

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041163**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.09.20

(21) Номер заявки
202191792

(22) Дата подачи заявки
2019.12.25

(51) Int. Cl. **C23C 28/00** (2006.01)
C10M 117/02 (2006.01)
C10M 125/02 (2006.01)
C10M 143/06 (2006.01)
C10M 147/02 (2006.01)
C10M 159/06 (2006.01)
C10M 159/20 (2006.01)
C23C 26/00 (2006.01)
F16L 15/04 (2006.01)
C10N 30/00 (2006.01)
C10N 30/06 (2006.01)
C10N 40/00 (2006.01)

**(54) КОМПОЗИЦИЯ И РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ТРУБ, СОДЕРЖАЩЕЕ СЛОЙ
СМАЗЫВАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ, СФОРМИРОВАННЫЙ ИЗ КОМПОЗИЦИИ**

(31) **2019-000871**

(32) **2019.01.07**

(33) **JP**

(43) **2021.10.22**

(86) **PCT/JP2019/050986**

(87) **WO 2020/145162 2020.07.16**

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

(56) **WO-A1-2015198557**
WO-A1-2009072486
JP-A-2014535023
JP-A-2010523785
JP-A-2009512819
JP-A-2004507698
WO-A1-2014024755
JP-A-2014501885
JP-A-200893713
JP-A-2002220596

(72) Изобретатель:
Гото Кунио, Абе Томока (JP)

(74) Представитель:
Забегаетова У.Г., Давыдова Е.Л.,
Мурашев П.М. (RU)

(57) Настоящим изобретением предложена композиция для получения резьбового соединения для труб, обладающего высокой стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы и отличной характеристикой высокого крутящего момента, и резьбовое соединение для труб, содержащее слой смазывающего покрытия, сформированный из композиции, и обладающее высокой стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы и отличной характеристикой высокого крутящего момента. Композиция согласно настоящему изобретению представляет собой композицию для формирования слоя (21) смазывающего покрытия на резьбовом соединении для труб или поверх него и содержит полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты. Резьбовое соединение для труб согласно настоящему изобретению содержит ниппель (3), имеющий контактную поверхность (34) со стороны ниппеля, содержащую резьбовой участок со стороны ниппеля; муфту (4), имеющую контактную поверхность (44) со стороны муфты, содержащую резьбовой участок со стороны муфты; и слой (21) смазывающего покрытия, образованный вышеупомянутой композицией в качестве крайнего наружного слоя на контактной поверхности (34) со стороны ниппеля и/или контактной поверхности (44) со стороны муфты или поверх нее.

041163
B1

041163
B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к композиции и резьбовому соединению для труб, содержащему слой смазывающего покрытия, сформированного из композиции.

Предшествующий уровень техники

Трубные изделия нефтепромыслового сортамента используются для бурения на месторождениях нефти и природного газа. Трубные изделия нефтепромыслового сортамента выполняют путем соединения нескольких стальных труб в соответствии с глубиной скважины. Соединение стальных труб выполняют путем свинчивания резьбовых соединений для труб, выполненных на концах стальных труб.

Конструкция ниппель-муфта, образованная элементом, называемым "ниппель", и элементом, называемым "муфта", может служить примером типичного резьбового соединения для труб, применяемого для свинчивания трубных изделий нефтепромыслового сортамента. Ниппель содержит резьбовой участок со стороны ниппеля, выполненный на наружной периферийной поверхности концевой части стальной трубы. Ниппель может также содержать участок металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок упора со стороны ниппеля. Муфта содержит резьбовой участок со стороны муфты, выполненный на внутренней периферийной поверхности концевой части стальной трубы. Муфта может также содержать участок металлического уплотнения со стороны муфты и участок упора со стороны муфты. При свинчивании стальных труб резьбовой участок со стороны ниппеля и резьбовой участок со стороны муфты входят в контакт друг с другом. Если резьбовые соединения для труб содержат участки металлического уплотнения и участки упора, при свинчивании участки металлического уплотнения входят в контакт друг с другом, равно как и участки упора.

В процессе опускания трубных изделий нефтепромыслового сортамента трубные изделия нефтепромыслового сортамента могут быть снова подняты из скважины по различным причинам, например, из-за возникновения некоторых неполадок. Резьбовое соединение для труб, которое ранее было свинчено, при этом может быть развинчено, а затем снова свинчено и опущено в нефтяную скважину. Резьбовые участки, участки металлического уплотнения и участки упора ниппеля и муфты регулярно испытывают сильное трение во время свинчивания и развинчивания стальных труб. Если эти участки недостаточно устойчивы к трению, во время повторного свинчивания и развинчивания произойдет образование поверхностного повреждения резьбы (неустраняемого поверхностного повреждения резьбы). Следовательно, резьбовые соединения для труб должны иметь достаточную устойчивость к трению, то есть высокую стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы.

В уровне техники для улучшения стойкости к образованию поверхностного повреждения резьбы и газонепроницаемости резьбовых соединений для труб используют вязкую жидкую смазку (консистентную смазку), содержащую порошки тяжелых металлов и называемую "присадкой" или "компаундной консистентной смазкой". Компаундную консистентную смазку наносят на контактные поверхности резьбовых соединений (то есть на резьбовые участки или в случае, когда резьбовое соединение для труб имеет участки металлического уплотнения и участки упора, на участки с резьбой, участки металлического уплотнения и участки упора). Примеры компаундной консистентной смазки указаны в стандартах API BUL 5A2. Однако тяжелые металлы, такие как Pb, содержащиеся в компаундных консистентных смазках, могут влиять на окружающую среду. По этой причине для замены компаундных консистентных смазок в качестве новых смазывающих материалов были предложены различные смазывающие покрытия.

В публикации международной заявки № 2009/057754 (патентный документ 1) и публикации международной заявки № 2014/024755 (патентный документ 2) предложены композиции для формирования слоя смазывающего покрытия, обладающего высокой стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы и не содержащего тяжелых металлов, способных влиять на окружающую среду.

Композиция для формирования смазывающего покрытия в резьбовом соединении для труб, описанная в патентном документе 1, содержит канифоль и/или фторид кальция и металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты. Поскольку эта композиция для формирования смазывающего покрытия, по существу, не содержит вредных тяжелых металлов, в частности свинца, воздействие на окружающую среду крайне невелико. Кроме того, смазывающее покрытие, образованное этой композицией, также обладает превосходными антикоррозийными свойствами и подавляет возникновение ржавчины во время хранения резьбового соединения для труб. В патентном документе 1 описано, что, соответственно, даже при циклическом свинчивании и развинчивании резьбовое соединение для труб сохраняет смазывающую функцию, и газонепроницаемость может быть обеспечена после свинчивания. Композиция для формирования смазывающего покрытия на резьбовом соединении для труб или поверх него, раскрытая в патентном документе 2, содержит цианурат меламина, основную металлическую соль ароматической органической кислоты и один или несколько типов материала, выбранного из группы, состоящей из материала на основе сосновой смолы, воска, металлического мыла и смазывающего порошка. В патентном документе 2 описано, что за счет формирования смазывающего покрытия с использованием этой композиции предотвращается возникновение ржавчины в резьбовом соединении для труб, резьбовое соединение для труб сохраняет смазывающую функцию даже при циклическом свинчивании и развинчивании, и газонепроницаемость может быть обеспечена после свинчивания.

Список противопоставленных материалов

Патентная литература.

Патентный документ 1. Публикация международной заявки № 2009/057754.

Патентный документ 2. Публикация международной заявки № 2014/024755.

Сущность изобретения

Техническая задача

В связи с этим при свинчивании резьбового соединения для труб, крутящий момент при завершении свинчивания (далее именуемый "крутящий момент затяжки") назначают таким образом, чтобы достичь достаточного давления уплотнения между поверхностями независимо от величины натяга резьбы. На завершающей стадии свинчивания увеличивается давление между поверхностями витков резьбы. Если крутящий момент стабильно увеличивается без образования поверхностного повреждения резьбы даже в случае высокого давления между поверхностями, регулировка крутящего момента затяжки упрощается. Следовательно, резьбовые соединения для труб должны иметь характеристику, обеспечивающую стабильное увеличение крутящего момента даже при высоком давлении между поверхностями. В дальнейшем эту характеристику называют "характеристикой высокого крутящего момента".

В случае резьбового соединения для труб с упорами характеристика высокого крутящего момента определяется как характеристика, поддерживающая скорость увеличения крутящего момента сразу после упора в диапазоне, в котором количество оборотов стальной трубы превышает крутящий момент упора на диаграмме крутящего момента, отражающей соотношение между числом оборотов стальной трубы и крутящим моментом во время свинчивания. В случае резьбового соединения для труб с упорами характеристику высокого крутящего момента можно выразить как крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$.

Если резьбовое соединение для труб имеет упоры, во время свинчивания участки упоров ниппеля и муфты входят в контакт друг с другом. Возникающий в это время крутящий момент называют "крутящим моментом упора". При свинчивании резьбового соединения для труб свинчивание продолжают после достижения крутящего момента упора вплоть до завершения. Это повышает газонепроницаемость резьбового соединения для труб. При чрезмерном свинчивании начинается пластическая деформация металла ниппеля и/или муфты. Возникающий в это время крутящий момент называют "крутящим моментом на пределе текучести". Под "крутящим моментом при сопротивлении упора $\Delta T'$ " понимают разность между вышеупомянутым крутящим моментом упора и вышеупомянутым крутящим моментом на пределе текучести.

Если резьбовое соединение для труб имеет упоры, то регулировка крутящего момента затяжки будет простой при высоком крутящем моменте при сопротивлении упора $\Delta T'$. Даже если резьбовое соединение для труб не имеет участков упора, регулировка крутящего момента затяжки будет простой, пока крутящий момент стабильно увеличивается при высоком давлении между поверхностями.

Смазывающее покрытие, повышающее стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы и облегчающее регулировку крутящего момента затяжки, может быть реализовано с помощью композиций, раскрытых в патентном документе 1 и патентном документе 2. Однако предпочтительно иметь возможность получения высокой стойкости к образованию поверхностного повреждения резьбы и характеристики высокого крутящего момента с помощью другой композиции и смазывающего покрытия.

