по отношению к муфте 20. Воображаемая поверхность V состоит из поверхностей VI и V2 продолжения. Поверхность VI продолжения является воображаемой поверхностью,

проходящей от конической направляющей поверхности 22а муфты в общем к уплотнительной поверхности 23 муфты. Поверхность продолжения V2 является воображаемой поверхностью, проходящей от конической поверхности 23а уплотнительной поверхности 23 муфты в общем к конической направляющей поверхности 22а муфты. Если диаметр буферной поверхности 24 и диаметр воображаемой поверхности V сравнивают на одном месте по направлению оси трубы, диаметр буферной поверхности 24 всегда больше диаметра воображаемой поверхности V. Конструкция буферной поверхности 24 дополнительно описана подробно ниже.

На фиг. 3 диаметр конца конической направляющей поверхности 112а ниппеля, смежной с вершиной ниппеля 10 (т.е. передним концом), обозначен $Dp1$; и диаметр линии Xp пересечения поверхности продолжения, проходящей от конической направляющей поверхности 112а ниппеля в общем к уплотнительной поверхности 113 ниппеля, и поверхности продолжения, проходящей от конической поверхности 113а уплотнительной поверхности 113 ниппеля в общем к конической направляющей поверхности 112а ниппеля обозначен $Dp2$. $Lp1$ является расстоянием между вершиной ниппеля 10 и передним концом конической направляющей поверхности 112а ниппеля, измеренным в направлении оси трубы; и $Lp2$ является расстоянием между вершиной ниппеля 10 и линией Xp пересечения, измеренным в направлении оси трубы. Вместе с тем, на фиг. 3 криволинейная поверхность между конической направляющей поверхностью 112а ниппеля и конической поверхностью 113а исключена; поэтому граница между конической направляющей поверхностью 112а ниппеля и конической поверхностью 113а представляет линию Xp пересечения. Все размеры $Dp1$, $Dp2$, $Lp1$ и $Lp2$ измерены, когда соединение не скреплено.

На фиг. 3 диаметр конца конической направляющей поверхности 22а муфты, смежной с поверхностью 21 заплечика муфты (т.е. переднего конца), обозначен $Db1$; и диаметр линии Xb пересечения поверхностей V1 и V2 продолжения обозначен $Db2$. $Lb1$ является расстоянием между внутренним концом муфты 20 и передним концом конической направляющей поверхности 22а муфты, измеренным в направлении оси трубы; и $Lb2$ является расстоянием между внутренним концом муфты 20 и линией Xb пересечения, измеренным в направлении оси трубы. Все размеры $Db1$, $Db2$, $Lb1$ и $Lb2$ измерены, когда соединение не скреплено.

Резьбовое соединение 1 настоящего варианта осуществления сконструировано для удовлетворения следующим выражениям (1) и (2):

$$Dp2 > Db2 > Dp1 \quad (1), \text{ и} \\ Lb2 > Lp2 \quad (2).$$

Если выражения (1) и (2) удовлетворяются, как показано на фиг. 4, в процессе скрепления коническая направляющая поверхность 112а ниппеля и коническая направляющая поверхность 22а муфты начинают скользить впритык друг другу перед тем, как уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 23 муфты начинают скользить впритык друг другу. По завершении скрепления, как показано на фиг. 5, уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 23 муфты соприкасаются друг с другом, а коническая направляющая поверхность 112а ниппеля и коническая направляющая поверхность 22а муфты обращены друг к другу с просветом, присутствующим между ними.

В выражении (1), $Db2$, предпочтительно, составляет не меньше 97% и меньше 100% $Dp2$ и более предпочтительно не меньше 99% и меньше 100% $Dp2$. $Dp1$ предпочтительно составляет не меньше 97% и меньше 100% $Db2$ и более предпочтительно не меньше 99% и меньше 100% $Db2$.

В выражении (2) $Lp2$ предпочтительно составляет не меньше 40% и меньше 100% $Lb2$ и более предпочтительно не меньше 60% и меньше 95% $Lb2$.

Кроме того, предпочтительно, резьбовое соединение 1 настоящего варианта осуществления удовлетворяет следующему выражению (3):

$$Lb1 > Lp1 \quad (3).$$

Теперь следует описать соотношение между величиной натяга δg конической направляющей и величиной уплотнительного натяга δs . Величина натяга δg конической направляющей является величиной натяга между конической направляющей поверхностью 112а ниппеля и конической направляющей поверхностью 22а муфты. Величина уплотнительного натяга δs является величиной натяга между уплотнительной поверхностью 113 ниппеля и уплотнительной поверхностью 23 муфты.

Величина натяга δg конической направляющей является максимальной величиной натяга между конической направляющей поверхностью 112а ниппеля и конической направляющей поверхностью 22а муфты, полученного, когда они соприкасаются и скользят впритык друг другу. Другими словами, величина натяга δg конической направляющей является величиной натяга, который введен между конической направляющей поверхностью 112а ниппеля и конической направляющей поверхностью 22а муфты непосредственно перед началом скольжения впритык друг другу уплотнительной поверхности 113 ниппеля и уплотнительной поверхности 23 муфты. Величина натяга δg , по существу, равна $Dp2$ минус $Db2$ ($=Dp2 - Db2$).

