

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036397**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.11.05**

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

(21) Номер заявки  
**201990122**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.09.15**

---

(54) **РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ**

---

(31) **2016-181175**

(32) **2016.09.16**

(33) **JP**

(43) **2019.08.30**

(86) **PCT/JP2017/033565**

(87) **WO 2018/052141 2018.03.22**

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

(56) **US-A1-20020027363  
WO-A1-2015083382  
JP-A-2008527256  
JP-A-60069388  
JP-A-08184392  
JP-A-48099717  
JP-A-58160687  
WO-A1-2014199619  
JP-A-2002524712**

(72) Изобретатель:  
**Маруга Сатоси, Ивамото Митихико  
(JP)**

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

---

(57) Задачей изобретения является создание резьбового соединения, имеющего широкий диапазон крутящего момента, при котором достигается заданная характеристика. Резьбовое соединение согласно настоящему изобретению включает в себя ниппель (1), включающий клинообразную наружную резьбу (11), имеющую участок (11А) с изменяющейся шириной резьбы, и муфту (3), включающую клинообразную внутреннюю резьбу (31), имеющую участок (11А) с изменяющейся шириной резьбы. Резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда обе, закладные стороны (111) и опорные стороны (112) наружной резьбы (11) ниппеля (1) контактируют с муфтой (3), заплечик (12) на ниппеле (1) не находится в контакте с заплечиком (22) на ниппеле (2), а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик (12) на ниппеле (1) способен контактировать с заплечиком (22) на ниппеле (2) до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб (11) и (31)).

---

**036397**  
**B1**

**036397**  
**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению.

#### Предпосылки к созданию изобретения

В нефтяной скважине, скважине природного газа и т.д. (далее также совместно называемых как "нефтяная скважина"), труба нефтяной скважины, такая как обсадная труба или труба, которая используется, представляет собой ряд стальных труб, соединенных друг с другом посредством резьбовых соединений.

В последние годы, особенно в сланцевых скважинах, добыча путем горизонтальной проходки стала широко распространенной для повышения эффективности производства. Резьбовое соединение для труб нефтяной скважины, используемых в таких применениях, должно иметь высокий крутящий момент. Для увеличения характеристики крутящего момента резьбового соединения, патент США № 6206436 и Японии № 2013-507596, например, каждый раскрывает клинообразную резьбу с шириной резьбы, которая постепенно изменяется по всей длине резьбы (например, в ниппеле ширина резьбы постепенно уменьшается к кончику, а муфта имеет обратную конструкцию). Дополнительно публикация WO 2015/083382 A1 описывает подобную технологию, где форма резьбы является трапецевидной.

#### Сущность изобретения

Как правило, резьбовое соединение предназначено для обеспечения требуемых характеристик (герметичность будет обсуждаться в качестве примера в следующем описании), когда крутящий момент находится в заданном диапазоне. То есть если применяется крутящий момент, превышающий соответствующий диапазон, это может ухудшить герметичность.

Ввиду этого, например, резьбовое соединение, требующее высокого крутящего момента, как в патентном документе 1, предназначено для обеспечения соответствующей герметичности при свинчивании с высоким крутящим моментом. Если такое резьбовое соединение свинчено с низким крутящим моментом, оно не будет иметь соответствующей герметичности. Дополнительно в случае трапецевидальной формы резьбы, такой как форма в публикации WO 2015/083382 A1, когда соединение свинчено с высоким крутящим моментом, силы прикладываются к наружной и внутренней резьбе в таких направлениях, что они отделяются друг от друга, и, таким образом, они могут быть легко отсоединены.

Варианты осуществления обеспечивают резьбовые соединения с широким диапазоном крутящего момента, при котором достигается заданная характеристика.

Согласно варианту осуществления резьбовое соединение представляет собой резьбовое соединение для соединения труб и включает в себя ниппель, включающий клинообразную наружную резьбу, имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы, и муфту, включающую клинообразную внутреннюю резьбу, имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы. Наружная резьба входит в зацепление с внутренней резьбой. Резьбовое соединение выполнено таким образом, что заплечик, предусмотренный на ниппеле, не находится в контакте с заплечиком, предусмотренным на другом элементе, когда закладная сторона и опорная сторона наружной резьбы контактирует с закладной стороной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик, предусмотренный на ниппеле, способен контактировать с заплечиком, предусмотренным на другом элементе, до пластической деформации резьб.

Резьбовые соединения согласно вариантам осуществления расширяют диапазон крутящего момента, при котором достигается заданная характеристика. Это обеспечит более широкий диапазон применений резьбовых соединений.

#### Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения стальной трубы согласно первому варианту осуществления;

фиг. 2 - виды продольного сечения наружной и внутренней резьб, показанных на фиг. 1;

фиг. 2A - увеличенный вид продольного сечения участка с постоянной шириной резьбы, показанного на фиг. 2;

фиг. 2B - увеличенный вид продольного сечения участка с изменяющейся шириной резьбы, показанного на фиг. 2;

фиг. 2C - увеличенный вид продольного сечения заплечиков и окружающих участков, показанных на фиг. 2, во время замкнутого примыкания;

фиг. 2D - увеличенный вид продольного сечения заплечиков и окружающих участков, показанных на фиг. 2, с вращением в направлении свинчивания, начиная с замкнутого примыкания;

фиг. 3 - график, показывающий шаг стабилизации и шаг нагружения ниппеля и муфты;

фиг. 4 - диаграмму крутящего момента для резьбового соединения, показанного на фиг. 1, во время свинчивания;

фиг. 5 - продольного сечения участков кончика ниппелей резьбового соединения, показывающие поведение ниппелей, деформируемых при продолжении свинчивания;

фиг. 6A - график зависимости между крутящим моментом и числом витков, без контакта заплечика;

фиг. 6B - график зависимости между крутящим моментом и числом витков с контактом заплечика;

фиг. 6C - график времени механической обработки для наружной резьбы в зависимости от того,



моментом посадки резьбы и с промежуточными заплечиками, находящимися в контакте друг с другом;

фиг. 31 - вид продольного сечения резьбового соединения согласно первой вариации шестого варианта осуществления;

фиг. 32 - вид продольного сечения резьбового соединения согласно второй вариации шестого варианта осуществления;

фиг. 33 - вид продольного сечения резьбового соединения согласно третьей вариации шестого варианта осуществления;

фиг. 34 - вид продольного сечения трапецидальной резьбы;

фиг. 35А - вид продольного сечения участка с изменяющейся шириной резьбы резьбового соединения на основе конструкции, показанной на фиг. 1, в которой используется трапецидальная резьба;

фиг. 35В - вид продольного сечения участка с резьбой с постоянной шириной резьбы на основе конструкции, показанной на фиг. 1, в которой используется трапецидальная резьба.

### **Варианты осуществления изобретения**

#### **Устройство 1.**

Согласно варианту осуществления резьбовое соединение представляет собой резьбовое соединение для соединения труб и включает в себя ниппель, включающий клинообразную наружную резьбу, имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы, и муфту, включающую клинообразную внутреннюю резьбу, имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы. Наружная резьба входит в зацепление с внутренней резьбой. Резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда закладная сторона и опорная сторона наружной резьбы контактируют с закладной стороной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы, заплечик, предусмотренный на ниппеле, не находится в контакте с заплечиком, предусмотренным на другом элементе, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик, предусмотренный на ниппеле, способен контактировать с заплечиком, предусмотренным на другом элементе, до пластической деформации резьб.

В устройстве 1, когда обе, закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, крутящий момент увеличивается от уровня крутящего момента замкнутого примыкания до уровня крутящего момента касания заплечиков, когда закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы сталкиваются с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, даже когда заплечик, предусмотренный на ниппеле, не находится в контакте с заплечиком, предусмотренным на другом элементе, и при последующем вращении в направлении свинчивания крутящий момент дополнительно увеличивается выше уровня крутящего момента касания заплечиков до пластической деформации резьбы, когда заплечик, предусмотренный на ниппеле, контактирует с заплечиком, предусмотренным на другом элементе. Дополнительно, когда закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, достаточная уплотняющая характеристика резьб обеспечивается. Дополнительно, поскольку наружная и внутренняя резьбы имеют клинообразную форму, наружная резьба ниппеля менее вероятно будет отсоединяться от внутренней резьбы муфты, и, таким образом, крутящий момент может легко увеличиваться.

Таким образом, в резьбовом соединении согласно варианту осуществления диапазон крутящего момента, который обеспечивает заданную характеристику, может быть расширен.

#### **Устройство 2.**

Начиная с устройства 1, в участке с изменяющейся шириной резьбы закладная сторона, вершина и опорная сторона наружной резьбы контактируют с закладной стороной, впадиной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы для обеспечения герметичности в резьбовом соединении.

В устройстве 2 достаточная уплотняющая характеристика может быть обеспечена в резьбах.

#### **Устройство 3.**

Начиная с устройства 1 или 2, резьбовое соединение скрепляет пару труб с использованием соединения. Ниппель предусмотрен на конце трубы каждой пары труб и включает в себя заплечик на его кончике. Муфта предусмотрена на каждом конце соединения. Резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда закладные стороны и опорные стороны наружных резьб ниппелей пары труб контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренних резьб муфты, заплечики ниппелей пары труб не находятся в контакте друг с другом, и при последующем вращении в направлении свинчивания заплечики ниппелей пары труб способны контактировать друг с другом до пластической деформации резьб.

В устройстве 3, когда закладные стороны и опорные стороны наружных резьб ниппелей, предусмотренных на концах трубы пары труб, контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренних резьб муфты, закладные стороны и опорные стороны наружных резьб сталкиваются с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренних резьб, так что крутящий момент увеличивается от уровня крутящего момента замкнутого примыкания до уровня крутящего момента касания заплечиков. Затем с дальнейшим вращением в направлении свинчивания, когда заплечики ниппелей пары труб контактируют друг с другом до пластической деформации резьб, крутящий момент дополнительно увеличивается выше уровня крутящего момента касания заплечиков.

Таким образом, в резьбовом соединении муфтового типа диапазон крутящего момента, который обеспечивает заданную характеристику, может быть расширен.

Устройство 4.

В варианте 3 один из ниппелей пары труб дополнительно включает в себя охватывающую уплотнительную поверхность ниппеля, предусмотренную на внутренней периферии его кончика. Другой ниппель дополнительно включает охватываемую уплотнительную поверхность ниппеля, предусмотренную на внешней периферии его кончика. Охватывающая уплотнительная поверхность ниппеля герметично контактирует с охватываемой уплотнительной поверхностью ниппеля.

В устройстве 4 уплотнение посредством хорошо пригнанной адгезии охватываемой уплотнительной поверхности ниппеля к охватывающей уплотнительной поверхности ниппеля обеспечивает более высокую герметичность, чем резьбовое соединение без такой уплотнительной поверхности, в частности, от внутреннего давления.

Устройство 5.

Начиная с устройства 1 или 2, на кончике ниппеля предусмотрен заплечик. Заплечик предусмотрен на муфте, чтобы соответствовать заплечику ниппеля. Резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда закладная сторона и опорная сторона наружной резьбы контактируют с закладной стороной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы, заплечик ниппеля не находится в контакте с заплечиком муфты, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик ниппеля способен контактировать с заплечиком муфты до пластической деформации резьб.

В устройстве 5, когда закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы ниппеля контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы сталкиваются с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, так что крутящий момент увеличивается от уровня крутящего момента замкнутого примыкания до уровня крутящего момента касания заплечиков. С дополнительным вращением в направлении свинчивания, когда заплечик ниппеля контактирует с заплечиком муфты до пластической деформации резьб, крутящий момент дополнительно увеличивается выше уровня крутящего момента касания заплечиков.

Таким образом, в резьбовом соединении интегрального типа диапазон крутящего момента, который обеспечивает заданную характеристику, может быть расширен.

Устройство 6.

Начиная с устройства 1 или 2, ниппель включает в себя множество ступеней наружной резьбы и промежуточный заплечик, предусмотренный между множеством ступеней наружной резьбы. Муфта включает в себя множество ступеней внутренней резьбы и промежуточный заплечик, предусмотренный между множеством ступеней внутренней резьбы, чтобы соответствовать промежуточному заплечику ниппеля. Резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда закладная сторона и опорная сторона наружной резьбы ниппеля, предусмотренного на конце трубы одной из пары труб, контактируют с закладной стороной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы, промежуточные заплечики ниппеля и муфты не находятся в контакте друг с другом, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточные заплечики ниппеля и муфты способны контактировать друг с другом до пластической деформации резьб.

В устройстве 6, когда закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы ниппеля, предусмотренного на конце трубы одной трубы, контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы сталкиваются с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, так что крутящий момент увеличивается от уровня крутящего момента замкнутого примыкания до уровня крутящего момента касания заплечиков, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания крутящий момент дополнительно увеличивается выше уровня крутящего момента касания заплечиков, когда промежуточные заплечики ниппеля и муфты контактируют друг с другом до пластической деформации резьб.

Таким образом, в резьбовом соединении с множеством ступеней резьбы диапазон крутящего момента, который обеспечивает заданную характеристику, может быть расширен.

Устройство 7.

Начиная с устройства 1 или 2, заплечик предусмотрен на кончике муфты, и заплечик предусмотрен на ниппеле, чтобы соответствовать заплечику муфты. Резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда закладная сторона и опорная сторона наружной резьбы контактируют с закладной стороной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы, заплечики муфты и ниппеля не находятся в контакте друг с другом, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечики муфты и ниппеля способны контактировать друг с другом до пластической деформации резьб.

В устройстве 7, когда закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы сталкиваются с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, так что крутящий момент увеличивается от уровня крутящего момента

замкнутого примыкания до уровня крутящего момента касания заплечиков, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания, когда заплечики муфты и ниппеля контактируют друг с другом до пластической деформации резьб, заплечики сталкиваются друг с другом так, что крутящий момент дополнительно увеличивается выше уровня касания заплечиков.

Таким образом, в резьбовом соединении, в котором заплечик ниппеля может контактировать с заплечиком, предусмотренным на кончике муфты, диапазон крутящего момента, который обеспечивает заданную характеристику, может быть расширен.

Устройство 8.

Исходя из одного из устройств с 1 по 7 ниппель включает в себя уплотнительную поверхность ниппеля, расположенную ближе к концу трубы и/или телу трубы, чем наружная резьба, как определено вдоль направления оси трубы, а муфта включает в себя уплотнительную поверхность муфты, чтобы соответствовать уплотнительной поверхности ниппеля. Уплотнительная поверхность ниппеля герметично контактирует с уплотнительной поверхностью муфты.

В устройстве 8 уплотнительная поверхность ниппеля и уплотнительная поверхность муфты контактируют друг с другом, когда ниппель ввинчивается внутрь, и после того как замкнутое примыкание достигнуто, происходит хорошо пригнанная адгезия с образованием уплотнения через контакт металл-металл.

Таким образом, в резьбовом соединении уплотнение посредством хорошо пригнутой адгезии между уплотнительной поверхностью ниппеля и уплотнительной поверхностью муфты обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение без уплотнительной поверхности.

Устройство 9.

В одном из устройств с 1 по 8 каждая из наружной резьбы и внутренней резьбы дополнительно включает в себя участок с постоянной шириной резьбы.

На фиг. 9 время цикла для изготовления резьб может быть уменьшено.

Дополнительно область, где закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы, является меньше, чем у обычного резьбового соединения, которое включает только участок с изменяющейся шириной резьбы, тем самым, потенциально улучшая уплотняющую характеристику за счет увеличения давления на поверхность замка резьбы.

Варианты осуществления будут подробно описаны со ссылкой на чертежи. Одинаковые или соответствующие участки на чертежах обозначены одинаковыми ссылочными символами, и одно и то же описание не будет повторяться.

Первый вариант осуществления.

Фиг. 1 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно первому варианту осуществления. Фиг. 1 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 1, относительно оси CL трубы, находится ниже оси CL трубы.

Резьбовое соединение 10 согласно первому варианту осуществления включает в себя ниппели 1 и 2 и муфты 3 и 4.

Резьбовое соединение 10 представляет собой резьбовое соединение муфтового типа.

Ниппели 1 и 2 предусмотрены на концах труб пары труб 6 и 7, которые соединены друг с другом.

Муфты 3 и 4 предусмотрены на концах, как определено вдоль направления CL оси трубы, соединения 5, соединяющего трубы 6 и 7.

Ниппель 1 включает в себя, начиная с кончика трубы 6 вперед, заплечик 12 и наружную резьбу 11. Заплечик 12 расположен на кончике ниппеля 1. Наружная резьба 11 расположена между заплечиком 12 и основанием 13 ниппеля 1 и является конусообразной. Например, конусность составляет 1/16. Наружная резьба 11 включает скошенные поверхности 11с.

Ниппель 2 включает в себя, начиная с кончика трубы 7 вперед, заплечик 22 и наружную резьбу 21. Заплечик 22 расположен на кончике ниппеля 2. Наружная резьба 21 расположена между заплечиком 22 и основанием 23 ниппеля 2 и является конусообразной. Например, конусность составляет 1/16. Наружная резьба 21 включает скошенные поверхности 21с.

Муфта 3 включает в себя внутреннюю резьбу 31. Муфта 4 включает в себя внутреннюю резьбу 41. Внутренняя резьба 31 является конусообразной от кончика муфты 3 внутрь. Внутренняя резьба 41 является конусообразной от кончика муфты 4 внутрь.

Внутренняя резьба 31 включает скошенные поверхности 31с, соответствующие скошенным поверхностям 11с наружной резьбы 11. Внутренняя резьба 41 включает скошенные поверхности 41с, соответствующие скошенным поверхностям 21с наружной резьбы 21.

Наружная резьба 11 ниппеля 1 и внутренняя резьба 31 муфты 3 ввинчиваются друг в друга и, таким образом, свинчиваются, и наружная резьба 21 ниппеля 2, и внутренняя резьба 41 муфты 4 ввинчиваются друг в друга и таким образом свинчиваются.

Во время "замкнутого примыкания", обсуждаемого дополнительно ниже, кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) не находится в контакте с кончиком ниппеля 2 (т.е. с заплечиком 22). Когда из этого состоя-

ния дополнительное вращение прикладывается в направлении свинчивания, кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) контактирует с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22) до пластической деформации резьб (т.е. наружной резьбы 11 и внутренней резьбы 31) (см. правую часть фиг. 2, обсуждаемую дополнительно ниже).

Кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) и кончик ниппеля 2 (т.е. заплечик 22) предпочтительно имеют форму, перпендикулярную направлению CL оси трубы.