Целью настоящего изобретения является создание композиции для получения резьбового соединения для труб, обладающего высокой стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы и отличной характеристикой высокого крутящего момента, и резьбового соединения для труб, содержащего слой смазывающего покрытия, образованный композицией и обладающий высокой стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы и отличной характеристикой высокого крутящего момента.

Решение задачи

Композиция согласно настоящему изобретению представляет собой композицию для формирования слоя смазывающего покрытия на резьбовом соединении для труб или поверх него, содержащую полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты.

Резьбовое соединение для труб согласно настоящему изобретению содержит ниппель, имеющий контактную поверхность со стороны ниппеля, содержащую резьбовой участок со стороны ниппеля; муфту, имеющую согласно настоящему изобретению контактную поверхность со стороны муфты, содержащую резьбовой участок со стороны муфты; и слой смазывающего покрытия, сформированный из вышеупомянутой композиции, в качестве крайнего наружного слоя на контактной поверхности со стороны ниппеля и/или контактной поверхности со стороны муфты или поверх этой поверхности.

Полезные эффекты изобретения

Резьбовое соединение для труб согласно настоящему изобретению содержит, в качестве крайнего внешнего слоя, слой смазывающего покрытия, содержащего полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты. Следовательно, резьбовое соединение для труб, согласно настоящему изобретению, отличается высокой стойкостью к образованию

поверхностного повреждения резьбы даже при повторном свинчивании. Резьбовое соединение для труб, согласно настоящему изобретению, также демонстрирует отличную характеристику высокого крутящего момента.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 изображен график, иллюстрирующий соотношение между количеством оборотов стальных труб и крутящим моментом во время свинчивания резьбового соединения для труб, содержащего участок упора.

На фиг. 2 изображен график, иллюстрирующий результаты испытания Фалекса с использованием композиций из испытания № 9 и испытания № 11 в качестве примера.

На фиг. 3 показана взаимосвязь между содержанием (в вес.%) полиизобутилена в слое смазывающего покрытия и крутящим моментом при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение).

На фиг. 4 показана взаимосвязь между содержанием (в вес.%) полиизобутилена в слое смазывающего покрытия и стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы.

На фиг. 5 приведен вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения муфтового типа для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 6 приведен вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения внутреннего (безмуфтового) типа для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 7 приведен вид в разрезе резьбового соединения для труб.

На фиг. 8 приведен вид, иллюстрирующий конструкцию резьбового соединения для труб без участка металлического уплотнения и упора согласно примеру осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 9 приведен вид в разрезе резьбового соединения для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 10 приведен вид в разрезе резьбового соединения для труб согласно другому примеру осуществления изобретения, отличающемуся от показанного на фиг. 9.

На фиг. 11 приведен вид в разрезе резьбового соединения для труб согласно другому примеру осуществления изобретения, отличающемуся от показанного на фиг. 9 и 10.

На фиг. 12 изображен график для описания крутящего момента при сопротивлении упора $\Delta T'$ в качестве примера.

Описание примеров осуществления изобретения

Далее будет подробно раскрыт пример осуществления настоящего изобретения со ссылкой на чертежи. На чертежах будут использоваться одинаковые ссылочные обозначения для одинаковых или похожих деталей, и их описание не будет повторяться.

Авторы настоящего изобретения провели различные исследования, касающиеся взаимосвязи между композицией для формирования слоя смазывающего покрытия резьбового соединения для труб и стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы и характеристикой высокого крутящего момента резьбового соединения для труб. В итоге авторы настоящего изобретения получили результаты, описанные ниже.

При свинчивании стальных труб между собой заранее определяют оптимальный крутящий момент по завершении свинчивания. На фиг. 1 изображен график, иллюстрирующий соотношение между количеством оборотов стальных труб и крутящим моментом во время свинчивания резьбовых соединений для труб, содержащих участок упора. Фиг. 1 также называют "диаграммой моментов затяжки". Как показано на фиг. 1, свинчивание резьбовых соединений для труб вначале увеличивает крутящий момент пропорционально количеству оборотов. Скорость увеличения крутящего момента в это время невысока. По мере продолжения свинчивания участки упора входят в контакт друг с другом. Возникающий в это время крутящий момент называют "крутящим моментом упора". После достижения крутящего момента упора при продолжении свинчивания крутящий момент снова увеличивается пропорционально количеству оборотов. Скорость увеличения крутящего момента в это время выше, чем перед достижением крутящего момента упора. Свинчивание завершается в момент времени, когда крутящий момент достигает заданного числового значения (крутящего момента затяжки).

Если крутящий момент во время свинчивания достигает уровня крутящего момента затяжки, участки металлического уплотнения взаимодействуют друг с другом с соответствующим давлением между поверхностями. В этом случае газонепроницаемость резьбовых соединений для труб повышается. Кроме того, в нефтяной скважине резьбовое соединение испытывает высокое напряжение сжатия и высокое напряжение изгиба. Для гарантии того, что затяжка резьбового соединения для труб не ослабнет при таких нагрузках, необходимо, чтобы резьбовое соединение для труб было свинчено с достаточно большим крутящим моментом (соответствующим крутящим моментом затяжки).

Если свинчивание будет продолжено после достижения крутящего момента затяжки, крутящий момент станет слишком большим. Если крутящий момент становится слишком большим, участок ниппеля и муфты подвергается пластической деформации. Крутящий момент в это время называют "крутящим моментом на пределе текучести". Большой крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$, представляющий собой разность между крутящим моментом упора и крутящим моментом на пределе текучести,

позволяет обеспечить запас в отношении диапазона крутящего момента затяжки. Это упрощает регулировку крутящего момента затяжки. Следовательно, большее значение крутящего момента при сопротивлении упора $\Delta T'$ является предпочтительным.

Чтобы увеличить крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$, полезно снизить крутящий момент упора или увеличить крутящий момент на пределе текучести. Однако, даже если композиция слоя смазывающего покрытия изменяется так, что коэффициент трения просто увеличивается или уменьшается, в целом крутящий момент упора и крутящий момент на пределе текучести ведут себя одинаково. Например, если коэффициент трения слоя смазывающего покрытия увеличивается при повышении крутящего момента на пределе текучести, крутящий момент упора также увеличивается (это называется "высоким упором"). В результате, в некоторых случаях даже после достижения заранее заданного крутящего момента затяжки участки упоров не соприкасаются, и свинчивание не завершается (это называется "отсутствием упора"). И наоборот, если коэффициент трения слоя смазывающего покрытия уменьшается при снижении крутящего момента упора, крутящий момент на пределе текучести также уменьшается. Следовательно, в некоторых случаях участок упора или участок уплотнения выходит на низкий крутящий момент затяжки, и свинчивание при высоком крутящем моменте затяжки оказывается невозможным.

В результате интенсивных исследований авторы настоящего изобретения пришли к ранее неизвестному выводу о том, что содержание полиизобутилена в слое смазывающего покрытия позволяет увеличить крутящий момент на пределе текучести при сохранении крутящего момента упора на уровне, соответствующем обычному значению, а крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ может быть увеличен. Этот момент будет подробно описан со ссылкой на чертежи.

На фиг. 2 изображен график, иллюстрирующий результаты, полученные при выполнении испытания Фалекса с использованием композиций, показанных в испытании № 9 и испытании № 11 в качестве примера. Испытание Фалекса представляет собой испытание, в котором вращающийся ниппель с выемкой вставляют между двумя V-образными блоками и при этом измеряют прилагаемую к блокам нагрузку и создаваемый при приложении нагрузки момент трения. Способ измерения нагрузки, вызывающей образование поверхностного повреждения резьбы, посредством испытания Фалекса определен, например, в стандарте ASTM D 3233. На фиг. 2 представлен линейный график, который для случаев, в которых композиция из испытания № 9 или № 11 была нанесена на поверхность ниппеля с выемкой и ниппель с выемкой вращался, показывает результаты, полученные путем измерения приложенной к блокам нагрузки и момента трения, возникающего между вращающимся ниппелем с выемкой и V-образными блоками. Ордината на фиг. 2 отражает момент трения. Абсцисса на фиг. 2 отражает прилагаемую к блокам нагрузку.

Как показано на фиг. 2, в диапазоне некоторой протяженности от состояния низкой нагрузки крутящий момент увеличивался аналогичным образом для случая, когда использовалась композиция из испытания № 9, и для случая, когда использовалась композиция из испытания № 11. Однако в случае, когда использовалась композиция из испытания № 11, не содержащая полиизобутилена, скорость увеличения крутящего момента уменьшалась после превышения нагрузкой определенной величины. Это означает, что на заключительном этапе свинчивания, показанном на фиг. 1, когда приложенная к участкам металлического уплотнения и участкам упора нагрузка (давление между поверхностями), резко возрастает, в случае композиции, не содержащей полиизобутилена, увеличение крутящего момента замедляется. Иначе говоря, в области, в которой количество оборотов превышает крутящий момент упора, на диаграмме крутящего момента, показанной на фиг. 1, скорость увеличения крутящего момента не может поддерживаться непосредственно после упора. В этом случае крутящий момент на пределе текучести не может быть увеличен. Однако в случае использования композиции из испытания № 9, содержащей полиизобутилен, скорость увеличения крутящего момента не уменьшалась даже после превышения нагрузкой определенной величины. Это означает, что на заключительном этапе свинчивания, показанном на фиг. 1, увеличение крутящего момента также продолжается при резком повышении нагрузки (давления между поверхностями). Иначе говоря, в области, в которой количество оборотов превышает крутящий момент упора, на диаграмме крутящего момента, показанной на фиг. 1, скорость увеличения крутящего момента поддерживается непосредственно после упора. В этом случае крутящий момент на пределе текучести может быть увеличен.

Крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ увеличивается за счет увеличения крутящего момента на пределе текучести при снижении крутящего момента упора до низкого уровня. На фиг. 3 показана взаимосвязь между содержанием (в вес.%) полиизобутилена в слое смазывающего покрытия и крутящим моментом при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение). Фиг. 3 была получена с помощью описанных ниже примеров. Ордината на фиг. 3 отражает крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение). Абсцисса на фиг. 3 отражает содержание (в вес.%) полиизобутилена в слое смазывающего покрытия. Следует заметить, что соответствующие числовые значения крутящего момента при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение) представляют собой числовые значения, которые были определены как относительные значения относительно крутящего момента при сопротивлении упора $\Delta T'$ в примере, в котором вместо слоя смазывающего покрытия в качестве эталона (100) использовали присадку по стандартам API. Белая круглая метка (O) на фиг. 3 обозначает крутящий

момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение) для примера, в котором образован слой смазывающего покрытия. Треугольная метка (Δ) на фиг. 3 обозначает крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ (эталонное значение, т.е. 100), когда вместо слоя смазывающего покрытия использовали присадку по стандартам API.