Величина уплотнительного натяга δs является величиной натяга, присутствующей между уплотнительной поверхностью 113 ниппеля и уплотнительной поверхностью 23 муфты по завершении скрепле-

ния, т.е. когда поверхность 111 заплечика ниппеля уперлась в поверхность 21 заплечика муфты. Другими словами, предположив, что вершина ниппеля 10 и внутренний конец муфты 20 представляют позиции привязки, величина уплотнительного натяга δs , по существу, равна расстоянию между диаметром уплотнительной поверхности 113 ниппеля и диаметром уплотнительной поверхности 23 муфты, как измерено на одинаковом расстоянии от соответствующих позиций привязки, измеренных в направлении оси трубы (т.е., когда соединение не скреплено).

В настоящем варианте осуществления величина натяга δg конической направляющей и величина уплотнительного натяга δs удовлетворяют соотношению следующего уравнения (5):

$$\delta s > \delta g \quad (5).$$

Величина натяга δg конической направляющей, предпочтительно, не меньше 50% и не больше 95% величины уплотнительного натяга δs и более предпочтительно не меньше 70% и не больше 90% величины уплотнительного натяга.

Конструкция буферной поверхности.

Как рассмотрено выше, буферная поверхность 24 расположена между конической направляющей поверхностью 22а муфты и конической поверхностью 23а уплотнительной поверхности 23 муфты и наружу от воображаемой поверхности V. Буферная поверхность 24 предпочтительно содержит криволинейную поверхность, имеющую одно или более искривлений. Криволинейная поверхность является поверхностью, образованной в сечении муфты 20, взятом в плоскости, содержащей ось CL трубы (т.е. продольном сечении), одной или несколькими кривыми линиями, выбранными из дуги, эллиптической дуги и параболы.

На фиг. 6-8 показаны буферные поверхности 24А, 24В и 24С с отличающейся геометрией. Буферные поверхности 24А, 24В и 24С можно все называть буферной поверхностью 24, когда различие не делается.

Буферная поверхность 24А, показанная на фиг. 6, состоит из криволинейной поверхности 24а, имеющей кривизну Ra. Т.е. буферная поверхность 24А образована одной дугой в продольном сечении муфты 20. Обратный элемент Ra, т.е. радиус кривизны криволинейной поверхности 24а, составляет предпочтительно не меньше 1 мм.

Буферная поверхность 24А, образованная криволинейной поверхностью 24а, примыкает к конической направляющей поверхности 22а муфты и конической поверхности 23а уплотнительной поверхности 23 муфты. Т.е. буферная поверхность 24 плавно соединена с конической направляющей поверхностью 22а муфты и конической поверхностью 23а. Например, в продольном сечении муфты 20 коническая направляющая поверхность 22а муфты и ее поверхность V1 продолжения являются касательными к буферной поверхности 24 на ее переднем конце. В продольном сечении муфты 20 коническая поверхность 23а и ее поверхность V2 продолжения являются касательными к буферной поверхности 24 на ее заднем конце.

Задний конец буферной поверхности 24А можно интерпретировать, как передний конец уплотнительной поверхности 23 муфты. Т.е. в реализации, показанной на фиг. 6, участок (т.е. задний конец) криволинейной поверхности 24а можно интерпретировать, как криволинейную поверхность в составе буферной поверхности 24А и, одновременно, как криволинейную поверхность в составе уплотнительной поверхности 23 муфты.

Буферная поверхность 24В, показанная на фиг. 7, образована криволинейной поверхностью 24b, имеющей две кривизны R1b и R2b. Криволинейная поверхность 24b является сложной поверхностью, состоящей из нижней поверхности 241b, имеющей кривизну R1b, и криволинейной нижней поверхности 242b, имеющей кривизну R2b, соединенных вместе. Обратные элементы кривизны R1b и R2b, т.е. радиусы кривизны криволинейных нижних поверхностей 241b и 242b предпочтительно не меньше 1 мм.

Аналогично буферной поверхности 24А, показанной на фиг. 6, буферная поверхность 24В плавно соединена с конической направляющей поверхностью 22а муфты и конической поверхностью 23а уплотнительной поверхности 23 муфты. Задний конец криволинейной поверхности 24b, образующий часть буферной поверхности 24В, можно интерпретировать, как криволинейную поверхность в составе буферной поверхности 24В и, одновременно, как криволинейную поверхность в составе уплотнительной поверхности 23 муфты.

Буферная поверхность 24С, показанная на фиг. 8, является сложной поверхностью 24с, образованной криволинейными нижними поверхностями 241с и 242с и конической поверхностью 243с. Криволинейная поверхность 241с имеет кривизну R1с. Криволинейная поверхность 242с имеет кривизну R2с, отличающуюся от криволинейной поверхности R1с. Обратные элементы кривизны R1с и R2с, т.е. радиусы кривизны криволинейных нижних поверхностей 241с и 242с предпочтительно не меньше 1 мм.

Криволинейная нижняя поверхность 241с плавно соединена с конической направляющей поверхностью 22а муфты. Криволинейная нижняя поверхность 242с плавно соединена с конической поверхностью 23а уплотнительной поверхности 23 муфты. Некоторую часть или всю криволинейную нижнюю поверхность 242с можно интерпретировать, как криволинейную поверхность в составе буферной поверхности 24С и, одновременно, как криволинейную поверхность в составе уплотнительной поверхности

23 муфты. Коническая поверхность 243с расположена между криволинейными нижними поверхностями 241с и 242с.

Полезный эффект.

