

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **033784**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.11.25

(21) Номер заявки
201790346

(22) Дата подачи заявки
2011.07.20

(51) Int. Cl. **C23C 28/00** (2006.01)
C10M 169/04 (2006.01)
F16L 15/00 (2006.01)
F16L 58/04 (2006.01)

**(54) ТРУБНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ С УЛУЧШЕННОЙ ГЕРМЕТИЧНОСТЬЮ,
СМАЗЫВАНИЕМ И КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТЬЮ**

(31) 61/365,952; 61/367,822; 61/368,400;
61/394,311

(56) US-A-6027145

(32) 2010.07.20; 2010.07.26; 2010.07.28;
2010.10.18

(33) US

(43) 2017.06.30

(62) 201370020; 2011.07.20

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТЕНАРИС КОННЕКШНС Б.В. (NL)

(72) Изобретатель:
**Рибалта Хесус Касар, Делльерба
Диего Николас, Каркагно Габриэль
Эдуардо (AR)**

(74) Представитель:
**Угрюмов В.М., Лыу Т.Н., Гизатуллина
Е.М., Карпенко О.Ю., Строкова О.В.,
Дементьев В.Н., Глухарёва А.О. (RU)**

(57) Изобретение обеспечивает системы и способы сборки трубных соединений, которые устраняют недостатки и ограничения, присущие традиционным трубным соединениям. Согласно определенным вариантам осуществления трубные соединения могут содержать резьбовые трубные соединения, используемые в нефтеразведке. Трубные соединения могут быть собраны с использованием сочетания: а) регулирования по положению, б) особых производственных допусков на параметры резьбы и с) покрытий, наносимых на области с резьбой трубного соединения. Согласно другим вариантам осуществления трубные соединения могут не содержать упорный торец и/или уплотнения метал-метал. Согласно дополнительным вариантам осуществления трубные соединения могут быть дополнительно собраны и разобраны несколько раз без нанесения пасты или смазки и могут демонстрировать улучшенную герметичность. Преимущественно варианты осуществления настоящего раскрытия могут обеспечивать жесткие допуски, точно собранные трубные соединения, обеспечивающие улучшенные рабочие характеристики (например, механические рабочие характеристики, герметичность, коррозионную стойкость, смазывание) и надежность по сравнению с соединениями не премиум класса, исключая затраты, связанные с соединениями класса премиум.

B1**033784****033784****B1**

Ссылки на родственную заявку

Согласно настоящей заявке испрашивается приоритет в соответствии с предварительной заявкой на выдачу патента США № 61/365,952 под названием "THREADED JOINT WITH SURFACE TREATMENT", поданной 20 июля 2010 г., предварительной заявкой на выдачу патента США № 61/367822 под названием "COATINGS FOR THREADED CONNECTIONS", поданной 26 июля 2010 г., предварительной заявкой на выдачу патента США № 61/368400 под названием "SURFACE TREATMENTS FOR THREADED CONNECTIONS", поданной 28 июля 2010 г., и предварительной заявкой на выдачу патента США № 61/394311, поданной 18 октября 2011 г., под названием "TORQUE POSITION MAKEUP OF TUBULAR JOINTS WITH SURFACE TREATMENT". Настоящая заявка также родственна заявке на выдачу патента США под названием "JOINTS HAVING IMPROVED SEALABILITY, LUBRICATION, AND CORROSION RESISTANCE", поданной 20 июля 2011 г. Полные описания каждой из этих заявок включены в настоящий документ посредством ссылки и должны рассматриваться как часть настоящего описания.

Область техники, к которой относится изобретение

Варианты осуществления настоящего раскрытия относятся к сборке трубных резьбовых соединений, а также к собранным таким образом трубным соединениям. Согласно определенным вариантам осуществления настоящее раскрытие относится к сочетанию из допусков на резьбу, регулирования по положению и покрытий для использования в сборке резьбовых соединений, применяемых для соединения труб в сфере нефти и газа.

Предшествующий уровень техники

При разработке нефтяных месторождений широко практикуют использование металлических труб для добычи нефти или газа из подземных резервуаров или залежей. Добыча может предусматривать бурение скважины в земле и внутреннюю обсадку скважины. Обсадка обеспечивает структурную устойчивость скважины, предотвращение обвала скважины и может быть выполнена с применением колонны металлических труб относительно большого диаметра, называемой обсадной колонной. После завершения бурения скважины на требуемую глубину и после установки на место обсадки колонна металлических труб меньшего диаметра также может быть помещена в скважину. По этим трубам меньшего диаметра, называемым насосно-компрессорными трубами, могут выкачивать газообразные или жидкие углеводороды на поверхность. Трубы меньшего диаметра, образующие насосно-компрессорные трубы, объединены в колонну для того, чтобы проходить в длину на достаточное расстояние для достижения глубины для добычи. Как обсадная колонна, так и колонны насосно-компрессорных труб могут быть образованы сегментами трубы, соединенными вместе посредством резьбовых соединительных устройств.

При сборке как труб обсадной колонны, так и насосно-компрессорных труб витки резьбы и другие поверхности труб, находящиеся в скользящем контакте, могут подвергаться истиранию. Истирание означает повреждение поверхности (например, адгезионный износ), возникающее в местах взаимодействия между скользящими твердыми частицами, и характеризуется локальным приданием шероховатости и образованием выступов над исходной поверхностью. Например, неровности, присутствующие на соответствующих скользящих поверхностях, могут подвергаться высоким давлениям, повышающим температуру и адгезию в пределах зоны взаимодействия неровностей. При продолжительном взаимодействии может происходить перенос материала между поверхностями, и перенесенный материал может образовывать выступы. Если выступ из перенесенного материала достигает достаточно большой высоты (например, несколько микрон), выступ может стать причиной повреждения противоположной поверхности. Кроме того, поверхности могут подвергаться повышенной адгезии и трению, что вызывает дальнейшее прогрессирующее повреждение.

Обычно используют пасты или смазки на поверхности витков резьбы охватываемых и охватывающих элементов резьбового соединения при сборке труб для того, чтобы предотвратить истирание. Смазки или пасты также играют значительную роль для герметичности посредством заполнения пространства между вершинами и впадинами соответствующих витков резьбы трубы, когда соединение собрано, блокируя пути для возможных утечек (см., например, фиг. 1). Пасты могут содержать небольшие частицы тяжелых металлов, например Pb или Cu.

Тем не менее, использование пасты характеризуется значительными недостатками. В частности, высокие концентрации тяжелых металлов могут приводить к накоплению тяжелых металлов в организмах людей и животных, вызывая серьезные заболевания. Кроме того, тяжелые металлы, присутствующие в пастах, могут загрязнять почву, подземные воды и морскую воду, представляя опасность загрязнения окружающей среды. Кроме того, в свете таких опасностей строгие нормы, накладывающие запрет на слив тяжелых металлов, могут обуславливать меры предосторожности при использовании пасты, увеличивая затраты на ее применение.