Используемый здесь термин "крутящий момент касания заплечиков" означает крутящий момент в момент, когда кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) контактирует с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22) и кончик (т.е. заплечик 12) начинает сталкиваться с кончиком (т.е. заплечиком 22).

Фиг. 2 показывает увеличенные виды продольного сечения наружной и внутренней резьб 11 и 31, показанных на фиг. 1. На фиг. 2 наружная и внутренняя резьбы 11 и 31 включают в себя участок 11А с изменяющейся шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы. Участок 11А с изменяющейся шириной резьбы расположен прилегающим к заплечику 12 ниппеля 1. Участок 11В с постоянной шириной резьбы расположен прилегающим к основанию 13 ниппеля 1. Длина участка 11А с изменяющейся шириной резьбы, измеренная в направлении CL оси трубы, равна длине участка 11В с постоянной шириной резьбы, измеренной в направлении CL оси трубы. Альтернативно, длина участка 11А с изменяющейся шириной резьбы, измеренная в направлении CL оси трубы, может отличаться от длины участка 11В с постоянной шириной резьбы, измеренной в направлении CL оси трубы.

Участок 11В с постоянной шириной резьбы может начинаться, например, с пятого витка, отсчитываемого от кончика ниппеля 1.

В наружной резьбе 11 участок 11В с постоянной шириной резьбы представляет собой область с постоянной шириной канавки резьбы. Участок 11А с изменяющейся шириной резьбы представляет собой область, имеющую ширину канавки резьбы, равную ширине канавки резьбы участка 11В с постоянной шириной резьбы или больше, и постепенно увеличивающуюся от участка 11В с постоянной шириной резьбы к кончику ниппеля 1. С другой стороны, во внутренней резьбе 31 участок 11В с постоянной шириной резьбы представляет собой область с постоянной шириной резьбы. Участок 11А с изменяющейся шириной резьбы представляет собой область с шириной резьбы, которая равна ширине резьбы участка 11В с шириной резьбы или больше, и постепенно увеличивающуюся от участка 11В с постоянной шириной резьбы до центра муфты 4 (т.е. участку, соответствующему кончику ниппеля 1). То есть в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы шаг  $d_s$  стабилизации для закладных сторон 111 отличается от шага  $d_L$  нагружения для опорных сторон 112. С другой стороны, в участке 11В с постоянной шириной резьбы, шаг  $d_s$  стабилизации для закладных сторон 111 равен шагу  $d_L$  нагружения для опорных сторон 112. Шаг  $d_s$  стабилизации и шаг  $d_L$  нагружения будут описаны подробно дополнительно ниже.

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы закладная сторона 111 и опорная сторона 112 наружной резьбы 11 обращены к закладной стороне 311 и опорной стороне 312, соответственно, внутренней резьбы 31, а вершина 113 резьбы наружной резьбы 11 обращена к впадине 313 резьбы внутренней резьбы 31.

Во время замкнутого примыкания закладная сторона 111 и опорная сторона 112 наружной резьбы 11 находятся в контакте с закладной стороной 311 и опорной стороной 312, соответственно, внутренней резьбы 31, а вершина 113 резьбы наружной резьбы 11 находится в контакте с впадиной 313 резьбы внутренней резьбы 31. Таким образом, во время замкнутого примыкания наружная резьба 11 участка 11А с изменяющейся шириной резьбы находится в контакте с внутренней резьбой 31 без зазора относительно внутренней резьбы 31. Эта конструкция обеспечивает достаточную уплотняющую характеристику в резьбах.

В участке 11В с постоянной шириной резьбы закладная сторона 111 и опорная сторона 112 наружной резьбы 11 обращены к закладной стороне 311 и опорной стороне 312, соответственно, внутренней резьбы 31, а вершина 113 резьбы наружной резьбы 11 обращена к впадине 313 резьбы внутренней резьбы 31.

Во время замкнутого примыкания закладная сторона 111 наружной резьбы 11 имеет зазор 20 относительно закладной стороны 311 внутренней резьбы 31, опорная сторона 112 наружной резьбы 11 находится в контакте с опорной стороной 312 внутренней резьбы 31, а вершина 113 резьбы наружной резьбы 11 находится в контакте с впадиной 311 резьбы внутренней резьбы 31. Таким образом, во время замкнутого примыкания наружная резьба 11 в участке 11В с постоянной шириной резьбы имеет зазор 20 относительно внутренней резьбы 31 на закладных сторонах 111.

В этой конструкции область резьбового соединения 10, в которой закладные стороны 111 и опорные стороны 112 находятся в контакте с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно (также называемая "областью замыкания резьбы"), является меньше, чем в обычном резьбовом соединении, имеющем только участок с изменяющейся шириной резьбы. Таким образом, поверхностное давление на область замыкания резьбы больше, чем у резьбового соединения, имеющего только участок с изменяющейся шириной резьбы. Это может потенциально улучшить уплотняющую характеристику в резьбах.

Дополнительно, поскольку резьбовое соединение 10 включает в себя участок 11А с изменяющейся

шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы, время цикла во время изготовления может быть короче, чем для резьбового соединения, имеющего только участок с изменяющейся шириной резьбы. Дополнительно, поскольку предусмотрен участок 11А с изменяющейся шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы, разница между минимальной шириной резьбы и максимальной шириной резьбы в каждой наружной резьбе и внутренней резьбе меньше, чем в резьбовом соединении только с участком с изменяющейся шириной резьбы. Это предотвращает возникновение разрушения при сдвиге в основании резьбы, имеющей наименьшую ширину резьбы в каждой из наружной и внутренней резьб.

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы и участке 11В с постоянной шириной резьбы угол наклона закладных сторон 111 и угол наклона опорных сторон 112 являются отрицательными углами, т.е. обеспечивают клиновидные резьбы. Угол наклона представляет собой угол между плоскостью, перпендикулярной направлению CL оси трубы, и поверхностью закладной стороны 111 (или поверхностью опорной стороны 112). В связи с углом наклона закладной стороны 111 направление против часовой стрелки является положительным направлением, а в связи с углом наклона опорных сторон 112 направление по часовой стрелке является положительным направлением. Например, отрицательный угол может составлять от  $-1$  до  $-10^\circ$ . Угол наклона закладных сторон 111 может быть равен или отличаться от угла наклона опорных сторон 112.

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы и участке 11В с постоянной шириной резьбы каждая из вершины 113 резьбы наружной резьбы 11 и впадины 313 резьбы внутренней резьбы 31 имеет форму поверхности, соответствующую периферии цилиндра, имеющего центральную ось, выровненную с осью CL трубы. Альтернативно, вершина 113 резьбы наружной резьбы 11 и впадина 313 резьбы внутренней резьбы 31 может иметь форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, имеющего центральную ось, выровненную с осью CL трубы.

Наружная резьба 11 включает скошенные поверхности 11с. Скошенные поверхности 11с представляют собой наклонную поверхность, соединяющую закладную сторону 111 и впадину наружной резьбы 11. Внутренняя резьба 31 предпочтительно включает скошенные поверхности 31с, соответствующие скошенным поверхностям 11с наружной резьбы 11.

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы во время замкнутого примыкания скошенная поверхность 11с наружной резьбы 11 находится в контакте со скошенной поверхностью 31с внутренней резьбы 31. С другой стороны, в участке 11В с постоянной шириной резьбы во время замкнутого примыкания скошенная поверхность 11с наружной резьбы 11 не находится в контакте со скошенной поверхностью 31с внутренней резьбы 31.

Обеспечение скошенных поверхностей облегчает вставку ниппеля и улучшает герметичность в резьбах. Угол скошенных поверхностей 11с, соответственно, находится в диапазоне от  $30$  до  $60^\circ$  относительно впадины наружной резьбы 11.

Наружная резьба 21 ниппеля 2 и внутренняя резьба 41 муфты 4 имеют такую же конструкцию, как наружная резьба 11 ниппеля 1 и внутренняя резьба 31 муфты 3 соответственно.

Фиг. 3 представляет собой график, показывающий шаг стабилизации и шаг нагружения ниппеля и муфты. На графике, показанном на фиг. 3, вертикальная ось представляет величину шага, тогда как горизонтальная ось представляет количество числа витков, отсчитываемых от кончика ниппеля или центра муфты.

Шаг стабилизации ниппеля представляет собой расстояние между смежными закладными сторонами 111 наружной резьбы 11, измеренное в направлении CL оси трубы, как показано на фиг. 2А и 2В. Шаг нагружения ниппеля представляет собой расстояние между смежными опорными сторонами 112 наружной резьбы 11, измеренное в направлении CL оси трубы, как показано на фиг. 2А и 2В. Шаг стабилизации муфты представляет собой расстояние между смежными закладными сторонами 311 внутренней резьбы 31, измеренное в направлении CL оси трубы. Шаг нагружения муфты представляет собой расстояние между смежными опорными сторонами 312 внутренней резьбы 31, измеренное в направлении CL оси трубы.

Как показано на фиг. 3, в участке кончика ниппеля 1, т.е. участке 11А с изменяющейся шириной резьбы (фиг. 2В) наружной резьбы 11, шаг нагружения больше чем шаг стабилизации. Аналогично, в центральном участке муфты, т.е. участке с изменяющейся шириной резьбы (т.е. участке, соответствующем участку 11А с изменяющейся шириной резьбы наружной резьбы 11) внутренней резьбы 31, шаг нагружения больше, чем шаг стабилизации.

В участке основания ниппеля 1, т.е. участке 11В (фиг. 2А) с постоянной шириной резьбы наружной резьбы 11, шаг стабилизации равен шагу нагружения. Аналогично, в концевом участке муфты 3, т.е. участке с постоянной шириной резьбы (т.е. участке, соответствующем участку 11В с постоянной шириной резьбы наружной резьбы 11) внутренней резьбы 31, шаг стабилизации равен шагу нагружения.

Шаги нагружения ниппеля и муфты являются постоянными по всей длине резьбы. С другой стороны, шаги стабилизации как ниппеля, так и муфты меняются. То есть в каждом ниппеле и муфте шаг стабилизации увеличивается на переходе от участка с изменяющейся шириной резьбы к участку с постоянной шириной резьбы.

Как будет очевидно из фиг. 3, положение перехода в ниппеле от участка с изменяющейся шириной резьбы до участка с постоянной шириной резьбы не совсем совпадает с положением перехода в муфте от участка с изменяющейся шириной резьбы до участка с постоянной шириной резьбы. Это связано с тем, что ввинчивание ниппеля в муфту было бы затруднительным, если бы эти положения в ниппеле и муфте были точно одинаковыми.

Фиг. 4 представляет собой диаграмму крутящего момента для резьбового соединения 10, показанного на фиг. 1 во время свинчивания. На фиг. 4 вертикальная ось представляет крутящий момент, тогда как горизонтальная ось представляет собой виток (т.е. число витков).

Со ссылкой на фиг. 4 диаграмма крутящего момента для резьбового соединения 10 во время свинчивания будет описана предполагая, что наружная резьба 21 ниппеля 2 ввинчивается во внутреннюю резьбу 41 муфты 4 и кончик ниппеля 2 (т.е. заплечик 22) расположен в центре соединения 5, как определено вдоль направления CL оси трубы.

По мере того как происходит стягивание (т.е. свинчивание) труб, сначала наружная резьба 11 ниппеля 1 и внутренняя резьба 31 муфты 3 контактируют друг с другом, и крутящий момент постепенно увеличивается вдоль прямой линии k1. После этого, когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 1 закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312 внутренней резьбы 31 муфты 3, крутящий момент достигает уровня T<sub>Lf</sub> крутящего момента замкнутого примыкания.

Как используется здесь, замкнутое примыкание означает время, при котором закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312 внутренней резьбы 31 муфты 3.

Поскольку стягивание (т.е. свинчивание) труб дополнительно продолжается от замкнутого примыкания, наружная резьба 11 сталкивается с внутренней резьбой 31, и крутящий момент быстро увеличивается вдоль прямой линии k2.

В это время в резьбовом соединении, в котором кончик ниппеля не контактирует с кончиком другого ниппеля, резьбы начинают пластическую деформацию, когда крутящий момент достигает уровня T<sub>u</sub> крутящего момента для пластической деформации резьбы (далее также называемой как "уровень крутящего момента пластической деформации").

С другой стороны, в резьбовом соединении 10, прежде чем крутящий момент достигнет уровня T<sub>u</sub> крутящего момента пластической деформации, кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) контактирует с кончиком ниппеля 2 (заплечиком 22), и кончик (т.е. заплечик 12), и кончик (заплечик 22) начинают сталкиваться друг с другом (т.е. крутящий момент достигает уровня T<sub>sh</sub> крутящего момента касания заплечиков). После этого, по мере того как происходит стягивание (свинчивание) труб, крутящий момент дополнительно быстро возрастает вдоль кривой k3.

В резьбовом соединении 10 в области REG1 от уровня T<sub>Lf</sub> крутящего момента замкнутого примыкания до уровня T<sub>sh</sub> крутящего момента касания заплечиков, крутящий момент увеличивается, когда наружная резьба 11 ниппеля 1 сталкивается с внутренней резьбой 31 муфты 3 в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы, а в области REG2 выше уровня T<sub>sh</sub> крутящего момента касания заплечиков крутящий момент увеличивается, когда кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) сталкивается с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22) до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Таким образом, резьбовое соединение 10 достигает высоких характеристик крутящих моментов, когда кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) контактирует с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22) до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31), и кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) сталкивается с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22).

Как обсуждалось выше, кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) и кончик ниппеля 2 (т.е. заплечик 22) имеют форму, перпендикулярную направлению CL оси трубы, так что кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) должным образом сталкивается с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22), тем самым, достигая высоких характеристик крутящего момента.

Крутящий момент в области REG1 будет далее также обозначаться как "крутящий момент столкновения резьбы", а крутящий момент в области REG2 "крутящим моментом столкновения заплечика".

Фиг. 5 показывает виды продольного сечения участков кончика ниппелей 1 и 2 резьбового соединения 10, показывающие поведение ниппелей 1 и 2, деформируемых при продолжении свинчивания. Как показано на нижней части фиг. 5, когда крутящий момент находится в области REG1, показанной на фиг. 4В, кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) резьбового соединения 10 не находится в контакте с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22). Крутящий момент генерируется, когда наружная резьба 11 ниппеля 1 сталкивается с внутренней резьбой 31 муфты 3. В этот момент кончики ниппелей 1 и 2 сжимаются вниз из-за взаимодействия резьбы (см. верхнюю часть фиг. 5).

Поскольку стягивание дополнительно продолжается, и ниппель 1 контактирует с ниппелем 2, т.е. когда крутящий момент находится в области REG2, показанной на фиг. 4, крутящий момент генерируется, когда наружная резьба 11 ниппеля 1 сталкивается с внутренней резьбой 31 муфты 3 и, кроме того, кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) сталкивается с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22). В этот мо-

мент взаимодействие между заплечиками 12 и 22 генерирует силу реакции против сжатия вниз из-за взаимодействия резьбы (см. среднюю часть фиг. 5).

По мере дальнейшего продолжения стягивания заплечик 12 ниппеля 1 и заплечик 22 ниппеля 2 пластически деформируются из-за сжатия заплечика (см. нижнюю часть фиг. 5). Для некоторых конструкций резьбового соединения резьбы могут пластически деформироваться до пластической деформации заплечиков 12 и 22.

Как можно видеть из фиг. 6А и 6В, для обеспечения высокого крутящего момента предпочтительно иметь конструкцию, в которой кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) контактирует с кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22) после того, как крутящий момент, возникающий из-за взаимодействия между наружной и внутренней резьбами, становится настолько большими, насколько это возможно. Например, если резьбовое соединение используется в трубе нефтяной скважины с наружным диаметром 5-1/2 дюйма, расстояние  $d$  между кончиком ниппеля 1 (т.е. заплечиком 12) и кончиком ниппеля 2 (т.е. заплечиком 22), обнаруженное при достижении уровня  $T_{Lf}$  крутящего момента замкнутого примыкания, предпочтительно находится в диапазоне от 1,15 до 1,55 мм.

Изобретательский пример 1.

Стальные трубы использовались для экспериментального изготовления резьбовых соединений с конструкцией, показанной на фиг. 1, т.е. когда кончики ниппелей не находятся в контакте друг с другом во время замкнутого примыкания, а при дополнительном вращении кончики ниппелей контактируют друг с другом до пластической деформации резьб (далее называемое как "с контактом ниппеля"), и была измерена взаимосвязь между крутящим моментом и числом витков во время свинчивания. Для сравнения было экспериментально установлено резьбовое соединение, где кончик ниппеля несколько короче, и кончики ниппелей не находятся в контакте до пластической деформации резьб (в дальнейшем называемое как "без контакта ниппеля"), и аналогичное измерение было проведено. Результаты показаны на фиг. 6А и 6В.

Фиг. 6А и 6В показывают графики зависимости между крутящим моментом и числом витков, один с контактом заплечика, а другой без контакта заплечика. На каждой из фиг. 6А и 6В вертикальная ось представляет крутящий момент, а горизонтальная ось представляет количество витков.

Фиг. 6А показывает зависимость между крутящим моментом и числом витков в соединении без контакта ниппеля сравнительного примера 1. Фиг. 6В показывает зависимость между крутящим моментом и числом витков в соединении с контактом ниппеля изобретательского примера 1.

Без контакта ниппеля крутящий момент в резьбовом соединении быстро увеличивался, когда число витков становилось выше определенного значения. Когда число витков еще больше увеличилось, скорость увеличения крутящего момента уменьшилась (см. фиг. 6А).

С другой стороны, с контактом ниппеля, аналогичным фиг. 6А, крутящий момент в резьбовом соединении быстро увеличивался, когда число витков становилось выше определенного значения, и когда число витков еще больше увеличивалось, скорость увеличения крутящего момента уменьшилась. Уровень крутящего момента, при котором скорость увеличения крутящего момента начала уменьшаться, была вдвое больше, чем без контакта ниппеля или больше (см. фиг. 6В).

Изобретательский пример 2.

Механическая обработка выполнялась для изготовления наружной резьбы 11 резьбового соединения, показанного на фиг. 1, и измерялось время механической обработки. В резьбовом соединении согласно изобретательскому примеру 2 участок 11А с изменяющейся шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы были изготовлены для представления наружной резьбы 11. Участок 11А с изменяющейся шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы имели одинаковую длину, измеренную в направлении оси трубы. То есть половина наружной резьбы 11 была участком 11В с постоянной шириной резьбы. В результате, в наружной резьбе 11 максимальная ширина канавки резьбы была в два раза больше минимальной ширины канавки резьбы.