В резьбовом соединении 1 настоящего варианта осуществления углы конусности конической поверхности 113а уплотнительной поверхности 113 ниппеля и конической поверхности 23а уплотнительной поверхности 23 муфты больше углов конусности конической направляющей поверхности 112а ниппеля и конической направляющей поверхности 22а муфты. Кроме того, резьбовое соединение 1 сконструировано удовлетворяющим выражениям (1) и (2), приведенным выше. С данной конструкцией в процессе скрепления коническая направляющая поверхность 112а ниппеля и коническая направляющая поверхность 22а муфты начинают скользить впритык друг другу, так что оси трубы ниппеля 10 и муфты 20 совмещаются перед тем, как уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 23 муфты начинают скользить впритык друг другу. Это должно предотвращать эксцентричный контакт между уплотнительной поверхностью 113 ниппеля и уплотнительной поверхностью 23 муфты во время скрепления. Данное должно предотвращать истирание на уплотнительных поверхностях 113 и 23 ниппеля и муфты во время скрепления.

В обычном резьбовом соединении расстояние, вдоль которого уплотнительные поверхности ниппеля и муфты скользят впритык друг другу, составляет около $\delta s \cdot \pi D_s / 2 P \tan \theta$, где P шаг резьб, θ угол наклона уплотнения (=угол конусности/2), и D_s представительный диаметр уплотнения. В отличие от этого, в резьбовом соединении 1 настоящего варианта осуществления расстояние, вдоль которого уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 23 муфты скользят впритык друг другу, уменьшено до $(\delta s - \delta g) \cdot \pi D_s / 2 P \tan \theta$, поскольку введены коническая направляющая поверхность 112а ниппеля и коническая направляющая поверхность 22а муфты. Т.е. в резьбовом соединении 1 расстояние, вдоль которого уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 23 муфты скользят впритык друг другу во время скрепления, уменьшена на величину натяга δg конической направляющей.

Например, если величина натяга δg конической направляющей составляет половину величины уплотнительного натяга δs , расстояние вдоль которого уплотнительная поверхность 113 ниппеля и уплотнительная поверхность 23 муфты скользят впритык друг другу во время скрепления становится примерно вполуполовину меньше, при этом уменьшается риск истирания. С другой стороны, по завершении скрепления просвет, составляющий $(\delta s - \delta g) / 2$ вводится между конической направляющей поверхностью 112а ниппеля и конической направляющей поверхностью 22а муфты. Данное, должно давать давление на поверхности сцепления на уплотнении, аналогичное резьбовому соединению, включающему в себя обычный носик, при этом обеспечиваются высокие показатели уплотнения.

В настоящем варианте осуществления присутствует буферная поверхность 24 на граничном участке между конической направляющей поверхностью 22а муфты и уплотнительной поверхностью 23 муфты, так что уплотнительная поверхность 23 муфты отделена от конической направляющей поверхности 22а муфты. Таким образом, даже если коническая направляющую поверхность 22а муфты повреждена или деформирована во время скрепления, предотвращено достижение повреждением или деформацией уплотнительной поверхности 23 муфты. Данное должно предотвращать износ уплотнительной поверхности 23 муфты уплотнительной поверхности 113 ниппеля, при этом предотвращается истирание.

Таким образом, резьбовое соединение 1 настоящего варианта осуществления должно предотвращать истирание на уплотнительной поверхности 113 ниппеля и уплотнительной поверхности 23 муфты во время скрепления, обеспечивая высокие показатели уплотнения по завершении скрепления.

В резьбовом соединении 1 настоящего варианта осуществления поверхность 111 заплечика ниппеля содержит основной заплечик 111а ниппеля и вспомогательный заплечик 111b ниппеля. Поверхность 21 заплечика муфты содержит основную поверхность 21а заплечика муфты и вспомогательную поверхность 21b заплечика муфты. Основная поверхность 111а заплечика ниппеля и основная поверхность 21а заплечика муфты соприкасаются друг с другом по завершении скрепления, ограничивая ввинчивание ниппеля 10 в муфту 20. С другой стороны, не требуется соприкосновения вспомогательной поверхности 111b заплечика ниппеля и вспомогательной поверхности 21b заплечика муфты всегда, когда соединение скреплено. Вспомогательная поверхность 111b заплечика ниппеля и вспомогательная поверхность 21b заплечика муфты расположены пересекающимися радиальными направлениями резьбового соединения 1, и таким образом могут контактировать друг с другом когда приложена высокая сжимающая нагрузка на резьбовое соединение 1 или приложен чрезмерный затягивающий крутящий момент, обуславливающий перемещение упорного выступа 11 ниппеля наружу в радиальном направлении. Данное, должно предотвращать деформирование упорного выступа 11 ниппеля наружу в радиальном направлении.

Второй вариант осуществления.

На фиг. 9 схематично показано продольное сечение резьбового соединения 1С для стальных труб второго варианта осуществления. Резьбовое соединение 1С, показанное на фиг. 9, является резьбовым соединением интегрального типа, но может являться резьбовым соединением муфтового типа.

В резьбовом соединении 1С ниппель 1°С и муфта 2°С содержат поверхность 14 заплечика ниппеля

и поверхность 27 заплечика муфты, соответственно. Поверхность 14 заплечика ниппеля расположена на конце ниппеля 10, смежном с телом стальной трубы. На муфте 20 обеспечена поверхность 27 заплечика муфты, соответствующая поверхности 14 заплечика ниппеля. Поверхности 14 и 27 заплечика ниппеля и муфты являются тороидальными поверхностями, пересекающимися направлением оси трубы резьбового соединения 1С. Поверхности 14 и 27 заплечика ниппеля и муфты соприкасаются друг с другом когда соединение скреплено для образования узла заплечиков.

Третий вариант осуществления.