Помимо указанных выше проблем, использование пасты может дополнительно вызывать необходимость в таких операциях, как очистка и нанесение пасты на резьбовые соединения в месторождениях во время использования. Эти операции являются затратными и требуют значительного времени на выполнение, поскольку они являются трудоемкими. Кроме того, эти операции могут подвергать рабочий

персонал угрозам, поскольку они предусматривают работу с движущимися трубами и очень часто происходят в неблагоприятных условиях.

Другие проблемы, с которыми можно столкнуться при использовании пасты, могут предусматривать как "недостаточное нанесение пасты", так и "чрезмерное нанесение пасты". В случае недостаточного нанесения пасты на резьбовое соединение наносят недостаточно пасты, и/или паста не способна распределиться по поверхности резьбового соединения. В результате вероятность истирания возрастает в пределах областей с недостаточным количеством пасты.

В то время как нанесение избыточного количества пасты может устранить проблемы, связанные с недостаточным нанесением пасты, этот подход опасен чрезмерным нанесением пасты - условием, когда накладывают слишком много пасты на витки резьбы соединительных устройств. Чрезмерное нанесение пасты может создать условия, когда при сборке соединительного устройства избыток пасты невозможно удалить через концы резьбовых участков сегментов трубы. Захваченная паста может создать давление внутри резьбового соединения и привести к пластической деформации сегментов трубы в резьбовом участке. В крайних случаях эта пластическая деформация может стать причиной разрушения охватываемого элемента трубного соединения, делая соединительное устройство неэффективным и требующим замены сегментов трубы и/или муфты.

Кроме того, хотя были разработаны пасты, в которых тяжелые металлы заменены наполнителями, эти пасты также представляют проблему. Например, в настоящее время не существует стандартов для таких наполнителей. В этом случае высокая изменчивость характеристик трения и трибологические свойства можно наблюдать для составов различных производителей. Такая изменчивость нежелательна, поскольку она может привести к неопределенности в рабочих параметрах трубных соединений среди каждой марки пасты.

Сущность изобретения

Согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения предоставлен способ сборки трубного соединения. Способ предусматривает сборку элемента в виде ниппеля и элемента в виде муфты резьбового соединения. Каждый из элементов в виде ниппеля и муфты может содержать витки резьбы с параметрами в пределах выбранных допусков. Параметры резьбы могут включать шаг резьбы, конусность резьбы и овальность резьбы. Элементы в виде ниппеля и муфты могут быть дополнительно выполнены с соответствующими системами покрытий, отличными друг от друга, по меньшей мере на части витков резьбы каждого элемента. Первая система покрытий, присутствующая на поверхности витков резьбы элемента в виде ниппеля, может обеспечивать коррозионную стойкость, в то время как вторая система покрытий на поверхности витков резьбы элемента в виде муфты может обеспечивать смазывание и, необязательно, коррозионную стойкость. Элементы в виде ниппеля и муфты, выполненные таким образом, могут быть собраны при помощи технологии регулирования по положению, согласно которой элемент в виде муфты располагают в выбранном положении относительно элемента в виде ниппеля. Трубное соединение, собранное таким способом, может обеспечивать полное отсутствие или незначительные утечки флюидов, содержащихся внутри трубного соединения. Трубное соединение, собранное таким способом, может также обеспечивать, по существу, полное отсутствие или незначительное истирание при сборке. Трубное соединение, собранное таким способом, может также обеспечивать полное отсутствие или незначительную коррозию при воздействии агрессивной среды в течение выбранного времени.

Согласно одному варианту осуществления изобретения представлен способ сборки трубного соединения. Способ предусматривает выбор допусков на первую трубу, содержащую охватываемое резьбовое соединение, и на вторую трубу, содержащую охватываемое резьбовое соединение, выполненное с возможностью размещения охватываемого резьбового соединения первой трубы. Способ дополнительно предусматривает нанесение первого покрытия, по меньшей мере, на часть витков резьбы первой трубы с выбранными допусками. Первое покрытие может содержать первый слой, выбранный из фосфата марганца и фосфата цинка. Толщина первого слоя может быть выбрана в диапазоне от около 4 до около 10 мкм. Первое покрытие может дополнительно содержать второй слой, размещенный по меньшей мере на части первого слоя, причем второй слой может содержать эпоксид и обладать антикоррозионными свойствами. Толщина второго слоя может быть выбрана в диапазоне от около 25 до около 50 мкм. Первое покрытие может дополнительно содержать третий слой, размещенный по меньшей мере на части второго слоя, причем третий слой содержит парафин. Толщина третьего слоя может быть выбрана в диапазоне от около 12 до около 15 мкм. Способ может дополнительно предусматривать нанесение второго покрытия на вторую трубу с выбранными допусками. Второе покрытие может содержать первый слой, выбранный из фосфата марганца и фосфата цинка. Толщина первого слоя может быть выбрана в диапазоне от около 4 до около 10 мкм. Второе покрытие может содержать второй слой, размещенный по меньшей мере на части первого слоя, причем второй слой может содержать эпоксид и обладать смазывающими свойствами. Толщина второго слоя может быть выбрана в диапазоне от около 25 до около 50 мкм. Второе покрытие может дополнительно содержать третий слой, размещенный по меньшей мере на части второго слоя, причем третий слой содержит парафин. Толщина третьего слоя может быть выбрана в диапазоне от около 12 до около 15 мкм. Способ может также предусматривать размещение витков резьбы второй трубы в

выбранном положении относительно первой трубы в пределах трубного соединения. Параметры резьбы первой и второй трубы могут находиться в пределах выбранных диапазонов параметров. Дополнительно собранное трубное соединение может характеризоваться, по существу, полным отсутствием протекания при испытании в соответствии с API 5C1 при внутреннем давлении, меньшем или равном 7800 фунтов на квадратный дюйм, и временных интервалах, меньших или равных 60 мин.

Согласно другому варианту осуществления изобретения может быть предоставлен способ сборки трубного соединения. Способ может предусматривать нанесение первого покрытия на первую трубу, содержащую охватываемое резьбовое соединение на конце первой трубы. Первое покрытие может содержать первый способствующий адгезии слой, размещенный по меньшей мере на части витков резьбы первой трубы, второй полужесткий слой, размещенный по меньшей мере на части первого слоя, причем второй слой обладает антикоррозионными свойствами, и третий гидрофильный деформируемый слой, размещенный по меньшей мере на части второго слоя. Способ может также предусматривать нанесение второго покрытия на вторую трубу, содержащую охватывающее резьбовое соединение на конце второй трубы, причем охватывающее резьбовое соединение выполнено с возможностью размещения охватываемого резьбового соединения первой трубы. Второе покрытие может содержать первый способствующий адгезии слой, размещенный по меньшей мере на части витков резьбы второй трубы, второй полужесткий слой, размещенный по меньшей мере на части первого слоя со смазывающими свойствами, и третий гидрофильный деформируемый слой, размещенный по меньшей мере на части второго слоя. Способ может также предусматривать размещение витков резьбы второй трубы в выбранном положении относительно первой трубы в пределах трубного соединения. Параметры резьбы первой и второй трубы могут находиться в пределах выбранных диапазонов параметров.

