

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044834**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.04

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

(21) Номер заявки
202291981

(22) Дата подачи заявки
2021.01.25

(54) **САМОБЛОКИРУЮЩЕЕСЯ РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЧАСТИЧНО В
НЕБЛОКИРУЮЩЕМСЯ ЗАЦЕПЛЕНИИ**

(31) **20153787.5**

(56) WO-A1-2016108141

(32) **2020.01.27**

EP-A1-3514431

(33) **EP**

EP-A1-3078893

(43) **2022.10.18**

(86) **PCT/EP2021/051552**

(87) **WO 2021/151810 2021.08.05**

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

(72) Изобретатель:
Отт Весли, Гранже Скотт (FR)

(74) Представитель:
Кузнецова С.А. (RU)

(57) Самоблокирующееся резьбовое соединение, находящееся частично в неблокирующемся зацеплении, содержит первый и второй трубные компоненты, на соответствующих концах которых предусмотрены зоны (3, 4) охватываемой резьбы и охватывающей резьбы соответственно. Первые участки (11, 12) зон охватывающей резьбы с изменяющейся шириной резьбы и впадиной взаимодействуют друг с другом по самоблокирующейся затягивающейся компоновке. Блокирующаяся область (10) в резьбовом соединении расположена в середине между неблокирующимися участками (22, 23) и радиально центрирована в соответствии с допусками API для тела трубы, чтобы выдерживать высокий крутящий момент и характеристики уплотнения.

B1

044834

044834

B1

Настоящее изобретение относится к самоблокирующемуся резьбовому соединению, находящемуся частично в неблокирующемся зацеплении. Целью настоящего изобретения является оптимизация надежности и экономической эффективности для клиентов, осуществляющих ведение работ по добыче сланцевого газа, и, в частности, повышение герметичности таких скважин по добыче сланцевого газа. Соединение согласно настоящему изобретению способно выдерживать высокие крутящие моменты, необходимые для специальных применений, таких как бурение на обсадной колонне, даже в скважинах со сложной конфигурацией, таких как наклонно-направленные и горизонтальные скважины. Поэтому в настоящем изобретении предлагается резьбовое соединение для обсадных колонн и труб, способное выдерживать тяжелую программу испытаний комбинированных нагрузок, таких как растяжение и сжатие, внутреннее и внешнее давление и сгибание, как указано в проекте Технического отчета API (TR) 5SF за 2016 год, Руководство по оценке эффективности соединения обсадных колонн в горизонтальных скважинах с несколькими трещинами. Нагрузка при установке будет включать усталостную нагрузку на соединение, стимулирующая нагрузка будет имитировать гидравлический разрыв, а производственная нагрузка будет испытывать соединение вокруг эквивалентного напряжения по Фон Мизесу со сгибанием и при повышенной температуре.

Конструкция согласно настоящему изобретению особенно подходит для промежуточной обсадной колонны и, в частности, для обсадной колонны, используемой для гидроразрыва.

Резьбовое соединение обычно содержит первый и второй трубчатые компоненты, один из которых снабжен охватываемым элементом на одном конце первого тела трубы, а другой снабжен охватывающим элементом на другом конце второго тела трубы, причем каждый элемент снабжен зоной резьбы.

Известным способом обычно соединяют охватываемый и охватывающий элементы путем свинчивания зоны охватываемой резьбы с зоной охватывающей резьбы, при этом компоновка определяет соединение.

Между тем, в случае интегрального соединения как первое, так и второе тело труб представляют собой стальные трубы, и муфта не используется. В этом случае стальные трубы, примыкающие друг к другу, непосредственно соединяются друг с другом без использования муфты. При одинаковом номинальном наружном диаметре и одинаковой толщине стенок смежных стальных труб для их обеспечения этими зонами резьбы необходимо формировать концы обеих труб. Предпочтительно охватываемый элемент подвергнут обжиму, а охватывающий элемент расширен до обработки резьбы.

Увеличение наружного диаметра и соответствующее уменьшение внутреннего диаметра в месте резьбового соединения определяются стандартами API с целью соблюдения допуска для оправки согласно требованиям и обеспечения нахождения в пределах допуска на наружный диаметр, чтобы избежать нарушения целостности скважины, которая должна быть оборудована такой обсадной колонной.

Таким образом, обычно для полуравнопроходного резьбового соединения, грубо говоря, для большей части традиционных размеров, номинальный наружный диаметр резьбового соединения должен оставаться меньше 106% номинального наружного диаметра тела трубы, а внутренний диаметр резьбового соединения должен быть подходящим для соответствия требованиям API к оправке, установленным в API RP 5C5.

Колонна трубчатых компонентов, образованная таким образом, также может вращаться при бурении скважины на обсадной колонне. По этой причине компоненты должны быть свинчены вместе с высоким крутящим моментом, чтобы иметь возможность передавать крутящий момент, достаточный для того, чтобы колонна могла продвигаться в скважину, а также не развинчиваться. Когда колонне придается вращательное движение для продвижения в трубе, вращательное движение постепенно передается от тел труб с наибольшим диаметром к телам труб колонны с меньшим диаметром, которые находятся в самом глубоком месте.

Для обычных изделий момент свинчивания обычно достигается благодаря взаимодействию путем затягивания упорных поверхностей, предусмотренных на свободном конце тела трубы, с примыканием в свинченном положении к соответствующей поверхности заплечика. Однако, поскольку протяженность упорных поверхностей составляет часть толщины труб, быстро достигается критический порог пластичности упорных поверхностей, когда прикладывается слишком большой момент свинчивания, особенно, когда речь идет о телах труб малого диаметра.

Серьезной проблемой этих соединений также является обеспечение достаточных характеристик уплотнения при их установке в надлежащем месте в скважине. Во время производственного процесса соединения будут подвергнуты воздействию текучей среды с сильным изменением внутреннего давления внутри обсадной колонны. Таким образом, интегральное соединение позволяет одновременно оптимизировать как максимальный крутящий момент, так и характеристику уплотнения, удовлетворяя при этом потребности в герметичности для жидкости.

В документе US-7661728 описывается интегральное резьбовое соединение с достаточным максимальным крутящим моментом, при этом соединении не имеет никаких упорных поверхностей, а опирается на две зоны резьбы с низкой конической резьбой, и обе зоны резьбы имеют самоблокирующуюся компоновку. Обе зоны резьбы содержат резьбу охватываемого конца (также называемого ниппельным элементом) и резьбу охватывающего конца (также называемого муфтовым элементом), имеющие пост-

янный ход, но переменную ширину резьбы, поскольку закладной ход закладных сторон не равен опорному ходу опорных сторон. Такой тип резьбы называется клиновидной резьбой. Согласно этому документу предусмотрена характеристика уплотнения "металл к металлу" для достижения высококачественных эксплуатационных характеристик уплотнения как для жидкости, так и для газа. Каждый из охватываемого и охватывающего элементов соответственно содержат уплотняющие поверхности, которые могут взаимодействовать друг с другом в зажимном контакте (также называемом контакт с натягом), когда зоны резьбы взаимодействуют после самоблокирующегося свинчивания.

Традиционно резьба охватываемого конца имеет вершину ниппельной резьбы, впадину ниппельной резьбы, ниппельную опорную сторону и ниппельную закладную сторону. Резьба охватывающего конца имеет вершину муфтовой резьбы, впадину муфтовой резьбы, муфтовую опорную сторону и муфтовую закладную сторону. Более конкретно, при клиновидной резьбе ширина вершин витков (или зубьев) резьб постепенно увеличивается для резьб охватываемого конца или охватывающего конца соответственно с увеличением расстояния от охватываемого осевого конца или охватывающего осевого конца соответственно.