На фиг. 10 схематично показано продольное сечение резьбового соединения 1D для стальных труб третьего варианта осуществления. Резьбовое соединение 1D, показанное на фиг. 10, является резьбовым соединением интегрального типа, но может являться резьбовым соединением муфтового типа.

Ниппель 10D резьбового соединения 1D содержит внутреннюю охватываемую резьбу 12a и наружную охватываемую резьбу 12b, каждую состоящую из конической резьбы. Т.е. ниппель 10D содержит двухступенчатую резьбовую систему.

Ниппель 10D дополнительно содержит поверхность 15 заплечика ниппеля. Поверхность 15 заплечика ниппеля расположена в середине ниппеля 10D, как определено в направлении оси трубы. Поверхность 15 заплечика ниппеля расположена между внутренней охватываемой резьбой 12a и наружной охватываемой резьбой 12b. Поверхность 15 заплечика ниппеля является тороидальной поверхностью, пересекающей направление оси трубы резьбового соединения 1D.

Муфта 20D резьбового соединения 1D содержит внутреннюю охватывающую резьбу 25a и наружную охватывающую резьбу 25b, соответствующие внутренней охватываемой резьбе 12a и наружной охватываемой резьбе 12b. Внутренняя и наружная охватывающие резьбы 25a и 25b представляют собой конические резьбы, которые сцепляются с внутренней и наружной охватываемыми резьбами 12a и 12b, соответственно.

Муфта 20D содержит поверхность 28 заплечика муфты, соответствующую поверхности 15 заплечика ниппеля. Поверхность 28 заплечика муфты расположена между внутренней и наружной охватывающими резьбами 25a и 25b. Поверхность 28 заплечика муфты является тороидальной поверхностью, пересекающей направление оси трубы резьбового соединения 1D. Поверхности 15 и 28 заплечика ниппеля и муфты соприкасаются друг с другом когда соединение скреплено, образуя узел заплечиков.

Четвертый вариант осуществления.

На фиг. 11 схематично показано продольное сечение резьбового соединения 1E для стальных труб четвертого варианта осуществления. Резьбовое соединение 1E, показанное на фиг. 11, является резьбовым соединением интегрального типа, но может являться резьбовым соединением муфтового типа.

Ниппель 10E резьбового соединения 1E содержит уплотнительную поверхность 16 ниппеля вместо поверхности 15 заплечика ниппеля третьего варианта осуществления.

Уплотнительная поверхность 16 ниппеля обеспечена на наружной периферии ниппеля 10E и расположена в середине ниппеля 10E, как определено в направлении оси трубы. Уплотнительная поверхность 16 ниппеля расположена между внутренней и наружной охватываемыми резьбами 12a и 12b.

Муфта 20E резьбового соединения 1E содержит уплотнительную поверхность 29 муфты, соответствующую уплотнительной поверхности 16 ниппеля. Уплотнительная поверхность 29 муфты обеспечена на внутренней периферии муфты 20E и расположена между внутренней и наружной охватывающими резьбами 25a и 25b. Уплотнительные поверхности 16 и 29 ниппеля и муфты соприкасаются друг с другом когда соединение скреплено, образуя уплотнение.

Хотя описаны варианты осуществления, настоящее изобретение не ограничено описанными выше вариантами осуществления, и различные модификации возможны без выхода за рамки формулы изобретения.

Примеры

Для подтверждения полезного эффекта резьбового соединения для стальных труб настоящего изобретения проведен анализ цифрового моделирования с применением методом конечных упругопластических элементов. Более конкретно, применяли анализ методом конечных осесимметричных упругопластических элементов, чтобы показать насколько может быть уменьшен риск истирания на уплотнительных поверхностях посредством обеспечения скольжения конических направляющих поверхностей впристык друг другу во время скрепления, и в какой степени буферная поверхность может предотвращать вредное воздействие повреждения или деформации конических направляющих поверхностей на уплотнительные поверхности.

Условия анализа.

Применяли модели резьбового соединения муфтового типа, имеющие базовую конструкцию, показанную на фиг. 1 и 3 для проведения анализа методом упругопластических конечных элементов отличающейся геометрии и размеров внутреннего конца, как определено в направлении оси трубы, показанные в табл. 1.

Таблица 1

№	Dp1 (мм)	Dp2 (мм)	Lp1 (мм)	Lp2 (мм)	Db1 (мм)	Db2 (мм)	Lb1 (мм)	Lb2 (мм)	буферная поверхность R (мм)	буферная поверхность длина (мм)	примечания
0	328,990	329,886	3,76	6,60	328,447	29,92	4,20	9,50	комплекс R	1,1	сравн. прим.
1	329,778	330,995	4,50	8,787	328,447	29,92	4,20	9,50	R0.3	0,03	сравн. прим.
2	329,778	330,995	4,50	8,78	328,47	29,92	4,20	9,50	R5	0,05	сравн. прим.
3	329,778	330,995	4,50	8,78	328,447	29,92	4,20	9,50	R10	1,00	прим. изобр.
4	329,778	330,995	4,50	8,78	328,447	29,92	4,20	9,50	комплекс R	1,10	прим. изобр.
5	329,778	330,995	4,50	8,78	328,447	29,92	4,20	9,50	R20	2,00	прим. изобр.

В резьбовых соединениях с номерами 1-5, размеры Dp1, Dp2, Lp1 и Lp2 для ниппеля и размеры Db1, Db2, Lb1 и Lb2 для муфты были одинаковыми, а геометрия и размеры буферной поверхности были отличающимися. В табл. 1 указан радиус R кривизны буферной поверхности, а комплекс R указывает сложную геометрию с двумя Rs касательной окружности, плавно соединяющейся с конической поверхностью уплотнительной поверхности муфты и касательной окружности, плавно соединяющейся с конической направляющей поверхностью муфты.