Согласно дополнительному варианту осуществления изобретения может быть предоставлено трубное соединение. Трубное соединение может содержать первую трубу, содержащую охватываемое резьбовое соединение на конце первой трубы. Трубное соединение может также содержать вторую трубу, содержащую охватывающее резьбовое соединение на конце второй трубы, причем охватывающее резьбовое соединение сконфигурировано для размещения охватываемого резьбового соединения первой трубы. Трубное соединение может дополнительно содержать первое покрытие на первой трубе. Первое покрытие может содержать первый слой, размещенный по меньшей мере на части витков резьбы первой трубы и содержащий фосфат, второй слой, размещенный по меньшей мере на части первого слоя, причем второй слой содержит эпоксид и одну или несколько препятствующих коррозии добавок, и третий слой, размещенный по меньшей мере на части второго слоя, причем третий слой содержит парафин. Трубное соединение может также содержать второе покрытие на второй трубе. Второе покрытие может содержать первый слой, размещенный по меньшей мере на части первой трубы и содержащий фосфат, второй слой, размещенный по меньшей мере на части первого слоя, причем второй слой содержит эпоксид и одну или несколько смазывающих добавок, и третий слой, размещенный по меньшей мере на части второго слоя, причем третий слой содержит парафин. Ни первая, ни вторая труба может не содержать упорный торец. Дополнительно, параметры резьбы первой и второй трубы могут находиться в пределах выбранных диапазонов параметров. Кроме того, вторая труба может быть размещена в выбранном положении относительно первой трубы в пределах трубного соединения.

Перечень фигур чертежей и иных материалов

На фиг. 1 представлено схематическое изображение известного из уровня техники соединения, в котором используют смазку;

на фиг. 2 представлено схематическое изображение ниппеля и муфты при сборке с использованием регулирования по положению; (А) перед достижением конечного положения; (В) после достижения конечного положения;

на фиг. 3 представлено схематическое изображение варианта осуществления систем покрытий для резьбового соединения, содержащего ниппель и муфту; и

на фиг. 4 представлен график, показывающий зависимость момента свинчивания от оборотов при свинчивании/развинчивании.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Термин "труба", используемый в настоящем документе, является обширным термином и предусматривает стандартное словарное значение, а также означает, как правило, полый, вытянутый элемент, который может быть прямым или с изгибами, или характеризоваться кривизной, и быть выполненным с заданной формой. Труба может характеризоваться трубчатой формой, содержащей круговую наружную и внутреннюю поверхности, однако, также предполагаются и другие формы и поперечные сечения. В данном контексте термин "трубчатая форма" предполагает вытянутую, полую форму, которая может быть некруговой или нецилиндрической.

Обычно соединения, обладающие упорным торцом (например, "соединения класса премиум"), характеризуются более сложной конструкцией/трудоемким производством и обладают более жесткими допусками в отношении герметичности для газообразных флюидов и более точных условий сборки. Поэтому стоимость уплотнений метал-метал в соединении такого типа значительно выше, чем стоимость их аналогов без уплотнения метал-метал и упорного торца (например, "соединения не премиум класса"). В

связи с этим соединения класса премиум обычно применяют только в очень ответственных операциях, когда дополнительные расходы на соединения будут оправданы производительностью месторождения.

Напротив, соединения не премиум класса отличаются относительной неточностью при сборке ввиду отсутствия упорного торца и соединения метал-метал. Как результат, уплотнительные и механические свойства, демонстрируемые соединениями не премиум класса, крайне нестабильны в зависимости от условий их сборки и допусков при производстве.

Варианты осуществления настоящего раскрытия предоставляют системы и способы сборки трубных соединений, которые устраняют недостатки и ограничения, присущие традиционным трубным соединениям. Согласно определенным вариантам осуществления трубные соединения могут содержать трубные резьбовые соединения, используемые при нефтеразведке. Трубные соединения могут быть собраны с применением сочетания а) регулирования по положению, б) особых производственных допусков на параметры витков резьбы, и с) покрытий, наносимых на области с резьбой трубного соединения. Согласно другим вариантам осуществления трубные соединения могут не содержать упорный торец и/или уплотнения метал-метал. Согласно дополнительным вариантам осуществления трубные соединения могут быть дополнительно собраны и разобраны несколько раз без применения пасты или смазки и могут демонстрировать улучшенную герметичность. Преимущественно варианты осуществления настоящего раскрытия могут обеспечивать точно собранные трубные соединения с жесткими допусками, которым присущи улучшенные рабочие характеристики (например, механические рабочие характеристики, герметичность, коррозионную стойкость, смазывание) и/или надежность по сравнению с соединениями не премиум класса без затрат, связанных с соединениями класса премиум.

Регулирование по положению соединения может быть получено посредством регулирования положения конца ниппеля относительно конца муфты в пределах резьбового соединения. Например, установочные метки могут быть нанесены на конец трубы (например, в месте размещения наружной резьбы). Эти метки используют для размещения конца муфты (например, в месте расположения внутренних резьб) в относительное положение в пределах определенного допуска. Таким образом, напряжения смятия, напряжения, возникающие в результате взаимодействия двух концов трубного соединения, могут достичь достаточной величины для требуемой герметичности.

Момент свинчивания трубного соединения может быть дополнительно проверен по выбранному минимальному уровню. Тем не менее, может быть необязательным, чтобы момент свинчивания собранного трубного соединения был больше или равен минимальному уровню. Предпочтительно размещение концов трубного соединения в выбранных положениях, в пределах заданных допусков, может гарантировать то, что трубное соединение может обеспечивать требуемую герметичность.

Согласно одному варианту осуществления изобретения производственные допуски могут быть основаны на непосредственном регулировании параметра резьбы вместо регулирования, основанного на использовании стандартных калибров для измерения зазора. Традиционные калибры для измерения зазоров объединяют состояние нескольких параметров резьбы (например, средний диаметр резьбы, овальность резьбы и конусность резьбы) в один параметр. Таким образом, регулирование резьбы, основанное на применении калибров для измерения зазоров, представляет широкое регулирование. Напротив, каждый параметр резьбы могут регулировать независимо в вариантах осуществления раскрытых трубных соединений.

Согласно одному варианту осуществления изобретения производственные допуски могут независимо регулировать средний диаметр резьбы. Средний диаметр представляет собой меру расстояния между наружным диаметром резьбы, диаметром резьбы в наивысшей точке и внутренним диаметром резьбы, диаметром резьбы в низшей точке. Допуски на средний диаметр могут быть ограничены способом, соответствующим с возможностями резьбонарезного станка и требуемой производительностью.

Согласно другому варианту осуществления изобретения производственные допуски могут независимо регулировать максимальную овальность резьбы. Овальность резьбы представляет собой степень отклонения от идеальной круглой формы резьбы.

Согласно другому варианту осуществления изобретения производственные допуски могут независимо регулировать конусность резьбы. Конической резьбой является резьба, витки которой содержат выступы, проходящие вокруг конической конструкции.

Понятно, что любое из регулирования среднего диаметра, регулирования овальности резьбы и регулирования конусности может применяться по отдельности или в любых сочетаниях в вариантах осуществления настоящего раскрытия.