Как показано на фиг. 3, в испытании № 11, в котором не содержался полиизобутилен, крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение) составлял 60. С другой стороны, в испытании № 9, в котором содержался полиизобутилен, крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение) составлял 115. В резьбовых соединениях для труб, содержащих слой смазывающего покрытия, состоящий из содержащей полиизобутилен композиции, крутящий момент стабильно увеличивался даже при высоком давлении между поверхностями на завершающей стадии свинчивания, без увеличения крутящего момента упора. Следовательно, крутящий момент на пределе текучести был высоким. В результате крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение) превышал 100.

Как показано на фиг. 3, было обнаружено, что, если слой смазывающего покрытия содержит полиизобутилен, в других примерах крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение) также превышал 100. Иначе говоря, если слой смазывающего покрытия содержит полиизобутилен, достигается превосходная характеристика высокого крутящего момента.

Авторы настоящего изобретения также обнаружили, что, если слой смазывающего покрытия содержит полиизобутилен, достигается стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы, эквивалентная стойкости к образованию поверхностного повреждения резьбы, полученной при использовании обычной присадки API, или превышающая ее. Фиг. 4 иллюстрирует взаимосвязь между содержанием (в вес.%) полиизобутилена в слое смазывающего покрытия и стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы.

Фиг. 4 была получена посредством описанных ниже примеров. Ордината на фиг. 4 отражает количество случаев, когда свинчивание происходило без образования неустраняемого поверхностного повреждения резьбы на резьбовом участке или поверхностного повреждения резьбы на участке металлического уплотнения. Абсцисса на фиг. 4 отражает содержание (в вес.%) полиизобутилена в слое смазывающего покрытия.

Как показано на фиг. 4, когда слой смазывающего покрытия содержал полиизобутилен, количество случаев свинчивания без образования поверхностного повреждения резьбы было в десять раз больше, что соответствует показателям обычной присадки API, или более чем в десять раз больше. Иначе говоря, если слой смазывающего покрытия содержит полиизобутилен, достигается не только отличная характеристика высокого крутящего момента, но и высокая стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы.

Как описано выше, если слой смазывающего покрытия содержит полиизобутилен, достигается высокая стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы в дополнение к отличной характеристике высокого крутящего момента. Механизм увеличения характеристики высокого крутящего момента и стойкости к образованию поверхностного повреждения резьбы резьбового соединения для труб за счет слоя смазывающего покрытия, содержащего полиизобутилен, не был прояснен. Однако авторы настоящего изобретения предполагают, что такой механизм выглядит следующим образом.

Полиизобутилен представляет собой полимер, находящийся в полутвердом состоянии при нормальной температуре (приблизительно 25°C), и считается, что полиизобутилен легко растворяется в воске, содержащемся в слое смазывающего покрытия. Также существует вероятность того, что при скольжении резьбового соединения для труб полиизобутилен может подавлять снижение вязкости воска даже при повышении температуры. Считается, что в результате достигается характеристика высокого крутящего момента резьбового соединения для труб. Кроме того, в этом случае, поскольку сохраняется вязкость воска в слое смазывающего покрытия, возможно сохранение толщины слоя смазывающего покрытия. Считается, что в результате повышается стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы.

Композиция согласно настоящему изобретению, составленная на основании указанных выше результатов, представляет собой композицию для формирования слоя смазывающего покрытия на резьбовом соединении для труб или поверх него и содержит полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты.

Композиция, согласно настоящему изобретению, содержит полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты. Следовательно, резьбовое соединение для труб, содержащее слой смазывающего покрытия, образованный вышеупомянутой композицией, обладает высокой стойкостью к образованию поверхностного повреждения резьбы и отличной характеристикой высокого крутящего момента.

Предпочтительно, если, при условии принятия общего количества нелетучих компонентов в композиции за 100 вес.%, вышеописанная композиция содержит полиизобутилен в количестве от 5 до 30 вес.%, металлическое мыло в количестве от 2 до 30 вес.%, воск в количестве от 2 до 30 вес.%, и основную ме-

таллическую соль ароматической органической кислоты в количестве от 10 до 70 вес.%.

В этом случае стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы и характеристики высокого крутящего момента резьбового соединения для труб дополнительно улучшаются.

Предпочтительно вышеописанная композиция также содержит смазывающий порошок.

В этом случае смазываемость резьбового соединения для труб повышается.

Предпочтительно, если, при условии принятия общего количества нелетучих компонентов в композиции за 100 вес.%, вышеописанная композиция содержит смазывающий порошок в количестве от 0,5 до 20 вес.%.

Предпочтительно вышеупомянутый смазывающий порошок представляет собой графит и/или политетрафторэтилен.

Вышеописанная композиция может дополнительно содержать летучий органический растворитель.

Резьбовое соединение для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения содержит ниппель, имеющий контактную поверхность со стороны ниппеля, содержащую резьбовой участок со стороны ниппеля; муфту, имеющую контактную поверхность со стороны муфты, содержащую резьбовой участок со стороны муфты; и слой смазывающего покрытия, сформированный из вышеописанной композиции в качестве крайнего наружного слоя на контактной поверхности со стороны ниппеля и/или контактной поверхности со стороны муфты или поверх такой поверхности.

Если резьбовое соединение для труб содержит слой смазывающего покрытия, сформированный из композиции, содержащей полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты в качестве крайнего наружного слоя на контактной поверхности со стороны ниппеля и/или контактной поверхности со стороны муфты или поверх такой поверхности, стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы и характеристика высокого крутящего момента резьбового соединения для труб улучшаются.

Резьбовое соединение для труб может содержать вышеупомянутый слой смазывающего покрытия на контактной поверхности со стороны ниппеля или поверх такой поверхности.

Предпочтительно резьбовое соединение для труб дополнительно содержит металлизированный слой между контактной поверхностью со стороны ниппеля и слоем смазывающего покрытия.

В этом случае стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы и коррозионная стойкость резьбового соединения для труб повышаются.

Предпочтительно резьбовое соединение для труб дополнительно содержит слой, полученный посредством химической конверсии, между слоем смазывающего покрытия и металлизированным слоем.

В этом случае адгезионная способность слоя смазывающего покрытия повышается.

Предпочтительно, что в случае, если резьбовое соединение для труб не содержит металлизированного слоя, контактная поверхность со стороны ниппеля представляет собой поверхность, подвергнутую струйной обработке и/или травлению, и в случае, если резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой, поверхность металлизированного слоя представляет собой поверхность, подвергнутую струйной обработке и/или травлению.

Резьбовое соединение для труб может содержать вышеупомянутый слой смазывающего покрытия на контактной поверхности со стороны муфты или поверх этой поверхности.

Предпочтительно резьбовое соединение для труб также содержит металлизированный слой между контактной поверхностью со стороны муфты и слоем смазывающего покрытия.

В этом случае стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы и коррозионная стойкость резьбового соединения для труб повышаются.

Предпочтительно резьбовое соединение для труб дополнительно содержит слой, полученный посредством химической конверсии, между слоем смазывающего покрытия и металлизированным слоем. В этом случае адгезионная способность слоя смазывающего покрытия повышается.

Предпочтительно, что в случае, если резьбовое соединение для труб не содержит металлизированного слоя, контактная поверхность со стороны муфты представляет собой поверхность, подвергнутую струйной обработке и/или травлению, и в случае, если резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой, поверхность металлизированного слоя представляет собой поверхность, подвергнутую струйной обработке и/или травлению. Предпочтительно в резьбовом соединении для труб контактная поверхность со стороны ниппеля дополнительно содержит участок металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок упора со стороны ниппеля, а контактная поверхность со стороны муфты дополнительно содержит участок металлического уплотнения со стороны муфты и участок упора со стороны муфты.

Далее будут раскрыты композиция согласно примеру осуществления настоящего изобретения и резьбовое соединение для труб, содержащее слой смазывающего покрытия, образованный композицией согласно примеру осуществления настоящего изобретения.

Резьбовое соединение труб

Резьбовое соединение труб содержит ниппель и муфту. На фиг. 5 приведен вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения муфтового типа для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг. 5, резьбовое соединение для труб содержит стальную трубу

1 и соединительную муфту 2. Ниппель 3, содержащий резьбовой участок со стороны ниппеля, выполнен на наружной поверхности обоих концов стальной трубы 1. Муфта 4, содержащая резьбовой участок со стороны муфты, выполнена на внутренней поверхности обоих концов соединительной муфты 2. Соединительная муфта 2 прикрепляется к концу стальной трубы 1 путем свинчивания ниппеля 3 и муфты 4 друг с другом. Хотя это не показано на чертеже, ниппель 3 стальной трубы 1 и муфта 4 соединительной муфты 2, которые не соединены с сопрягаемым элементом, могут иметь прикрепленный к ним протектор для защиты соответствующих резьбовых участков.

С другой стороны, можно также использовать резьбовое соединение внутреннего (безмуфтового) типа для труб, в котором соединительная муфта 2 не используется, а вместо этого один из концов стальной трубы 1 используется как ниппель 3, а другой конец - как муфта 4. На фиг. 6 приведен вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения для труб внутреннего (безмуфтового) типа согласно примеру осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг. 6, резьбовое соединение для труб содержит стальную трубу 1. Ниппель 3, содержащий резьбовой участок со стороны ниппеля, выполнен на наружной поверхности на одном конце стальной трубы 1. На другом конце стальной трубы 1 муфта 4, содержащая резьбовой участок со стороны муфты, выполнена на внутренней поверхности. Две стальные трубы 1 могут быть соединены между собой за счет свинчивания ниппеля 3 и муфты 4 друг с другом. Резьбовое соединение для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения может быть использовано как для резьбового соединения муфтового типа для труб, так и для резьбового соединения внутреннего (безмуфтового) типа для труб.