Резьбовые соединения с номерами 1-5 каждое удовлетворяют выражениям (1) и (2). Поэтому в резьбовых соединениях с номерами 1-5 во время скрепления конические направляющие поверхности начинают скользить впритык друг другу до начала скольжения уплотнительных поверхностей впритык друг другу. В резьбовых соединениях с номерами 3-5 длина буферной поверхности, измеренная в направлении оси трубы, была не меньше 0,75 мм, а в резьбовых соединениях с номерами 1 и 2, длина буферной поверхности, измеренная в направлении оси трубы была меньше 0,75 мм. Т.е. резьбовые соединения с номерами 3-5 являются примерами изобретения в рамках настоящего изобретения, а резьбовые соединения с номерами 1 и 2 являются сравнительными примерами за рамками настоящего изобретения.

Резьбовое соединение с номером 0 имело величину Db2 больше Dp2 и таким образом не удовлетворяло выражению (1). Таким образом, резьбовое соединение с номером 0 является сравнительным примером за рамками настоящего изобретения.

Общими условиями для резьбовых соединений с номерами 0-5 являются следующие:

размеры стальной трубы: 346,08 мм номинальный наружный диаметр и 15,88 мм номинальная толщина стенки;

материал: сталь L80 по стандартам API (с модулем упругости 210 кН/мм², коэффициентом Пуассона 0,3, напряжением текучести около 552 Н/мм² и модулем упрочнения 2000 Н/мм²); и

конусность уплотнения, найденная, когда соединение не скреплено: 50% (угол θ наклона конической поверхности каждой уплотнительной поверхности=около 14°).

Способ анализа.

Был проведен анализ, где процесс затягивания моделировали, начиная с временной точки, в которой конические направляющие поверхности начинают контактировать, и заканчивая в заданной позиции завершения затягивания (1,5/100 оборотов от взаимодействия запечиков), и был проведен анализ, где разрушающее давление (нагрузка наружного давления) по стандарту 5C3 API прикладывали к резьбовому соединению после затягивания до заданного положения завершения затягивания. Считали, что нагрузка наружного давления передается через зазор спиральной формы на резьбах до положения непосредственно перед уплотнением.

Оценка.

В описанных выше анализах оценивали полную величину контактной силы, действующей между уплотнительными поверхностями в процессе скрепления, и пиковую величину контактного давления уплотнения, найденную, когда было приложено разрушающее давление (нагрузка наружного давления) по стандартам API после скрепления. Полная величина контактной силы, действующей между уплотнительными поверхностями в процессе скрепления, имеет, по существу, одинаковое значение с энергией преодоления трения, затраченной, когда уплотнительные поверхности контактировали и скользили впритык друг другу. Результаты анализов показаны в табл. 2. В табл. 2 пиковые величины контактного давления уплотнения представлены увеличениями относительно напряжения текучести материала (552 Н/мм²).

Таблица 2

№	полная величина контактной силы уплотнительных поверхностей во время скрепления (МН.мм)	пиковая величина контактного давления уплотнения во время приложения нагрузки наружного давления по стандартам API	примечания
0	34,6	1,49	сравн. прим.
1	23,1	2,88	сравн. прим.
2	23,3	2,30	сравн. прим.
3	23,5	1,98	прим. изобр.
4	23,7	1,49	прим. изобр.
5	24,0	1,65	прим. изобр.

В резьбовых соединениях с номерами 1-5, которые удовлетворяли обоим выражениям, (1) и (2), конические направляющие поверхности скользили впритык друг другу во время скрепления; в резьбовом соединении с номером 0, которое не удовлетворяло выражению (1), конические направляющие поверхности, по существу, не контактировали друг с другом во время скрепления. Поэтому полная величина контактной силы, действующей между уплотнительными поверхностями в каждом из резьбовых соединений с номерами 1-5, была значительно меньше полной величины контактной силы, действующей между уплотнительными поверхностями в резьбовом соединении с номером 0. Это указывает, что, если сконструировать резьбовое соединение, которое удовлетворяет выражениям (1) и (2), риск истирания на уплотнительных поверхностях должен быть очень низким.

Когда повреждение или деформация конической направляющей поверхности муфты отрицательно влияет на уплотнительную поверхность, контактное давление на месте возникновения повреждения, или деформации становятся аномально высокими, что обуславливает пластическую деформацию уплотнительной поверхности ниппеля и образование выемки, при которых небольшое смещение уплотнительной поверхности может легко вызвать протечку. В резьбовых соединениях с номерами 1 и 2, в которых длина буферной поверхности, измеренная в направлении оси трубы, была меньше 0,75 мм, пиковая величина контактного давления уплотнения была очень большой. В резьбовых соединениях с номерами 1 и 2, каждая уплотнительная поверхность, получившая выемку вследствие пикового контактного давления, вдвое превышающего напряжение текучести материала или большего, была значительно деформирована. С другой стороны, в резьбовых соединениях с номерами 3-5, в которых длина буферной поверхности, измеренная в направлении оси трубы, была не меньше 0,75 мм, пиковое контактное давление было меньше удвоенного напряжения текучести материала, это означает, что риск деформации уплотнительных поверхностей является небольшим.