Клиновидные резьбы характеризуются коэффициентом клиновидности, который представляет собой ненулевую разницу между ходом LFL опорной стороны и ходом SFL закладной стороны, при этом ход LFL опорной стороны либо строго больше, либо строго меньше, чем ход SFL закладной стороны, разница рассчитывается с помощью соответствующих значений хода. В традиционной клиновидной резьбе LFL как ниппельного элемента, так и муфтового элемента равны, и соответственно SFL как ниппельного элемента, так и муфтового элемента также равны. Таким образом, коэффициент клиновидности является одинаковым как для ниппельного элемента, так и для муфтового элемента. Во время свинчивания витки (или зубья) охватываемой и охватывающей резьбы заканчиваются блокированием друг друга в предсказуемом положении, соответствующем точке блокирования.

Более конкретно, блокирование происходит для самоблокирующейся резьбы, когда как закладные стороны, так и опорные стороны витков (или зубьев) охватываемой резьбы блокируются соответственно относительно закладных сторон и опорных сторон соответствующих витков (или зубьев) охватывающей резьбы. По этой причине момент свинчивания воспринимается всеми контактными поверхностями между этими сторонами, то есть общей площадью поверхности, которая значительно больше, чем у упорных поверхностей предшествующего уровня техники.

Но когда такой тип соединения уменьшен для установки в трубу с малым наружным диаметром и малой толщиной стенки, то поведение уменьшенных зон резьбы не соответствует прогнозу, поскольку высота зубьев резьбы является важным параметром для расчета максимального крутящего момента. Таким образом, необходимо полностью пересмотреть конструкцию соединений с описанием такого типа, поскольку она не обеспечивает требуемого максимального крутящего момента и характеристики уплотнения исключительно при уменьшенных размерах. Другим способом уменьшения размеров известного соединения является уменьшение количества витков зоны резьбы, но тогда соответственно значительно снижается максимальный крутящий момент.

Другое известное в данной области техники резьбовое соединение, предназначенное для соединения полупремий класса только с характеристиками герметичности для жидкости, известно из документа WO-2019-076622. В этом документе описывается соединение, имеющее зону резьбы, выполненную из зубьев, имеющих двукратное изменение в профиле хода как ниппельного элемента, так и муфтового элемента, так что профиль резьбы как ниппельного элемента, так и муфтового элемента содержит ровные зубья на обоих концах их соответствующей зоны резьбы, причем ровные зубья находятся смежно зубьям, имеющим такую же ширину вершины и такую же ширину впадины. Между этими ровными зубьями как ниппельные, так и муфтовые зоны резьбы содержат клиновидную резьбу. Клиновидные резьбы ниппеля и муфты лишь частично находятся в самоблокирующемся зацеплении, поскольку эти клиновидные резьбы расположены не совсем в одном и том же положении вдоль зоны конической резьбы.

Но эта конструкция соединения в соответствии с документом WO-2019-076622 не прошла испытания на комбинированную нагрузку с материалом с более высоким пределом текучести, превышающем 140 тысяч фунтов на кв. дюйм, и не прошла испытания на сгибание с материалом с пределом текучести, составляющим 125 тысяч фунтов на кв. дюйм и выше, при испытании в соединении наружного диаметра 346 мм ($13\frac{5}{8}$ ") и веса 88,2, что соответствует соответственно номинальному внутреннему диаметру 314,33 мм (12,38"). Это соединение, имеющее такое сложное изменение в профилях ходов как ниппельного, так и муфтового элемента, что все размеры наружного диаметра тела трубы должны быть спроектированы с одинаковым профилем соединения, но тогда эффективность соединения достигает только 73% от эффективности тела трубы при испытании такого размера, как наружный диаметр, составляющий 346 мм ($13\frac{5}{8}$ дюйма). Более того, такая конструкция соединения, как представляется, не подходит для труб с наружным диаметром 346 мм ($13\frac{5}{8}$ ") или меньше и материалом с пределом текучести 125 тысяч фунтов на кв. дюйм или выше. Более того, было бы невозможно уменьшить размер каждой части соединения, так как меньшая резьба значительно уменьшила бы максимальный крутящий момент резьбы.

Существует потребность в экономически эффективном соединении, обеспечивающем более широ-

кий допуск для механической обработки при обеспечении гарантий герметичности для жидкости согласно API 5C5:2017 CAL-I при сгибании и сгибании при повышенной температуре, даже для труб номинального диаметра менее 346 мм ($13\frac{5}{8}$ "), менее подверженных повреждениям при транспортировке и эксплуатации, с более длительным сроком службы благодаря более высокому допустимому количеству циклов свинчивания и развинчивания. Также существует потребность в соединении с более высоким крутящим моментом, более быстрым свинчиванием и большей экономией в изготовлении, особенно для небольших размеров наружного диаметра тела трубы от 76,2 мм (3 дюйма) до 152,4 мм (6 дюймов). Эти потребности сочетаются с необходимостью обеспечения эффективности соединения выше 85% от эффективности тела трубы.

По этой причине, и особенно для тела трубы с наружным диаметром менее 346 мм ($13\frac{5}{8}$ дюйма), существует очень специфическая потребность в решении, способном выдерживать такие требования к крутящему моменту, в дополнение к специфическим требованиям к сланцу, таким как циклическая усталость из-за вращения колонны во время установки обсадной колонны в поперечном разрезе скважин и последующего воздействия высокого внутреннего давления, сгибания и высокой температуры в процессе гидравлического разрыва. Была проведена тяжелая программа испытаний, содержащая испытания на водонепроницаемость, также выполненная в условиях сгибания.

По этой причине цель изобретения состоит в том, чтобы предоставить полуравнопроходное соединение полупремиум класса, предназначенное для применения при работе со сланцами, имеющее самоблокирующуюся резьбу, в результате чего блокирующаяся резьба обеспечивает уплотнение, достаточное для того, чтобы выдерживать герметичность для жидкости, но также достаточное для обеспечения необходимого максимального крутящего момента. В дополнение к вышеуказанному требованию, которое должно быть соблюдено, существует потребность в том, чтобы такое соединение имело разумные производственные затраты с точки зрения количества путей, по которым проходит обрабатывающий вводимый инструмент как в отношении ниппельных, так и муфтовых элементов.

Более конкретно в настоящем изобретении предоставлено резьбовое соединение, содержащее первый и второй трубный компонент, причем в первом трубном компоненте предусмотрено тело трубы и охватываемый элемент на дистальном конце тела трубы, а во втором трубном компоненте предусмотрено другое тело трубы и охватывающий элемент на дистальном конце этого тела трубы таким образом, что охватываемый элемент содержит на своей внешней периферийной поверхности по меньшей мере одну зону охватываемой резьбы и заканчивается охватываемой концевой поверхностью, а охватывающий элемент содержит на своей внутренней периферийной поверхности по меньшей мере одну зону охватывающей резьбы и заканчивается охватывающей концевой поверхностью, зона охватываемой резьбы содержит охватываемую резьбу, имеющую первый участок, в котором ширина впадины резьбы (WR_p) уменьшается в направлении, ориентированном от охватываемой концевой поверхности к телу трубы первого трубчатого компонента, и второй участок, смежный с первым участком, в котором ширина впадины резьбы сохраняет минимальное постоянное значение ширины ($WR_{p_{min}}$), при этом зуб, ближайший к охватываемой концевой поверхности, представляет максимальное значение ширины впадины ($WR_{p_{max}}$) охватываемой резьбы, и зона охватывающей резьбы содержит охватывающую резьбу, имеющую первый участок, в которой ширина впадины резьбы (WR_b) уменьшается вдоль направления, ориентированного от охватывающей концевой поверхности к телу трубы второго трубчатого компонента, и второй участок, смежный с первым участком, в котором ширина впадины резьбы сохраняет минимальное постоянное значение ширины ($WR_{b_{min}}$), при этом зуб, ближайший к охватывающей концевой поверхности (8), представляет максимальное значение ширины впадины ($WR_{b_{max}}$) охватывающей резьбы, при этом первые участки охватываемой резьбы и охватывающей резьбы частично свинчены в самоблокирующейся компоновке для обеспечения блокирующейся области в резьбовом соединении.