На фиг. 7 приведен вид в разрезе резьбового соединения для труб. На фиг. 7 ниппель 3 содержит резьбовой участок 31 со стороны ниппеля, участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок 33 упора со стороны ниппеля. На фиг. 7 муфта 4 содержит резьбовой участок 41 со стороны муфты, участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты и участок 43 упора со стороны муфты. Участки, на которых ниппель 3 и муфта 4 входят в контакт друг с другом при свинчивании, называют "контактными поверхностями 34 и 44". В частности, когда ниппель 3 и муфта 4 свинчены друг с другом, два резьбовых участка (резьбовой участок 31 со стороны ниппеля и резьбовой участок 41 со стороны муфты) входят в контакт друг с другом, как и два участка металлического уплотнения (участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты) и два участка упора (участок 33 упора со стороны ниппеля и участок 43 упора со стороны муфты). На фиг. 7 контактная поверхность 34 со стороны ниппеля содержит резьбовой участок 31 со стороны ниппеля, участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок 33 упора со стороны ниппеля. На фиг. 7 контактная поверхность 44 со стороны муфты содержит резьбовой участок 41 со стороны муфты, участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты и участок 43 упора со стороны муфты.

На фиг. 7 в ниппеле 3 участок 33 упора со стороны ниппеля, участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и резьбовой участок 31 со стороны ниппеля расположены в указанном порядке от конца стальной трубы 1. Кроме того, в муфте 4 участок 41 упора со стороны муфты, участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты и резьбовой участок 43 со стороны муфты расположены в указанном порядке от конца стальной трубы 1 или соединительной муфты 2. Однако расположение резьбового участка 31 со стороны ниппеля и резьбового участка 41 со стороны муфты, участка 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и участка 42 металлического уплотнения со стороны муфты, а также участка 33 упора со стороны ниппеля и участка 43 упора со стороны муфты не ограничено компоновкой, показанной на фиг. 7, и расположение может быть изменено соответствующим образом. Например, как показано на фиг. 6, в ниппеле 3 вышеупомянутые участки могут быть расположены от конца стальной трубы 1 в следующем порядке: участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля, резьбовой участок 31 со стороны ниппеля, участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля, участок 33 упора со стороны ниппеля, участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и резьбовой участок 31 со стороны ниппеля. В муфте 4 вышеупомянутые участки могут быть расположены от конца стальной трубы 1 или соединительной муфты 2 в следующем порядке: участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты, резьбовой участок 41 со стороны муфты, участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты, участок 43 упора со стороны муфты, участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты и резьбовой участок 41 со стороны муфты.

На фиг. 5 и 6 показаны так называемые "высококачественные соединения", содержащие участки металлического уплотнения (участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты) и участки упора (участок 33 упора со стороны ниппеля и участок 43 упора со стороны муфты). Однако участки металлического уплотнения (участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты) и участки упора (участок 33 упора со стороны ниппеля и участок 43 упора со стороны муфты) не обязательно должны быть включены. Резьбовое соединение для труб, не содержащее участков 32 и 42 металлического уплотнения и участков 33 и 43 упора, показано на фиг. 8. Слой смазывающего покрытия согласно примеру осуществления настоящего изобретения также с успехом может быть применен на резьбовом соединении для труб, не содержащем участков 32 и 42 металлического уплотнения и участков 33 и 43 упора. Если участки 32 и 42 металлического уплотнения и участки 33 и 43 упора отсутствуют, кон-

тактная поверхность 34 со стороны ниппеля содержит резьбовой участок 31 со стороны ниппеля. Если участки 32 и 42 металлического уплотнения и участки 33 и 43 упора отсутствуют, контактная поверхность 44 со стороны муфты содержит резьбовой участок 41 со стороны муфты.

Слой смазывающего покрытия

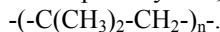
Резьбовое соединение для труб содержит слой смазывающего покрытия на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверх этой поверхности. На фиг. 9 приведен вид в разрезе резьбового соединения для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения. В соответствии со способом изготовления, описанным ниже, слой 21 смазывающего покрытия получают путем нанесения композиции для формирования слоя 21 смазывающего покрытия на контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты, с последующей сушкой композиции.

Композиция для формирования слоя 21 смазывающего покрытия

Композиция для формирования слоя 21 смазывающего покрытия содержит полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты. Соответственно слой 21 смазывающего покрытия также содержит полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты. Композиция может представлять собой композицию без растворителя (то есть содержащую только вышеупомянутые компоненты) или композицию на основе растворителя, в которой компоненты растворены в растворителе. В случае композиции на основе растворителя весовой процент каждого компонента относится к весовому проценту в случае, когда общее количество нелетучих компонентов композиции (вес, полученный как сумма всех компонентов, исключая содержащийся в композиции растворитель) принято за 100%. То есть содержание каждого компонента в композиции и содержание каждого компонента в слое 21 смазывающего покрытия равны друг другу. В дальнейшем композицию для формирования слоя 21 смазывающего покрытия называют просто "композицией". Ниже будет подробно описан каждый компонент композиции. Если явно не указано иное, символ "%" по отношению к каждому компоненту означает "весовой процент от общего количества нелетучих компонентов в композиции". В примере осуществления настоящего изобретения под "нелетучими компонентами" понимают все компоненты композиции, кроме растворителя. Под "нелетучими компонентами" понимают, например, полиизобутилен, металлическое мыло, воск и основную металлическую соль ароматической органической кислоты.

Полиизобутилен

Полиизобутилен представляет собой полимер изобутена, выраженный общей формулой



Полиизобутилен химически инертен, поскольку не имеет ненасыщенных связей в молекуле и, следовательно, обладает высокой устойчивостью к озону, кислоте, щелочам и т.п. Полиизобутилен представляет собой полутвердый полимер высокой вязкости. Полиизобутилен обладает высокой адгезией и высокой вязкостью. Оценено, что в случае, когда композиция содержит полиизобутилен, снижение степени вязкости композиции может быть подавлено, даже если скольжение происходит при высокой температуре. Следовательно, согласно оценкам, если композиция содержит полиизобутилен, при высоком давлении между поверхностями на заключительной стадии свинчивания сопротивление трения на поверхности трения между материалами слоя 21 смазывающего покрытия быстро увеличивается, и характеристика высокого крутящего момента улучшается.

Как описано выше, когда композиция содержит полиизобутилен, характеристика высокого крутящего момента резьбового соединения для труб улучшается. Кроме того, когда композиция содержит полиизобутилен, стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы резьбового соединения для труб повышается до уровня, соответствующего стойкости к образованию поверхностного повреждения резьбы при использовании стандартной присадки по стандартам API или превышающего ее.

Содержание полиизобутилена предпочтительно составляет от 5 до 30%. Если содержание полиизобутилена составляет 5% и более, стабильно достигается достаточная характеристика высокого крутящего момента. Следовательно, нижний предел содержания полиизобутилена предпочтительно составляет 5%, более предпочтительно 8% и еще более предпочтительно 10%. С другой стороны, когда содержание полиизобутилена не превышает 30%, может быть подавлено снижение прочности слоя 21 смазывающего покрытия. Если содержание полиизобутилена не превышает 25%, увеличение трения также подавляется, и может поддерживаться высокая стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы. Следовательно, верхний предел содержания полиизобутилена в слое 21 смазывающего покрытия предпочтительно составляет 30%, более предпочтительно 25%.

Средняя молекулярная масса (M_v) полиизобутилена предпочтительно составляет 30000 и более. Следовательно, нижний предел средней молекулярной массы полиизобутилена, предпочтительно, составляет 30000, более предпочтительно - 50000. С другой стороны, если средняя молекулярная масса полиизобутилена не превышает 100000, вязкость композиции поддерживается в соответствующем диапазоне, и производительность увеличивается. Следовательно, верхний предел средней молекулярной массы полиизобутилена, предпочтительно, составляет 100000, более предпочтительно - 90000, еще более предпочтительно - 70000. В настоящем описании термин "средняя молекулярная масса (M_v)" полиизобу-

тилена относится к "средневязкостной молекулярной массе". Средневязкостную молекулярную массу измеряют следующим способом. Время истечения разбавляющего раствора полиизобутилена измеряют капиллярным вискозиметром и определяют характеристическую вязкость $[\eta]$. Средневязкостную молекулярную массу (M_v) вычисляют с использованием полученной характеристической вязкости $[\eta]$ и уравнения Марка-Хаувинка ($[\eta]=KM^a$).

Например, в качестве полиизобутилена можно использовать Tetrah (зарегистрированная торговая марка) (классы от 3T до 6T) или Himol (классы от 4H до 6H), производимые JXTG Nippon Oil & Energy Corporation.

Металлическое мыло

Термин "металлическое мыло" - общий термин для всех металлических солей жирных кислот, кроме солей натрия и калия. Если композиция содержит металлическое мыло, стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы и антикоррозионные свойства резьбового соединения для труб усиливаются.

Термин "жирная кислота" - общий термин для монокарбоновых кислот с насыщенной или ненасыщенной цепью. Жирная кислота представляет собой, например, одно или несколько из следующих веществ: лауриновая кислота, тридекановая кислота, миристиновая кислота, пальмитиновая кислота, лано-пальмитиновая кислота, стеариновая кислота, изостеариновая кислота, 12-гидроксистеариновая кислота, олеиновая кислота, элаидиновая кислота, арахидиновая кислота, бегеновая кислота, эруковая кислота, лигноцериновая кислота, ланоцериновая кислота, рицинолевая кислота, монтановая кислота, линолевая кислота, линоленовая кислота, рицинолеиновая кислота, октиловая кислота и себациновая кислота. С точки зрения смазывающей способности и антикоррозионных свойств предпочтительно, чтобы жирная кислота металлического мыла содержала от 12 до 30 атомов углерода. Жирная кислота, содержащая от 12 до 30 атомов углерода, представляет собой, например, одно или несколько из следующих веществ: лауриновая кислота, тридекановая кислота, миристиновая кислота, пальмитиновая кислота, лано-пальмитиновая кислота, стеариновая кислота, изостеариновая кислота, 12-гидроксистеариновая кислота, олеиновая кислота, элаидиновая кислота, арахидиновая кислота, бегеновая кислота, эруковая кислота, лигноцериновая кислота, ланоцериновая кислота, рицинолевая кислота, монтановая кислота, линолевая кислота, линоленовая кислота и рицинолеиновая кислота.