Описанные выше результаты анализа ясно показывают, что резьбовое соединение по настоящему изобретению уменьшает риск истирания на уплотнительных поверхностях и отрицательно не влияет на показатели уплотнения, в особенности на сопротивление наружному давлению.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение (1А-Е) для стальных труб, содержащее:
 трубчатый ниппель (10), обеспеченный на конце тела стальной трубы; и
 трубчатую муфту (20), причем ниппель (10) вставлен в муфту (20) так, что муфта (20) и ниппель (10) скрепляются,
 причем ниппель (10) содержит:
 упорный выступ (11) ниппеля, образующий участок вершины ниппеля (10); и
 охватываемую резьбу (12), обеспеченную на наружной периферии ниппеля (10) и расположенную ближе к телу стальной трубы, чем упорный выступ (11) ниппеля, при этом охватываемая резьба (12) является конической резьбой,
 причем упорный выступ (11) ниппеля содержит:
 первую поверхность (111) заплечика ниппеля, обеспеченную на вершине ниппеля (10);
 носик (112), расположенный ближе к охватываемой резьбе (12), чем первая поверхность (111) заплечика ниппеля, причем носик (112) содержит коническую направляющую поверхность (112а) ниппеля на своей наружной периферии, при этом коническая направляющая поверхность (112а) ниппеля имеет диаметр, уменьшающийся в направлении к вершине ниппеля (10); и
 первую уплотнительную поверхность (113) ниппеля, обеспеченную на наружной периферии упорного выступа (11) ниппеля и расположенную ближе к охватываемой резьбе (12), чем носик (112), причем

первая уплотнительная поверхность (113) ниппеля содержит коническую поверхность с диаметром, уменьшающимся к вершине ниппеля (10),

при этом муфта (20) содержит:

первую поверхность (21) заплечика муфты, расположенную на внутреннем конце муфты (20) и соответствующую первой поверхности (111) заплечика ниппеля, причем первая поверхность (21) заплечика муфты контактирует с первой поверхностью заплечика (111) ниппеля, когда соединение (1А-Е) скреплено;

участок (22) приема носика, обеспеченный соответствующим носику (112), причем участок (22) приема носика содержит коническую направляющую поверхность (22а) муфты на своей внутренней периферии, при этом коническая направляющая поверхность (22а) муфты имеет диаметр, уменьшающийся к внутреннему концу муфты (20);

первую уплотнительную поверхность (23) муфты, обеспеченную на внутренней периферии муфты (20) и соответствующую первой уплотнительной поверхности (113) ниппеля, причем первая уплотнительная поверхность (23) муфты содержит коническую поверхность с диаметром, уменьшающимся к внутреннему концу муфты (20), при этом первая уплотнительная поверхность (23) муфты контактирует с первой уплотнительной поверхностью (113) ниппеля, когда соединение (1А-Е) скреплено;

буферную поверхность (24), обеспеченную на внутренней периферии муфты (20) и расположенную между конической направляющей поверхностью (22а) муфты и конической поверхностью первой уплотнительной поверхности (23) муфты; и

охватывающую резьбу (25), обеспеченную на внутренней периферии муфты (20), соответствующую охватываемой резьбе (12), причем охватывающая резьба (25) является конической резьбой,

при этом каждая из конической направляющей поверхности (112а) ниппеля и конической направляющей поверхности (22а) муфты имеет первый угол конусности,

каждая из конических поверхностей первой уплотнительной поверхности (113) ниппеля и первой уплотнительной поверхности (23) муфты имеет второй угол конусности, причем второй угол конусности больше первого угла конусности,

когда соединение (1А-Е) не скреплено, удовлетворяются следующие выражения (1) и (2):

$$Dp2 > Db2 > Dp1 \quad (1), \text{ и}$$

$$Lb2 > Lp2 \quad (2),$$

где $Dp1$ - диаметр конца конической направляющей поверхности (112а) ниппеля, которая ближе к вершине ниппеля (10);

$Dp2$ - диаметр линии (X_p) пересечения поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности (112а) ниппеля, и поверхности, проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности (113) ниппеля;

$Lp2$ - длина, измеренная в направлении оси трубы резьбового соединения, которая начинается от вершины ниппеля (10) и заканчивается линией пересечения (X_p) поверхности, проходящей от конической направляющей поверхности (112а) ниппеля, и поверхности, проходящей от конической поверхности (112а) первой уплотнительной поверхности ниппеля;

$Db2$ - диаметр линии (X_b) пересечения поверхности (V1), проходящей от конической направляющей поверхности (22а) муфты, и поверхности (V2), проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности (23) муфты; и

$Lb2$ - длина, измеренная в направлении оси трубы, которая начинается от внутреннего конца муфты (20) и заканчивается линией (X_b) пересечения поверхности (V1), проходящей от конической направляющей поверхности (22а) муфты, и поверхности (V2), проходящей от конической поверхности первой уплотнительной поверхности (23) муфты, и

буферная поверхность (24) имеет длину 0,75 мм или больше, измеренную в направлении оси трубы, и расположена снаружи от воображаемой поверхности (V), как определено вдоль радиального направления резьбового соединения (1А), причем воображаемая поверхность образована поверхностью (V1), проходящей от конической направляющей поверхности (22а) муфты, и поверхностью (V2), проходящей от первой уплотнительной поверхности (23) муфты.