Техническое преимущество соединения согласно настоящему изобретению состоит в том, что во время сборки не требуется соблюдать никаких специальных таблиц крутящих моментов свинчивания, поскольку таблица крутящих моментов для соединения согласно настоящему изобретению допускает базовую характеристику свинчивания и более широкие допуски, чем средний диапазон крутящего момента для соединения предшествующего уровня техники. Это преимущество является значительным, чтобы снизить стоимость эксплуатации такого типа соединения.

Другим преимуществом настоящего изобретения является то, что крутящий момент свинчивания достижим с помощью максимального крутящего момента буровой установки, и что соединение может быть свинчено менее чем за 1,5 оборота после ручного крепления, когда закладные и опорные стороны контактируют друг с другом, более вероятно, что соединение согласно настоящему изобретению требует менее 4 оборотов от направления конца трубы в соединение до окончательного положения свинчивания.

Другим преимуществом настоящего изобретения является то, что соединение также соответствует API RP 5C5:2017 CAL-I серии В без сгибания, но также со сгибанием, а также протоколам испытаний на сгибание при повышенной температуре, чтобы гарантировать герметичность для жидкости также при сгибании. Герметичность для жидкости также была продемонстрирована после более чем 40000 воздействий усталостной нагрузки на соединение. Необязательные дополнительные или замещающие характеристики изобретения приведены ниже.

Блокирующаяся область предпочтительно может составлять более 60% от общей длины свинчивания сцепленных охватываемой и охватывающей резьб.

В частности, блокирующаяся область может быть расположена между двумя неблокирующимися областями, причем каждая неблокирующаяся область соответственно смежна с каждой продольной стороной блокирующейся области.

Согласно первому варианту осуществления настоящего изобретения зона охватываемой резьбы может содержать одну охватываемую резьбу, выполненную из одной непрерывной спирали таким образом, что ход охватываемых закладных сторон (SFL_p) изменяется в одном положении (24) на охватываемой резьбе, и зона охватывающей резьбы содержит одну охватывающую резьбу, выполненную из одной непрерывной спирали таким образом, что ход охватывающих закладных сторон (SFL_b) изменяется в одном положении (25) на охватывающей резьбе, причем соответствующие изменения ходов охватываемой и охватывающей частей в закладных сторонах находятся в разных положениях, в результате чего между этими двумя положениями определяется блокирующаяся область, и при этом ход охватываемых опорных сторон (LFL_p) и ход охватывающих опорных сторон (LFL_b) остаются постоянными вдоль всей зоны охватываемой резьбы и соответственно зоны охватывающей резьбы.

Согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения зона охватываемой резьбы содержит одну охватываемую резьбу, выполненную из одной непрерывной спирали таким образом, что ход охватываемых опорных сторон (LFL_p) изменяется в одном положении на охватываемой резьбе, и зона охватывающей резьбы содержит одну охватывающую резьбу, выполненную из одной непрерывной спирали таким образом, что ход охватывающих опорных сторон (LFL_b) изменяется в одном положении на охватывающей резьбе, причем соответствующие изменения ходов охватываемой и охватывающей частей в опорных сторонах находятся в разных положениях, в результате чего между этими двумя положениями определяется блокирующаяся область, и при этом ход охватываемых закладных сторон (SFL_p) и ход охватывающих закладных сторон (SFL_b) остаются постоянными вдоль всей зоны охватываемой резьбы и соответственно зоны охватывающей резьбы.

Например, коэффициент клиновидности в блокирующейся области может быть установлен ниже 0,15 мм.

Предпочтительно зоны охватываемой и охватывающей резьбы могут иметь конусную образующую линию, создающую угол θ , представляющий собой угол конусности, при этом угол конусности представляет собой угол между образующей линией зон охватываемой и охватывающей резьбы и осью соединения с осью соединения, причем конусность находится в диапазоне от 1/6 до 1/18 и предпочтительно выбирается в диапазоне от 1/6 до 1/10 и даже более предпочтительно составляет приблизительно 12,5%, и при этом вершины и впадины охватываемой и охватывающей резьбы в блокирующейся области параллельны конусной образующей линии зон резьбы.

Среднее положение блокирования (M) идентифицируется на осевой половине длины блокирующейся области, в результате чего диаметр делительной линии в среднем положении блокирования TD_{avg} может быть определен следующим образом:

$$(OD+ID_{max})\div 2-5\% WT < TD_{avg} < (OD+ID_{max})\div 2+10\% WT,$$

где

OD представляет собой номинальный наружный диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

WT представляет собой номинальную ширину трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

ID_{max} представляет собой максимально допустимый внутренний диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT (API 5CT обеспечивает номинальные размеры OD и WT для труб, а также допуски для обоих размеров).

Таким образом, ID_{max} рассчитывается с учетом максимально допустимого наружного диаметра тела трубы и минимальной допустимой ширины трубы).

Предложенное выше определение диаметра делительной линии в среднем положении блокирования TD_{avg} полезно для адаптации определения соединения в соответствии с настоящим изобретением ко всем типам размеров тела трубы.

Это среднее положение блокирования (M) идентифицируется на осевой половине длины блокирующейся области, в результате чего длина Lnl от этого среднего положения блокирования до продольной стороны блокирующейся области может быть определена следующим образом:

$$Lnl < (OD\div 2 - ID_{max}\div 2 - TH_{pitch})\div (2\times \tan(\theta)),$$

где

OD представляет собой номинальный наружный диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

ID_{max} представляет собой максимально допустимый внутренний диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

TH_{pitch} представляет собой вертикальное расстояние от делительной линии до впадины или вершины в блокирующейся области,

θ представляет собой угол конусности зоны резьбы.

Предложенное выше определение длины L_{nl} от этого среднего положения блокирования до продольной стороны блокирующейся области полезно для адаптации определения соединения в соответствии с настоящим изобретением ко всем типам размеров тела трубы с учетом высоты резьбы.

Предпочтительно максимальное значение ширины впадины охватываемой и/или охватывающей резьбы может быть установлено ниже удвоенного минимального значения ширины впадины соответствующей охватываемой или охватывающей резьбы. Это позволяет снизить затраты на механическую обработку.

Впадина охватывающей резьбы, которая находится ближе всего к телу трубы второго трубчатого компонента, может иметь ту же ширину впадины, что и впадина охватываемой резьбы, которая находится ближе всего к телу трубы первого трубчатого компонента.

Соответствующие зубья охватываемой резьбы и охватывающей резьбы соответственно вблизи тела трубы могут иметь неполную высоту резьбы и/или исчезающие зубья резьбы.

Охватывающая резьба может начинаться с охватывающей концевой поверхности, а охватываемая резьба может начинаться с охватываемой концевой поверхности.

Предпочтительно, чтобы избежать выскакивания, зубья зон охватываемой и охватывающей резьбы могут иметь профиль типа "ласточкин хвост", а α и β представляют собой углы опорной и соответственно закладной стороны перпендикулярно к оси соединения, причем α и β составляют менее 5° .

Как вершины зубьев охватываемой резьбы, так и вершины зубьев охватывающей резьбы могут вступать в зацепление с соответствующими впадинами в блокирующейся области, так что зацепление диаметров при зацеплении впадины/вершины может быть кратно 0,0020-0,0030 номинального наружного диаметра тела трубы.

Соединение согласно настоящему изобретению может не содержать какой-либо дистальной упорной поверхности, причем свободный конец охватываемого элемента находится на удалении от охватывающего элемента, и соответственно свободный конец охватывающего элемента находится на удалении от охватываемого элемента.