Согласно другим вариантам осуществления изобретения системы покрытий могут быть нанесены на области с резьбой трубного соединения. Согласно одному варианту осуществления изобретения может предоставляться первая система покрытий, выполненная с возможностью нанесения по меньшей мере на часть первой поверхности с резьбовым соединением (например, ниппеля), и может предоставляться вторая система покрытий, выполненная с возможностью нанесения по меньшей мере на часть второй поверхности с резьбовым соединением (например, муфты).

Согласно одному варианту осуществления изобретения каждая из первой и второй систем покрытий может содержать первый слой или фосфата марганца, или фосфата цинка на ниппеле или муфте,

второй слой, содержащий отверждаемый материал (например, эпоксид), и третий слой, содержащий парафин. Вторые эпоксидные слои могут быть нанесены поверх первых фосфатных слоев и отверждены. Слои микрокристаллического парафина могут быть нанесены поверх эпоксидных слоев и высушены. Процессы отверждения и высушивания при необходимости могут быть выполнены инфракрасными (ИК) лампами.

Первые фосфатные слои могут способствовать адгезии вторых эпоксидных слоев с поверхностью ниппеля или муфты. Фосфатные слои не должны применяться самостоятельно (например, при отсутствии эпоксидных и парафиновых слоев), поскольку фосфаты обладают низкой коррозионной стойкостью и полным отсутствием или незначительным смазывающим эффектом, что приводит к коррозии и истиранию.

Состав эпоксидных слоев может независимо меняться между системами покрытий, наносимыми на ниппель и муфту. Среди двух соединительных элементов ниппель больше подвержен коррозии, а муфта меньше подвержена коррозии. Следовательно, эпоксид, обладающий коррозионной стойкостью, может быть нанесен на ниппель. Эпоксид, обладаемый смазывающими свойствами (и некоторыми антикоррозионными свойствами), может быть нанесен на муфту. Эпоксид, демонстрирующий смазывающие свойства, может обладать более низкой твердостью, чем эпоксид, демонстрирующий коррозионную стойкость с тем, чтобы способствовать смазыванию путем переноса смазывающего эпоксиды от одного слоя к другому.

Эпоксиды не должны наноситься непосредственно на поверхность ниппеля или муфты, поскольку между непокрытой сталью и эпоксидом присутствует недостаточная адгезия, приводящая к отслаиванию систем 104, 114 покрытий при воздействии высоких давлений взаимодействия при сборке трубного соединения и потери требуемых антикоррозионных и смазывающих свойств.

Третьи парафиновые слои могут действовать для заполнения пустых пространств между боковыми сторонами профиля резьбы соединения для того, чтобы заблокировать пути для утечек. Парафин может содержать микрокристаллический парафин, который отличается большей чистотой, чем немикросталлические парафины. Большая чистота парафина может обеспечивать более однородный состав и меньшую изменчивость рабочих характеристик. Согласно другим вариантам осуществления парафин может быть окисленным с целью упрощения эмульгирования в воде для нанесения на эпоксидные слои. Это предоставляет более экологически приемлемый механизм доставки и является более простым, чем применение коррозионных, легко воспламеняющихся растворителей.

Таким образом, комбинация первых фосфатных слоев, вторых эпоксидных слоев и третьих парафиновых слоев, как оказалось, обеспечивает требуемый баланс адгезии покрытия, коррозионной стойкости и смазывания.

Рабочие характеристики конических резьбовых трубных соединений такого типа, называемых API соединения, зависят от условий свинчивания трубного соединения. Причина этой зависимости заключается в том, что герметичность соединения обеспечена увеличением напряжений взаимодействия. Увеличенные напряжения взаимодействия обеспечивают путем усиления зацепления витков резьбы посредством крутящего момента свинчивания. В соединениях, использующих пасты или смазки, условия сборки обычно предусматривают коэффициенты трения, зависящие, главным образом, от типа и количества пасты или смазки, присутствующей в соединении. Согласно вариантам осуществления настоящего раскрытия, однако, соединения типа API, обладающие улучшенной герметичностью, могут быть обеспечены благодаря сборке трубного соединения при помощи способов позиционирования, применения особых производственных допусков, а также покрытий, наносимых на области с резьбой трубного соединения.

В качестве дополнительного преимущества варианты осуществления настоящего раскрытия также решают экологические проблемы, связанные с использованием пасты или смазки в операциях на нефтяных месторождениях. Пасты и смазки обычно содержат частицы тяжелых металлов, таких как Pb, Cu или Zn, которые представляют экологическую опасность. При отказе от использования паст и смазок экологические проблемы, связанные с пастами и смазками, становятся неактуальными. Кроме того, поскольку варианты осуществления покрытий, описанные в настоящем документе, наносят на витки резьбы вместо паст и смазок, время и рабочая сила, необходимая для очистки и нанесения пасты на соединения в местах нефтяных месторождений, могут быть сокращены или устранены.

Согласно дополнительному преимуществу отказываться во время выполнения операции свинчивания могут также быть сокращены посредством вариантов осуществления настоящего раскрытия.

Варианты осуществления систем покрытий, раскрытые в настоящем документе, подходят для таких применений, как резьбовые соединения стальных труб, характеризующиеся крайне высокими нагрузками и высокими локальными температурами, вызываемыми трением в процессе сборки. Дополнительные подробности касательно стальных резьбовых труб можно найти в патенте США № 6921110 под названием "Threaded Joint for Tubes", патенте США № 6971681 под названием "Threaded Pipe with Surface Treatment", а также международной заявке на патент WO/2007/063079 под названием "Threaded Connections With High and Low Friction Coatings", полное описание каждой из этих заявок включено в настоящий документ посредством ссылки и должно рассматриваться как часть настоящего описания.

Преимущественно использование двух различных систем покрытий, одной для ниппеля и одной

для муфты, предотвращает истирание, коррозию и возникновение проблем с герметичностью, характерных для традиционных резьбовых соединений. Кроме того, эти преимущества могут быть обеспечены без дорогостоящих конструктивных дополнений, например упорных торцов и контактов металл-металл. Кроме того, для стандартных моментов свинчивания, для каждого диаметра различные покрытия не обеспечивают переход через жидкое или полужидкое переходное состояние. Хотя варианты осуществления раскрытого изобретения могут рассматриваться в контексте свинчивания соединений, стандартизированных Американским институтом нефти (API), понятно, что раскрытые варианты осуществления могут применяться в отношении любого типа трубного соединения.

Регулирование по положению

Регулирование по положению может быть обеспечено в соответствии с одним из нескольких способов с целью получения относительного размещения охватываемой части (например, ниппеля) относительно охватываемой части (например, втулки или муфты). Согласно одному варианту осуществления установочные метки могут быть нанесены на концы трубы, как описано в патенте США № 4962579, описание которого полностью включено в настоящий документ посредством ссылки. Способ позиционной сборки, при котором используют установочные метки для регулирования относительного положения ниппеля-муфты, крайне удобен для применения на заводе по производству труб и на месторождениях, поскольку он не требует никаких дополнительных действий, кроме как расположения торца муфты в пределах установочных меток независимо от прикладываемого момента свинчивания.