2. Резьбовое соединение (1А-Е) для стальных труб по п.1, в котором первая поверхность (111) заплечика ниппеля содержит: основную поверхность (111а) заплечика ниппеля; и вспомогательную поверхность (111б) заплечика ниппеля, расположенную смежно с наружной периферией основной поверхности (111а) заплечика ниппеля,

причем первая поверхность (21) заплечика муфты содержит: основную поверхность (21а) заплечика муфты, обеспеченную соответствующей основной поверхности (111а) заплечика ниппеля, причем основная поверхность (21) заплечика муфты контактирует с основной поверхностью (111а) заплечика ниппеля, когда соединение (1А-Е) скреплено; и

вспомогательную поверхность (21б) заплечика муфты,

обеспеченную соответствующей вспомогательной поверхности (111б) заплечика ниппеля, причем вспомогательная поверхность (21б) заплечика муфты выполнена с возможностью контакта с вспомогательной поверхностью (111б) заплечика ниппеля, когда соединение (1А-Е) скреплено.

3. Резьбовое соединение (1В-Е) для стальных труб по п.1 или 2, в котором ниппель (10) дополнительно содержит: вторую уплотнительную поверхность (13) ниппеля, обеспеченную на наружной периферии ниппеля (10) и расположенную, как определено в направлении оси трубы, в его середине или на его конце смежно с телом стальной трубы,

причем муфта (20) дополнительно содержит: вторую уплотнительную поверхность (26) муфты, обеспеченную на внутренней периферии муфты (20) и соответствующую второй уплотнительной поверхности (13) ниппеля, причем вторая уплотнительная поверхность (26) муфты контактирует со второй уплотнительной поверхностью (13) ниппеля, когда соединение (1В-Е) скреплено.

4. Резьбовое соединение (1В-С) для стальных труб по любому из пп.1-3, в котором ниппель (10) дополнительно содержит: вторую поверхность (14) заплечика ниппеля, расположенную, как определено в направлении оси трубы, в его середине или на его конце смежно с телом стальной трубы, причем вторая поверхность (14) заплечика ниппеля пересекает направление оси трубы,

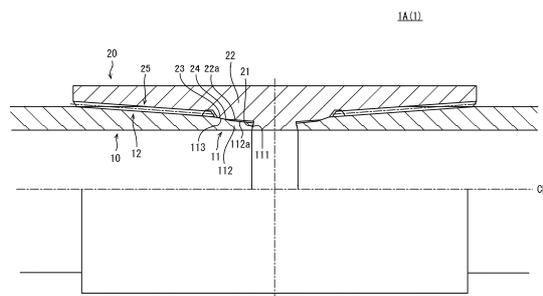
муфта (20) дополнительно содержит: вторую поверхность (27) заплечика муфты, расположенную и соответствующую второй поверхности (14) заплечика ниппеля, причем вторая поверхность (27) заплечика муфты контактирует со второй поверхностью (14) заплечика ниппеля, когда соединение (1В-С) скреплено.

5. Резьбовое соединение (1А-Е) для стальных труб по любому из пп.1-4, в котором по меньшей мере одна из первой уплотнительной поверхности (113) ниппеля и первой уплотнительной поверхности (23) муфты дополнительно содержит криволинейную поверхность, обеспеченную примыкающей к конической поверхности, причем криволинейная поверхность имеет одно или более искривлений.

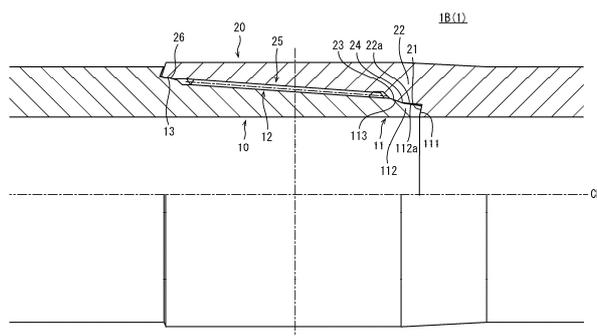
6. Резьбовое соединение (1А-Е) для стальных труб по любому из пп.1-5, в котором буферная поверхность (24) содержит криволинейную поверхность, обеспеченную примыкающей к конической направляющей поверхности (22а) муфты, и первую уплотнительную поверхность (23) муфты, причем криволинейная поверхность имеет одно или более искривлений.

7. Резьбовое соединение (1А-Е) для стальных труб по любому из пп.1-6, в котором буферная поверхность (24) имеет длину 2 мм или меньше, измеренную в направлении оси трубы.

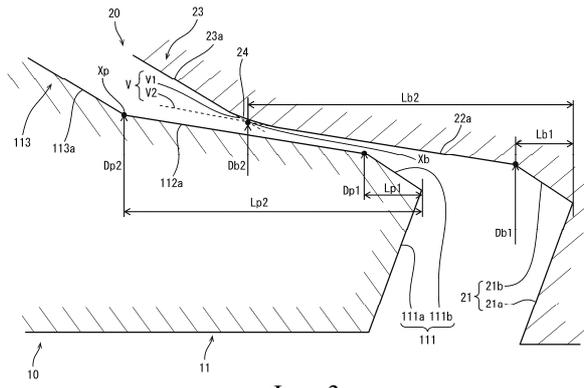
8. Резьбовое соединение (1А-Е) для стальных труб по любому из пп.1-7, в котором величина уплотнительного натяга δs между первой уплотнительной поверхностью (113) ниппеля и первой уплотнительной поверхностью (23) муфты больше, чем величина натяга δg конической направляющей между конической направляющей поверхностью (112а) ниппеля и конической направляющей поверхностью (22а) муфты, причем величина натяга δg конической направляющей, по существу, равна $Dp2$ минус $Db2$, величина уплотнительного натяга δs , по существу, равна расстоянию между диаметром первой уплотнительной поверхности (113) ниппеля и диаметром первой уплотнительной поверхности (23) муфты, как измерено на одинаковом расстоянии от соответствующих позиций, измеренных в направлении оси трубы когда соединение (1А-Е) не скреплено, и соответствующие позиции представлены вершиной ниппеля (10) и внутренним концом муфты (20).