Как охватываемый, так и охватывающий элемент могут не содержать каких-либо дополнительных уплотняющих поверхностей помимо блокирующейся области.

Резбовое соединение может быть полуравнопроходным, а первый и второй трубные компоненты выполнены цельными, причем каждый из первого и второго трубных компонентов содержит охватываемый элемент и охватывающий элемент.

Зона охватываемой резьбы и зона охватывающей резьбы могут представлять собой однозаходную резьбу.

Характеристики и преимущества настоящего изобретения более подробно раскрыты в последующем описании, сделанном со ссылкой на прилагаемые графические материалы.

На фиг. 1 представлен вид в продольном разрезе одной половины соединения, содержащего самоблокирующуюся резьбу в соответствии с настоящим изобретением, в свинченном состоянии;

на фиг. 2 представлен график в соответствии

и с первым вариантом осуществления настоящего изобретения, показывающий изменение ходов опорных сторон и закладных сторон для охватываемого элемента и охватывающего элемента соответственно вдоль резьб охватываемого и охватывающего элемента в соответствии с фиг. 1 между дистальными концевыми поверхностями охватываемого элемента и соответственно охватывающего элемента, когда соединение свинчено. Значения ходов для охватываемых закладных сторон (SFL_p), охватываемых опорных сторон (LFL_p), охватывающих закладных сторон (SFL_b) и охватывающих опорных сторон (LFL_b) соответственно вдоль оси y , при этом ось x представляет расположение резьбы вдоль продольной оси трубного компонента;

на фиг. 3 представлен вид в продольном разрезе одной половины охватывающего элемента соединения в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 4 представлен вид в продольном разрезе одной половины охватывающего элемента соединения в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 5 представлен график типа, представленного на фиг. 2, согласно альтернативному варианту осуществления соединения в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 6 представлен подробный вид в продольном разрезе охватываемого зуба охватываемого конца, свинченного с охватывающим зубом охватывающей части согласно варианту осуществления соединения в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 7 представлен подробный вид в продольном разрезе одной половины дистального конца охватываемого элемента соединения в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 8 представлен подробный вид в продольном разрезе одной половины дистального конца охватывающего элемента соединения в соответствии с настоящим изобретением.

Резбовое трубное соединение, показанное на фиг. 1, содержит трубный компонент 5, в котором предусмотрен охватываемый элемент 1, и второй трубный компонент 6, в котором предусмотрен охва-

тывающий элемент 2. Охватываемый элемент 1 выступает из тела трубы первого трубчатого компонента 5. Охватывающий элемент 2 выступает из тела трубы второго трубчатого компонента 6.

Предпочтительно оба трубных компонента 5 и 6 являются цельными, так как они оба снабжены телом трубы, охватываемым элементом на одном первом дистальном конце тела трубы и охватывающим элементом на противоположном дистальном конце указанного тела трубы. Оба трубчатых компонента изготовлены из стали и, в одном примере, из углеродистой мартенситной стали с пределом текучести, который может варьироваться от 80 тысяч фунтов на кв. дюйм (550 МПа) до 140 тысяч фунтов на кв. дюйм (965 МПа).

Например, марка материала составляет от 80 тысяч фунтов на кв. дюйм (550 МПа) до 140 тысяч фунтов на кв. дюйм (965 МПа). Например, марка составляет выше 100 тысяч фунтов на кв. дюйм (690 МПа), например равна 125 тысяч фунтов на кв. дюйм (860 МПа).

Тело трубы может иметь номинальный наружный диаметр от 3¹/₂" (88,90 мм) до 13⁵/₈" (346 мм), а ширина стенки тела трубы от 8 до 22 мм, но предпочтительно с номинальным наружным диаметром менее 10" (254 мм), и еще более предпочтительно менее 6" (152,4 мм).

Согласно 10-му изданию API 5CT за 2018 год существует список стандартных номинальных наружных диаметров тела трубы, и для каждого размера соответствующий допустимый наружный диаметр соединения, как указано ниже

Номинальный наружный диаметр тела трубы	Наружный диаметр муфтового соединения
88,9 мм (3,5 дюйма)	107,95 мм (4,25 дюйма)
101,6 мм (4 дюйма)	120,65 мм (4,75 дюйма)
114,3 мм (4,5 дюйма)	132,08 мм (5,2 дюйма)
127 мм (5 дюйма)	147,32 мм (5,8 дюйма)
139,7 мм (5,5 дюйма)	160,02 мм (6,3 дюйма)

Наружный диаметр соединения в соответствии с настоящим изобретением выбирают таким, чтобы он был таким же, как наружный диаметр муфтового соединения следующего размера по API 5CT.

Согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения наружный диаметр тела трубы может составлять 5,5" (139,7 мм), при этом масса тела трубы составляет 20 фунтов/фут, что соответствует ширине стенки тела трубы, составляющей 0,361" (9,17 мм). В этом примере наружный диаметр муфтового соединения составляет 147,32 мм (5,8 дюйма). Внутренний диаметр соединения зависит от требований API 5CT к оправке с зазором, так что даже при свинчивании до максимального момента свинчивания в соответствии с допуском для крутящего момента свинчивания он все равно является проходимым.

Охватываемый элемент заканчивается на охватываемой концевой поверхности 7, образуя осевой свободный конец охватываемого элемента или ниппельной поверхности. Охватываемая концевая поверхность 7 также является свободной осевой поверхностью первого трубного компонента. Охватывающий элемент 2 заканчивается на охватывающей концевой поверхности 8, образуя осевой свободный конец охватывающего элемента или муфтовой поверхности. Охватывающая концевая поверхность 8 также является свободной осевой поверхностью второго трубного компонента. Охватываемая концевая поверхность 7 и охватывающая концевая поверхность 8 ориентированы радиально относительно продольной оси X соединения. Ни одна из охватываемой концевой поверхности 7 и охватывающей концевой поверхности 8 не располагаются в упорном контакте в конце свинчивания.

Как охватываемый элемент 1, так и охватывающий элемент 2 снабжены зонами 3, 4 конической резьбы, которые взаимодействуют для взаимного соединения посредством свинчивания двух компонентов. Зоны резьбы соответственно подвергаются механической обработке. На фиг. 1 резьбовое соединение показано полностью свинченным.

Согласно настоящему изобретению эффективность соединения составляет более 80% физического предела текучести тела трубы.

Угол конусности θ зон 3, 4 конической резьбы представляет собой угол между образующей линией охватываемой и охватывающей зон конической резьбы и продольной осью X соединения, причем конусность находится в диапазоне от 1/6 до 1/18 и предпочтительно выбирается в диапазоне от 1/6 до 1/10 и даже более предпочтительно составляет приблизительно 12,5%. Предпочтительно значение конусности может составлять 1/8 или 1/6, что соответствует углу θ конусности 3,6° и 4,8° соответственно.

Зоны 3 и 4 охватываемой и охватывающей резьбы могут быть однозаходными в соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения. "Однозаходный" означает, что каждая зона 3 резьбы и соответственно 4 имеет уникальную и единственную однозаходную спираль без прерывания, причем спираль представляет собой непрерывную винтовую линию.

Согласно фиг. 1 зона 3 резьбы и соответственно 4 начинаются с охватываемой концевой поверхности 7, соответственно с охватывающей концевой поверхности 8.

Чтобы снизить затраты на механическую обработку, охватываемый элемент и охватывающий элемент сначала вырезаются под углом конусности предполагаемой зоны резьбы, и этот вырезанный угол конусности станет определением вершины профиля резьбы. Таким образом, больше нет необходимости механически обрабатывать вершины резьбы. Вершины в соответствии с указанным вариантом осуществления, показанным на фиг. 5, параллельны оси конуса.