Согласно другим вариантам осуществления в качестве примера другие способы позиционной сборки с использованием момента свинчивания могут быть применены на основании того же визуального способа. Например, в патенте США № 4962579 требуют одновременного выполнения двух требований, а именно, чтобы момент свинчивания трубного соединения находился в пределах определенного диапазона, и чтобы положение концов трубного соединения (например, ниппеля и муфты) находились в пределах выбранного диапазона. Напротив, варианты осуществления настоящего раскрытия могут использовать только положения концов трубного соединения в пределах определенного диапазона, и регулирование момента свинчивания может не требоваться.

Например, как показано на фиг. 2, трубное соединение 200 показано как содержащее ниппель 102 и муфту 112. Перед сборкой трубного соединения 200 установочные метки 202 наносят на ниппель 102 для позиционирования муфты 112. При установке муфты 112 на ниппель 102 положение муфты 112 можно регулировать относительно установочных меток 202 на ниппеле 102 для достижения конечного положения муфты 112 (фиг. 2В).

Производственные допуски

Согласно определенным вариантам осуществления производственные допуски могут быть получены применением дополнительного требования SR22 американского стандарта API 5B, включенного в настоящий документ посредством ссылки. Эти допуски на средний диаметр, конусность резьбы и овальность резьбы приведены ниже в табл. 1. Согласно альтернативным вариантам осуществления более жесткие допуски, чем регламентируемые дополнительным требованием SR22 американского стандарта API 5B, могут быть применены, как показано ниже в табл. 1.

Таблица 1. Выбранные производственные допуски на резьбу

Параметр	API 5B	Рассматриваемая заявка
Средний диаметр	+/- 0,0078"	+/- 0,004"
Конусность резьбы	0,060/0,0677	0,060/0,065
Овальность резьбы	Не указано	0,010" (максимум)

Преимущественно было определено, что параметры, приведенные в табл. 1, обеспечивают разумное соотношение между качеством и стабильностью условий сборки, рабочих характеристик трубного соединения (например, механических рабочих характеристик, герметичности) и затрат при использовании в соединении с регулированием по положению сборки и покрытиями резьбы. В частности, допуски, приведенные в графе "Рассматриваемая заявка" в табл. 1, как оказалось, обеспечивают улучшенные рабочие характеристики по сравнению с допусками по API 5B.

Покрывтия резьбы

Согласно одному варианту осуществления покрытия, по меньшей мере, с антикоррозионными и/или смазывающими свойствами могут быть нанесены или на охватываемые, или охватывающие, или обе резьбовые поверхности. Варианты осуществления таких покрытий могут содержать покрытия, описанные в патентах США 6971681 и 6679526, которые полностью включены в настоящий документ посредством ссылки.

На фиг. 3 показаны варианты осуществления покрытий 104 и 114 для резьбового соединения 300. Резьбовое соединение 300 может содержать ниппель 102 и муфту 112. Согласно определенным вариантам осуществления ниппель 102 и муфта 112 могут не содержать упорный торец или уплотнение металл-металл. Первая система 104 покрытий может быть нанесена на ниппель 102, и вторая система 114 покрытий, отличная от первой системы 104 покрытий, может быть нанесена на муфту 112. Относительно пер-

вой системы 104 покрытий слой 106 (например, первый слой) первой системы 104 покрытий может содержать материал, который хорошо пристает к ниппелю 102 и дополнительно способствует прилипанию второго слоя 108 к первому слою 106. Другой слой 108 (например, второй слой) первой системы 104 покрытий может содержать слой, который придает улучшенную коррозионную стойкость резьбовому соединению 300. Третий слой 110 может быть дополнительно нанесен на второй слой 108 для улучшения герметичности резьбового соединения 300.

В основном, каждый из слоев покрытия должен находиться в пределах определенных значений толщины, как будет указано ниже. Если толщина предоставленного слоя меньше, чем оговоренная толщина, давление взаимодействия, создаваемое на витках резьбы, может быть недостаточным для превышения давления флюида, который подлежит изолированию, при достижении конечного положения сборки. Поэтому, если толщина данного слоя слишком мала, покрытия 102, 112 могут не справиться с заполнением пустых пространств между боковыми сторонами профиля резьбы и могут допустить протекание флюида. Кроме того, если толщина данного слоя больше, чем заданная толщина, момент свинчивания, прикладываемый для достижения заданного положения сборки, будет больше, чем тот, который прикладывают, когда толщина данного слоя находится в пределах заданного диапазона. Кроме того, путь трения (определяется количеством выполняемых оборотов) будет увеличен. В результате вероятность истирания может возрасти, потенциально снижая рабочие характеристики герметичности покрытий 102, 112.

Согласно одному варианту осуществления первый слой 106 первой системы 104 покрытий может содержать одно из фосфата марганца и фосфата цинка. Толщина первого слоя 106 покрытия может быть выбрана в пределах диапазона от 4 до 10 мкм. Согласно определенным вариантам осуществления на ниппель 102 предпочтительней наносить фосфат цинка, а не фосфат марганца для простоты производства. Согласно дополнительным вариантам осуществления фосфат цинка может быть нанесен на одно из ниппеля 102 или муфты 112, и фосфат марганца может быть нанесен на второе из ниппеля 102 или муфты 112. Согласно другому варианту осуществления второй слой 108 покрытия первой системы 104 покрытий может содержать полужесткий материал. Согласно определенным вариантам осуществления полужесткий материал может содержать двухкомпонентный отверждаемый материал. Согласно дополнительному варианту осуществления отверждаемый материал может содержать двухкомпонентный эпоксид.

Согласно другим вариантам осуществления второй слой 108 покрытия может содержать антикоррозионные пигменты, которые повышают коррозионную стойкость второго слоя 108 по сравнению со слоем, не содержащим антикоррозионные пигменты. Согласно определенным вариантам осуществления толщина второго слоя 108 покрытия после процесса высушивания, описываемого более подробно ниже, может быть выбрана в пределах диапазона от 25 до 50 мкм. Состав двухкомпонентного эпоксидного слоя для использования со вторым слоем 108 покрытия может быть предоставлен в табл. 2 ниже. Понятно, однако, что могут использоваться составы, содержащие количества, отличные от тех, что представлены в табл. 2.

Таблица 2. Состав двухкомпонентного эпоксидного покрытия первой системы покрытий

Компонент	Количество (масс. %)
Часть А	
Эпоксидная смола	20
Ксилол	2
Сульфат бария	25
Оксид цинка	5
Бентон	0,39
Диоктилфталат	0,65
Асбестин	9
Аэросил	0,6
Часть В	
Полиамид	6
Ксилол	5
Битум	20
Диоктилфталат	0,26
Сульфат бария	8
Аэросил	0,56
Бентон	0,56
Катализатор	0,5

Согласно одному варианту осуществления, касательно части В, 1 мас.% из 5 мас.% ксилола может быть добавлен для снижения вязкости. Оставшиеся 4 мас.% ксилола могут быть в последствии добавлены для доведения окончательной формулы.