Металл металлического мыла представляет собой, например, один или несколько из следующих металлов: кальций, щелочноземельные металлы, цинк, алюминий и литий. Предпочтительно, металл представляет собой кальций. Соль может быть нейтральной или основной солью.

Содержание металлического мыла в композиции, предпочтительно, составляет от 2 до 30%. Если содержание металлического мыла составляет 2% и более, стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы и антикоррозионные свойства слоя 21 смазывающего покрытия могут быть значительно улучшены. Если содержание не превышает 30%, адгезионная способность и прочность слоя 21 смазывающего покрытия повышаются более стабильно. Более предпочтительный нижний предел содержания металлического мыла составляет 4%, и еще более предпочтительно 10%. Более предпочтительный верхний предел содержания металлического мыла составляет 19%, и еще более предпочтительно 17%.

Воск

Термин "воск" - общее название органического вещества, которое является твердым при нормальной температуре и становится жидким при нагревании. Воск представляет собой одно или несколько из следующих веществ: животный воск, растительный воск, минеральный воск и синтетический воск. Животный воск представляет собой, например, пчелиный воск и/или спермацетовый воск. Растительный воск представляет собой, например, одно или несколько из следующих веществ: японский воск, карнаубский воск, канделильский воск и рисовый воск. Минеральный воск представляет собой, например, одно или несколько из следующих веществ: парафиновый воск, микрокристаллический воск, петролатум, горный воск, озокерит и церезин. Синтетический воск представляет собой, например, одно или несколько из следующих веществ: окисленный воск, полиэтиленовый воск, воск Фишера-Тропша, амидный воск и гидрогенизированное касторовое масло (касторовый воск). В одном из примеров молекулярная масса воска не превышает 1000. Предпочтительно воск представляет собой парафиновый воск с молекулярной массой от 150 до 500.

Воск снижает трение и увеличивает стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы слоя 21 смазывающего покрытия. Воск также снижает текучесть слоя 21 смазывающего покрытия и увеличивает прочность слоя 21 смазывающего покрытия.

Содержание воска в композиции предпочтительно составляет от 2 до 30%. Если содержание воска составляет 2% или более, вышеупомянутые эффекты могут быть достигнуты в достаточной степени. Если содержание не превышает 30%, адгезионная способность и прочность слоя 21 смазывающего покрытия повышаются более стабильно. Нижний предел содержания воска составляет более предпочтительно 5% и еще более предпочтительно 10%. Верхний предел содержания воска составляет более предпочтительно 20% и еще более предпочтительно 15%.

Основная металлическая соль ароматической органической кислоты

Основная металлическая соль ароматической органической кислоты представляет собой соль, образованную реакцией ароматической органической кислоты и избыточным основанием (щелочного металла или щелочноземельного металла). Основная металлическая соль ароматической органической кислоты представляет собой, например, вещество, находящееся в форме консистентной смазки или полутвердой форме при нормальной температуре.

Если композиция содержит основную металлическую соль ароматической органической кислоты, антикоррозионные свойства слоя 21 смазывающего покрытия значительно повышаются. Кроме того, благодаря содержанию в составе основной металлической соли ароматической органической кислоты также увеличивается стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы резьбового соединения труб. Причина этих эффектов заключается в том, что, поскольку основная металлическая соль ароматической органической кислоты присутствует в слое 21 смазывающего покрытия в виде мелких коллоидных частиц, избыточные соли металлов физически или химически абсорбируются группами органических кислот.

Ароматическая органическая кислота представляет собой, например, одно или несколько из следующих веществ: сульфонаты, салицилаты, фенолаты и карбоксилаты.

Щелочной металл, составляющий катионную часть основной металлической соли ароматической органической кислоты, представляет собой один или более типов щелочных металлов, выбранных из группы, состоящей из щелочных металлов и щелочноземельных металлов. Щелочной металл, предпочтительно, представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из щелочноземельных металлов. Кроме того, предпочтительно, щелочной металл представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из кальция, бария и магния.

Чем выше щелочное число основной металлической соли ароматической органической кислоты, тем больше увеличивается количество мелких частиц солей металлов, служащих твердым смазывающим материалом. В результате увеличивается стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы слоя 21 смазывающего покрытия. Кроме того, когда щелочное число превышает определенный уровень, происходит действие, нейтрализующее кислотный компонент. В результате антикоррозионные свойства слоя 21 смазывающего покрытия также улучшаются. Следовательно, основная металлическая соль ароматической органической кислоты предпочтительно имеет щелочное число (JIS K2501 (2003)) от 50 до 500 мг КОН/г (следует иметь в виду, что в случае использования двух или более типов, термин "щелочное число" относится к средневзвешенному значению щелочных чисел, для которых учитывается сумма). Если щелочное число составляет 50 мг КОН/г или более, вышеупомянутые эффекты достигаются в достаточной степени. Если щелочное число не превышает 500 мг КОН/г, может быть уменьшена гидрофильность и получены достаточные антикоррозионные свойства. Еще один предпочтительный нижний предел щелочного числа основной металлической соли ароматической органической кислоты составляет 100 мг КОН/г, более предпочтительно 200 мг КОН/г и наиболее предпочтительно 250 мг КОН/г. Еще один предпочтительный верхний предел щелочного числа основной металлической соли ароматической органической кислоты составляет 450 мг КОН/г. Щелочное число основной металлической соли ароматической органической кислоты измеряют способом, соответствующим JIS K2501 (2003).

Содержание основной металлической соли ароматической органической кислоты предпочтительно составляет от 10 до 70%. Как описано выше, основная металлическая соль ароматической органической кислоты представляет собой вещество в форме консистентной смазки или в полутвердой форме, а также может служить основой слоя 21 смазывающего покрытия. Таким образом, основная металлическая соль ароматической органической кислоты может содержаться в композиции в большом количестве - до 70%. Соответственно верхний предел содержания основной металлической соли ароматической органической кислоты предпочтительно составляет 70%, более предпочтительно 60% и еще более предпочтительно 55%. Нижний предел содержания основной металлической соли ароматической органической кислоты предпочтительно составляет 10%, более предпочтительно 20% и еще более предпочтительно 40%.

Смазывающий порошок

Предпочтительно композиция содержит смазывающий порошок, дополнительно увеличивающий смазывающую способность слоя 21 смазывающего покрытия. Термин "смазывающий порошок" - общее название твердых порошков, обладающих смазывающими свойствами. В качестве смазывающего порошка может быть использован порошок, известный в данной области техники.

Смазывающие порошки можно разделить, например, на следующие четыре типа. Смазывающий порошок включает один или более типов, выбранных из группы, состоящей из следующих (1)-(4) типов смазывающего порошка.

(1) Смазывающие порошки с особой кристаллической структурой, такой как пластинчатая гексагональная кристаллическая структура, облегчающая скольжение и, тем самым, проявляющая смазывающую способность (например, графит, землистый графит, оксид цинка, нитрид бора и тальк).

(2) Смазывающие порошки, включающие реакционноспособный элемент в дополнение к кристаллической структуре и, благодаря этому, проявляющие смазывающую способность (например, дисульфид молибдена, дисульфид вольфрама, фторид графита, сульфид олова, сульфид висмута и органомолибден).

(3) Смазывающие порошки, проявляющие смазывающую способность вследствие химической активности (например, тиосульфатные соединения).

(4) Смазывающие порошки, проявляющие смазывающую способность вследствие пластических или вязкопластических свойств при фрикционных нагрузках (например, политетрафторэтилен (ПТФЭ), полиамид, медь (Cu) и цианурат меламина (МСА)).

Предпочтительно смазывающий порошок включает один или более типов, выбранных из группы, состоящей из вышеуказанных (1)-(4) типов. То есть предпочтительно смазывающий порошок представляет собой одно или несколько из следующих веществ: графит, землистый графит, оксид цинка, нитрид бора, тальк, дисульфид молибдена, дисульфид вольфрама, фторид графита, сульфид олова, сульфид висмута, органомолибден, тиосульфатные соединения, политетрафторэтилен (ПТФЭ), полиамид, медь (Cu) и цианурат меламина (МСА). Более предпочтительно смазывающий порошок представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из дисульфида молибдена, графита, политетрафторэтилена (ПТФЭ) и фторида графита. Еще более предпочтительно смазывающий порошок представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из графита и политетрафторэтилена (ПТФЭ). С точки зрения адгезионных и антикоррозионных свойств слоя 21 смазывающего покрытия смазывающий порошок предпочтительно представляет собой графит, тогда как с точки зрения пленкообразующих свойств смазывающий порошок, предпочтительно, представляет собой землистый графит. С точки зрения смазывающей способности смазывающий порошок предпочтительно представляет собой политетрафторэтилен (ПТФЭ).

Содержание смазывающего порошка в композиции предпочтительно составляет от 0,5 до 20%. Если содержание смазывающего порошка составляет 0,5% или более, стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы резьбового соединения для труб дополнительно увеличивается. Следовательно, увеличивается количество операций свинчивания и развинчивания, которые могут быть выполнены до образования поверхностного повреждения резьбы. С другой стороны, если содержание смазывающего порошка не превышает 20%, прочность слоя 21 смазывающего покрытия дополнительно увеличивается. В результате замедляется износ слоя 21 смазывающего покрытия. Соответственно верхний предел содержания смазывающего порошка предпочтительно составляет 20%, более предпочтительно 15% и еще более предпочтительно 10%. Нижний предел содержания смазывающего порошка предпочтительно составляет 0,5%, более предпочтительно 3% и еще более предпочтительно 5%.

Летучий органический растворитель

Композиция может содержать летучий органический растворитель. В случае нанесения при нормальной температуре композицию получают путем добавления летучего органического растворителя к смеси компонентов слоя 21 смазывающего покрытия. В отличие от других веществ, содержащихся в композиции, летучий органический растворитель испаряется на этапе формирования слоя смазывающего покрытия. Следовательно, обычно летучий органический растворитель по существу не остается в слое 21 смазывающего покрытия. Однако слой 21 смазывающего покрытия согласно примеру осуществления настоящего изобретения может представлять собой вязкую жидкость или полутвердое вещество, и, следовательно, возможны случаи, в которых летучий органический растворитель остается в слое 21 смазывающего покрытия в количестве, например, 1% или меньше. Термин "летучий" означает, что органический растворитель склонен к испарению в состоянии покрытия при температуре от комнатной температуры до 150°C.