Механическая обработка для изготовления наружной резьбы 11 выполнялась с использованием режущего инструмента с размером, соответствующим минимальной ширине канавки резьбы. Как обсуждалось выше, в наружной резьбе 11 максимальная ширина канавки резьбы была в два раза больше минимальной ширины канавки резьбы. Следовательно, когда количество режущих проходов в направлении оси трубы для канавки резьбы, имеющей минимальную ширину канавки резьбы, представляется как 1, число режущих проходов в направлении оси трубы для канавки резьбы, имеющей максимальную ширину канавки резьбы (т.е. максимальное количество режущих проходов), составляло 2. Общее число режущих проходов в направлении оси трубы составляло 14.

Для сравнения выполнялась механическая обработка для изготовления наружной резьбы, отличной от описанной выше, и измерялось время обработки. В резьбовом соединении из сравнительного примера 2 только участок с изменяющейся шириной резьбы был изготовлен для представления наружной резьбы, и не был предусмотрен участок с постоянной шириной резьбы. Длина наружной резьбы из сравнительного примера 2, измеренная в направлении оси трубы, была, по существу, равна длине, измеренной в направлении оси трубы наружной резьбы 11 согласно изобретательскому примеру 2. Ширина канавки резьбы наружной резьбы из сравнительного примера 2 изменялась, по существу, с тем же показателем,

что и ширина канавки резьбы участка 11А с изменяющейся шириной резьбы согласно изобретательскому примеру 2. В результате в наружной резьбе максимальная ширина канавки резьбы была в четыре раза больше минимальной ширины канавки резьбы.

Механическая обработка для изготовления наружной резьбы выполнялась с использованием режущего инструмента с размером, соответствующим минимальной ширине канавки резьбы. В наружной резьбе максимальная ширина канавки резьбы была в четыре раза больше минимальной ширины канавки резьбы и, таким образом, максимальное количество режущих проходов было 4. Общее число режущих проходов в направлении оси трубы составляло 28.

Оценка.

Фиг. 6С показывает график времени механической обработки для каждого из резьбовых соединений согласно изобретательскому примеру 2 и сравнительному примеру 2. Максимальное количество режущих проходов и общее количество режущих проходов для наружной резьбы 11 согласно изобретательскому примеру 2 составляло половину максимального количества режущих проходов и общего количества режущих проходов для наружной резьбы по сравнительному примеру 2. Следовательно, как показано на фиг. 11, время механической обработки для наружной резьбы 11 согласно изобретательскому примеру 2 составляет примерно половину времени механической обработки для наружной резьбы по сравнительному примеру 2.

Таким образом, было подтверждено, что обеспечение участка 11В с постоянной шириной резьбы на наружной резьбе 11 уменьшает время механической обработки наружной резьбы по сравнению с наружной резьбой без участка с постоянной шириной резьбы. Такой же эффект ожидается от внутренней резьбы 31, имеющей конструкцию, соответствующую конструкции наружной резьбы 11.

Фиг. 7 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно первой вариации первого варианта осуществления. Фиг. 7 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 7, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 7 резьбовое соединение 10А согласно первой вариации первого варианта осуществления включает в себя ниппели 1А и 2А и муфты 3А и 4А.

Пара труб 6А и 7А должны быть соединены, и ниппель 1А предусмотрен на конце трубы одной трубы 6А. Ниппель 2А предусмотрен на конце трубы другой трубы 7А.

Муфта 3А предусмотрена на одном конце соединения 5А, которое соединяет трубы 6А и 7А, а муфта 4А предусмотрена на другом конце соединения 5А.

Ниппель 1А имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 15 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 1. Уплотнительная поверхность 15 расположена между наружной резьбой 11 и заплечиком 12. Уплотнительная поверхность 15 является конической. Более точно уплотнительная поверхность 15 имеет форму поверхности, соответствующей периферии усеченного конуса (т.е. прямой линии в продольном сечении, показанном на фиг. 7) или форму поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы (т.е. кривой на виде в продольном сечении), или их комбинации.

Ниппель 2А имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 25 к ниппелю 2. Уплотнительная поверхность 25 расположена между наружной резьбой 21 и заплечиком 22. Уплотнительная поверхность 25 является конической. Точнее, уплотнительная поверхность 25 имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации.

Муфта 3А имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 3 уплотнительной поверхности 32 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), соответствующей уплотнительной поверхности 15 ниппеля 1А. Уплотнительная поверхность 32 расположена внутри внутренней резьбы 31 относительно соединения 5А. Уплотнительная поверхность 32 является конической. Точнее, уплотнительная поверхность 32 имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации. Уплотнительная поверхность 32 муфты может иметь ту же форму, что и уплотнительная поверхность 15 ниппеля, или может иметь другую форму. Как обсуждалось выше, каждая из уплотнительной поверхности 15 ниппеля и уплотнительной поверхности 32 муфты может иметь три формы и, следовательно, существует девять возможных комбинаций.

Муфта 4А имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 4 уплотнительной поверхности 42 для соответствия уплотнительной поверхности 25 ниппеля 2А. Уплотнительная поверхность 42 расположена внутри внутренней резьбы 41 относительно соединения 5А. Уплотнительная поверхность 42 является конической. Точнее, уплотнительная поверхность 42 имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации. Уплотнительная поверхность 42 муфты может иметь ту же форму, что и уплотнительная поверхность 25 ниппеля, или может иметь другую форму. Как обсуждалось выше, каждая из уплотнительной поверхно-

сти 25 ниппеля и уплотнительной поверхности 42 муфты может иметь три формы и, следовательно, существует девять возможных комбинаций.

Когда ниппель 1А ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 15 и 32 контактируют друг с другом и после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу, образуя уплотнение через контакт металл-металл.

Когда ниппель 2А ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 25 и 42 контактируют друг с другом и после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 10А также выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1А контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3А, заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1А не находится в контакте с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2А, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1А способен контактировать с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2А до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Таким образом, резьбовое соединение 10А также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 10А обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 10, поскольку оно содержит ряд уплотнений. Дополнительно, учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 10.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 10А могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 10.

Фиг. 8 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно второй вариации первого варианта осуществления. Фиг. 8 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 8, относительно оси CL трубы, находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 8 резьбовое соединение 10В согласно второй вариации первого варианта осуществления включает в себя ниппели 1В и 2В и муфты 3В и 4В.

Пара труб 6В и 7В должны быть соединены, и ниппель 1В предусмотрен на конце трубы одной трубы 6В. Ниппель 2В предусмотрен на конце трубы другой трубы 7В.

Муфта 3В предусмотрена на одном конце соединения 5В, которое соединяет трубы 6В и 7В, а муфта 4В предусмотрена на другом конце соединения 5В.

Ниппель 1В имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 16 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 1. Уплотнительная поверхность 16 расположена между внутренней резьбой 11 и основанием 13. Уплотнительная поверхность 16 является конической. Точнее, уплотнительная поверхность 16 имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации.

Ниппель 2В имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 26 к ниппелю 2. Уплотнительная поверхность 26 расположена между внутренней резьбой 21 и основанием 23. Уплотнительная поверхность 26 является конической. Точнее, уплотнительная поверхность 26 имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации.

Муфта 3В имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 3 уплотнительной поверхности 33 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), соответствующей уплотнительной поверхности 16 ниппеля 1В. Уплотнительная поверхность 33 расположена ближе к соответствующему кончику муфты 3В, чем расположена внутренняя резьба 31. Уплотнительная поверхность 33 является конической. Точнее, уплотнительная поверхность 33 имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации. Уплотнительная поверхность 33 муфты может иметь ту же форму, что и уплотнительная поверхность 16 ниппеля, или может иметь другую форму. Как обсуждалось выше, каждая из уплотнительной поверхности 16 ниппеля и уплотнительной поверхности 33 муфты может принимать три формы и, таким образом, существует девять возможных комбинаций.

Муфта 4В имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 4 уплотнительной поверхности 43 для соответствия уплотнительной поверхности 26 ниппеля 2В. Уплотнительная поверхность 43 расположена ближе к соответствующему кончику муфты 4В, чем расположена внутренняя резьба 41. Уплотнительная поверхность 43 является конической. Точнее, уплотнительная поверхность 43 имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую

щую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации. Уплотнительная поверхность 43 муфты может иметь ту же форму, что и уплотнительная поверхность 26 ниппеля, или может иметь другую форму. Как обсуждалось выше, каждая из уплотнительной поверхности 26 ниппеля и уплотнительной поверхности 43 муфты может иметь три формы и, следовательно, существует девять возможных комбинаций.

Когда ниппель 1В ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 16 и 33 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Когда ниппель 2А ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 26 и 43 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 10В также выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1В контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3В, заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1В не находится в контакте с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2В, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1В способен контактировать с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2В до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Таким образом, резьбовое соединение 10В также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 10В обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 10, поскольку оно содержит ряд уплотнений. Дополнительно, учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 10.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 10В могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 10.

Фиг. 9 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно третьей вариации первого варианта осуществления. Фиг. 9 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 9, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 9 резьбовое соединение 10С согласно третьей вариации первого варианта осуществления включает в себя ниппели 1С и 2С и муфты 3С и 4С.

Пара труб 6С и 7С должны быть соединены, и ниппель 1С предусмотрен на конце трубы одной трубы 6С. Ниппель 2С предусмотрен на конце трубы другой трубы 7С.

Муфта 3С предусмотрена на одном конце соединения 5С, которое соединяет трубы 6С и 7С, а муфта 4С предусмотрена на другом конце соединения 5С.

Ниппель 1С имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительных поверхностей 15 и 16, обсуждаемых выше (т.е. уплотнительных поверхностей ниппеля), к ниппелю 1.

Ниппель 2С имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительных поверхностей 25 и 26, обсуждаемых выше, к ниппелю 2.

Муфта 3С имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительных поверхностей 32 и 33, обсуждаемых выше (т.е. уплотнительных поверхностей муфты), к муфте 3.

Муфта 4С имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительных поверхностей 42 и 43, обсуждаемых выше, к муфте 4.

Когда ниппель 1С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 15 и 32 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл. Когда ниппель 1С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 16 и 33 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Когда ниппель 2С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 25 и 42 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл. Когда ниппель 2С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 26 и 43 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 10С также выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1С контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3С, заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1С не находится в контакте с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2С, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1С способен контактировать с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2С до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Таким образом, резьбовое соединение 10С также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 10С обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 10, поскольку оно содержит два набора уплотнений. Учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 10.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 10С могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 10.

Фиг. 9А представляет собой вид продольного сечения кончиков ниппелей резьбового соединения согласно четвертой вариации первого варианта осуществления. Четвертая вариация в основном имеет такую же конструкцию, как первый вариант осуществления, за исключением того, что конструкция кончиков двух ниппелей отличается от конструкции первого варианта осуществления, показанного на фиг. 1. Фиг. 9А показывает резьбовое соединение аналогичное вышеуказанному до завершения свинчивания.

На фиг. 9А в резьбовом соединении 10D согласно четвертой вариации первого варианта осуществления один ниппель 1D включает в себя охватывающую уплотнительную поверхность 17D ниппеля, предусмотренную на внутренней периферии его кончика, и заплечик 12D, предусмотренный на кончике. Другой ниппель 2D включает в себя охватываемую уплотнительную поверхность 27D ниппеля, предусмотренную на периферии его кончика, и поверхность 22D заплечика, предусмотренную на кончике.

Более конкретно, ниппель 1D включает в себя выступ 19, продолжающийся в направлении оси трубы от заплечика 12D. Охватывающая уплотнительная поверхность 17D ниппеля предусмотрена на внутренней периферии выступа 19. Охватывающая уплотнительная поверхность 17D ниппеля является конической. Более точно, охватывающая уплотнительная поверхность 17D ниппеля имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации.

В ниппеле 2D охватываемая уплотнительная поверхность 27D ниппеля расположена между наружной резьбой 21 и заплечиком 22D. Охватываемая уплотнительная поверхность 27D ниппеля является конической. Более точно, охватываемая уплотнительная поверхность 27D ниппеля имеет форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, или форму поверхности, соответствующую периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы, или их комбинации. Как обсуждалось выше, каждая из охватывающей уплотнительной поверхности 17D ниппеля и охватываемой уплотнительной поверхности 27D ниппеля может иметь три формы и, следовательно, существует девять возможных комбинаций.

Когда ниппели 1D и 2D ввинчиваются, уплотнительные поверхности 17D и 27D контактируют друг с другом и после того, как каждый из ниппелей 1D и 2D достигает замкнутого примыкания, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 10D согласно четвертой вариации также выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1D контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3D, заплечик 12D ниппеля 1D не находится в контакте с заплечиком 22D ниппеля 2D, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 12D ниппеля 1D способен контактировать с заплечиком 22D ниппеля 2D до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Таким образом, резьбовое соединение 10D также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Угол  $\alpha$  заплечика, заплечика 22D может быть, например, в диапазоне от 0 до  $-20^\circ$ . Соответственно, угол  $\alpha$  заплечика, заплечика 22D может быть, например, в диапазоне от 0 до  $+20^\circ$ . Угол  $\alpha$  заплечика представляет собой угол между плоскостью, перпендикулярной направлению CL оси трубы, и поверхностью заплечика, образующую заплечик. Если перпендикулярная плоскость проходит через верхний край поверхности заплечика (т.е. конец внешней периферии ниппеля), угол заплечика является положительным, если нижний край поверхности заплечика (т.е. конец внутренней периферии ниппеля) расположен впереди в отношении ниппеля относительно перпендикулярной плоскости, и является отрицательным, если нижний край расположен сзади в отношении ниппеля (т.е. дальше в направлении, противоположном направлению к кончику ниппеля). Предпочтительно заплечик 22D образует слегка отрицательный угол. Заплечик 22D с отрицательным углом улучшает герметичность уплотнительной поверхности выше заплечика с прямым углом (т.е. углом заплечика, равным  $0^\circ$ ).

Второй вариант осуществления.

Фиг. 10 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно второму варианту осуществления.

Фиг. 10 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на

фиг. 10, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 10 резьбовое соединение 100 согласно второму варианту осуществления включает в себя ниппели 1 и 2 и муфты 3D и 4D.

Резьбовое соединение 100 представляет собой резьбовое соединение муфтового типа.

Ниппели 1 и 2 являются такими, как описаны выше.

Муфта 3D предусмотрена на одном конце соединения 5D, которое соединяет трубы 6 и 7, а муфта 4D предусмотрена на другом конце соединения 5D.

Муфта 3D имеет конструкцию, полученную добавлением заплечика 34 к муфте 3. Муфта 4D имеет конструкцию, полученную добавлением заплечика 44 к муфте 4.

Заплечик 34 расположен внутри внутренней резьбы 31 относительно соединения 5D. Заплечик 44 расположен внутри внутренней резьбы 41 относительно соединения 5D.

Заплечики 34 и 44 предпочтительно образованы, чтобы быть перпендикулярными направлению CL оси трубы.

Когда замкнутое примыкание достигнуто посредством ввинчивания ниппеля 1, кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) не находится в контакте с заплечиком 34 муфты 3D. Когда из этого состояния прикладывается дополнительное вращение в направлении свинчивания, кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) контактирует с заплечиком 34 муфты 3D до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

То есть кончик ниппеля 1 (т.е. заплечик 12) не находится в контакте с заплечиком 34 муфты 3D, когда крутящий момент находится в области REG1, показанной на фиг. 4, и находится в контакте с заплечиком 34 муфты 3D, когда крутящий момент находится в области REG2, показанной на фиг. 4.

Таким образом, резьбовое соединение 100 выполнено таким образом, что элемент, контактирующий с кончиком ниппеля 1 (т.е. заплечиком 12), когда крутящий момент находится в области REG2, показанной на фиг. 4, представляет собой заплечик 34 муфты 3D вместо кончика ниппеля 2 (т.е. заплечика 22) резьбового соединения 10.

Таким образом, резьбовое соединение 100 также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Когда замкнутое примыкание достигнуто посредством ввинчивания ниппеля 2, кончик ниппеля 2 (т.е. заплечик 22) не находится в контакте с заплечиком 44 муфты 4D; когда, начиная с замкнутого примыкания, прикладывается дополнительное вращение в направлении свинчивания, кончик ниппеля 2 (т.е. заплечик 22) контактирует с заплечиком 44 муфты 4D до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 21 и 41). Таким образом, ниппель 2 и муфта 4D образуют соединение с той же конструкцией, что и ниппель 1 и муфта 3D.

Фиг. 11 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно первой вариации второго варианта осуществления. Фиг. 11 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 11, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 11 резьбовое соединение 100A согласно первой вариации второго варианта осуществления включает в себя ниппели 1A и 2A и муфты 3E и 4E.

Ниппели 1A и 2A являются такими, как описаны в связи с фиг. 7.

Муфта 3E имеет конструкцию, полученную путем добавления уплотнительной поверхности 32 к муфте 3D, описанной в связи с фиг. 10. Уплотнительная поверхность 32 предусмотрена, чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 15 ниппеля 1A. Уплотнительная поверхность 32 расположена между внутренней резьбой 31 и заплечиком 34. В результате, муфта 3E состоит из внутренней резьбы 31, уплотнительной поверхности 32 и заплечика 34, расположенных в этом порядке, начиная с одного конца соединения 5E.

Муфта 4E имеет конструкцию, полученную путем добавления уплотнительной поверхности 42 к муфте 4D, описанной в связи с фиг. 10. Уплотнительная поверхность 42 предусмотрена, чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 25 ниппеля 2A. Уплотнительная поверхность 42 расположена между внутренней резьбой 41 и заплечиком 44. В результате, муфта 4E состоит из внутренней резьбы 41, уплотнительной поверхности 42 и заплечика 44, расположенных в этом порядке, начиная с одного конца соединения 5E.

Уплотнительные поверхности 32 и 42 имеют форму, как описано в связи с фиг. 7.

Когда ниппель 1A ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 15 и 32 контактируют друг с другом и после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Когда ниппель 2A ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 25 и 42 также контактируют друг с другом и после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Каждый заплечик предпочтительно образует слегка отрицательный угол (например, от  $-5$  до  $-20^\circ$ ). В вариантах реализации, где вблизи заплечика присутствует уплотнительная поверхность, герметичность уплотнительных поверхностей улучшается, если каждый заплечик образует отрицательный угол, а не

вертикальный.

Резьбовое соединение 100А также выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1А контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3Е, кончик ниппеля 1А (т.е. заплечик 12) не находится в контакте с заплечиком 34 муфты 3Е, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания, кончик ниппеля 1А (т.е. заплечик 12) способен контактировать с заплечиком 34 муфты 3Е до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Таким образом, резьбовое соединение 100А также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 100А обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 100, поскольку оно содержит ряд уплотнений. Дополнительно, учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 100.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 100А могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 100.