Соотношение между частью А и В второго эпоксидного слоя 108 может быть выбрано в пределах диапазона $\pm 5\%$ 1:1 по объему. Соответствующие значения каждого из компонентов частей А и В могут также быть выбраны в пределах диапазона $\pm 5\%$ указанных выше значений.

Согласно одному варианту осуществления растворитель может также быть добавлен в качестве понизителя вязкости до 10% от объема состава в табл. 2. Понизитель вязкости может доводить вязкость состава и может дополнительно сокращать время высушивания состава. Устойчивость результирующей смеси может составлять 8 ч. Вязкость смеси может также составлять от 35 до 50 с в воронке Форда № 4 при 20°C.

Второй двухкомпонентный эпоксидный слой 108 может быть нанесен на первый фосфатный слой 106 в жидком состоянии, а затем высушен и отвержден. Высушивание может быть проведено в течение от 10 до 40 мин при температуре в пределах диапазона от 50 до 120°C. Высушивание может быть дополнительно проведено с использованием одной или нескольких инфракрасных (ИК) ламп. Согласно другим вариантам осуществления мощность ИК-лампы может составлять от 2 до 3 кВт каждая. Понятно, что дополнительные источники тепла при необходимости могут быть использованы для высушивания.

После высушивания значительная доля твердых частиц может быть получена во втором эпоксидном слое 108. Согласно одному варианту осуществления доля твердых частиц может составлять больше 75 мас.%. Например, доля твердых частиц, полученных после высушивания, может составлять от 75 до 80 мас.%.

Согласно определенным вариантам осуществления толщина второго эпоксидного слоя 108 после высушивания может составлять от 25 до 50 мкм. Если толщина второго эпоксидного слоя 108 меньше, чем значения этого диапазона, может происходить коррозия и на соединениях может образовываться ржавчина. Эта ржавчина может увеличивать момент свинчивания и вероятность истирания. Если толщина второго эпоксидного слоя больше, чем значения этого диапазона, вероятность истирания значительно увеличивается.

Согласно другому варианту осуществления третий слой 110 покрытия первой системы 104 покрытий может содержать термопластичный материал. Согласно определенным вариантам осуществления термопластичный материал может содержать парафин. Согласно другим вариантам осуществления температура плавления парафина может находиться в пределах диапазона от 65 до 70°C. Согласно дополнительным вариантам осуществления парафин может содержать микрокристаллический парафин. Согласно другим вариантам осуществления микрокристаллический парафин может быть окислен. Например, согласно одному варианту осуществления микрокристаллический парафин может быть карбоксилирован для образования полярных концов, обеспечивающих растворимость в воде.

Микрокристаллический парафин может быть образован в качестве водной эмульсии. Водная эмульсия может содержать парафин от 1 до 8% коалесцирующего соединения (например, 2-диэтиламиноэтанола) и воду в качестве остальной части состава. Вязкость эмульсии, приготовленной таким образом, может составлять согласно одному варианту осуществления 24 ± 3 с в воронке Форда № 4 при 25°C.

Эмульсия может быть нанесена на второй эпоксидный слой 108 и высушена для образования третьего парафинового слоя 110. Высушивание может быть осуществлено в течение от 4 до 10 мин при температуре в пределах диапазона от 60 до 85°C с использованием инфракрасных (ИК) ламп. Согласно определенным вариантам осуществления могут быть использованы по меньшей мере две ИК-лампы. Согласно другим вариантам осуществления мощность ИК-лампы может составлять от 2 до 3 кВт каждая. Понятно, что при необходимости для высушивания могут быть использованы другие источники тепла. Толщина парафинового слоя может быть выбрана в пределах диапазона от 12 до 15 мкм.

Операция высушивания может устранить большинство растворителей (например, воду) из парафиновой эмульсии. После высушивания значительная доля твердых частиц может находиться в третьем парафиновом слое, составляющая больше 22 мас.%. Этот твердый продукт необходим для получения высоких рабочих характеристик парафина во взаимосвязи с другими материалами. То есть, парафиновый слой 110 обеспечивает герметизацию (путем заполнения зазоров, которые в противном случае будут способствовать протеканию), предотвращает коррозию (посредством гидрофобности) и плавится в требуемом температурном диапазоне.

Согласно определенным вариантам осуществления толщина этого слоя после высушивания может составлять от 20 до 40 мкм.

Результирующий парафиновый слой, как оказалось, демонстрирует очень хорошие гидрофобные свойства и хорошую коррозионную стойкость. Например, парафиновый слой 110, как оказалось, выдерживает коррозионные испытания на протяжении 200 ч, заключающиеся в воздействии соляного тумана. Кроме того, этот парафиновый слой является эластичным и демонстрирует свойства устойчивости к истиранию и герметичности. Кроме того, поскольку парафиновый слой 110 является чистым, выявление повреждений на поверхности резьбового соединения может быть упрощено. Кроме того, парафиновый

слой является экологически безопасным, поскольку наиболее доминирующий растворитель в эмульсии, из которой формируют парафин, является водой.

Относительно второй системы 114 покрытий первый слой 116 второй системы 114 покрытий может содержать материал, который хорошо прилипает к муфте 112 и дополнительно способствует склеиванию второго слоя 118 с первым слоем 116. Второй слой 118 второй системы 114 покрытий может содержать второй слой 118, который придает улучшенное смазывание и, необязательно, коррозионную стойкость резьбовому соединению 300. Третий слой 120 может дополнительно присутствовать для улучшения герметичности резьбового соединения 300. Первый и третий слои 116, 120 второго покрытия 114 могут быть обеспечены согласно описанному выше касательно первого и третьего слоев 106, 110 первого покрытия 104.

Что касается второй системы 114 покрытий на муфте 102, второй слой 118 второго покрытия 114 может содержать терморезистивное соединение. Согласно определенным вариантам осуществления терморезистивное соединение может содержать как однокомпонентный отверждаемый материал, так и двухкомпонентный отверждаемый материал. Согласно другим вариантам осуществления слой 120 может содержать эпоксид, содержащий пигменты и твердые смазочные материалы. Слой 120 может быть размещен поверх фосфатного слоя 116.

Варианты осуществления твердых смазочных материалов могут содержать, кроме прочего, дисульфид молибдена, дисульфид вольфрама, нитрид бора, графит и политетрафторэтилен (ПТФЭ). Варианты осуществления пигментов могут предусматривать, кроме прочего, зеленые пигменты. Согласно определенным вариантам осуществления могут быть использованы отвердители, в том числе полиамин. Например, согласно одному варианту осуществления состав однокомпонентного эпоксидного слоя 118 может содержать эпоксидную смолу, политетрафторэтилен (ПТФЭ), TiO_2 и зеленый пигмент наряду с полиаминовым отвердителем.

Второй эпоксидный слой 118 может быть высушен при температуре в пределах температурного диапазона от 60 до 140°C в течение времени в пределах диапазона от 20 до 50 мин. Толщина эпоксидного слоя 118 может варьироваться в пределах диапазона от 20 до 60 мкм после высушивания, например от 20 до 40 мкм. Согласно другому примеру толщина слоя эпоксидного покрытия может варьироваться в пределах диапазона от 30 до 60 мкм после высушивания. Содержание твердого вещества эпоксидного слоя 118 может варьироваться в пределах диапазона от 25 до 40 мас.% после высушивания.