Как показано на фиг. 7 и 8, концевые поверхности перпендикулярны продольной оси X, а фаски 71, 72, 81 и 82 механически обработаны от концевых поверхностей соответственно к внутренней и соответствующей внешней поверхностям. Например, в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения все фаски являются фасками под углом 45° по отношению к плоскости концевых поверхностей. Фаски 71 и 81 механически обработаны по направлению к внутренней поверхности соответственно охватываемого элемента и охватывающего элемента. Фаски 72 и 82 механически обработаны по направлению к внешней поверхности соответственно охватываемого элемента и охватывающего элемента. Опорная сторона, а также закладная сторона профиля резьбы последовательно механически обрабатываются. Цикл обработки в месте введения инструмента при механической обработке для соответствующей механической обработки опорных сторон и закладных сторон начинается с соответственно фаски 72 для охватываемой резьбы и фаски 81 для охватывающей резьбы. Механическая обработка резьбы не влияет на высоту концевой поверхности, обеспечивая, таким образом, соблюдение допусков для свинчивания на этапе введения ниппеля в муфту и избегая повреждения первых закладных поверхностей. Предпочтительно механическая обработка начинается на расстоянии менее 0,15 мм от концевой поверхности в радиальном направлении.

Впадина профиля резьбы получается благодаря последовательному использованию первого конечного пути резьбы для механической обработки по меньшей мере опорной стороны, который также способен механически обрабатывать часть профиля впадины, прилегающей к опорной стороне, и затем использованию второго конечного пути резьбы для механической обработки закладной стороны, который также способен механически обрабатывать часть профиля впадины, прилегающую к закладной стороне. Нет необходимости в третьем введении для механической обработки профиля впадины, поскольку профиль впадины изменяется от минимального значения ширины WRp_{\min} до максимального значения ширины впадины WRp_{\max} для ниппельного элемента и от минимального значения ширины WRb_{\min} до максимального значения ширины впадины WRb_{\max} для ниппельного элемента таким образом, что

$$WRb_{\max} \leq 2 \times WRb_{\min} \text{ и } WRp_{\max} \leq 2 \times WRp_{\min},$$

предпочтительно

$$WRb_{\max} \leq 4 \text{ мм и } WRb_{\min} \leq 4 \text{ мм},$$

предпочтительно

$$WRb_{\max} \leq 2 \times WRb_{\min} - 0,5 \text{ мм}$$

$$WRp_{\max} \leq 2 \times WRp_{\min} - 0,5 \text{ мм}.$$

WRp_{\min} может составлять приблизительно 2,2 мм в одном примере настоящего изобретения.

Альтернативы, в которых WRp_{\max} и WRb_{\max} не находятся в одной плоскости в конце свинчивания, как показано на фиг. 1, также включены в объем настоящего изобретения.

Ширина впадины изменяется соответственно вдоль зон охватываемой и охватывающей резьбы. Охватываемая резьба зоны 3 охватываемой резьбы имеет первый участок 11, в котором ширина впадины резьбы WRp уменьшается в направлении, ориентированном от охватываемой концевой поверхности 7 к телу трубы первого трубчатого компонента 5, и второй участок 15, смежный с первым участком 11, в котором ширина впадины резьбы сохраняет минимальное постоянное значение ширины WRp_{\min} , при этом зуб, ближайший к охватываемой концевой поверхности 7, представляет максимальное значение ширины впадины WRp_{\max} охватываемой резьбы.

Охватывающая резьба зоны 4 охватывающей резьбы имеет первый участок 12, в которой ширина впадины резьбы WRb уменьшается вдоль направления, ориентированного от охватывающей концевой поверхности к телу трубы второго трубчатого компонента, и второй участок 16, смежный с первым участком 12, в котором ширина впадины резьбы сохраняет минимальное постоянное значение ширины WRb_{\min} , при этом зуб, ближайший к охватывающей концевой поверхности 8, представляет максимальное значение ширины впадины WRb_{\max} охватывающей резьбы.

В пределах первых участков 11 и 12 происходит постепенное изменение осевой ширины вершин резьб и соответственно постепенное изменение осевой ширины впадин резьб, так что во время свинчивания такого соединения производится постепенное осевое затягивание до окончательного блокирующего положения. В пределах вторых участков 15 и 16 ширина впадин и ширина вершин сохраняют постоянное значение.

В свинченном виде соединение согласно настоящему изобретению содержит блокирующийся участок 10, причем некоторые зубья первого участка 11 находятся в известной "самоблокирующейся" конфигурации с некоторыми зубьями первого участка 12.

Первые участки 11 и соответственно 12 охватываемой резьбы и охватывающей резьбы частично свинчены в самоблокирующейся компоновке, что означает, что не все зубья первого участка находятся в самоблокирующейся свинченной компоновке, в результате чего некоторые зубья первого участка 11 охватываемой резьбы не соприкасаются, касаясь их опорных сторон и/или их закладных сторон, с соответствующими зубьями охватывающей резьбы, и некоторые зубья первого участка 12 охватывающей резьбы не соприкасаются, касаясь их опорных сторон и/или их закладных сторон, с соответствующими зубьями охватываемой резьбы. Зубья первых участков 11 и 12, которые не находятся в самоблокирующейся компоновке, не контактируют по меньшей мере одной из своих опорных сторон или закладных сторон с какой-либо соответствующей поверхностью другой резьбы.

В свинченной конфигурации соединения резьба вторых участков 15 и 16 не свинчена в самоблокирующейся компоновке с соответствующей резьбой первого участка, из которого они свинчены. Вторые участки 15 и 16 расположены на обеих противоположных сторонах блокирующейся области 10. Второй участок 15 расположен ближе к телу трубы первого компонента 5, чем первый участок 11, так что второй участок 15 входит в зацепление с охватывающим зубом зоны 4 охватывающей резьбы вблизи охватывающей концевой поверхности 8. Охватываемый второй участок 15 входит в зацепление с зубом охватывающего первого участка 12 для образования первой неблокирующейся области 22. Второй участок 16 расположен ближе к телу трубы второго компонента 6, чем первый участок 12, так что второй участок 16 входит в зацепление с охватываемым зубом зоны 3 охватываемой резьбы вблизи охватываемой концевой поверхности 7. Охватывающий второй участок 16 входит в зацепление с зубом охватываемого первого участка 11 для образования второй неблокирующейся области 23.

Первая неблокирующаяся область 22 смежна с продольной стороной 24 блокирующейся области 10, а вторая блокирующаяся область 23 смежна с противоположной продольной стороной 25 этой блокирующейся области 10.

Как показано на фиг. 1 и 2, длина охватывающей резьбы может быть больше длины охватываемой резьбы вдоль продольной оси X, особенно в том случае, когда наружный диаметр тела трубы первого трубчатого компонента 5 близок к максимально допустимому пределу допуска, а толщина стенки тела трубы второго трубчатого компонента 6 близка к минимально допустимому пределу допуска в соответствии с API 5CT. Когда как первый, так и второй трубчатый компонент 5 и 6 имеют наружный диаметр и толщину стенки, близкие к номинальным требованиям API 5CT, тогда длина охватывающей резьбы по существу равна длине охватываемой резьбы.

В свинченном виде общая длина 17 свинчивания сцепленных охватываемой и охватывающей резьб короче, чем самая длинная осевая длина зоны охватывающей или охватываемой резьбы. Согласно варианту осуществления, представленному на фиг. 1 и 2, общая длина 17 свинчивания соответствует осевой длине зоны 3 охватываемой резьбы. Настоящее изобретение подходит для труб, изготовленных в пределах всего диапазона труб, приемлемых для API 5CT, в соответствии с допусками на наружный диаметр и допусками на ширину трубы.