Когда замкнутое примыкание достигнуто посредством ввинчивания ниппеля 2А, кончик ниппеля 2А (т.е. заплечик 22) не находится в контакте с заплечиком 44 муфты 4Е; когда, начиная с замкнутого примыкания, прикладывается дополнительное вращение в направлении свинчивания, кончик ниппеля 2А (т.е. заплечик 22) контактирует с заплечиком 44 муфты 4Е до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 21 и 41). Таким образом, ниппель 2А и муфта 4Е образуют резьбовое соединение с той же конструкцией, что и резьбовое соединение 100А.

Фиг. 12 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно второй вариации второго варианта осуществления. Фиг. 12 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле, зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 12, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 12 резьбовое соединение 100В согласно второй вариации второго варианта осуществления включает в себя ниппели 1В и 2В и муфты 3F и 4F.

Ниппели 1В и 2В являются такими, как описаны в связи с фиг. 8.

Муфта 3F имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 3D, описанной в связи с фиг. 10, уплотнительной поверхности 33 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 16 ниппеля 1В. Уплотнительная поверхность 33 предусмотрена, чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 16 ниппеля 1В. Уплотнительная поверхность 33 расположена ближе к одному концу трубы соединения 5F, чем расположена внутренняя резьба 31. В результате, муфта 3F состоит из уплотнительной поверхности 33, внутренней резьбы 31 и заплечика 34, расположенных в этом порядке, начиная с одного конца трубы соединения 5F.

Муфта 4F имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 4D, описанной в связи с фиг. 10, уплотнительной поверхности 43 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 26 ниппеля 2В. Уплотнительная поверхность 43 предусмотрена, чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 26 ниппеля 2В. Уплотнительная поверхность 43 расположена ближе к другому концу трубы соединения 5F, чем расположена внутренняя резьба 41. В результате, муфта 4F состоит из уплотнительной поверхности 43, внутренней резьбы 41 и заплечика 44, расположенных в этом порядке, начиная с другого конца трубы соединения 5F.

Уплотнительные поверхности 33 и 43 имеют форму, как описано в связи с фиг. 8.

Когда ниппель 1В ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 16 и 33 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Когда ниппель 2В ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 26 и 43 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 100В также выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1В контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3F, кончик ниппеля 1В (т.е. заплечик 12) не находится в контакте с заплечиком 34 муфты 3F, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания кончик ниппеля 1В (т.е. заплечик 12) способен контактировать с заплечиком 34 муфты 3F до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Таким образом, резьбовое соединение 100В также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 100В обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 100, поскольку оно включает ряд уплотнений. Дополнительно, учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 100.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 100В могут

пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 100.

Когда замкнутое примыкание достигнуто посредством ввинчивания ниппеля 2В, кончик ниппеля 2В (т.е. заплечик 22) не находится в контакте с заплечиком 44 муфты 4F; когда, начиная с замкнутого примыкания, прикладывается дополнительное вращение в направлении свинчивания, кончик ниппеля 2В (т.е. заплечик 22) контактирует с заплечиком 44 муфты 4F до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 21 и 41). Таким образом, ниппель 2В и муфта 4F образуют резьбовое соединение с той же конструкцией, что и резьбовое соединение 100В.

Фиг. 13 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно третьей вариации второго варианта осуществления. Фиг. 13 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; в действительности зеркальное изображение продольного сечения, показанного на фиг. 13 в отношении оси CL трубы, присутствует ниже оси CL трубы.

На фиг. 13 резьбовое соединение 100С согласно третьей вариации второго варианта осуществления включает в себя ниппели 1С и 2С и муфты 3G и 4G.

Ниппели 1С и 2С являются такими, как описаны в связи с фиг. 9.

Муфта 3G имеет конструкцию, полученную путем добавления к муфте 3D, описанной в связи с фиг. 10, уплотнительных поверхностей 32 и 33 (т.е. уплотнительных поверхностей муфты), чтобы соответствовать уплотнительным поверхностям 15 и 16 ниппеля 1С. Уплотнительная поверхность 32 расположена между внутренней резьбой 31 и заплечиком 34, а уплотнительная поверхность 33 расположена ближе к одному концу трубы соединения 5G, чем расположена внутренняя резьба 31. В результате, муфта 3G состоит из уплотнительной поверхности 33, внутренней резьбы 31 и заплечика 34, расположенных в этом порядке, начиная с одного конца трубы соединения 5G.

Муфта 4G имеет конструкцию, полученную путем добавления к муфте 3D, описанной в связи с фиг. 10, уплотнительных поверхностей 42 и 43 (т.е. уплотнительных поверхностей муфты), чтобы соответствовать уплотнительным поверхностям 25 и 26 ниппеля 2С. Уплотнительная поверхность 42 расположена между внутренней резьбой 41 и заплечиком 44, а уплотнительная поверхность 43 предусмотрена на другом конце трубы соединения 5G. В результате, муфта 4G состоит из уплотнительной поверхности 43, внутренней резьбы 41 и заплечика 44, расположенных в этом порядке, начиная с другого конца трубы соединения 5G.

Когда ниппель 1С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 15 и 32 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл. Когда ниппель 1С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 16 и 33 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Когда ниппель 2С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 25 и 42 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл. Когда ниппель 2С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 26 и 43 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Каждый заплечик предпочтительно образует слегка отрицательный угол (например, от  $-5$  до  $-20^\circ$ ). В вариантах реализации, где уплотнительная поверхность присутствует близко к заплечику, герметичность уплотнительных поверхностей улучшается, если каждый заплечик образует отрицательный угол.

Резьбовое соединение 100С также выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1С контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3G, кончик ниппеля 1С (т.е. заплечик 12) не находится в контакте с заплечиком 34 муфты 3G, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания кончик ниппеля 1С (т.е. заплечик 12) способен контактировать с заплечиком 34 муфты 3G до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Таким образом, резьбовое соединение 100С также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 100С обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 100, поскольку оно содержит два набора уплотнений. Учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 100.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 100С могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 100.

Когда замкнутое примыкание достигнуто посредством ввинчивания ниппеля 2С, кончик ниппеля 2С (т.е. заплечик 22) не находится в контакте с заплечиком 44 муфты 4G; когда, начиная с замкнутого примыкания, прикладывается дополнительное вращение в направлении свинчивания, кончик ниппеля 2С

(т.е. заплечик 22) контактирует с заплечиком 44 муфты 4G до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 21 и 41). Таким образом, ниппель 2С и муфта 4G образуют соединение с той же конструкцией, что и резьбовое соединение 100С.

Третий вариант осуществления.

Фиг. 14 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно третьему варианту осуществления. Фиг. 14 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 14 относительно оси CL трубы, находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 14 резьбовое соединение 200 согласно третьему варианту осуществления включает в себя ниппели 201 и 202 и муфты 203 и 204.

Пара труб 210 и 220 должны быть соединены, и ниппель 201 предусмотрен на конце трубы одной трубы 210.

Ниппель 202 предусмотрен на конце трубы другой трубы 220.

Муфта 203 предусмотрена на одном конце соединения 205, которое соединяет трубы 210 и 220, в то время как муфта 204 предусмотрена на другом конце соединения 205.

Ниппель 201 включает в себя наружную резьбу 211, промежуточный заплечик 213 и наружную резьбу 212 в этом порядке, начиная с кончика.

Наружная резьба 211 расположена ближе к кончику ниппеля 201, чем промежуточный заплечик 213 ниппеля 201, как определено вдоль направления CL оси трубы, и является конической. Наружная резьба 212 расположена между промежуточным заплечиком 213 и основанием 216, как определено вдоль направления CL оси трубы, и является конической. Наружная резьба 211 предусмотрена на конической поверхности с меньшим радиусом, чем коническая поверхность, на которой предусмотрена наружная резьба 212.

Промежуточный заплечик 213 расположен между наружными резьбами 211 и 212, как определено вдоль направления CL оси трубы.

Таким образом, ниппель 201 имеет двухступенчатую конструкцию резьбы.

Ниппель 202 имеет такую же конструкцию, как и ниппель 201.

Муфта 203 включает в себя внутреннюю резьбу 231, промежуточный заплечик 233 и внутреннюю резьбу 232 в этом порядке, начиная с внутренней части соединения 205. Внутренняя резьба 231 предусмотрена, чтобы соответствовать наружной резьбе 211 ниппеля 201. Внутренняя резьба 232 предусмотрена, чтобы соответствовать наружной резьбе 212 ниппеля 201. Промежуточный заплечик 233 предусмотрен, чтобы соответствовать промежуточному заплечику 213 ниппеля 201.

Таким образом, муфта 203 имеет двухступенчатую конструкцию резьбы, соответствующую конструкции резьбы ниппеля 201.

Муфта 204 имеет такую же конструкцию, как и муфта 203.

Каждая из наружных резьб 211 и 212 ниппеля 201 имеет такую же конструкцию, что и наружная резьба 11, рассмотренная выше. Таким образом, каждая из наружных резьб 211 и 212 имеет участок 11А с изменяющейся шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы и имеет форму клиновидной резьбы (см. фиг. 2).

Каждая из внутренних резьб 231 и 232 муфты 203 имеет такую же конструкцию, что и внутренняя резьба 31, рассмотренная выше.

В резьбовом соединении 200 предпочтительно наружная резьба 211 включает скошенные поверхности 211с, наружная резьба 212 включает скошенные поверхности 212с, внутренняя резьба 231 включает скошенные поверхности 231с, и внутренняя резьба 232 включает скошенные поверхности 232с. Скошенные поверхности 211с и 212с являются такими же, как скошенные поверхности 11с, рассмотренные выше, и скошенные поверхности 231с и 232с являются такими же, как скошенные поверхности 31с, рассмотренные выше. Обеспечение скошенных поверхностей облегчает вставку ниппеля и улучшает герметичность в резьбах.

Наружная резьба 211 ниппеля 201 и внутренняя резьба 231 муфты 203 ввинчиваются друг в друга и, таким образом, свинчиваются. Наружная резьба 212 ниппеля 201 и внутренняя резьба 232 муфты 203 ввинчиваются друг в друга и, таким образом, свинчиваются.

Когда наружная резьба 211 ввинчивается во внутреннюю резьбу 231, а наружная резьба 212 ввинчивается во внутреннюю резьбу 232, во время замкнутого примыкания промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 203. Когда из этого состояния прикладывается дополнительное вращение в направлении свинчивания, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 контактирует с промежуточным заплечиком 233 муфты 203 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

Промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 и промежуточный заплечик 233 муфты 203 предпочтительно имеют форму, чтобы быть перпендикулярными направлению CL оси трубы.

Фиг. 15А и 15В показывают виды продольного сечения резьбового соединения 200, показанного на фиг. 14, один с крутящим моментом посадки резьбы, а другой с крутящим моментом посадки заплечика.

На фиг. 15А, когда создается крутящий момент посадки резьбы, т.е. когда закладные стороны 111 и

опорные стороны 212 наружных резьб 211 и 212 находятся в контакте с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312 внутренних резьб 231 и 232 муфты 203, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 резьбового соединения 200 не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 203. Расстояние  $d$  между промежуточными заплечиками 213 и 233 обсуждается выше. В этом случае кончик ниппеля 201 не находится в контакте с кончиком ниппеля 202.

С другой стороны, со ссылкой на фиг. 15B, когда создается крутящий момент посадки заплечика, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 резьбового соединения 200 контактирует с промежуточным заплечиком 233 муфты 203 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232). В этом случае, также кончик ниппеля 201 не находится в контакте с кончиком ниппеля 202.

Таким образом, резьбовое соединение 200 выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 211 и 212 ниппеля 201 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 231 и 232 муфты 203, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 203, и при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 способен контактировать с промежуточным заплечиком 233 муфты 203 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

Таким образом, резьбовое соединение 200 также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Таким образом, в резьбовом соединении 200 в области REG1 от уровня  $T_{Lf}$  крутящего момента замкнутого примыкания до уровня  $T_{sh}$  крутящего момента зацепления крутящий момент увеличивается, когда наружные резьбы 211 и 212 ниппеля 201 сталкиваются с внутренними резьбами 231 и 232, соответственно, муфты 203, а в области REG2 выше уровня  $T_{sh}$  крутящего момента зацепления крутящий момент увеличивается, когда промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 сталкивается с промежуточным заплечиком 233 муфты 203 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

Таким образом, резьбовое соединение 200 достигает высоких крутящих моментов, поскольку промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 контактирует с промежуточным заплечиком 233 муфты 203 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232), и промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 сталкивается с промежуточным заплечиком 233 муфты 203.

Как обсуждалось выше, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 и промежуточный заплечик 233 муфты 203 имеют форму, чтобы быть перпендикулярными направлению CL оси трубы, так что промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 должным образом сталкивается с промежуточным заплечиком 233 муфты 203, тем самым, легко достигая высоких характеристик крутящего момента.

Когда ниппель 202 ввинчивается в муфту 204, крутящий момент посадки резьбы и крутящий момент посадки заплечика создаются таким же образом, как когда ниппель 201 ввинчивается в муфту 203.

Фиг. 16 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно первой вариации третьего варианта осуществления. Фиг. 16 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 16, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 16 резьбовое соединение 200A согласно первой вариации третьего варианта осуществления включает в себя ниппели 201A и 202A и муфты 203A и 204A.

Пара труб 210A и 220A должны быть соединены, и ниппель 201A предусмотрен на конце трубы одной трубы 210A.

Ниппель 202A предусмотрен на конце трубы другой трубы 220A.

Муфта 203A предусмотрена на одном конце соединения 205A, которое соединяет трубы 210A и 220A, в то время как муфта 204A предусмотрена на другом конце соединения 205A.

Ниппель 201A имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 217 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 201. Уплотнительная поверхность 217 расположена ближе к соответствующему кончику муфты 201A, чем расположена наружная резьба 211. Уплотнительная поверхность 217 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 217 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Ниппель 202A имеет такую же конструкцию, как и ниппель 201A.

Муфта 203A имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 203 уплотнительной поверхности 234 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 217 ниппеля 201A. Уплотнительная поверхность 234 расположена внутри внутренней резьбы 231 относительно соединения 205A. Уплотнительная поверхность 234 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 234 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии

такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Муфта 204А имеет такую же конструкцию, как и муфта 203А.

Когда ниппель 201А ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 217 и 234 также контактируют друг с другом и после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 200А также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 201А закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 211 и 212 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 231 и 232 муфты 203А, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201А не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 203А, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 213 ниппеля 201А способен контактировать с промежуточным заплечиком 233 муфты 203 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 202А, когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 211 и 212 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 231 и 232 муфты 204А, промежуточный заплечик 213 ниппеля 202А не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 204А, а при дальнейшем вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 213 ниппеля 202А способен контактировать с промежуточным заплечиком 233 муфты 204А до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

Таким образом, резьбовое соединение 200А также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 200А обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 200, поскольку оно включает ряд уплотнений. Дополнительно учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 200.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 200А могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации промежуточных заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 200.

Фиг. 17 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно второй вариации третьего варианта осуществления. Фиг. 17 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 17, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 17 резьбовое соединение 200В согласно второй вариации третьего варианта осуществления включает в себя ниппели 201В и 220В и муфты 203В и 204В.

Пара труб 210В и 220В должны быть соединены, и ниппель 201В предусмотрен на конце трубы одной трубы 210В.

Муфта 203В предусмотрена на одном конце соединения 205В, которая соединяет трубы 210В и 220В.

Ниппель 201В имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 218 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 201. Уплотнительная поверхность 218 расположена между наружной резьбой 212 и основанием 216 ниппеля 201В. Уплотнительная поверхность 218 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 218 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Ниппель 202В имеет такую же конструкцию, как и ниппель 201В.

Муфта 203В имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 203 уплотнительной поверхности 235 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 218 ниппеля 201В. Уплотнительная поверхность 235 расположена ближе к одному концу соединения 205В, чем расположена внутренняя резьба 232. Уплотнительная поверхность 235 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 235 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Муфта 204В имеет такую же конструкцию, как и муфта 203В.

Когда ниппель 201В ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 218 и 235 также контактируют друг с другом и после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 200В также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 201В закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб

211 и 212 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 231 и 232 муфты 203В, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201В не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 203В, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 213 ниппеля 201В способен контактировать с промежуточным заплечиком 233 муфты 203В до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 202В, когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 211 и 212 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 231 и 232 муфты 204В, промежуточный заплечик 213 ниппеля 202В не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 204В, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 213 ниппеля 202В способен контактировать с промежуточным заплечиком 233 муфты 204В до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

Таким образом, резьбовое соединение 200В также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 200В обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 200, поскольку оно включает ряд уплотнений. Дополнительно учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 200.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 200В могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации промежуточных заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 200.

Фиг. 18 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно третьей вариации третьего варианта осуществления. Фиг. 18 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 18, относительно оси CL трубы, находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 18 резьбовое соединение 200С согласно третьей вариации третьего варианта осуществления включает в себя ниппели 201С и 202С и муфты 203С и 204С.

Пара труб 210С и 220С должны быть соединены, и ниппель 201С предусмотрен на конце трубы одной трубы 210С.

Муфта 203С предусмотрена на одном конце соединения 205С, которое соединяет трубы 210С и 220С.

Ниппель 201С имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительных поверхностей 217 и 218 (т.е. уплотнительных поверхностей ниппеля) к ниппелю 201. Ниппель 202С имеет такую же конструкцию, как и ниппель 201С.

Муфта 203С имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 203 уплотнительных поверхностей 234 и 235, обжимаемых выше (т.е. уплотнительных поверхностей муфты). Муфта 204С имеет такую же конструкцию, как и муфта 203С.

Когда ниппель 201С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 217 и 234 контактируют друг с другом и после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл. Когда ниппель 201С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 218 и 235 также контактируют друг с другом и после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 200С также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 201С, закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 211 и 212 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 231 и 232 муфты 203С, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201С не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 203С, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 213 ниппеля 201С способен контактировать с промежуточным заплечиком 233 муфты 203С до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 202С, когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 211 и 212 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 231 и 232 муфты 204С, промежуточный заплечик 213 ниппеля 202С не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 204С, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания, промежуточный заплечик 213 ниппеля 202С способен контактировать с промежуточным заплечиком 233 муфты 204С перед пластической деформацией резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

Таким образом, резьбовое соединение 200С также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 200С обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 200, поскольку оно включает два набора уплотнений. Учитывая это, уплотняющая ха-

характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 200.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 200С могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 200.