Для обеспечения герметичности покрытия 104, 114 должны обеспечивать соответствующую упругость и гибкость для сжатия в зонах высокого давления взаимодействия (например, боковые стороны профиля резьбы), наряду с эффективным блокированием прохода между вершинами и впадинами. Слои 104, 114 покрытия также должны обеспечивать выдерживание нескольких операций сборки и разборки, выполняемых для запуска колонны на нефтяном месторождении. Покрытие, слишком жесткое для выдерживания операций сборки и разборки, может увеличивать путь утечки. Слишком мягкие слои покрытия могут быть удалены при операциях сборки и разборки, и рабочие характеристики будут ослаблены.

Согласно одному варианту осуществления способ регулирования упругости и гибкости покрытия осуществляют посредством объемной концентрации пигмента (ОКП). Объемная концентрация пигмента определяет количество конкретного пигмента, который может быть добавлен к полимеру покрытия. Специальный полимер или связующее вещество может быть добавлено для увлажнения или окружения, по меньшей мере, части пигментных частицы. Согласно определенным вариантам осуществления достаточное количество полимера может быть предоставлено для полного или почти полного заполнения пустых пространств между пигментными частицами.

ОКП может быть рассчитана следующей формулой:

$$\% \text{ ОКП} = 100 * V_{\text{пигмент}} / (V_{\text{пигмент}} + V_{\text{нелетучее связующее вещество}}),$$

где $V_{\text{пигмент}}$ является объемом пигмента, а $V_{\text{нелетучее связующее вещество}}$ является объемом нелетучего связующего вещества, каждый из которых представлен в объемных процентах. Согласно определенным вариантам осуществления ОКП любого слоя, содержащего пигменты, может быть соответствующим образом выполнена для получения покрытия с соответствующей упругостью и гибкостью. Согласно одному варианту осуществления может использоваться ОКП в пределах диапазона от 5 до 50%. Согласно другим вариантам осуществления может использоваться ОКП в пределах диапазона от 15 до 45%.

В табл. 3 представлены экспериментальные данные, показывающие рабочие характеристики сборки и герметичности трубных соединений, выполненных в соответствии с вариантами осуществления систем покрытий, описанных выше.

Таблица 3. Рабочие характеристики сборки и герметичности

Тип	Диаметр [дюйм]	Масса, (фунт/фут)	Класс	Соединение	Сборка			Герметичность		
					Сторона А	Сторона В	Результат	Давление (фунт. на кв. дюйм)	Удерживание (мин)	Результат
Обсадная колонна	9 5/8	36	K-55	ST & C	FMU	5 MBG + FMU	Без истирания	3000	60	Без утечек
Обсадная колонна	5 1/2	15,5	K-55	LC	FMU	5 MBG + FMU	Без истирания	4800	60	Без утечек
Насосно-компрессорные трубы	2 7/8	6,5	J-55	EUE	FMU	10 MBG + FMU	Без истирания	7200	60	Без утечек
Насосно-компрессорные трубы	2 3/8	4,7	J-55	EUE	FMU	10 MBG + FMU	Без истирания	7800	60	Без утечек

Испытания сборки были проведены в соответствии с ISO 13679 и API 5C1, полные описания каждого из которых включены в настоящий документ посредством ссылки. При испытании сборки сторона В обсадной колонны и насосно-компрессорных труб получила 5 и 10 MBG соответственно, и сторона А получила FMU. В таблице обозначение "MBG" означает испытания на истирание при свинчивании/развинчивании, в ходе которых свойства сборки соединения испытывали посредством повторяющихся операций сборки и разборки. Испытание такого типа моделирует использование на месторождении. Обозначение "FMU" в таблице выше означает окончательное свинчивание. Испытание такого типа моделирует операции сборки, обычно выполняемые на заводе по производству труб. Полное отсутствие или незначительное истирание наблюдали как при испытаниях на истирание при свинчивании/развинчивании, так и при испытаниях на окончательное свинчивание.

Испытания на герметичность проводили в соответствии с API 5C1. При испытаниях на герметичность собранные трубные соединения испытывали, создавая давление воды внутри трубных соединений. После того, как внутреннее давление достигло значений, указанных в таблице для каждого размера, давление поддерживали в течение одного часа (например, 60 мин) и фиксировали протекания из соединения. В любом из испытываемых трубных соединений было обнаружено полное отсутствие утечки или были обнаружены незначительные утечки.

Вариант осуществления второй системы 114 покрытий, содержащий однокомпонентный эпоксид в качестве второго эпоксидного слоя 118, был дополнительно подвержен коррозионным испытаниям для того, чтобы установить коррозионную стойкость покрытия. Коррозионные испытания проводили в соответствии с ASTM B117, "Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus", полное описание которого включено в настоящий документ посредством ссылки. Варианты осуществления испытываемых образцов второго покрытия 114 были подвергнуты высушиванию и отверждению на протяжении 10 мин при температуре от 60 до 80°C и дополнительно характеризовались толщиной слоя однокомпонентного эпоксидного покрытия в диапазоне от около 30 до около 40 мкм. Коррозионные испытания проводили в течение 300 ч посредством воздействия соляным туманом после высушивания. По истечении 300 ч вторая система 114 покрытий показала хорошую коррозионную стойкость.

Согласно фиг. 4 приведен график момент свинчивания в зависимости от оборотов для испытания нескольких сборок и разборок (свинчиваний и развинчиваний) резьбового соединения, использующего вариант осуществления системы 300 покрытий на ниппеле и муфте. Эти испытания проводили для проведения оценивания смазочных свойств покрытия и для подтверждения полного отсутствия или незначи-

тельного истирания или износа материала резьбового соединения, возникающего при сборке и разборке.

Результирующие кривые были похожи на кривые, полученные при использовании пасты (например, пасты API). Кроме того, после циклов свинчивания и развинчивания наблюдались незначительные повреждения, вызванные истиранием или износом. Эти результаты свидетельствуют о том, что варианты осуществления раскрытых трубных соединений могут обеспечивать работу трубных соединений при сборке-разборке, сравнимую со случаями применения пасты, но без вредных для окружающей среды эффектов и других проблем, связанных с недостаточным нанесением пасты и чрезмерным нанесением пасты.

В итоге, варианты осуществления настоящего раскрытия предоставляют трубные соединения с улучшенными рабочими характеристиками (например, коррозионной стойкостью, смазыванием, герметичностью, механическими рабочими характеристиками) и способы их производства. Сочетания позиционной сборки, производственных допусков и покрытий резьбы на ниппеле и муфте применяют для достижения этих улучшений. В частности, эти трубные соединения могут быть применимы для резьбовых соединений, применяемых при добыче нефти и газа. Раскрытые варианты осуществления могут быть дополнительно применены для элементов в виде ниппеля и муфты, которые не содержат упорные торцы или уплотнения металл-металл, обеспечивая улучшенные рабочие характеристики трубного соединения без дополнительных затрат на эти признаки.