Термин "самоблокирующаяся" конфигурация означает характеристики для зубьев в блокирующейся области 10, подробно описанные ниже. Витки (или зубья) 32 охватываемой резьбы, подобно виткам (или зубьям) 42 охватывающей резьбы, имеют постоянный ход, хотя ширина их вершин соответственно уменьшается в направлении их соответствующей концевой поверхности 7, 8 таким образом, что во время свинчивания некоторые из витков (или зубьев) охватываемой 32 резьбы и охватывающей 42 резьбы заканчиваются блокированием друг друга в определенном положении. Резьба в блокирующей конфигурации 10 такова, что все закладные стороны и все опорные стороны витков (или зубьев) охватываемой резьбы блокируются относительно других закладных сторон и опорных сторон соответствующих витков (или зубьев) охватывающей резьбы соответственно.

В конце свинчивания в блокирующейся области 10, как показано на фиг. 6, осевой зазор между осевыми сторонами, как опорными сторонами 30, 40, так и закладными сторонами 31, 41, отсутствует. Осевые стороны определяются по существу радиально по сравнению с осью соединения. Кроме того, конструкция соединения согласно настоящему изобретению такова, что в блокирующейся области 10 отсутствует радиальный зазор между вершиной 34 охватываемой резьбы и впадиной 44 охватывающей резьбы, а также между впадиной 35 охватываемой резьбы и вершиной 45 охватывающей резьбы. Таким образом, блокирующаяся область образует уплотнение, создавая достаточный контакт, чтобы удерживать густую трубную смазку и выдерживать высокое давление. Вершины 34, 45 и впадины 44, 35 находятся в контакте с натягом, и осевые стороны тоже находятся в контакте с натягом. Вершины и впадины охватываемой и охватывающей резьбы в блокирующейся области параллельны конусной образующей линии зон резьбы.

Преимущественно и как показано на фиг. 6, витки (или зубья) охватываемой и охватывающей резьбы имеют профиль типа "ласточкин хвост". Этот профиль позволяет избежать риска выскакивания, что соответствует охватываемой и охватывающей резьбам, разъединяющимся, когда соединение подвергается большим изгибающим или растягивающим напряжениям. Более конкретно, геометрия резьбы с профилем типа "ласточкин хвост" увеличивает радиальную жесткость сборки по сравнению с резьбой, которую обычно называют "трапецеидальной" резьбой, в которой осевая ширина зубьев уменьшается от ос-

нования к вершине резьбы. Преимущественно опорные стороны резьбы соединяются с вершиной резьбы и со смежной впадиной резьбы посредством закруглений таким образом, что эти закругления уменьшают коэффициент концентрации напряжений в основании опорных сторон и тем самым улучшают усталостные характеристики соединения.

Вдоль продольного разреза резьбового соединения как опорная сторона, так и закладная сторона имеют прямой профиль. Опорная сторона и закладная сторона соответственно образуют отрицательный угол α , соответственно отрицательный угол β вертикалю к продольной оси X. Значение угла опорной стороны меньше или равно значению угла β закладной стороны, при этом он противоположен и определен на противоположных сторонах вертикали относительно продольной оси X. Например, углы α и β составляют от 1 до 5°. Таким образом, ширина впадины в нижней части промежутка между двумя смежными зубьями всегда является наибольшим размером этих зубьев при рассмотрении ширины зуба вдоль продольной оси X.

Согласно настоящему изобретению только определенное количество витков резьбы каждой из охватываемой 32 и охватывающей 42 резьб находится в этой конкретной блокирующей конфигурации и вовлечены в блокирующийся участок 10. Блокирующийся участок 10 находится на удалении от первого и последнего витка резьбы зоны 3 и 4 резьбы. По меньшей мере первый и последний виток резьбы как охватываемой 32, так и охватывающей 42 резьб не находится в блокирующей конфигурации. Блокирующаяся область составляет более 60% и даже предпочтительно более 70% от общей длины 17 свинчивания.

Например, блокирующаяся область 10 содержит от 10 до 16 витков резьбы, где зона охватывающей резьбы полностью содержит по меньшей мере 16 витков резьбы, а зона охватываемой резьбы полностью содержит по меньшей мере 16 витков резьбы.

Согласно первому варианту осуществления на фиг. 2 зона 3 охватываемой резьбы содержит первый участок 11, в котором ход SFL_p между охватываемыми закладными сторонами 31 является постоянным со значением SFL_{p1}, и ход LFL_p между охватываемыми опорными сторонами 30 также является постоянным, но с другим значением LFL_{p1}. В примере, показанном на фиг. 6, LFL_{p1} строго больше, чем SFL_{p1}. Для первого примера первого варианта осуществления настоящего изобретения:

$$\begin{aligned} \text{LFP}_{p1} &= 8,33 \text{ мм}, \\ \text{SFP}_{p1} &= 8,20 \text{ мм} \end{aligned}$$

Для второго примера первого варианта осуществления настоящего изобретения:

$$\begin{aligned} \text{LFP}_{p1} &= 10 \text{ мм}, \\ \text{SFP}_{p1} &= 9,87 \text{ мм} \end{aligned}$$

Таким образом, коэффициент клиновидности первого участка, который является разницей между ходом опорных сторон и ходом закладных сторон, для обоих примеров составляет менее 0,15 мм.

В рамках объема настоящего изобретения приемлемы другие значения хода закладных сторон и хода опорных сторон.

Подобным образом ход LFL_b между опорными сторонами 41 охватывающей резьбы в первом участке 12 является постоянным со значением LFL_{b1}, и ход SFL_b между закладными сторонами 40 также является постоянным, но с другим значением SFL_{b1}, с тем признаком, что ход между опорными сторонами 41 больше, чем ход между закладными сторонами 40.

Кроме того, как показано на фиг. 2, соответствующие ходы SFL_{p1} и SFL_{b1} между охватываемыми 31 и охватывающими 40 закладными сторонами равны и меньше, чем соответствующие ходы LFP_{p1} и LFP_{b1} между охватываемыми 30 и охватывающими 41 опорными сторонами, которые сами равны.

Более конкретно, LFP_{b1}=LFP_{p1} и SFP_{b1}=SFP_{p1}.

Согласно фиг. 2 в неблокирующейся области 22 ход охватываемой закладной стороны SFL_p и ход охватываемой опорной стороны LFL_p равны друг другу и равны LFL_{p1}, а начиная с положения продольной стороны 24 блокирующейся области 10 ход охватываемой закладной стороны изменяется. Внутри второй неблокирующейся области 23 ход охватывающей закладной стороны SFL_b и ход охватывающей опорной стороны LFL_b равны друг другу и равны LFL_{b1}, а начиная с положения второй продольной стороны 25 блокирующейся области 10 ход охватывающей закладной стороны изменяется.

Положения 24 и 25 определяются положением, в котором ходы закладной стороны меняются в соответствующих зонах резьбы. Зоны как охватываемой, так и охватывающей резьбы имеют уникальное изменение величины хода закладной стороны, в то время как ходы опорной стороны остаются постоянными по всей длине зон резьбы. Изменения являются внезапными и появляются менее чем за один виток, предпочтительно менее чем на 180°.

В качестве альтернативы согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения, как представлено на фиг. 5, зоны охватываемой и охватывающей резьбы имеют постоянные ходы закладной стороны, но уникальное изменение значения хода опорной стороны в двух разных положениях соответственно для зон охватываемой и охватывающей резьбы.

На фиг. 1 в неблокирующихся областях 22 и 23, существует положительный зазор между соответствующими охватываемыми и охватывающими закладными сторонами. Например, этот зазор составляет

по меньшей мере 1 мм и, например, меньше 5 мм.