В резьбовом соединении согласно третьему варианту осуществления каждый из ниппелей и каждая из муфт может иметь три или более ступени резьбы. В таких реализациях каждый из ниппелей и каждая из муфт имеет два или более промежуточных заплечиков. Когда создается крутящий момент посадки резьбы, т.е. когда закладные стороны и опорные стороны наружных резьб ниппеля находятся в контакте с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренних резьб муфты, ни один из двух или более промежуточных заплечиков ниппеля не находится в контакте с любым из двух или более промежуточных заплечиков муфты; когда создается крутящий момент посадки заплечиков по меньшей мере один из двух или более промежуточных заплечиков ниппеля контактирует по меньшей мере с одним из двух или более промежуточных заплечиков муфты до пластической деформации резьб.

Дополнительно резьбовое соединение согласно третьему варианту осуществления может быть выполнено таким образом, что каждый из ниппелей и каждая из муфт имеет три или более ступени резьбы и, кроме того, модифицировано таким же образом, как резьбовое соединение 200, описанное выше, для обеспечения одного из резьбовых соединений 200А, 200В и 200С.

Четвертый вариант осуществления.

Фиг. 19 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно четвертому варианту осуществления. Фиг. 19 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 19, относительно оси CL трубы, находится ниже оси CL трубы.

Как показано на фиг. 19, резьбовое соединение 300 согласно четвертому варианту осуществления включает в себя ниппель 301 и муфту 302.

Резьбовое соединение 300 представляет собой резьбовое соединение интегрального типа.

Пара труб 310 и 320 должны быть соединены и ниппель 301 предусмотрен на конце трубы одной трубы 310. Ниппель 3002 предусмотрен на конце трубы другой трубы 320.

Ниппель 301 включает в себя заплечик 3011 и наружную резьбу 3012, в этом порядке, начиная с кончика. Заплечик 3011 предусмотрен на кончике ниппеля 301. Наружная резьба 3012 расположена между заплечиком 3011 и основанием 3013 ниппеля 301 и является конусообразной.

Муфта 302 включает в себя заплечик 3021 и внутреннюю резьбу 3022, в этом порядке, начиная с тела трубы 320. Заплечик 3021 предусмотрен, чтобы соответствовать заплечику 3011 ниппеля 301. Внутренняя резьба 3022 расположена ближе к кончику муфты 302, чем заплечик 3021, и является конусообразной.

Наружная резьба 3012 ниппеля 301 и внутренняя резьба 3022 муфты 302 ввинчиваются друг в друга и, таким образом, свинчиваются.

Когда создается крутящий момент посадки резьбы, заплечик 3011 (т.е. кончик) ниппеля 301 не находится в контакте с заплечиком 3021 муфты 302. Когда создается крутящий момент посадки заплечика, заплечик 3011 (т.е. кончик) ниппеля 301 контактирует с заплечиком 3021 муфты 302, до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 3012 и 3022).

Заплечик 3011 ниппеля 301 и заплечик 3021 муфты 302 предпочтительно имеют форму, чтобы быть перпендикулярными направлению CL оси трубы.

Наружная резьба 3012 имеет такую же конструкцию, что и наружная резьба 11, описанная выше, в то время как внутренняя резьба 3022 имеет такую же конструкцию, что и внутренняя резьба 31, описанная выше (см. фиг. 2).

Таким образом, наружная и внутренняя резьбы 3012 и 3022 включают в себя участок 11А с изменяющейся шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы и имеют форму клиновидных резьб.

В резьбовом соединении 300 предпочтительно наружная резьба 3012 имеет скошенные поверхности 3012с, а внутренняя резьба 3022 включает скошенные поверхности 3022с. Скошенные поверхности 3012с являются такими же, как скошенные поверхности 11с, рассмотренные выше, и скошенные поверхности 3022с являются такими же, как скошенные поверхности 31с, рассмотренные выше. Обеспечение скошенных поверхностей облегчает вставку ниппеля и улучшает герметичность в резьбах.

Фиг. 20А и 20В показывают виды продольного сечения резьбового соединения 300, показанного на фиг. 19, одна с крутящим моментом посадки резьбы, а другая с крутящим моментом посадки заплечика.

На фиг. 20А, когда создается крутящий момент посадки резьбы, т.е. когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 301 закладные стороны 111 и опорные стороны 212 наружной резьбы контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 3022 муфты 302, заплечик 3011 ниппеля 301 не находится в контакте с заплечиком 3021 муфты 302. Расстояние d между заплечиком 3011 ниппеля 301 и заплечиком 3021 муфты 302 обсуждалось выше.

С другой стороны, со ссылкой на фиг. 20В, когда создается крутящий момент посадки заплечика,

запечик 3011 ниппеля 301 контактирует с запечиком 3021 муфты 302 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 3012 и 3022).

Таким образом, резьбовое соединение 300 выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 3012 ниппеля 301 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 3022 муфты 302, запечик 3011 ниппеля 301 не находится в контакте с запечиком 3021 муфты 302, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания запечик 3011 ниппеля 301 способен контактировать с запечиком 3021 муфты 302 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 3012 и 3022).

Таким образом, резьбовое соединение 300 интегрального типа также обеспечивает диаграмму, показанную на фиг. 4.

Фиг. 21 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно первой вариации четвертого варианта осуществления. Фиг. 21 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; в действительности зеркальное изображение продольного сечения, показанного на фиг. 21 в отношении оси CL трубы, присутствует ниже оси CL трубы.

На фиг. 21 резьбовое соединение 300А согласно первой вариации четвертого варианта осуществления включает в себя ниппель 301А и муфту 302А.

Пара труб 310А и 320А должны быть соединены, и ниппель 301А предусмотрен на конце трубы одной трубы 310А.

Муфта 302А предусмотрена на конце трубы другой трубы 320А.

Ниппель 301А имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 3014 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 301. Уплотнительная поверхность 3014 расположена между запечиком 3011 и наружной резьбой 3012. Уплотнительная поверхность 3014 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 3014 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Муфта 302А имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 302 уплотнительной поверхности 3024 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 3014 ниппеля 301А. Уплотнительная поверхность 3024 расположена между внутренней резьбой 3022 и запечиком 3021. Уплотнительная поверхность 3024 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 3024 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Когда ниппель 301А ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 3014 и 3024 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Каждый запечик предпочтительно образует слегка отрицательный угол (например, от  $-5$  до  $-20^\circ$ ). В вариантах реализации, где уплотнительная поверхность присутствует близко к запечнику, герметичность уплотнительных поверхностей улучшается, если каждый запечик образует отрицательный угол.

Резьбовое соединение 300А также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 301А закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 3012 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 3022 муфты 302А, запечик 3011 ниппеля 301А не находится в контакте с запечиком 3021 муфты 302А, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания запечик 3011 ниппеля 301А способен контактировать с запечиком 3021 муфты 302А до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 3012 и 3022).

Таким образом, резьбовое соединение 300А также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 300А обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 300, поскольку оно включает уплотнение. Дополнительно учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 300.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 300А могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации запечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 300.

Фиг. 22 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно второй вариации четвертого варианта осуществления. Фиг. 22 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 22, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 22 резьбовое соединение 300В согласно второй вариации четвертого варианта осуществления включает в себя ниппель 301В и муфту 302В.

Пара труб 310В и 320В должны быть соединены, и ниппель 301В предусмотрен на конце трубы одной трубы 310В.

Муфта 302В предусмотрена на конце трубы другой трубы 320В.

Ниппель 301В имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 3015 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 301. Уплотнительная поверхность 3015 расположена между наружной резьбой 3012 и основанием 3013. Уплотнительная поверхность 3015 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 3015 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси СL трубы.

Муфта 302В имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 302 уплотнительной поверхности 3025 ниппеля 301В. Уплотнительная поверхность 3025 расположена ближе к кончику муфты 302В, чем расположена внутренняя резьба 3022. Уплотнительная поверхность 3025 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 3025 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси СL трубы.

Когда ниппель 301В ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 3015 и 3025 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 300В также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 301В, закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 3012 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 3022 муфты 302В, заплечик 3011 ниппеля 301В не находится в контакте с заплечиком 3021 муфты 302В, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 3011 ниппеля 301В способен контактировать с заплечиком 3021 муфты 302В до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 3012 и 3022).

Таким образом, резьбовое соединение 300В также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 300В обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 300, поскольку оно включает уплотнение. Дополнительно учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 300.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 300А могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 300.

Фиг. 23 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно третьей вариации четвертого варианта осуществления. Фиг. 23 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси СL трубы; в действительности зеркальное изображение продольного сечения, показанного на фиг. 23 в отношении оси СL трубы, присутствует ниже оси СL трубы.

На фиг. 23 резьбовое соединение 300С согласно третьей вариации четвертого варианта осуществления включает в себя ниппель 301С и муфту 302С.

Пара труб 310С и 320С должны быть соединены, и ниппель 301С предусмотрен на конце трубы одной трубы 310С.

Муфта 302С предусмотрена на конце трубы другой трубы 320С.

Ниппель 301С имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительных поверхностей 3014 и 3015, обсуждаемых выше (т.е. уплотнительных поверхностей ниппеля), к ниппелю 301.

Муфта 302С имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 302 уплотнительных поверхностей 3024 и 3025, обсуждаемых выше (т.е. уплотнительных поверхностей муфты).

Когда ниппель 301С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 3014 и 3024 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл. Когда ниппель 301С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 3015 и 3025 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Каждый заплечик предпочтительно образует слегка отрицательный угол (например, от -5 до -20°). В вариантах реализации, где уплотнительная поверхность присутствует близко к заплечику, герметичность уплотнительных поверхностей улучшается, если каждый заплечик образует отрицательный угол.

Резьбовое соединение 300С также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяю-

шейся шириной резьбы ниппеля 301С закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 3012 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 3022 муфты 302С, заплечик 3011 ниппеля 301с не находится в контакте с заплечиком 3021 муфты 302С, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания, заплечик 3011 ниппеля 301С способен контактировать с заплечиком 3021 муфты 302С до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 3012 и 3022).

Таким образом, резьбовое соединение 300С также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 300С обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 300, поскольку оно включает два уплотнения. Учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 300.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 300С могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 300.

Пятый вариант осуществления.

Фиг. 24 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно пятому варианту осуществления. Фиг. 24 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 24, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

Как показано на фиг. 24, резьбовое соединение 400 согласно пятому варианту осуществления включает в себя ниппель 401 и муфту 402.

Резьбовое соединение 400 представляет собой резьбовое соединение интегрального типа.

Пара труб 410 и 420 должны быть соединены, а ниппель 401 предусмотрен на конце трубы одной трубы 410. Муфта 402 предусмотрена на конце трубы другой трубы 420.

Ниппель 401 включает в себя наружную резьбу 4012 и заплечик 4013, в этом порядке, начиная с кончика. Наружная резьба 4012 расположена между заплечиком 4013 и кончиком ниппеля 401 и является конусообразной. Заплечик расположен ближе к телу трубы 410, чем расположена наружная резьба 4012.

Муфта 402 включает внутреннюю резьбу 4022 и заплечик 4023, в этом порядке, начиная с тела трубы 420. Внутренняя резьба 4022 расположена между основанием 4021 и заплечиком 4023 муфты 402 и является конусообразной. Заплечик 4023 расположен на кончике муфты 402, чтобы соответствовать заплечику 4013 ниппеля 401.

Наружная резьба 4012 ниппеля 401 и внутренняя резьба 4022 муфты 402 ввинчиваются друг в друга и, таким образом, свинчиваются.

Когда создается крутящий момент посадки резьбы, заплечик 4013 ниппеля 401 не находится в контакте с заплечиком 4023 муфты 402. Когда создается крутящий момент посадки заплечика, заплечик 4013 ниппеля 401 контактирует с заплечиком 4023 муфты 402 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 4012 и 4022).

Заплечик 4013 ниппеля 401 и заплечик 4023 муфты 402 предпочтительно имеют форму, чтобы быть перпендикулярными направлению CL оси трубы.

Наружная резьба 4012 имеет такую же конструкцию, что и наружная резьба 11, описанная выше, в то время как внутренняя резьба 4022 имеет такую же конструкцию, что и внутренняя резьба 31, описанная выше (см. фиг. 2).

Таким образом, наружная и внутренняя резьбы 4012 и 4022 включают в себя участок 11А с изменяющейся шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы и имеют форму клиновидных резьб.

В резьбовом соединении 400 предпочтительно наружная резьба 4012 включает скошенные поверхности 4012с, а внутренняя резьба 4022 включает скошенные поверхности 4022с. Скошенные поверхности 4012с являются такими же, как скошенные поверхности 11с, рассмотренные выше, и скошенные поверхности 4022с являются такими же, как скошенные поверхности 31с, рассмотренные выше. Обеспечение скошенных поверхностей облегчает вставку ниппеля и улучшает герметичность в резьбах.

Фиг. 25А и 25В показывают виды продольного сечения резьбового соединения 400, показанного на фиг. 24, один с крутящим моментом посадки резьбы, а другой с крутящим моментом посадки заплечика.

На фиг. 25А, когда создается крутящий момент посадки резьбы, т.е. когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 401 закладные стороны 111 и опорные стороны 212 наружной резьбы 4012 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 4022 муфты 402, заплечик 4013 ниппеля 301 не находится в контакте с заплечиком 4023 муфты 402. Расстояние d между заплечиком 4013 ниппеля 401 и заплечиком 4023 муфты 402 обсуждалось выше.

С другой стороны, со ссылкой на фиг. 25В, когда создается крутящий момент посадки заплечика, заплечик 4013 ниппеля 401 контактирует с заплечиком 4023 муфты 402 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 4012 и 4022).

Таким образом, резьбовое соединение 400 выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 4012 ниппеля 401 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 4022 муфты 402, заплечик 4013 ниппеля 401 не находится в контакте с заплечиком 4023 муфты 402, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 4013 ниппеля 401 способен контактировать с заплечиком 4023 муфты 402 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 4012 и 4022).

Таким образом, резьбовое соединение 400 интегрального типа также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Фиг. 26 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно первой вариации пятого варианта осуществления. Фиг. 26 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 26, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 26 резьбовое соединение 400А согласно первой вариации пятого варианта осуществления включает в себя ниппель 401А и муфту 402А.

Пара труб 410А и 420А должны быть соединены, а ниппель 401А предусмотрен на конце трубы одной трубы 410А.

Муфта 402А предусмотрена на конце трубы другой трубы 420А.

Ниппель 401А имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 4014 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 401. Уплотнительная поверхность 4014 расположена между кончиком ниппеля 401А и наружной резьбой 4012. Уплотнительная поверхность 4014 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 4014 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса,

уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Муфта 402А имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 402 уплотнительной поверхности 4024 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 4014 ниппеля 401А. Уплотнительная поверхность 4024 расположена между внутренней резьбой 4022 и основанием 4021 муфты 402А. Уплотнительная поверхность 4024 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 4024 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Когда ниппель 401А ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 4014 и 4024 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 400А выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 401А, закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 4012 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 4022 муфты 402А, заплечик 4013 ниппеля 401А не находится в контакте с заплечиком 4023 муфты 402А, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания, заплечик 4013 ниппеля 401А способен контактировать с заплечиком 4023 муфты 402А до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 4012 и 4022).

Таким образом, резьбовое соединение 400А также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 400А обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 400, поскольку оно включает уплотнение. Дополнительно учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 400.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнение резьбового соединения 400А может пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 400.

Фиг. 27 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно второй вариации Пятого варианта осуществления. Фиг. 27 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 27, относительно оси CL трубы, находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 27 резьбовое соединение 400В согласно второй вариации пятого варианта осуществления включает в себя ниппель 401В и муфту 402В.

Пара труб 410В и 420В должны быть соединены, а ниппель 401В предусмотрен на конце трубы одной трубы 410В.

Муфта 402В предусмотрена на конце трубы другой трубы 420В.

Ниппель 401В имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 4015 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 401. Уплотнительная поверхность 4015 расположена между наружной резьбой 4012 и заплечиком 4013 и является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 4015 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси СL трубы.

Муфта 402В имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 402 уплотнительной поверхности 4025 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 4015 ниппеля 401В. Уплотнительная поверхность 4025 расположена между внутренней резьбой 4022 и заплечиком 4023 и является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 4025 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси СL трубы.

Когда ниппель 401В ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 4015 и 4025 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Каждый заплечик предпочтительно образует слегка отрицательный угол (например, от  $-5$  до  $-20^\circ$ ). В вариантах реализации, где уплотнительная поверхность присутствует близко к заплечику, герметичность уплотнительных поверхностей улучшается, если каждый заплечик образует отрицательный угол.

Резьбовое соединение 400В также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 401В, закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 4012 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 4022 муфты 402В, заплечик 4013 ниппеля 401В не находится в контакте с заплечиком 4023 муфты 402В, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания, заплечик 4013 ниппеля 401В способен контактировать с заплечиком 4023 муфты 402В до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 4012 и 4022).

Таким образом, резьбовое соединение 400В также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 400В обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 400, поскольку оно включает уплотнение. Дополнительно учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 400.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнение резьбового соединения 400В может пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 400.

Фиг. 28 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно третьей вариации пятого варианта осуществления. Фиг. 28 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси СL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 28, относительно оси СL трубы, находится ниже оси СL трубы.

Ссылаясь к фиг. 28, резьбовое соединение 400С согласно третьей вариации пятого варианта осуществления включает в себя ниппель 401С и муфту 402С.

Пара труб 410С и 420С должны быть соединены, и ниппель 401С предусмотрен на конце трубы одной трубы 410С.

Муфта 402С предусмотрена на конце трубы другой трубы 420С.

Ниппель 401С имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительных поверхностей 4014 и 4015, обсуждаемых выше, (т.е. уплотнительных поверхностей ниппеля) к ниппелю 401.

Муфта 402С имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 402 уплотнительных поверхностей 4024 и 4025, обсуждаемых выше (т.е. уплотнительных поверхностей муфты).

Когда ниппель 401С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 4014 и 4024 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл. Когда ниппель 401С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 4015 и 4025 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Каждый заплечик предпочтительно образует слегка отрицательный угол (например, от  $-5$  до  $-20^\circ$ ). В вариантах реализации, где уплотнительная поверхность присутствует близко к заплечику, герметичность уплотнительных поверхностей улучшается, если каждый заплечик образует отрицательный угол.

Резьбовое соединение 400С также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 401С, закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 4012 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 4022 муфты 402С, заплечик 4013 ниппеля 401С не находится в контакте с заплечиком 4023

муфты 402С, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 4013 ниппеля 401С способен контактировать с заплечиком 4023 муфты 402С до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 4012 и 4022).

Таким образом, резьбовое соединение 400С также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 400С обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 400, поскольку оно включает два уплотнения. Учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 400.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 400С могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 400.