Как было описано выше, эти преимущества рабочих характеристик могут быть получены посредством сочетания позиционной сборки, производственных допусков и покрытий резьбы. Каждый из этих аспектов необходим для получения этих улучшений и, если одно или несколько отсутствуют в трубном соединении, улучшения этих рабочих характеристик не могут быть достигнуты. Например, если покрытия отсутствуют на трубном соединении, соответствующее смазывание может отсутствовать в трубном соединении, что повышает вероятность истирания. Кроме того, если покрытие заменено соединениями для резьбы (например, пастой), могут возникнуть экологические проблемы. Если жесткие производственные допуски в пределах диапазонов, указанных в настоящем документе, не используются, конечное контактное давление, которому подвергаются витки резьбы, может значительно варьироваться, приводя к проблемам, связанным с утечками, даже если достигнута требуемая позиционная сборка. Если позиционная сборка не отвечает определенному диапазону, трубное соединение может быть ослаблено, что приводит к проблемам механической целостности и утечкам.

Хотя приведенное выше описание показало, описало и подчеркнуло фундаментальные признаки новизны настоящего изобретения, понятно, что различные упущения, замены и изменения в форме деталей устройства, как показано, а также как их применение, может быть осуществлено специалистом в данной области техники без отступления от объема настоящего изобретения. Следовательно, объем настоящего изобретения не должен быть ограничен приведенным описанием, но должен быть определен прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Трубное соединение, содержащее
 - первую трубу, содержащую охватываемое резьбовое соединение на конце первой трубы;
 - вторую трубу, содержащую охватывающее резьбовое соединение на конце второй трубы, причем охватывающее резьбовое соединение выполнено с возможностью размещения охватываемого резьбового соединения первой трубы;
 - первое покрытие на первой трубе, причем первое покрытие содержит
 - первый слой, размещенный по меньшей мере на части витков резьбы первой трубы, причем первый слой содержит фосфат;
 - второй слой, размещенный по меньшей мере на части первого слоя, причем первый слой содержит эпоксид и одну или несколько препятствующих коррозии добавок;
 - третий слой, размещенный по меньшей мере на части второго слоя, причем третий слой содержит парафин; и
 - второе покрытие на второй трубе, причем второе покрытие содержит
 - первый слой, размещенный по меньшей мере на части витков резьбы второй трубы, причем первый слой содержит фосфат;
 - второй слой, размещенный по меньшей мере на части первого слоя, причем второй слой содержит эпоксид и одну или несколько смазывающих добавок;
 - третий слой, размещенный по меньшей мере на части второго слоя, причем третий слой содержит парафин;
 - причем и первая, и вторая трубы выполнены без упорного торца;
 - причем параметры резьбы первой и второй труб находятся в пределах выбранных диапазонов параметров; и
 - при этом вторая труба размещена в выбранном положении относительно первой трубы в пределах трубного соединения.

2. Трубное соединение по п.1, в котором фосфат представляет собой одно из фосфата марганца и фосфата цинка, предпочтительно в котором толщина первых фосфатных слоев первой и второй труб независимо выбрана в пределах диапазона от 4 до 10 мкм.

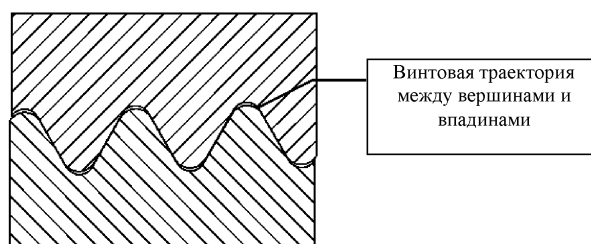
3. Трубное соединение по любому из пп.1 или 2, в котором толщина вторых эпоксидных слоев первой и второй труб независимо выбрана в пределах диапазона от 25 до 50 мкм.

4. Трубное соединение по п.1, в котором концентрация пигмента составляет от 5 до 50% от общего объема вторых слоев первой и второй труб.

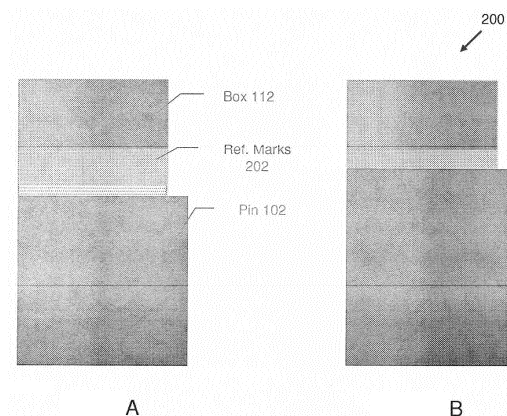
5. Трубное соединение по п.1, в котором парафин содержит окисленный, микрокристаллический парафин; предпочтительно в котором толщина третьих парафиновых слоев первой и второй труб выбрана в пределах диапазона от 12 до 15 мкм.

6. Трубное соединение по п.1, в котором средний диаметр витков резьбы каждой из первой и второй труб находится в пределах $\pm 0,0078''$ выбранного значения; предпочтительно в котором средний диаметр витков резьбы каждой из первой и второй труб находится в пределах $\pm 0,004''$ выбранного значения; или в котором конусность витков резьбы каждой из первой и второй труб составляет 0,060/0,0677; предпочтительно в котором конусность витков резьбы каждой из первой и второй труб составляет 0,060/0,065.

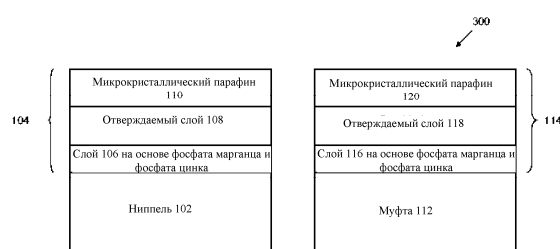
7. Трубное соединение по п.1, в котором овальность витков резьбы каждой из первой и второй труб меньше или равна 0,010" или в котором при испытании в соответствии с API 5C1 отсутствуют протекания при воздействии внутреннего давления, составляющего менее или равного 53779106 Па (7800 фунтов на квадратный дюйм), и в течение временных интервалов, составляющих менее или равных 60 мин; или в котором после по меньшей мере пяти операций сборки и разборки трубного соединения отсутствует истирание; или в котором второй слой второй трубы содержит однокомпонентный эпоксид и демонстрирует отсутствие коррозии при воздействии соляного тумана по меньшей мере в течение 300 ч при испытании в соответствии с STM B117.



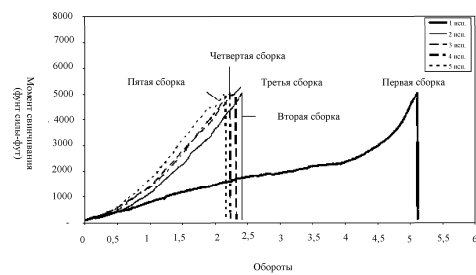
Фиг. 1 (Уровень техники)



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