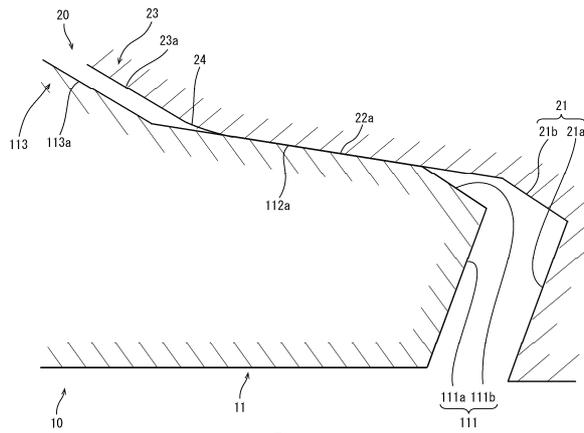
Фиг. 1



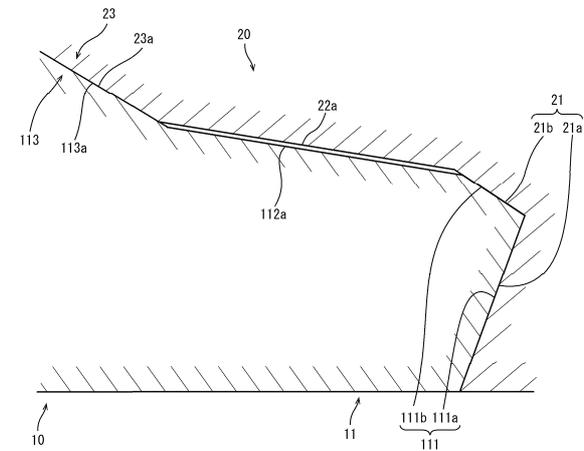
Фиг. 2



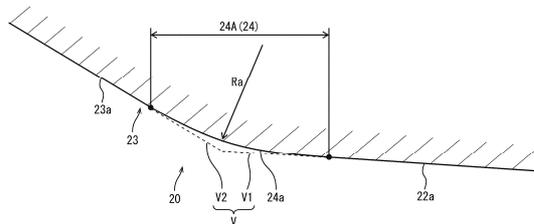
Фиг. 3



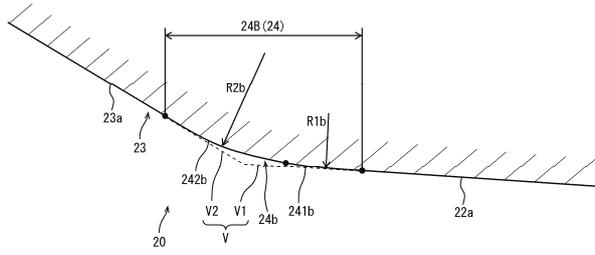
Фиг. 4



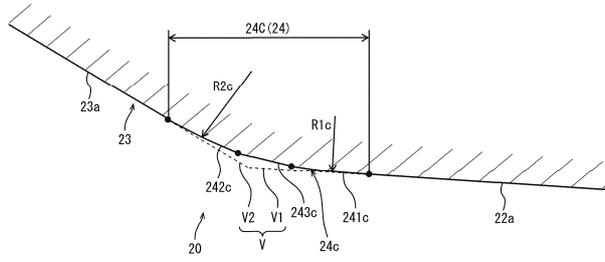
Фиг. 5



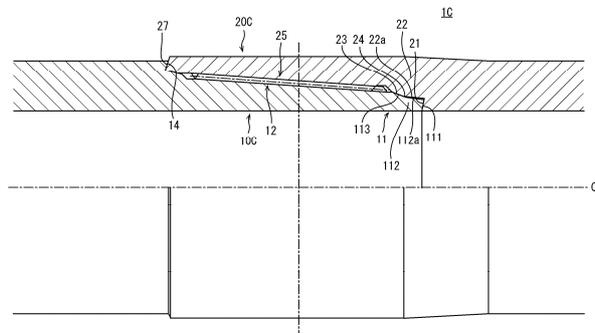
Фиг. 6



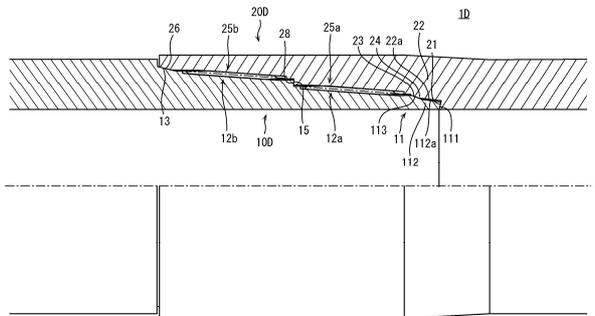
Фиг. 7



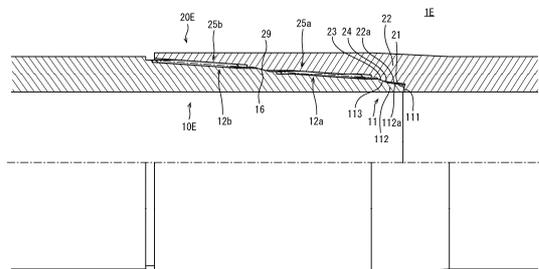
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11