Шестой вариант осуществления.

Фиг. 29 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно шестому варианту осуществления. Фиг. 29 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; в действительности зеркальное изображение продольного сечения, показанного на фиг. 29 в отношении оси CL трубы, присутствует ниже оси CL трубы.

Как показано на фиг. 29, резьбовое соединение 500 согласно шестому варианту осуществления включает в себя ниппель 501 и муфту 502.

Резьбовое соединение 500 представляет собой резьбовое соединение интегрального типа.

Пара труб 510 и 520 должны быть соединены, а ниппель 501 предусмотрен на конце трубы одной трубы 510.

Муфта 502 предусмотрена на конце трубы другой трубы 520.

Ниппель 501 включает наружную резьбу 5012, промежуточный заплечик 5013 и наружную резьбу 5014 в этом порядке, начиная с кончика.

Наружная резьба 5012 расположена между кончиком ниппеля 501 и промежуточным заплечиком 5013 и является конусообразной. Промежуточный заплечик 5013 предусмотрен между наружными резьбами 5012 и 5014. Наружная резьба 5014 расположена между промежуточным заплечиком 5013 и основанием 5015 ниппеля 501 и является конусообразной.

Таким образом, ниппель 501 имеет двухступенчатую конструкцию резьбы.

Муфта 502 включает в себя внутреннюю резьбу 5022, промежуточный заплечик 5023 и внутреннюю резьбу 5024, в этом порядке, начиная от тела трубы 520. Внутренняя резьба 5022 расположена между основанием 5021 муфты 502 и промежуточным заплечиком 5023, чтобы соответствовать наружной резьбе 5012 ниппеля 501, и является конусообразной. Промежуточный заплечик 5023 расположен между внутренними резьбами 5022 и 5024, чтобы соответствовать промежуточному заплечику 5013 ниппеля 501. Внутренняя резьба 5024 расположена между промежуточным заплечиком 5023 и кончиком муфты 502 и является конусообразной.

Таким образом, муфта 502 имеет двухступенчатую конструкцию резьбы, соответствующую конструкции резьбы ниппеля 501.

Наружная резьба 5012 ниппеля 501 и внутренняя резьба 5022 муфты 502 ввинчиваются друг в друга и, таким образом, свинчиваются.

Наружная резьба 5014 ниппеля 501 и внутренняя резьба 5024 муфты 502 ввинчиваются друг в друга и, таким образом, свинчиваются.

Когда наружная резьба 5012 ввинчивается во внутреннюю резьбу 5022, а наружная резьба 5014 ввинчивается во внутреннюю резьбу 5024 и создается крутящий момент посадки резьбы, промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 не находится в контакте с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502; когда создается крутящий момент посадки заплечика, промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 контактирует с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 5012 и 5014 и внутренних резьб 5022 и 5024).

Промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 и промежуточный заплечик 5023 муфты 502 предпочтительно имеют форму, чтобы быть перпендикулярными направлению CL оси трубы.

Независимо от того, создается ли крутящий момент посадки резьбы или крутящий момент посадки заплечика, кончик ниппеля 501 не находится в контакте с основанием 5021 муфты 502, а также основание 5015 ниппеля 501 не контактирует с кончиком муфты 502.

Каждая из наружных резьб 5012 и 5014 имеет такую же конструкцию, что и наружная резьба 11, описанная выше, в то время как внутренние резьбы 5022 и 5024 имеют такую же конструкцию, что и внутренняя резьба 31, описанная выше (см. фиг. 2).

Таким образом, каждая из наружных резьб 5012 и 5014 и каждая из внутренних резьб 5022 и 5024 имеет участок 11А с изменяющейся шириной резьбы и участок 11В с постоянной шириной резьбы. Каждая из наружных резьб 5012 и 5014 и каждая из внутренних резьб 5022 и 5024 имеют форму клиновидной резьбы.

В резьбовом соединении 500 предпочтительно наружная резьба 5012 включает скошенные поверх-

ности 5012с, наружная резьба 5014 включает скошенные поверхности 5014с, внутренняя резьба 5022 включает скошенные поверхности 5022с, и внутренняя резьба 5024 включает скошенные поверхности 5024с. Скошенные поверхности 5012с и 5014с являются такими же, как скошенные поверхности 11с, рассмотренные выше, а скошенные поверхности 5022с и 5024с являются такими же, как скошенные поверхности 31с, рассмотренные выше.

Обеспечение скошенных поверхностей облегчает вставку ниппеля и улучшает герметичность в резьбах.

Фиг. 30А и 30В показывают виды продольного сечения резьбового соединения 500, показанного на фиг. 29, один с крутящим моментом посадки резьбы, а другой с крутящим моментом посадки заплечика.

Ссылаясь на фиг. 30А, когда создается крутящий момент посадки резьбы, т.е. когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы закладные стороны 111 и опорные стороны 212 наружных резьб 5012 и 5014 находятся в контакте с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312 внутренних резьб 5022 и 5024 муфты 502, промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 не находится в контакте с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502. Расстояние  $d$  между промежуточным заплечиком 5013 ниппеля 501 и промежуточным заплечиком 5023 муфты 502 обсуждалось выше.

С другой стороны, со ссылкой на фиг. 30В, когда создается крутящий момент посадки заплечика, промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 контактирует с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 5012 и 5014 и внутренних резьб 5022 и 5024).

Таким образом, резьбовое соединение 500 выполнено таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 5012 и 5014 ниппеля 501 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 5022 и 5024 муфты 502, промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 не находится в контакте с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 способен контактировать с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 5012 и 5014 и внутренних резьб 5022 и 5024).

Таким образом, резьбовое соединение 500 интегрального типа также обеспечивает диаграмму, показанную на фиг. 4.

Фиг. 31 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно первой вариации шестого варианта осуществления. Фиг. 31 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; в действительности зеркальное изображение продольного сечения, показанного на фиг. 31 в отношении оси CL трубы, присутствует ниже оси CL трубы.

На фиг. 31 резьбовое соединение 500А согласно первой вариации Шестого варианта осуществления включает в себя ниппель 501А и муфту 502А.

Пара труб 510А и 520А должны быть соединены, и ниппель 501А предусмотрен на конце трубы одной трубы 510А.

Муфта 502А предусмотрена на конце трубы другой трубы 520А.

Ниппель 501А имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 5016 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 501. Уплотнительная поверхность 5016 расположена между кончиком ниппеля 501А и наружной резьбой 5012. Уплотнительная поверхность 5016 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 5016 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Муфта 502А имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 502 уплотнительной поверхности 5026 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 5016 ниппеля 501А. Уплотнительная поверхность 5026 расположена между основанием 5021 муфты 502А и внутренней резьбой 5022. Уплотнительная поверхность 5026 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 5026 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Когда ниппель 501А ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 5016 и 5026 также контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 500А также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы ниппеля 501А закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 5012 и 5014 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 5022 и 5024 муфты 502А, промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501А не находится в контакте с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502А, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501А способен контактировать с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502А до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 5012 и 5014

и внутренних резьб 5022 и 5024). Таким образом, резьбовое соединение 500А также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 500А обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 500, поскольку оно включает уплотнение. Дополнительно учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 500.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнение резьбового соединения 500А может пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплочиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 500.

Фиг. 32 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно второй вариации шестого варианта осуществления. Фиг. 32 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 32, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 32 резьбовое соединение 500В согласно второй вариации шестого варианта осуществления включает ниппель 501В и муфту 502В.

Пара труб 510В и 520В должны быть соединены, и ниппель 501В предусмотрен на конце трубы одной трубы 510В.

Муфта 502В предусмотрена на конце трубы другой трубы 520В.

Ниппель 501В имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительной поверхности 5017 (т.е. уплотнительной поверхности ниппеля) к ниппелю 501. Уплотнительная поверхность 5017 расположена между наружной резьбой 5014 и основанием 5015 ниппеля 501В. Уплотнительная поверхность 5017 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 5017 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Муфта 502В имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 502 уплотнительной поверхности 5027 (т.е. уплотнительной поверхности муфты), чтобы соответствовать уплотнительной поверхности 5017 ниппеля 501В. Уплотнительная поверхность 5027 расположена между внутренней резьбой 5024 и кончиком муфты 502В. Уплотнительная поверхность 5027 является конической. Более точно, уплотнительная поверхность 5027 имеет форму поверхности, чтобы соответствовать периферии усеченного конуса, уменьшающегося в диаметре к кончику, или форму, полученную путем объединения периферии такого усеченного конуса и поверхности, соответствующей периферии твердого тела вращения, полученной вращением кривой, такой как дуга вокруг оси CL трубы.

Когда ниппель 501В ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 5017 и 5027 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 500В также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 5012 и 5014 ниппеля 501В контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 5022 и 5024 муфты 502В, промежуточный заплочик 5013 ниппеля 501В не находится в контакте с промежуточным заплочиком 5023 муфты 502В, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплочик 5013 ниппеля 501В способен контактировать с промежуточным заплочиком 5023 муфты 502В до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 5012 и 5014 и внутренних резьб 5022 и 5024).

Таким образом, резьбовое соединение 500В также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 500В обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 500, поскольку оно включает уплотнение. Дополнительно учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 500.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнение резьбового соединения 500В может пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплочиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 500.

Фиг. 33 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения согласно третьей вариации шестого варианта осуществления. Фиг. 33 показывает вид участка продольного сечения соединения пары труб, который расположен выше оси CL трубы; на самом деле зеркальное изображение вида продольного сечения, показанного на фиг. 33, относительно оси CL трубы находится ниже оси CL трубы.

На фиг. 33, резьбовое соединение 500С согласно третьей вариации шестого варианта осуществления включает в себя ниппель 501С и муфту 502С.

Пара труб 510С и 520С должны быть соединены, и ниппель 501С предусмотрен на конце трубы одной трубы 510С.

Муфта 502С предусмотрена на конце трубы другой трубы 520С.

Ниппель 501С имеет конструкцию, полученную добавлением уплотнительных поверхностей 5016 и 5017 (т.е. уплотнительных поверхностей ниппеля) к ниппелю 501.

Муфта 502С имеет конструкцию, полученную добавлением к муфте 502 уплотнительных поверхностей 5026 и 5027, обсуждаемых выше, (т.е. уплотнительных поверхностей муфты).

Когда ниппель 501С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 5016 и 5026 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл. Когда ниппель 501С ввинчивается внутрь, уплотнительные поверхности 5017 и 5027 контактируют друг с другом, а после того, как замкнутое примыкание достигнуто, прилипают друг к другу для образования уплотнения через контакт металл-металл.

Резьбовое соединение 500С также выполнено таким образом, что когда в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 5012 и 5014 ниппеля 501С контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 5022 и 5024 муфты 502С, промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501С не находится в контакте с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502С, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501С способен контактировать с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502С до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 5012 и 5014 и внутренних резьб 5022 и 5024).

Таким образом, резьбовое соединение 500С также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Резьбовое соединение 500С обеспечивает более высокую уплотняющую характеристику, чем резьбовое соединение 500, поскольку оно включает два уплотнения. Учитывая это, уплотняющая характеристика в резьбах может быть ниже, чем у резьбового соединения 500.

С другой стороны, когда продолжается стягивание, уплотнения резьбового соединения 500С могут пластически деформироваться прежде резьб или пластической деформации заплечиков. Таким образом, диапазон крутящего момента, который приводит к резьбам, обеспечивающим стабильную характеристику, может быть потенциально более широким в резьбовом соединении 500.

В резьбовом соединении согласно шестому варианту осуществления каждые ниппель и муфта могут иметь три или более ступени резьбы. В таких реализациях каждые ниппель и муфта имеют два или более промежуточных заплечика. Когда создается крутящий момент посадки резьбы, т.е. когда закладные стороны и опорные стороны наружных резьб ниппеля находятся в контакте с закладными сторонами и опорными сторонами внутренних резьб муфты, ни один из двух или более промежуточных заплечиков ниппеля не находится в контакте с любым из двух или более промежуточных заплечиков муфты; когда создается крутящий момент посадки заплечика, при дополнительном вращении в направлении свинчивания, по меньшей мере один из двух или более промежуточных заплечиков ниппеля контактирует по меньшей мере с одним из двух или более промежуточных заплечиков муфты до пластической деформации резьб.

Дополнительно резьбовое соединение согласно шестому варианту осуществления может быть выполнено таким образом, что каждый из ниппеля и муфты имеет три или более ступени резьбы и, кроме того, модифицировано таким же образом, как резьбовое соединение 500, обсуждаемое выше, для обеспечения одного из резьбовых соединений 500А, 500В и 500С.

Фиг. 34 представляет собой вид продольного сечения трапецеидальной резьбы. На фиг. 34 наружная резьба 51 имеет форму трапецеидальной резьбы. Наружная резьба 51 имеет закладную сторону 511 и опорную сторону 512.

Угол 91 наклона закладной стороны 511 является положительным углом, а угол 92 наклона опорной стороны 512 является отрицательным углом.

Таким образом, в трапецеидальной резьбе угол 91 наклона закладной стороны 511 является положительным углом, а угол 92 наклона опорной стороны 512 является отрицательным углом. Угол 91 наклона находится в диапазоне от 5 до 30°, а угол 92 наклона находится в диапазоне от 0 до -15°. Угол 91 наклона может быть равен или отличаться от угла 92 наклона.

Фиг. 35А и 35В показывают виды продольного сечения участка с изменяющейся шириной резьбы и участка с постоянной шириной резьбы резьбового соединения 10 на основе конструкции, показанной на фиг. 1, в которой используется трапецеидальная резьба. Фиг. 35А представляет собой вид продольного сечения участка 11А с изменяющейся шириной резьбы, а фиг. 35В представляет собой вид продольного сечения участка 11В с постоянной шириной резьбы.

В вариантах осуществления наружная и внутренняя резьбы, имеющие форму трапецеидальной резьбы, могут использоваться в качестве резьб ниппелей 1 и 2 и муфт 3 и 4 резьбового соединения 10.

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы закладная сторона 511 и опорная сторона 512 наружной резьбы 51 обращены к закладной стороне 711 и опорной стороне 712, соответственно, внутренней резьбы 71, а вершина 513 резьбы наружной резьбы 51 обращена к впадине 713 резьбы внутренней резьбы 71.

Во время замкнутого примыкания закладная сторона 511 и опорная сторона 512 наружной резьбы

51 находятся в контакте с закладной стороной 711 и опорной стороной 712, соответственно, внутренней резьбы 71, а вершина 513 резьбы наружной резьбы 51 находится в контакте с впадиной 713 резьбы внутренней резьбы 71. Таким образом, во время замкнутого примыкания в трапецидальной резьбе, также, наружная резьба 51 участка 11А с изменяющейся шириной резьбы находится в контакте с внутренней резьбой 71 без зазора относительно внутренней резьбы 71.

Дополнительно в участке 11А с изменяющейся шириной резьбы, шаг  $d_s$  стабилизации для закладных сторон 111 отличается от шага  $d_L$  нагружения для опорных сторон 112.

В участке 11В с постоянной шириной резьбы также закладная сторона 511 и опорная сторона 512 наружной резьбы 51 обращены к закладной стороне 711 и опорной стороне 712, соответственно, внутренней резьбы 71, а вершина 513 резьбы наружной резьбы 51 обращена к впадине 713 резьбы внутренней резьбы 71.

Во время замкнутого примыкания закладная сторона 511 наружной резьбы 51 имеет зазор 60 относительно закладной стороны 711 внутренней резьбы 71, опорная сторона 512 наружной резьбы 51 находится в контакте с опорной стороной 712 внутренней резьбы 71, а вершина 513 резьбы наружной резьбы 51 находится в контакте с впадиной 713 резьбы внутренней резьбы 71. Таким образом, в трапецидальной резьбе также наружная резьба 51 участка 11В с постоянной шириной резьбы имеет зазор 60 относительно внутренней резьбы 71, прилегающей к закладной стороне 511 во время замкнутого примыкания.

Дополнительно в участке 11В с постоянной шириной резьбы, шаг  $d_s$  стабилизации для закладных сторон 511 равен шагу  $d_L$  нагружения для опорных сторон 512. В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы и участке 11В с постоянной шириной резьбы каждая из вершины 513 резьбы наружной резьбы 51 и впадины 713 резьбы внутренней резьбы 71 имеет форму поверхности, соответствующую периферии цилиндра, имеющего центральную ось, выровненную с осью CL трубы. Альтернативно, каждая из вершины 513 резьбы наружной резьбы 51 и впадины 713 резьбы внутренней резьбы 71 может иметь форму поверхности, соответствующую периферии усеченного конуса, имеющего центральную ось, выровненную с осью CL трубы.

Наружная резьба 51 включает скошенные поверхности 511с. Скошенные поверхности 511с представляют собой наклонную поверхность, соединяющую закладную сторону 511 и впадину наружной резьбы 51. Внутренняя резьба 71 предпочтительно включает скошенные поверхности 711с, соответствующие скошенным поверхностям 511с наружной резьбы 51.

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы во время замкнутого примыкания скошенная поверхность 511с наружной резьбы 51 находится в контакте со скошенной поверхностью 711с внутренней резьбы 71 (см. (а)). С другой стороны, в участке 11В с постоянной шириной резьбы во время замкнутого примыкания скошенная поверхность 511с наружной резьбы 51 не находится в контакте со скошенной поверхностью 711с внутренней резьбы 71.

Обеспечение скошенных поверхностей облегчает вставку ниппеля и улучшает герметичность в резьбах. Угол скошенных поверхностей 511с, соответственно, находится в диапазоне от 30 до 60° относительно впадины наружной резьбы 51.

Как обсуждалось выше, в вариантах реализаций, использующих наружную и внутреннюю резьбы 51 и 71, образованных как трапецидальные резьбы, во время замкнутого примыкания закладные стороны 511 и опорные стороны 512 наружной резьбы 51 в участке 11В с постоянной шириной резьбы находятся в контакте с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы 71 муфты.

Таким образом, в реализациях, где наружная и внутренняя резьбы 51 и 71, имеющие форму трапецидальных резьб, используются как наружная и внутренняя резьбы 11 и 31 резьбового соединения 10, резьбовое соединение 10 выполнено таким образом, что заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1 не находится в контакте с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2, когда закладные стороны 511 и опорные стороны 512 наружной резьбы 51 контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами, соответственно, внутренней резьбы 71 муфты, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1 способен контактировать с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 51 и 71).