Предпочтительно, чтобы середина М блокирующей области 10 располагалась радиально в середине резьбового соединения. М идентифицируется на осевой половине длины блокирующей области 10, так что диаметр делительной линии TD_{avg} в среднем положении блокирования М определяется следующим образом:

$$(OD+ID_{max})\div 2-5\% WT < TD_{avg} < (OD+ID_{max})\div 2+10\% WT,$$

OD представляет собой номинальный наружный диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

WT представляет собой номинальную ширину трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

ID_{max} представляет собой максимально допустимый внутренний диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT.

В соответствии с одним примером первого варианта осуществления настоящего изобретения $OD=5,5$ дюйма или 139,7 мм, толщина стенки, $WT=0,361$ дюйма или 9,1694 мм.

Максимальный предел допуска по API на наружный диаметр трубы OD_{max} составляет 101% от номинального наружного диаметра тела трубы, а минимальный предел допуска по API на толщину стенки WT_{min} составляет 87,5% от оставшейся толщины стенки тела трубы.

$$ID_{max}=OD_{max}-2\times WT_{min}=139,7\times 1,01-2\times 9,1694\times 0,875=125,0506.$$

Для того чтобы середина М находилась в середине соединения, приемлемый диаметр делительной линии TD_{avg} в среднем положении блокирования М составляет

$$TD_{avg}=\text{среднее}(OD, ID_{max})=(139,7+125,0506)/2=132,375 \text{ мм.}$$

Благодаря настоящему изобретению полная блокирующая резьба предназначена для блокирующей области 10 даже с учетом наихудшего случая для допусков на трубы API. Предпочтительно, поскольку длина зоны полной резьбы определяется параметрами трубы и допусками на наружный диаметр, зона полной резьбы выбирается таким образом, чтобы иметь полную резьбу на длину, превышающую требуемую блокирующую область.

Неполные резьбы таковы, что вершины и/или впадины зубьев зон охватываемой и охватывающей резьбы параллельны продольной оси X резьбового соединения. Это облегчает механическую обработку. Охватываемые неполные резьбы обнаружены во втором участке 15. Охватываемые неполные резьбы обнаружены во втором участке 16. Неполная резьба во вторых участках 15 и 16 улучшает эффективность натяжения соединения.

Зубья с минимальной шириной впадины являются неполными вблизи перехода с нерезьбовыми участками по отношению к телу трубы. Неполная резьба имеет меньшую высоту, чем обычная высота других резьб в блокирующей области 10.

Среднее положение блокирования М идентифицируется на осевой половине длины блокирующей области, так что длина L_{nl} от этого среднего положения блокирования до продольной стороны либо 24, либо 25 блокирующей области 10 такова, что

$$L_{nl}\leq(OD\div 2-ID_{max}+2-TN_{pitch})\div (2\times \tan(\theta)),$$

TN_{pitch} представляет собой вертикальное расстояние от делительной линии Р до вершины 34 в блокирующей области, которое может составлять от 0,5 до 1,0 мм.

В соответствии с вышеуказанным примером первого варианта осуществления настоящего изобретения

L_{nl} может составлять от 50 до 60 мм. Минимальный требуемый момент свинчивания может составлять от 30000 фут фунтов (40674 Н м) до 50000 фут фунтов (67790 Н м).

Для облегчения свинчивания обработка поверхности выполняется только для охватываемого элемента, а вокруг охватываемого элемента перед свинчиванием дополнительно наносится густая трубная смазка. В качестве альтернативы как для охватываемого элемента, так и для охватываемого элемента может быть выполнена обработка поверхности. Например, обработка поверхности может представлять собой фосфатирование.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение, содержащее первый и второй трубный компонент, причем в первом трубном компоненте (5) предусмотрено тело трубы и охватываемый элемент (1) на дистальном конце тела трубы, а во втором трубном компоненте (6) предусмотрено другое тело трубы и охватывающий (2) элемент на дистальном конце этого тела трубы таким образом, что охватываемый элемент (1) содержит на своей внешней периферийной поверхности по меньшей мере одну зону (3) охватываемой резьбы и заканчивается охватываемой концевой поверхностью (7), а охватывающий элемент (2) содержит на своей внутренней периферийной поверхности по меньшей мере одну зону (4) охватывающей резьбы и заканчивается охватывающей концевой поверхностью (8),

зона (3) охватываемой резьбы содержит охватываемую резьбу, имеющую первый участок, в котором ширина впадины резьбы (WR_p) уменьшается в направлении, ориентированном от охватываемой концевой поверхности к телу трубы первого трубчатого компонента, и второй участок, смежный с пер-

вым участком, в котором ширина впадины резьбы сохраняет минимальное постоянное значение ширины ($WR_{p_{min}}$), при этом зуб, ближайший к охватываемой концевой поверхности (7), представляет максимальное значение ширины впадины ($WR_{p_{max}}$) охватываемой резьбы, и

зона (4) охватывающей резьбы содержит охватывающую резьбу, имеющую первый участок, в которой ширина впадины резьбы (WR_b) уменьшается вдоль направления, ориентированного от охватывающей концевой поверхности к телу трубы второго трубчатого компонента, и второй участок, смежный с первым участком, в котором ширина впадины резьбы сохраняет минимальное постоянное значение ширины ($WR_{b_{min}}$), при этом зуб, ближайший к охватывающей концевой поверхности (8), представляет максимальное значение ширины впадины ($WR_{b_{max}}$) охватывающей резьбы,

при этом первые участки охватываемой резьбы и охватывающей резьбы частично свинчены в самоблокирующейся компоновке для обеспечения блокирующейся области (10) в резьбовом соединении.

2. Резьбовое соединение по п.1, отличающееся тем, что блокирующаяся область составляет более 60% от общей длины свинчивания сцепленных охватываемой и охватывающей резьб.

3. Резьбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что блокирующаяся область расположена между двумя неблокирующимися областями (22, 23), причем каждая неблокирующаяся область соответственно смежна с каждой продольной стороной (24, 25) блокирующейся области.

4. Резьбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что зона охватываемой резьбы содержит одну охватываемую резьбу, выполненную из одной непрерывной спирали таким образом, что ход охватываемых закладных сторон (SFL_p) изменяется в одном положении (24) на охватываемой резьбе, и зона охватывающей резьбы содержит одну охватывающую резьбу, выполненную из одной непрерывной спирали таким образом, что ход охватывающих закладных сторон (SFL_b) изменяется в одном положении (25) на охватывающей резьбе, причем соответствующие изменения ходов охватываемой и охватывающей частей в закладных сторонах находятся в разных положениях, в результате чего между этими двумя положениями определяется блокирующаяся область, и при этом ход охватываемых опорных сторон (LFL_p) и ход охватывающих опорных сторон (LFL_b) остаются постоянными вдоль всей зоны охватываемой резьбы и соответственно зоны охватывающей резьбы.

5. Резьбовое соединение по любому из пп.1-3, отличающееся тем, что зона охватываемой резьбы содержит одну охватываемую резьбу, выполненную из одной непрерывной спирали таким образом, что ход охватываемых опорных сторон (LFL_p) изменяется в одном положении на охватываемой резьбе, и зона охватывающей резьбы содержит одну охватывающую резьбу, выполненную из одной непрерывной спирали таким образом, что ход охватывающих опорных сторон (LFL_b) изменяется в одном положении на охватывающей резьбе, причем соответствующие изменения ходов охватываемой и охватывающей частей в опорных сторонах находятся в разных положениях, в результате чего между этими двумя положениями определяется блокирующаяся область, и при этом ход охватываемых закладных сторон (SFL_p) и ход охватывающих закладных сторон (SFL_b) остаются постоянными вдоль всей зоны охватываемой резьбы и соответственно зоны охватывающей резьбы.

6. Резьбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что коэффициент клиновидности в блокирующейся области составляет менее 0,15 мм.

7. Резьбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что зоны (3, 4) охватываемой и охватывающей резьбы имеют конусную образующую линию, создающую угол θ , представляющий собой угол конусности, при этом угол конусности представляет собой угол между образующей линией зон охватываемой и охватывающей резьбы и осью соединения с осью (10) соединения, причем конусность находится в диапазоне от 1/6 до 1/18 и предпочтительно выбирается в диапазоне от 1/6 до 1/10 и даже более предпочтительно составляет приблизительно 12,5%, и при этом вершины и впадины охватываемой и охватывающей резьбы в блокирующейся области параллельны конусной образующей линии зон резьбы.

8. Резьбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что среднее положение блокирования (M) идентифицируется на осевой половине длины блокирующейся области, в результате чего диаметр делительной линии в среднем положении блокирования TD_{avg} может быть определен следующим образом:

$$(OD+ID_{max})\div 2-5\% WT < TD_{avg} < (OD+ID_{max})\div 2+10\% WT,$$

OD представляет собой номинальный наружный диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

WT представляет собой номинальную ширину трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

ID_{max} представляет собой максимально допустимый внутренний диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT.

9. Резьбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что среднее положение блокирования (M) идентифицируется на осевой половине длины блокирующейся области, в результате чего длина L_{nl} от этого среднего положения блокирования до продольной стороны блокирующейся области такова, что

$$L_{nl} \leq (OD \div 2 - ID_{\max} \div 2 - TH_{\text{pitch}}) \div (2 \times \tan(\theta)),$$

OD представляет собой номинальный наружный диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

ID_{max} представляет собой максимально допустимый внутренний диаметр тела трубы в соответствии с требованиями API 5CT,

TH_{pitch} представляет собой вертикальное расстояние от делительной линии до впадины или вершины в блокирующей области,

θ представляет собой угол конусности зоны резьбы.

10. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что максимальное значение ширины впадины охватываемой и/или охватывающей резьбы установлено ниже удвоенного минимального значения ширины впадины соответствующей охватываемой или охватывающей резьбы $WRb_{\max} \leq 2 \times WRb_{\min}$ и/или $WRp_{\max} \leq 2 \times WRp_{\min}$.

11. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что впадина охватывающей резьбы, которая находится ближе всего к телу трубы второго трубчатого компонента, имеет ту же ширину впадины, что и впадина охватываемой резьбы, которая находится ближе всего к телу трубы первого трубчатого компонента ($WRb_{\min} = WRp_{\min}$).

12. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что соответствующие зубья охватываемой резьбы и охватывающей резьбы соответственно вблизи тела трубы имеют неполную высоту резьбы и/или исчезающие зубья резьбы.

13. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что охватывающая резьба начинается с охватывающей концевой поверхности (8), а охватываемая резьба начинается с охватываемой концевой поверхности (7).

14. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что зубья зон (3, 4) охватываемой и охватывающей резьбы имеют профиль типа "ласточкин хвост", а α и β представляют собой углы опорной и соответственно закладной стороны перпендикулярно к оси соединения, причем α и β составляют менее 5°.

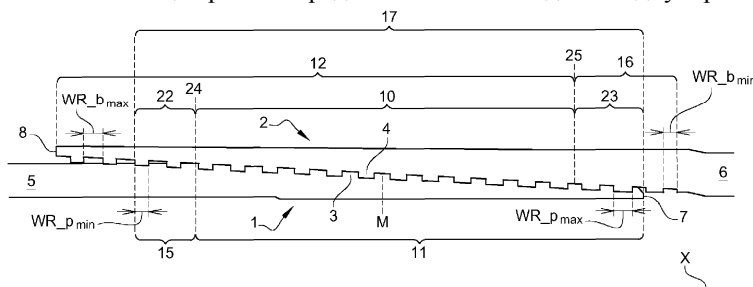
15. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что как вершины зубьев охватываемой резьбы, так и вершины зубьев охватывающей резьбы вступают в зацепление с соответствующими впадинами в блокирующей области, так что зацепление диаметров при зацеплении впадины/вершины может быть кратно 0,0020-0,0030 номинального наружного диаметра тела трубы.

16. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что оно не содержит какой-либо дистальной упорной поверхности, причем свободный конец охватываемого элемента находится на удалении от охватывающего элемента, и соответственно свободный конец охватывающего элемента находится на удалении от охватываемого элемента.

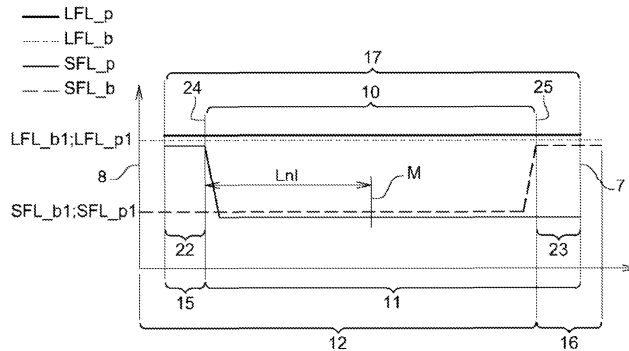
17. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что как охватываемый, так и охватывающий элемент не содержат каких-либо дополнительных уплотнительных поверхностей помимо блокирующей области.

18. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что резьбовое соединение является полуравнопроходным, а первый и второй трубные компоненты выполнены цельными, причем каждый из первого и второго трубных компонентов содержит охватываемый элемент и охватывающий элемент.

19. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что зона охватываемой резьбы и зона охватывающей резьбы представляют собой однозаходную резьбу.



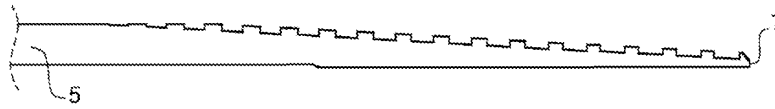
Фиг. 1



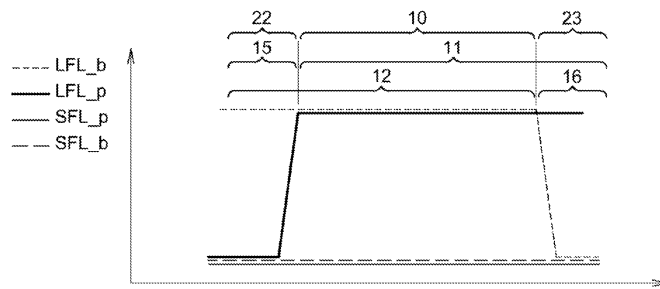
Фиг. 2



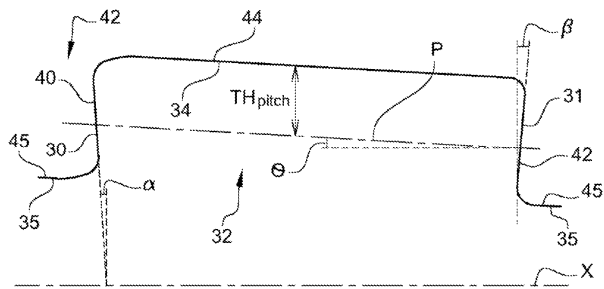
Фиг. 3



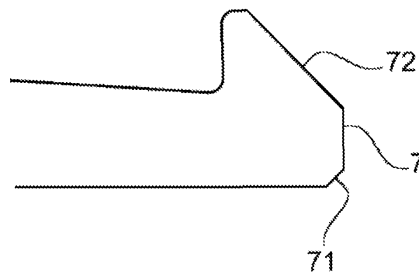
Фиг. 4



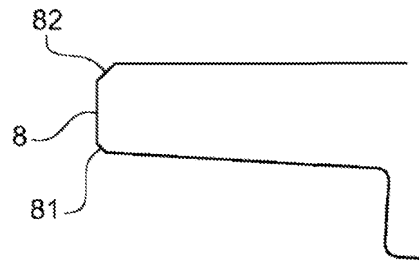
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