Тип летучего органического растворителя, по существу, не ограничен. Например, летучий органический растворитель представляет собой нефтяной растворитель. Нефтяной растворитель представляет собой, например, одно или несколько из следующих веществ: растворитель, соответствующий промышленному бензину, определенному в JIS K 2201 (2006), уайт-спирит, ароматическая бензино-лигроиновая фракция, ксилол и целлозольв.

Предпочтителен летучий органический растворитель, имеющий температуру вспышки 30°C или более, начальную точку кипения 150°C или более и конечную точку кипения не более 210°C. В этом случае с летучим органическим растворителем относительно легко обращаться, он быстро испаряется, и, следовательно, время сушки сокращается.

Содержание летучего органического растворителя можно соответствующим образом отрегулировать так, чтобы можно было довести композицию до соответствующей вязкости в соответствии со способом, используемым для нанесения композиции. Содержание летучего органического растворителя составляет, например, от 20 до 50 г, если общее количество нелетучих компонентов принято за 100 г.

Другие компоненты

Композиция также может содержать противокоррозионную добавку, консервант, красящий пигмент и другие подобные вещества, которые известны в данной области.

Противокоррозионная добавка

Предпочтительно слой 21 смазывающего покрытия сохраняет антикоррозионные свойства в течение продолжительного периода времени до фактического использования. Поэтому композиция может содержать противокоррозионную добавку. Термин "противокоррозионная добавка" - общий термин для добавок, обладающих коррозионной стойкостью. Противокоррозионная добавка представляет собой,

например, одно или несколько из следующих веществ: триполифосфат алюминия, фосфит алюминия и ионообменный диоксид кремния с ионами кальция. Предпочтительно противокоррозионная добавка содержит ионообменный диоксид кремния с ионами кальция и/или фосфит алюминия. Другие примеры возможных противокоррозионных добавок включают имеющуюся на рынке реакционноспособную гидрофобизирующую добавку.

Консервант

Слой 21 смазывающего покрытия может дополнительно содержать консервант.

Термин "консервант" - общий термин для добавок, обладающих коррозионной стойкостью.

Общее содержание других компонентов (противокоррозионной добавки, консерванта, красящего пигмента и т.п.) в композиции предпочтительно находится в пределах от 2 до 10 вес.%. Если общее содержание других компонентов составляет 2% или более, антикоррозионные свойства слоя 21 смазывающего покрытия дополнительно стабильно улучшаются. Если общее содержание других компонентов не превышает 10 вес.%, смазывающая способность слоя 21 смазывающего покрытия стабильно увеличивается.

Композиция для формирования слоя 21 смазывающего покрытия может быть получена путем смешивания вышеупомянутого полиизобутилена, металлического мыла, воска, основной металлической соли ароматической органической кислоты и других компонентов. Путем нанесения композиции на контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты резьбового соединения для труб и последующей сушки композиции может быть получено резьбовое соединение для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения, содержащее слой 21 смазывающего покрытия.

Толщина слоя смазывающего покрытия

Толщина слоя 21 смазывающего покрытия предпочтительно составляет от 10 до 40 мкм. Если толщина слоя 21 смазывающего покрытия составляет 10 мкм и более, может быть стабильно получена высокая смазывающая способность. С другой стороны, если толщина слоя 21 смазывающего покрытия составляет не более 40 мкм, адгезионная способность слоя 21 смазывающего покрытия будет стабильной. Кроме того, если толщина слоя 21 смазывающего покрытия не превышает 40 мкм, поскольку допуск по резьбе (зазор) поверхностей скольжения увеличивается, давление между поверхностями во время скольжения уменьшается. Следовательно, можно предотвратить чрезмерное увеличение крутящего момента затяжки. Соответственно толщина слоя 21 смазывающего покрытия предпочтительно составляет от 10 до 40 мкм.

Толщину слоя 21 смазывающего покрытия предпочтительно измеряют следующим способом. Слой 21 смазывающего покрытия стирают с произвольной точки измерения (область 5 мм×20 мм) на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля или контактной поверхности 44 со стороны муфты резьбового соединения для труб с использованием впитывающей хлопковой ветоши, пропитанной этанолом. Затем вычисляют вес слоя 21 смазывающего покрытия на основании разности между весом впитывающей хлопковой ветоши до вытирания слоя 21 смазывающего покрытия и весом впитывающей хлопковой ветоши после вытирания. Среднюю толщину слоя 21 смазывающего покрытия вычисляют на основании веса вытертого слоя 21 смазывающего покрытия, плотности слоя 21 смазывающего покрытия и площади места измерения.

Положение слоя смазывающего покрытия

Слой 21 смазывающего покрытия выполнен как крайний внешний слой на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверх такой поверхности. Как показано на фиг. 9, слой 21 смазывающего покрытия может быть образован только на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля. Как показано на фиг. 10, слой 21 смазывающего покрытия может быть образован только на контактной поверхности 44 со стороны муфты. Как показано на фиг. 11, слой 21 смазывающего покрытия может быть образован на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверх такой поверхности.

Кроме того, слой 21 смазывающего покрытия может быть образован на всех поверхностях из, по меньшей мере, одной контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверх таких поверхностей, или может быть образован только на одной поверхности из, по меньшей мере, одной из контактной поверхности 34 ниппеля и контактной поверхности 44 со стороны муфты. Если резьбовое соединение для труб имеет участки металлического уплотнения (участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты) и участки упора (участок 33 упора со стороны ниппеля и участок 43 упора со стороны муфты), давление между поверхностями на участках 32 и 42 металлического уплотнения и участках 33 и 43 упора увеличивается, в частности, на заключительной стадии свинчивания. Соответственно если слой 21 смазывающего покрытия частично образован на или поверх контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты, содержащих участки металлического уплотнения (участок 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок 42 металлического уплотнения со стороны муфты) и участки упора (участок 33 упора со стороны ниппеля и участок 43 упора со стороны муфты) слой 21 смазывающего покрытия может быть образован, по меньшей мере, в одном месте участка 32 металлического уплотнения со стороны ниппеля, участка 42 металлического уплотнения со сторо-

ны муфты, участка 33 упора со стороны ниппеля и участка 43 упора со стороны муфты. С другой стороны, если слой 21 смазывающего покрытия образован на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверх такой поверхности, эффективность выполнения резьбового соединения для труб увеличивается.

Слой 21 смазывающего покрытия может состоять из одного или нескольких слоев. Под "несколькими слоями" понимают состояние, в котором два или более слоев в составе слоя 21 смазывающего покрытия нанесены со стороны контактной поверхности 34 или 44. Два или более слоев в составе слоя 21 смазывающего покрытия могут быть образованы путем повторного нанесения и сушки композиции. Если слой 21 смазывающего покрытия образуется в виде крайнего внешнего слоя на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверх такой поверхности, слой 21 смазывающего покрытия может быть образован непосредственно на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты, или может быть образован на них после формирования металлизированного слоя и/или слоя, полученного посредством химической конверсии, которые описаны ниже.

Металлизированный слой

Предпочтительно резьбовое соединение для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения дополнительно содержит металлизированный слой между контактной поверхностью 34 со стороны ниппеля и слоем 21 смазывающего покрытия и/или между контактной поверхностью 44 со стороны муфты и слоем 21 смазывающего покрытия.

Металлизированный слой представляет собой, например, один металлизированный слой, содержащий металлы Cu, Sn или Ni, один металлизированный слой, содержащий сплав Cu-Sn, один металлизированный слой, содержащий сплав Zn-Co, один металлизированный слой, содержащий сплав Zn-Ni, один металлизированный слой, содержащий сплав Cu-Sn-Zn, двойной металлизированный слой, содержащий слой Cu и слой Sn, или тройной металлизированный слой, содержащий слой Ni, слой Cu и слой Sn. Микротвердость металлизированного слоя покрытия предпочтительно составляет 300 единиц по Виккерсу или более. Если твердость металлизированного слоя составляет 300 единиц или более, наблюдается дальнейшее стабильное повышение коррозионной стойкости резьбового соединения для труб.

Твердость металлизированного слоя измеряют следующим образом. В металлизированном слое резьбового соединения для труб выделяют пять произвольных областей. Твердость по Виккерсу (HV) в каждой из выбранных областей измеряют в соответствии с JIS Z 2244 (2009). Условиями испытаний являются нормальная температура испытания (25°C) и усилие при испытании 2,94 Н (300 гс). Среднее значение полученных величин (всего из 5 позиций) определяется как твердость металлизированного слоя.

В случае многослойного металлизированного слоя, в частности двухслойного, содержащего слой Cu и слой Sn, или трехслойного, содержащего слой Ni, слой Cu и слой Sn, толщина самого нижнего слоя металлизации, предпочтительно, составляет менее 1 мкм. Толщина металлизированного слоя (общая толщина слоев покрытия в случае многослойной металлизации) предпочтительно, составляет от 5 до 15 мкм.

Толщину металлизированного слоя измеряют следующим образом. Для измерения толщины пленки зонд прибора вихретокового фазового типа, соответствующий стандарту ISO (Международная организация по стандартизации) 21968 (2005), приводят в контакт с поверхностью металлизированного слоя. Измеряют разность фаз между высокочастотным магнитным полем на входной стороне зонда и вихревым током на металлизированном слое, который возбуждается высокочастотным магнитным полем. Разность фаз преобразуют в толщину слоя покрытия.

Слой, полученный посредством химической конверсии

Предпочтительно резьбовое соединение для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения содержит слой, полученный посредством химической конверсии, между слоем 21 смазывающего покрытия и металлизированным слоем. Если резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой только на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля, то слой, полученный посредством химической конверсии, выполняют между металлизированным слоем на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и слоем 21 смазывающего покрытия. Если резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой только на контактной поверхности 44 со стороны муфты, то слой, полученный посредством химической конверсии, выполняют между металлизированным слоем на контактной поверхности 44 со стороны муфты и слоем 21 смазывающего покрытия. Если резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой как на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля, так и на контактной поверхности 44 со стороны муфты, то слой, полученный посредством химической конверсии, выполняют, по меньшей мере, между металлизированным слоем на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и слоем 21 смазывающего покрытия, или между металлизированным слоем на контактной поверхности 44 со стороны муфты и слоем 21 смазывающего покрытия.