Таким образом, когда наружная и внутренняя резьбы 51 и 71, имеющие форму трапецидальных резьб, используются в качестве наружной и внутренней резьб 11 и 31 резьбового соединения 10, резьбовое соединение 10 также обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

В вариантах осуществления наружная и внутренняя резьбы 51 и 71, имеющие форму трапецидальной резьбы, могут быть применены к любому из резьбовых соединений 10А, 10В, 10С, 100, 100А, 100В, 100С, 200, 200А, 200В, 200С, 300, 300А, 300В, 300С, 400, 400А, 400В, 400С, 500, 500А, 500В и 500С.

В таких случаях одно из резьбовых соединений 10А, 10В, 10С, 100, 100А, 100В, 100С, 200, 200А, 200В, 200С, 300, 300А, 300В, 300С, 400, 400А, 400В, 400С, 500, 500А, 500В и 500С обеспечивает диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 4.

Таким образом, в вариантах осуществления наружная и внутренняя резьбы могут быть клиновидными резьбами или трапецидальными резьбами.

Дополнительно в резьбовом соединении 10 вышеописанная наружная резьба 11 может состоять

только из участка 11А с изменяющейся шириной резьбы. Это связано с тем, что даже если участок 11В с постоянной шириной резьбы не предусмотрен, крутящий момент увеличивается, поскольку закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 сталкиваются с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312 внутренней резьбы 31, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания дополнительно увеличивается, когда кончик ниппеля 1 сталкивается с кончиком ниппеля 2 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31), тем самым обеспечивая широкий диапазон крутящего момента. Таким образом, наружная резьба 11 требует включения, по меньшей мере, участка 11А с изменяющейся шириной резьбы. По тем же причинам, в резьбовых соединениях 10А, 10В, 10С, 100, 100А, 100В, 100С, 200, 200А, 200В, 200С, 300, 300А, 300В, 300С, 400, 400А, 400В, 400С, 500, 500А, 500В и 500С наружная резьба 11 требует включения, по меньшей мере, участка 11А с изменяющейся шириной резьбы.

Первый вариант осуществления, рассмотренный выше, описывает резьбовое соединение 10 муфтового типа, сконструированное таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3, заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1 не находится в контакте с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1 способен контактировать с заплечиком 22 (т.е. кончиком) ниппеля 2 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Второй вариант осуществления, рассмотренный выше, описывает резьбовое соединение 100 муфтового типа, сконструированное таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11 ниппеля 1 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31 муфты 3D, заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1 не находится в контакте с заплечиком 34 муфты 3D, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 12 (т.е. кончик) ниппеля 1 способен контактировать с заплечиком 34 муфты 3D до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 11 и 31).

Третий вариант осуществления, рассмотренный выше, описывает резьбовое соединение 200 муфтового типа, сконструированное таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 211 и 212 ниппеля 201 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 231 и 232 муфты 203, промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 не находится в контакте с промежуточным заплечиком 233 муфты 203, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 213 ниппеля 201 способен контактировать с промежуточным заплечиком 233 муфты 203 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 211 и 212 и внутренних резьб 231 и 232).

Четвертый вариант осуществления, рассмотренный выше, описывает резьбовое соединение 300 интегрального типа, сконструированное таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 3012 ниппеля 301 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 3022 муфты 302, заплечик 3011 ниппеля 301 не находится в контакте с заплечиком 3021 муфты 302, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 3011 ниппеля 301 способен контактировать с заплечиком 3021 муфты 302 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 3012 и 3022).

Пятый вариант осуществления, рассмотренный выше, описывает резьбовое соединение 400 интегрального типа, сконструированное таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 4012 ниппеля 401 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 4022 муфты 402, заплечик 4013 ниппеля 401 не находится в контакте с заплечиком 4023 муфты 402, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик 4013 ниппеля 401 способен контактировать с заплечиком 4023 муфты 402 до пластической деформации резьб (т.е. наружной и внутренней резьб 4012 и 4022).

Шестой вариант осуществления, рассмотренный выше, описывает резьбовое соединение 500 интегрального типа, сконструированное таким образом, что когда закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружных резьб 5012 и 5014 ниппеля 501 контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренних резьб 5022 и 5024 муфты 502, промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 не находится в контакте с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания промежуточный заплечик 5013 ниппеля 501 способен контактировать с промежуточным заплечиком 5023 муфты 502 до пластической деформации резьб (т.е. наружных резьб 5012 и 5014 и внутренних резьб 5022 и 5024).

В участке 11А с изменяющейся шириной резьбы, закладные стороны 111 и опорные стороны 112 наружной резьбы 11, например, контактируют с закладными сторонами 311 и опорными сторонами 312, соответственно, внутренней резьбы 31, например, муфты 3, например.

Соответственно, резьбовое соединение согласно варианту осуществления требуется только для резьбового соединения для соединения труб, и включает в себя ниппель, включающий наружную резьбу, имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы, и муфту, включающую внутреннюю резьбу, имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы, где наружная резьба входит в зацепление с внутренней

резьбой, а заплечик, предусмотренный на ниппеле, не находится в контакте с заплечиком, предусмотренным на другом элементе, когда закладная сторона и опорная сторона наружной резьбы контактируют с закладной стороной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания, заплечик, предусмотренный на ниппеле, способен контактировать с заплечиком, предусмотренным на другом элементе, до пластической деформации резьб.

Если резьбовое соединение имеет одну из этих конструкций, когда закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами внутренней резьбы, крутящий момент увеличивается вдоль прямой линии k2, показанной на фиг. 4, когда закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы сталкиваются с закладными сторонами и опорными сторонами внутренней резьбы, и при дополнительном вращении в направлении свинчивания, и когда заплечик, предусмотренный на ниппеле, контактирует с заплечиком, предусмотренным на другом элементе, до пластической деформации резьб, крутящий момент дополнительно увеличивается вдоль изогнутой линии k3, показанной на фиг. 4, когда заплечик, предусмотренный на ниппеле, сталкивается с заплечиком, предусмотренным на другом элементе. Дополнительно обеспечивается достаточная уплотняющая характеристика в уплотнении, когда закладные стороны и опорные стороны наружной резьбы контактируют с закладными сторонами и опорными сторонами внутренней резьбы, потому что это увеличивает диапазон крутящего момента, который обеспечивает заданную характеристику в резьбовом соединении.

Следует понимать, что раскрытые здесь варианты осуществления являются примерами осуществления во всех отношениях, а не ограничительными. Объем настоящего изобретения не ограничивается вышеописанными вариантами осуществления, а формулой изобретения, и предполагается, что все модификации в пределах духа и объема, эквивалентные требованиям формулы изобретения, включены.

#### **Промышленная применимость**

Настоящее изобретение может быть применено к резьбовым соединениям.

#### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Резьбовое соединение (10, 10A, 10B, 10C) для соединения пары труб с использованием соединения (5, 5A, 5B, 5C), содержащее

пару ниппелей (1, 2), (1A, 2A), (1B, 2B), (1C, 2C), (1D, 2D), причем каждый из ниппелей предусмотрен на конце трубы, соответствующей одной из труб (6, 7), (6A, 7A), (6B, 7B), (6C, 7C), включает клинообразную наружную резьбу (11), имеющую участок (11A) с изменяющейся шириной резьбы и участок (11B) с постоянной шириной резьбы, и заплечик (12, 22) на его кончике; и

пару муфт (3, 4), (3A, 4A), (3B, 4B), (3C, 4C), причем каждая из муфт предусмотрена на соответствующем конце соединения и включает клинообразную внутреннюю резьбу (31), имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы и участок с постоянной шириной резьбы,

при этом наружная резьба (11) входит в зацепление с внутренней резьбой (31),

при этом участок (11A) с изменяющейся шириной резьбы ниппеля расположен прилегающим к заплечику ниппеля, а участок (11B) с постоянной шириной резьбы ниппеля расположен прилегающим к основанию (13) ниппеля,

резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда закладные стороны (111) и опорные стороны (112) в участках (11A) с изменяющейся шириной резьбы наружных резьб ниппелей пары труб контактируют с закладными сторонами (311) и опорными сторонами (312), соответственно, в участках с изменяющейся шириной резьбы внутренних резьб (31) муфт так, что крутящий момент свинчивания увеличивается от уровня крутящего момента замкнутого примыкания до уровня крутящего момента касания заплечиков, заплечики (12, 22) ниппелей пары труб не находятся в контакте друг с другом, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечики (12, 22) ниппелей пары труб способны контактировать друг с другом до пластической деформации резьб, и крутящий момент свинчивания дополнительно увеличивается от уровня крутящего момента замкнутого примыкания выше уровня крутящего момента касания заплечиков.

2. Резьбовое соединение по п.1, в котором в участке (11A) с изменяющейся шириной резьбы закладная сторона (111), вершина (113) и опорная сторона (112) наружной резьбы (11) контактируют с закладной стороной (311), впадиной (313) и опорной стороной (312), соответственно, внутренней резьбы (31) для обеспечения герметичности в резьбовом соединении.

3. Резьбовое соединение по п.1 или 2, в котором один из ниппелей (1D, 2D) пары труб дополнительно включает в себя охватывающую уплотнительную поверхность (17D) ниппеля, предусмотренную на внутренней периферии его кончика, а другой ниппель (2D) дополнительно включает охватываемую уплотнительную поверхность (27D) ниппеля, предусмотренную на внешней периферии его кончика, и при этом охватывающая уплотнительная поверхность (17D) ниппеля герметично контактирует с охватываемой уплотнительной поверхностью (27D) ниппеля.

4. Резьбовое соединение (100, 100A, 100B, 100C, 300, 300A, 300B, 300C) для соединения труб ((6, 7), (6A, 7A), (6B, 7B), (6C, 7C), (310, 320), (310A, 320A), (310B, 320B), (310C, 320C)), содержащее ниппель (1, 2, 1A, 2A, 1B, 2B, 1C, 2C, 301, 301A, 301B, 301C), включающий клинообразную наруж-

ную резьбу (11), имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы и участок с постоянной шириной резьбы; и

муфту (3D, 4D, 3E, 4E, 3F, 4F, 3G, 4G), включающую клинообразную внутреннюю резьбу (31), имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы и участок с постоянной шириной резьбы,

при этом наружная резьба (11) входит в зацепление с внутренней резьбой (31), заплечик (12, 22) предусмотрен на кончике ниппеля;

заплечик (34, 44) предусмотрен на муфте, чтобы соответствовать заплечичу ниппеля;

при этом участок с изменяющейся шириной резьбы ниппеля расположен прилегающим к заплечичу ниппеля, а участок с постоянной шириной резьбы ниппеля расположен прилегающим к основанию (13; 23) ниппеля;

резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда закладная сторона и опорная сторона в участке с изменяющейся шириной резьбы наружной резьбы (11) контактируют с закладной стороной и опорной стороной, соответственно, в участке с изменяющейся шириной резьбы внутренней резьбы (31) так, что крутящий момент свинчивания увеличивается от уровня крутящего момента замкнутого примыкания до уровня крутящего момента касания заплечиков, заплечик (12, 22), предусмотренный на ниппеле, не находится в контакте с заплечиком (34, 44), предусмотренным на муфте, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечик (12, 22), предусмотренный на ниппеле, способен контактировать с заплечиком (34, 44), предусмотренным на муфте, до пластической деформации резьб, и крутящий момент свинчивания дополнительно увеличивается выше уровня крутящего момента касания заплечиков.

5. Резьбовое соединение по п.4, в котором в участке с изменяющейся шириной резьбы закладная сторона, вершина и опорная сторона наружной резьбы (11) контактируют с закладной стороной, впадиной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы (31) для обеспечения герметичности в резьбовом соединении.

6. Резьбовое соединение (400, 400А, 400В, 400С) для соединения труб ((410, 420), (410А, 420А), (410В, 420В), (410С, 420С)), содержащее

ниппель (401, 401А, 401В, 401С), включающий клинообразную наружную резьбу (4012), имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы и участок с постоянной шириной резьбы; и

муфту (402, 402А, 402В, 402С), включающую клинообразную внутреннюю резьбу (4022), имеющую участок с изменяющейся шириной резьбы и участок с постоянной шириной резьбы,

при этом наружная резьба (4012) входит в зацепление с внутренней резьбой (4022),

заплечик (4023) предусмотрен на кончике муфты;

заплечик (4013) предусмотрен на ниппеле, чтобы соответствовать заплечичу (4023) муфты; и

участок с изменяющейся шириной резьбы ниппеля расположен прилегающим к кончику ниппеля, а участок с постоянной шириной резьбы ниппеля расположен прилегающим к основанию ниппеля;

резьбовое соединение выполнено таким образом, что когда закладная сторона и опорная сторона в участке с изменяющейся шириной резьбы наружной резьбы (4012) контактируют с закладной стороной и опорной стороной, соответственно, в участке с изменяющейся шириной резьбы внутренней резьбы (4022) так, что крутящий момент свинчивания увеличивается от уровня крутящего момента замкнутого примыкания до уровня крутящего момента касания заплечиков, заплечики (4023, 4013) муфты и ниппеля не находятся в контакте друг с другом, а при дополнительном вращении в направлении свинчивания заплечики (4023, 4013) муфты и ниппеля способны контактировать друг с другом до пластической деформации резьб и крутящий момент свинчивания дополнительно увеличивается выше уровня крутящего момента касания заплечиков.

7. Резьбовое соединение по п.6, в котором в участке с изменяющейся шириной резьбы, закладная сторона, вершина и опорная сторона наружной резьбы контактируют с закладной стороной, впадиной и опорной стороной, соответственно, внутренней резьбы для обеспечения герметичности в резьбовом соединении.

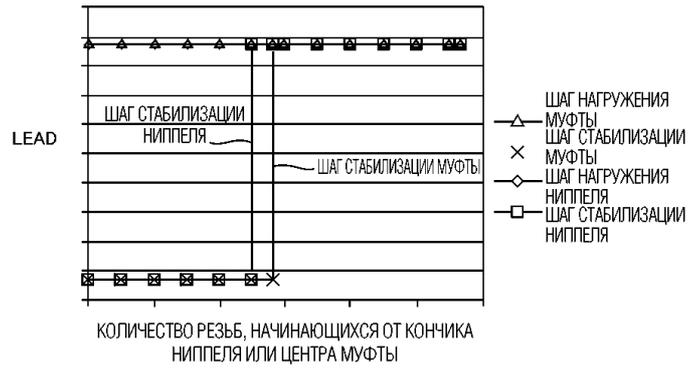
8. Резьбовое соединение по любому из пп.1-7, в котором

ниппель включает в себя уплотнительную поверхность ниппеля, расположенную ближе к концу трубы и/или телу трубы, чем наружная резьба, как определено вдоль направления оси трубы;

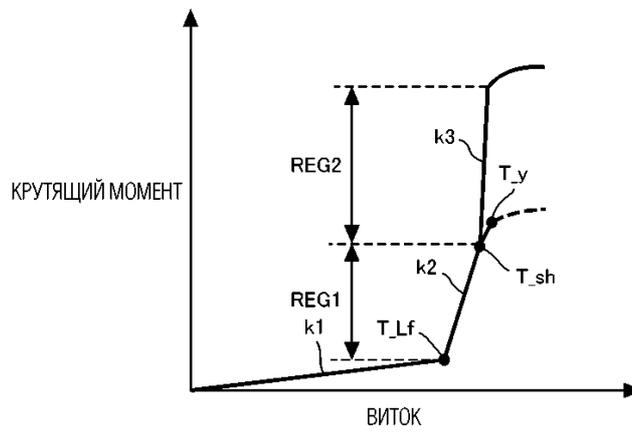
муфта включает в себя уплотнительную поверхность муфты, предусмотренную, чтобы соответствовать уплотнительной поверхности ниппеля; и

уплотнительная поверхность ниппеля герметично контактирует с уплотнительной поверхностью муфты.

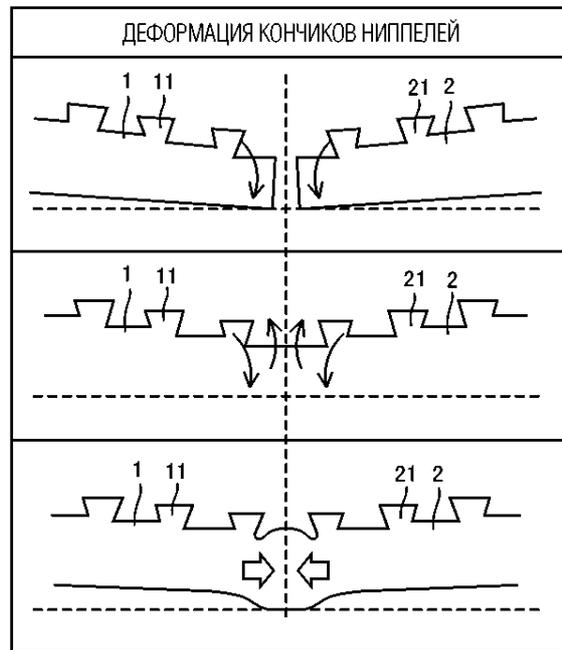




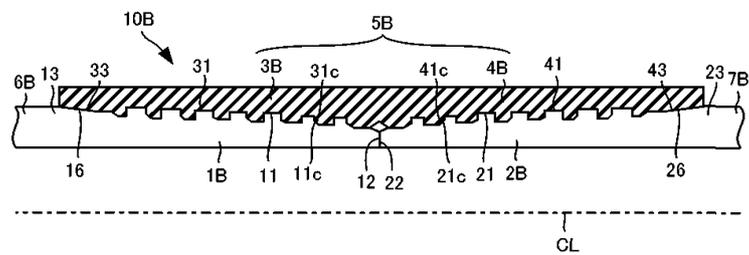
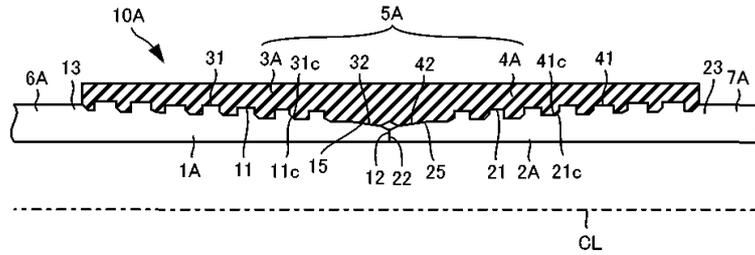
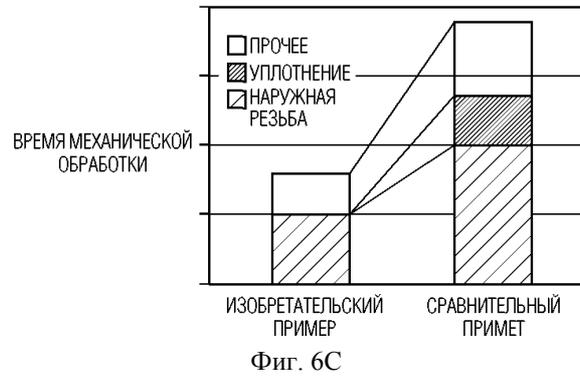
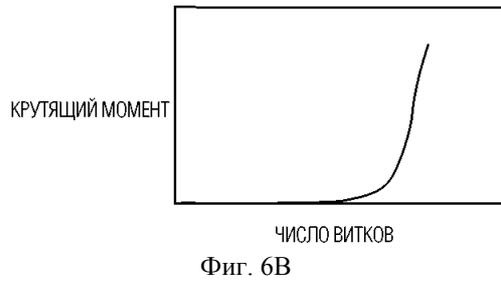
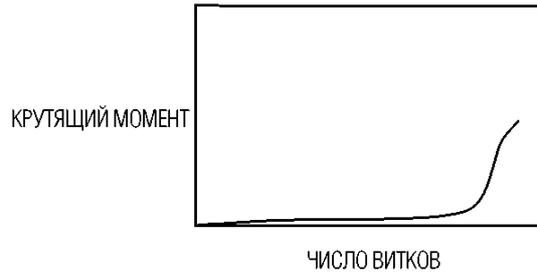
Фиг. 3