Слой, полученный посредством химической конверсии, представляет собой, например, слой, полученный посредством химической конверсии фосфатов, оксалатов или боратов. Слой, полученный посредством химической конверсии, отличается пористостью. Таким образом, если слой 21 смазывающего покрытия сформирован на слое, полученном посредством химической конверсии, возникает так называемый "эффект сцепления", и в результате адгезионная способность слоя 21 смазывающего покрытия

дополнительно усиливается. Толщина слоя, полученного посредством химической конверсии, предпочтительно составляет от 5 до 40 мкм. Если толщина слоя, полученного посредством химической конверсии, составляет не менее 5 мкм, может быть обеспечена достаточная коррозионная стойкость. Если толщина слоя, полученного посредством химической конверсии, не превышает 40 мкм, слой 21 смазывающего покрытия демонстрирует стабильно высокую адгезионную способность.

Толщину слоя, полученного посредством химической конверсии, определяют следующим способом. Резьбовое соединение для труб, на котором образован слой, полученный посредством химической конверсии, разрезают в направлении толщины слоя, полученного посредством химической конверсии, (перпендикулярно осевому направлению резьбового соединения для труб). Поперечный разрез слоя, полученного посредством химической конверсии, изучают с помощью оптического микроскопа при увеличении $\times 500$ и измеряют его толщину. Если толщина слоя, полученного посредством химической конверсии, которая была измерена вышеупомянутым способом, не превышает 10 мкм, резьбовое соединение для труб снова разрезают и толщину слоя, полученного посредством химической конверсии, измеряют повторно. В этом случае резьбовое соединение для труб разрезают в направлении под углом 60° относительно перпендикуляра к осевому направлению резьбового соединения для труб. Полученный поперечный разрез слоя, полученного посредством химической конверсии, изучают с помощью оптического микроскопа при увеличении $\times 500$, и измеряют его толщину. Если толщину слоя, полученного посредством химической конверсии, измеряют повторно, повторно измеренную толщину принимают за толщину слоя, полученного посредством химической конверсии.

Струйная обработка или травление

В резьбовом соединении для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения поверхность, находящаяся под слоем 21 смазывающего покрытия и контактирующая со слоем 21 смазывающего покрытия, может представлять собой поверхность, которую подвергают струйной обработке или травлению. Под "поверхностью, находящейся ниже слоя 21 смазывающего покрытия и контактирующей со слоем 21 смазывающего покрытия" понимают контактную поверхность 34 со стороны ниппеля в случае, когда резьбовое соединение для труб не содержит металлизированного слоя на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля (то есть если слой 21 смазывающего покрытия образован непосредственно на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля), и поверхность металлизированного слоя в случае, когда резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля. Под "поверхностью, находящейся ниже слоя 21 смазывающего покрытия и контактирующей со слоем 21 смазывающего покрытия" понимают контактную поверхность 44 со стороны муфты в случае, когда резьбовое соединение для труб не содержит металлизированного слоя на контактной поверхности 44 со стороны муфты (то есть если слой 21 смазывающего покрытия образован непосредственно на контактной поверхности 44 со стороны муфты), и поверхность металлизированного слоя в случае, когда резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой на контактной поверхности 44 со стороны муфты.

Шероховатость поверхности, подвергнутой струйной обработке или травлению, увеличивается. Точнее говоря, если контактную поверхность 34 со стороны ниппеля, контактную поверхность 44 со стороны муфты или поверхность металлизированного слоя подвергают струйной обработке или травлению, получают высокую шероховатость поверхности контактной поверхности 34 со стороны ниппеля, контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверхности металлизированного слоя. В этом случае дополнительно увеличивается адгезионная способность слоя 21 смазывающего покрытия, образованного на соответствующей поверхности или поверх такой поверхности. Среднее арифметическое значение шероховатости поверхности R_a , предпочтительно, составляет от 1,0 до 8,0 мкм. Чем больше среднее арифметическое значение шероховатости поверхности R_a , тем больше становится площадь контакта со слоем 21 смазывающего покрытия. Следовательно, адгезия по отношению к слою 21 смазывающего покрытия увеличивается за счет эффекта сцепления. Если адгезионная способность слоя 21 смазывающего покрытия увеличивается, стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы резьбового соединения для труб дополнительно увеличивается. Если среднее арифметическое значение шероховатости поверхности R_a составляет не менее 1,0 мкм, адгезионная способность слоя 21 смазывающего покрытия дополнительно улучшается. Если среднее арифметическое значение шероховатости поверхности R_a не превышает 8,0 мкм, трение подавляется и, следовательно, предотвращается повреждение и отслоение слоя 21 смазывающего покрытия.

Среднее арифметическое значение шероховатости поверхности R_a , упомянутое в настоящем описании, измеряли на основании JIS B 0601 (2001). Среднее арифметическое значение шероховатости поверхности R_a измеряли с помощью сканирующего зондового микроскопа (SPI 3800N, производства SII NanoTechnology Inc.). Условия измерения: количество полученных точек данных 1024×1024 в областях выборки 2×2 мм. Базовая длина 2,5 мм.

Положение слоя смазывающего покрытия, металлизированного слоя и слоя, полученного посредством химической конверсии

Если слой 21 смазывающего покрытия образован на контактной поверхности 34 со стороны ниппе-

ля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверх такой поверхности, расположение металлизированного слоя и слоя, полученного посредством химической конверсии, по существу, не ограничивается. Случай, когда резьбовое соединение для труб содержит только слой 21 смазывающего покрытия, будет рассматриваться как "образец 1". Случай, когда резьбовое соединение для труб содержит слой 21 смазывающего покрытия и металлизированный слой под слоем 21 смазывающего покрытия, будет рассматриваться как "образец 2". Случай, когда резьбовое соединение для труб содержит слой 21 смазывающего покрытия, а также слой, полученный посредством химической конверсии, под слоем 21 смазывающего покрытия, будет рассматриваться как "образец 3". Случай, когда резьбовое соединение для труб содержит слой 21 смазывающего покрытия, а также слой, полученный посредством химической конверсии, и металлизированный слой под слоем 21 смазывающего покрытия, будет рассматриваться как "образец 4". Случай, когда резьбовое соединение для труб не содержит слоя 21 смазывающего покрытия, будет рассматриваться как "образец 5". При выполнении вышеупомянутых условий можно применять любой из образцов 1-5 в отношении контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и контактной поверхности 44 со стороны муфты. В частности, если любой из образцов 1-4 применяется к контактной поверхности 34 со стороны ниппеля, любой из образцов 1-5 может применяться к контактной поверхности 44 со стороны муфты. Кроме того, если образец 5 применяется к контактной поверхности 34 со стороны ниппеля, любой из образцов 1-4 может применяться к контактной поверхности 44 со стороны муфты. И наоборот, если любой из образцов 1-4 применяется к контактной поверхности 44 со стороны муфты, любой из образцов 1-5 может применяться к контактной поверхности 34 со стороны ниппеля. Кроме того, если образец 5 применяется к контактной поверхности 44 со стороны муфты, любой из образцов 1-4 может применяться к контактной поверхности 34 со стороны ниппеля. В любом из образцов контактная поверхность 34 со стороны ниппеля, контактная поверхность 44 со стороны муфты и поверхность металлизированного слоя могут представлять собой поверхность, которая, при необходимости, подвергается струйной обработке или травлению.

Основной металл резьбового соединения для труб

Состав основного металла резьбового соединения для труб, по существу, не ограничен. Примеры основного металла включают в себя углеродистые стали, нержавеющие стали и легированные стали. Среди легированных сталей высоколегированные стали, такие как дуплексные нержавеющие стали, содержащие легирующие элементы, такие как Cr, Ni и Mo, и сплав Ni, обладают высокой коррозионной стойкостью. Таким образом, при использовании этих высоколегированных сталей в качестве основного металла достигается превосходная коррозионная стойкость в коррозионной среде, содержащей сероводород, диоксид углерода и т.п.

Способ изготовления

Способ изготовления резьбового соединения для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения раскрыт ниже.

Способ изготовления резьбового соединения для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения включает этап формирования слоя смазывающего покрытия с использованием композиции согласно примеру осуществления настоящего изобретения для формирования слоя 21 смазывающего покрытия на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты или поверх такой поверхности.

Этап формирования слоя смазывающего покрытия

На этапе формирования слоя смазывающего покрытия смесь составляющих компонентов композиции, описанную выше, разжижают путем добавления растворителя и/или путем нагревания, и жидкую смесь наносят на контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты. Композицию, которая была нанесена на контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты, при необходимости сушат, тем самым формируя слой 21 смазывающего покрытия. Ограничения относительно состояний слоя 21 смазывающего покрытия отсутствуют. Состояния слоя 21 смазывающего покрытия включают, например, твердое, вязкое жидкое или полутвердое.

Сначала получают композицию. Композицию, не содержащую растворителя, можно получить, например, путем нагревания смеси полиизобутилена, металлического мыла, воска и основной металлической соли ароматической органической кислоты до расплавленного состояния и вымешивания этих компонентов. Композиция может быть получена из смеси порошков путем смешивания всех компонентов в форме порошка.

Композицию на основе растворителя можно получить, например, путем растворения или диспергирования полиизобутилена, металлического мыла, воска и основной металлической соли ароматической органической кислоты в летучем органическом растворителе и их смешивания.

Для типа композиции без растворителя при нанесении композиции может быть использован процесс нанесения расплава. В процессе нанесения расплава композицию нагревают с расплавлением до жидкого состояния с низкой вязкостью. Композицию в жидком состоянии можно наносить пистолетом-распылителем с функцией поддержания температуры. Композицию нагревают и плавят в резервуаре, содержащем подходящий механизм перемешивания, подают через дозирующий насос к распылительной

головке (поддерживаемой при заданной температуре) пистолета-распылителя с помощью компрессора, и распыляют. Температура нагрева составляет, например, от 90 до 130°C. Температура выдержки для внутренней части резервуара и распылительной головки регулируется в соответствии с температурой плавления компонентов композиции. Вместо нанесения покрытия распылением можно использовать другой способ нанесения, такой как нанесение кистью или погружение. Температура, до которой нагревается композиция, предпочтительно превышает температуру плавления композиции на 10-50°C. Перед нанесением композиции контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты, на которую должна быть нанесена композиция, предпочтительно нагревают до температуры, превышающей температуру плавления основы. Это позволяет обеспечить хорошие свойства покрытия.