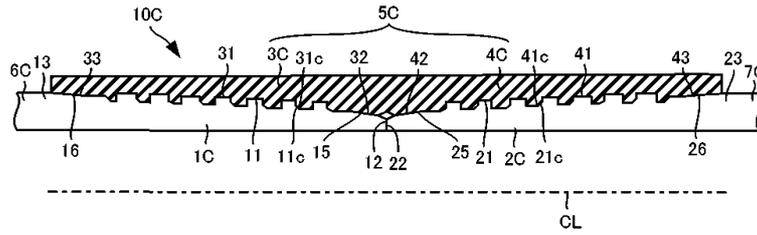


Фиг. 4

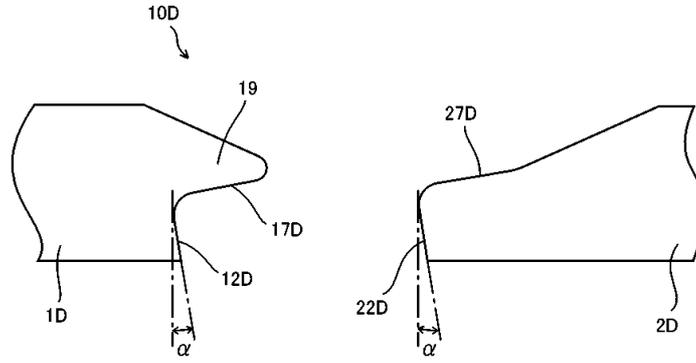


Фиг. 5

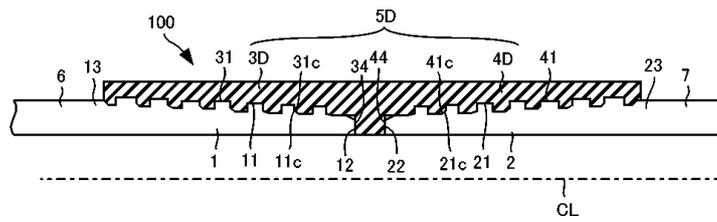




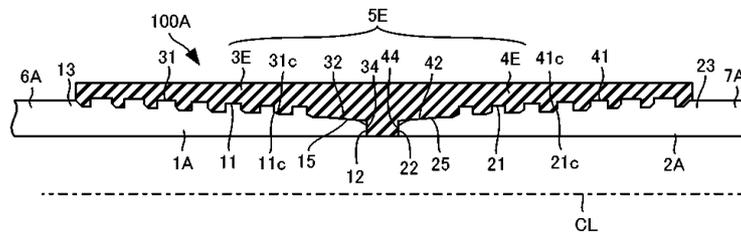
Фиг. 9



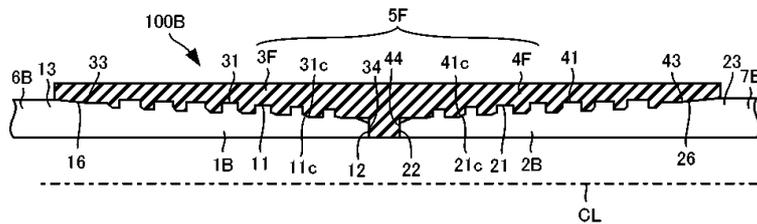
Фиг. 9А



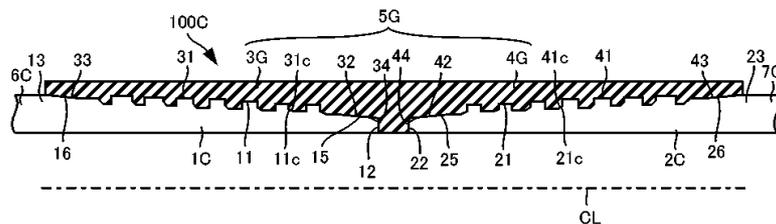
Фиг. 10



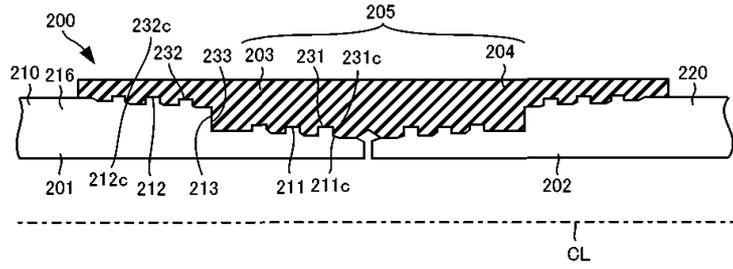
Фиг. 11



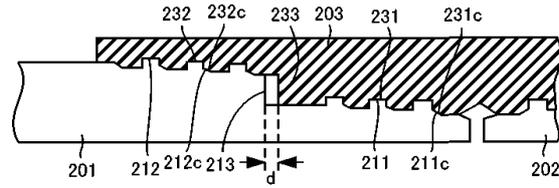
Фиг. 12



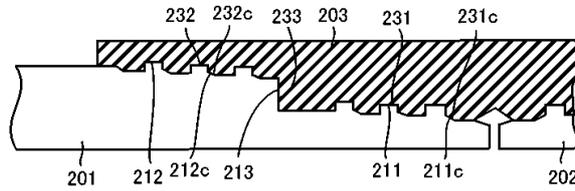
Фиг. 13



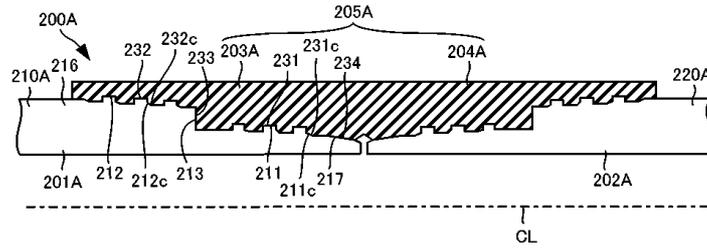
Фиг. 14



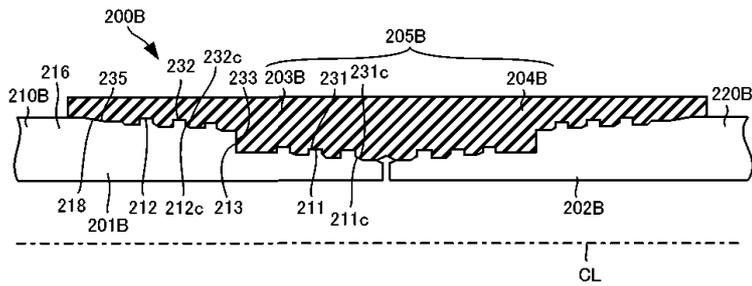
Фиг. 15А



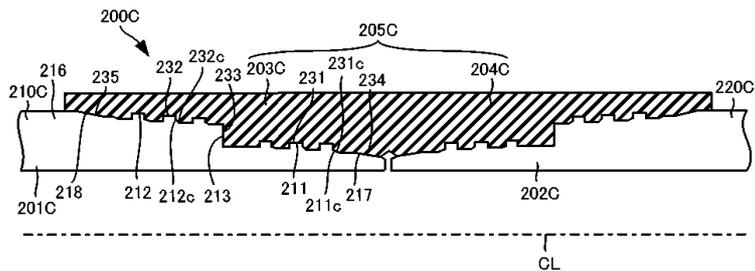
Фиг. 15В



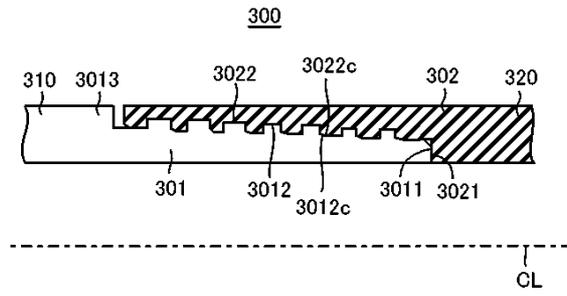
Фиг. 16



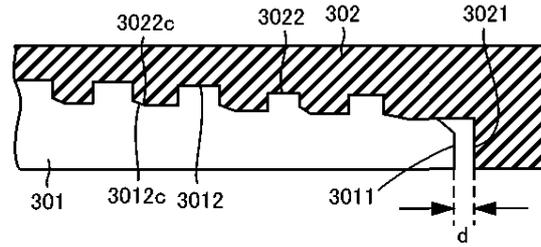
Фиг. 17



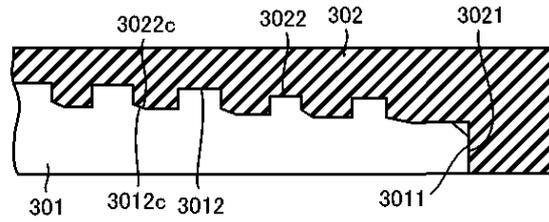
Фиг. 18



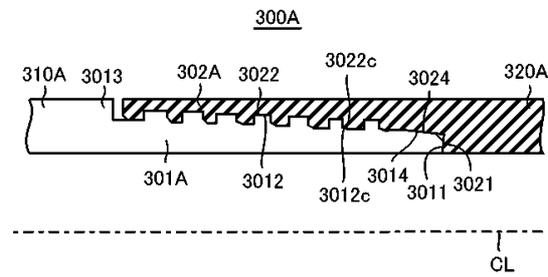
Фиг. 19



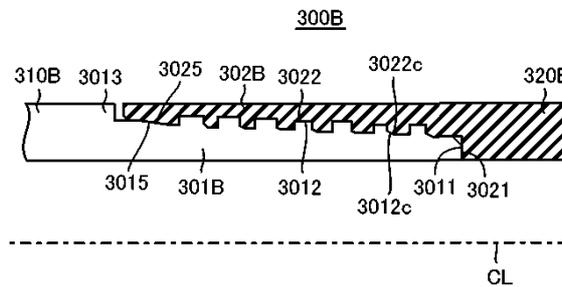
Фиг. 20А



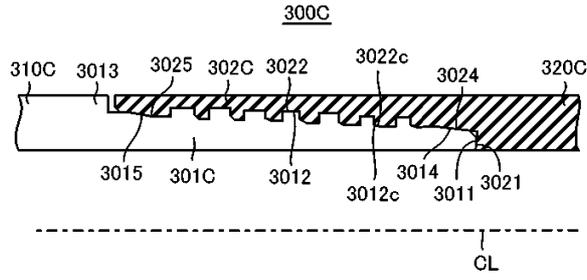
Фиг. 20В



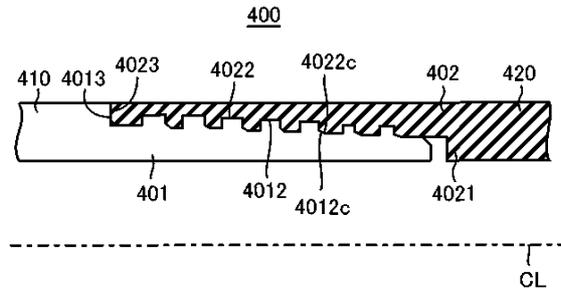
Фиг. 21



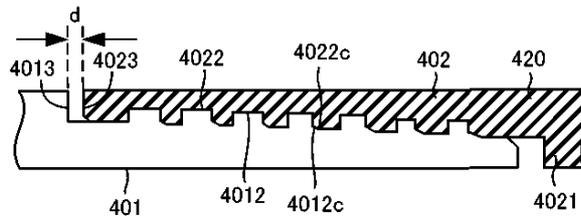
Фиг. 22



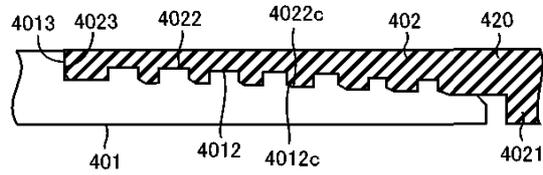
Фиг. 23



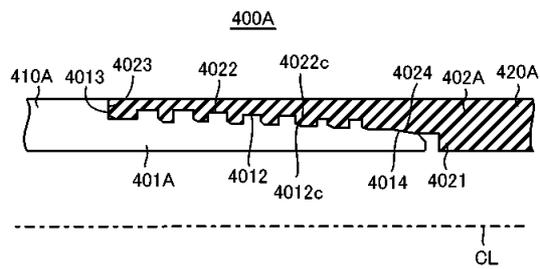
Фиг. 24



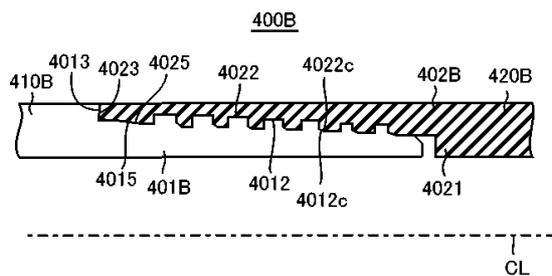
Фиг. 25А



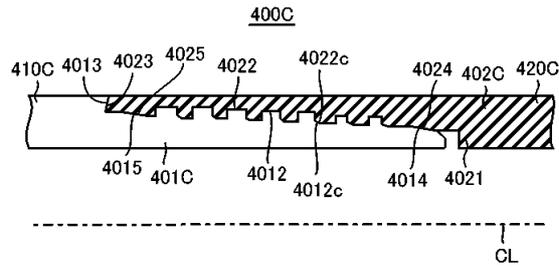
Фиг. 25В



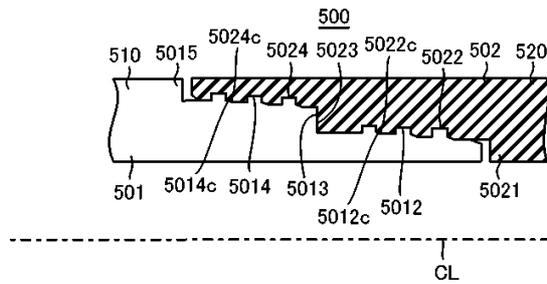
Фиг. 26



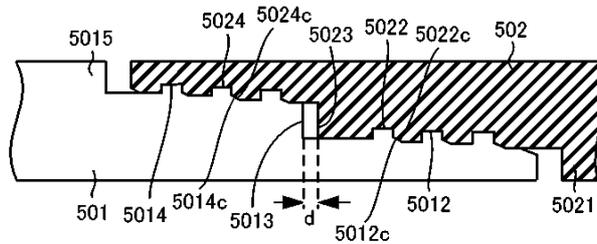
Фиг. 27



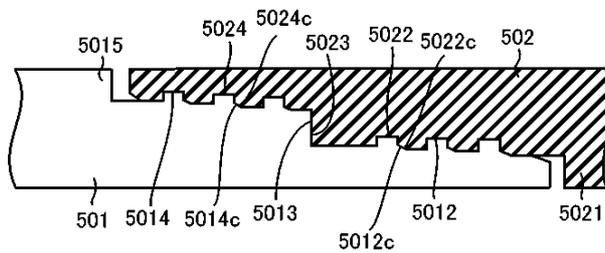
Фиг. 28



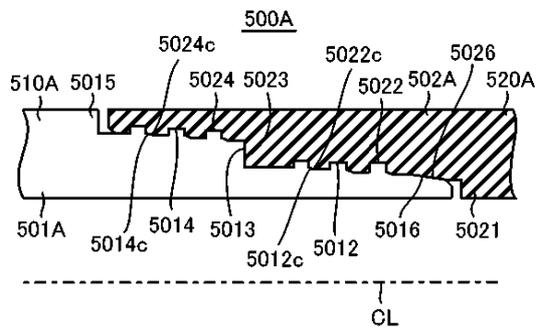
Фиг. 29



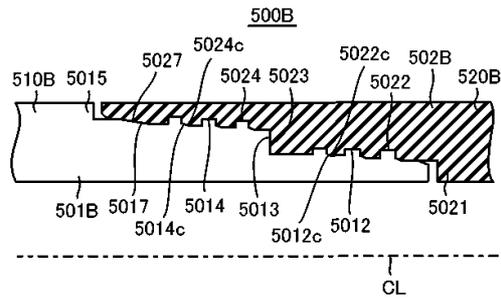
Фиг. 30А



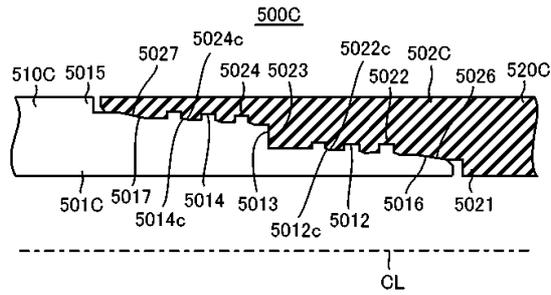
Фиг. 30В



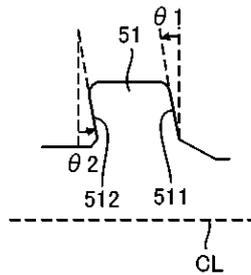
Фиг. 31



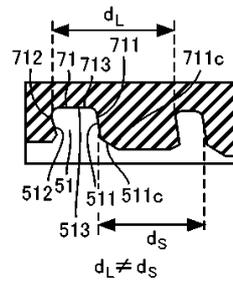
Фиг. 32



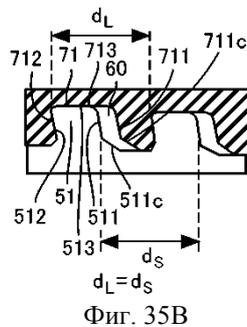
Фиг. 33



Фиг. 34



Фиг. 35А



Фиг. 35В