В случае композиции на основе растворителя композицию в виде раствора наносят на контактную поверхность путем распыления или другим способом. В этом случае предпочтительно, чтобы вязкость композиции регулировалась с возможностью нанесения композиции путем распыления покрытия в окружающей среде при нормальной температуре и нормальном давлении.

В случае типа композиции, не содержащей растворителя, слой 21 смазывающего покрытия формируют путем охлаждения композиции, нанесенной на контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты или поверх такой поверхности, с обеспечением сушки расплавленной композиции. Процесс охлаждения можно проводить известным способом. Примеры процесса охлаждения включают естественное охлаждение и воздушное охлаждение. В случае типа композиции на основе растворителя, слой 21 смазывающего покрытия формируют за счет сушки композиции, нанесенной на контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты или поверх такой поверхности. Процесс сушки можно проводить известным способом. Примеры процесса сушки включают в себя естественную сушку, сушку на воздухе при низкой температуре и вакуумную сушку.

Охлаждение может осуществляться путем быстрого охлаждения с использованием, например, системы охлаждения газообразным азотом или системы охлаждения диоксидом углерода. В случае быстрого охлаждения охлаждение осуществляется косвенным образом с поверхности, противоположной контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты, на которую была нанесена композиция (в случае муфты 4 - на наружной поверхности стальной трубы 1 или соединительной муфты 2, а в случае ниппеля 3 - на внутренней поверхности стальной трубы 1). Таким образом, можно предотвратить разрушение слоя 21 смазывающего покрытия, которое может быть вызвано быстрым охлаждением.

Способ изготовления согласно примеру осуществления настоящего изобретения может содержать следующие этапы перед этапом формирования слоя смазывающего покрытия.

Этап формирования металлизированного слоя

Способ изготовления резьбового соединения для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения может содержать этап формирования металлизированного слоя перед этапом формирования слоя смазывающего покрытия. Металлизированный слой может быть получен, например, электроосаждением или механическим способом нанесения.

Электролитическое осаждение

Электролитическое осаждение представляет собой, например, обработку, при которой металлизированный слой образуется путем электролитического осаждения. В случае формирования металлизированного слоя электролитическим осаждением, металлизированный слой из сплава Zn может быть получен путем электролитического осаждения на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты. В качестве альтернативы, при электролитическом осаждении металлизированный слой из сплава Zn может быть получен путем электролитического осаждения после придания шероховатости контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности 44 со стороны муфты путем струйной обработки или травления.

Благодаря выполнению электролитического осаждения повышается стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы и коррозионная стойкость резьбового соединения для труб. В случае формирования металлизированного слоя примеры этапа электролитического осаждения включают в себя: обработку путем нанесения одного металлизированного слоя с использованием металла Cu, Sn или Ni; обработку путем нанесения одного слоя покрытия, содержащего сплав Cu-Sn; обработку путем нанесения одного слоя покрытия, содержащего сплав Zn-Co; обработку путем нанесения одного слоя покрытия, содержащего сплав Zn-Ni; обработку путем нанесения одного слоя покрытия, содержащего сплав Cu-Sn-Zn; обработку путем нанесения двухслойного покрытия, содержащего слой Cu и слой Sn; и обработку путем нанесения трехслойного покрытия, содержащего слой Ni, слой Cu и слой Sn. Для стальной трубы 1, выполненной из стали с содержанием Cr 5% или более, предпочтительными видами обработки являются металлизация сплавом Cu-Sn, двухслойная металлизация, при которой наносят покрытие из меди и олова, и трехслойная металлизация, при которой применяют металлизацию Ni, металлизацию Cu и металлизацию Sn.

Электролитическое осаждение может быть выполнено известным способом. Например, сначала

подготавливают гальваническую ванну, содержащую ионы металлических элементов, которые должны содержаться в металлизированном слое. Затем контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты погружают в гальваническую ванну. Затем через контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты, погруженную в гальваническую ванну, пропускают ток, формируя тем самым металлизированный слой на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля и/или контактной поверхности со стороны муфты 44. Условия обработки, включая температуру гальванической ванны и продолжительность металлизации, могут быть установлены соответствующим образом.

Точнее говоря, например, в случае формирования металлизированного слоя из сплава Cu-Sn-Zn, гальваническая ванна содержит ионы меди, ионы олова и ионы цинка. Предпочтительный состав гальванической ванны: Cu в количестве от 1 до 50 г/л, Sn в количестве от 1 до 50 г/л и Zn в количестве от 1 до 50 г/л. Условия электролитического осаждения, например, такие: pH гальванической ванны от 1 до 10, температура гальванической ванны около 60°C, плотность тока от 1 до 100 А/дм² и время обработки от 0,1 до 30 мин. В случае формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni гальваническая ванна содержит ионы цинка и ионы никеля. Предпочтительный состав гальванической ванны: Zn в количестве от 1 до 100 г/л и Ni в количестве от 1 до 50 г/л. Условия электролитического осаждения, например, такие: pH гальванической ванны от 1 до 10, температура гальванической ванны около 60°C, плотность тока от 1 до 100 А/дм² и время обработки от 0,1 до 30 мин.

Механическое нанесение покрытия

Механическое нанесение покрытия - это обработка, которая может выполняться путем механического нанесения покрытия, при котором частицы могут накладываться на покрываемый материал внутри вращающегося барабана, или путем наращивания покрытия, при котором частицы накладываются на покрываемый материал с использованием струйного аппарата.

В способе изготовления резьбового соединения для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения поверхность, контактирующая со слоем 21 смазывающего покрытия, может быть подвергнута струйной обработке или травлению. Шероховатость поверхности может быть получена за счет струйной обработки или травления. Под "поверхностью, контактирующей со слоем 21 смазывающего покрытия" понимают контактную поверхность 34 со стороны ниппеля в случае, если на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля отсутствует металлизированный слой, и металлизированный слой в случае, если на контактной поверхности 34 со стороны ниппеля выполнен металлизированный слой. Под "поверхностью, контактирующей со слоем 21 смазывающего покрытия" понимают контактную поверхность 44 со стороны муфты в случае, если на контактной поверхности 44 со стороны муфты отсутствует металлизированный слой, и металлизированный слой в случае, если на контактной поверхности 44 со стороны муфты выполнен металлизированный слой.

Струйная обработка

Струйная обработка представляет собой, например, обработку, при которой для нанесения частиц на покрываемый материал используют струйный аппарат. Струйная обработка представляет собой, например, пескоструйную обработку. Пескоструйная обработка представляет собой обработку, при которой абразивный материал (абразив) смешивают со сжатым воздухом, и полученную смесь подают на контактные поверхности 34, 44. К примерам абразивного материала относится материал в виде сферической дроби и угловатых мелких частиц. Шероховатость контактной поверхности 34 со стороны ниппеля, контактной поверхности 44 со стороны муфты или металлизированного слоя может быть увеличена посредством пескоструйной обработки. Пескоструйная обработка может быть выполнена известным способом. Например, воздух сжимают компрессором, и абразивный материал смешивают со сжатым воздухом. В качестве абразивного материала используют, например, нержавеющую сталь, алюминий, керамику или оксид алюминия. Условия, такие как скорость продвижения при пескоструйной обработке, могут быть установлены соответствующим образом.

Обработка травлением

Обработка травлением представляет собой обработку, при которой для придания шероховатости контактной поверхности 34 или 44 контактную поверхность 34 со стороны ниппеля и/или контактную поверхность 44 со стороны муфты погружают в раствор сильной кислоты, такой как серная кислота, соляная кислота, азотная кислота или плавиковая кислота. Благодаря этому может быть увеличена шероховатость контактной поверхности 34 или 44.

Обработка посредством химической конверсии

Способ изготовления резьбового соединения для труб согласно примеру осуществления настоящего изобретения может содержать этап обработки посредством химической конверсии перед этапом формирования слоя смазывающего покрытия. Обработка посредством химической конверсии представляет собой обработку, при которой образуется пористый слой, полученный посредством химической конверсии и отличающийся высокой шероховатостью поверхности. Обработка посредством химической конверсии может представлять собой обработку посредством химической конверсии фосфатов, обработку посредством химической конверсии оксалатов, и обработку посредством химической конверсии боратов. С точки зрения адгезионной способности слоя 21 смазывающего покрытия предпочтительна обработка

посредством химической конверсии фосфатов. Обработка посредством химической конверсии фосфатов представляет собой, например, обработку посредством химической конверсии фосфатов с использованием фосфата марганца, фосфата цинка, фосфата марганца-железа или фосфата кальция-цинка.

Обработка посредством химической конверсии может быть выполнена известным способом. Раствор для обработки может быть обычным кислотным раствором для обработки посредством химической конверсии фосфатов для оцинкованных изделий. В качестве примера для обработки посредством химической конверсии может быть упомянут раствор фосфата цинка, содержащий от 1 до 150 г/л ионов фосфата, от 3 до 70 г/л ионов цинка, от 1 до 100 г/л ионов нитрата и от 0 до 30 г/л ионов никеля. Также для обработки посредством химической конверсии могут быть использованы растворы фосфата марганца, обычно используемые для резьбовых соединений для труб. Температура раствора находится, например, в диапазоне от нормальной температуры до 100°C. Время обработки может быть установлено соответствующим образом, в зависимости от желаемой толщины слоя и, например, может составлять 15 мин. Чтобы способствовать образованию слоя, полученного посредством химической конверсии, перед обработкой посредством химической конверсии может быть проведена модификация поверхности. Под "модификацией поверхности" понимают обработку, включающую погружение в водный раствор, содержащий коллоидный титан, для модификации поверхности. После обработки посредством химической конверсии предпочтительна промывка водой или теплой водой перед сушкой.

Хотя в приведенном выше примере перед образованием слоя смазывающего покрытия выполняется только один вид обработки, допускается выполнение нескольких видов обработки в комбинации.

Что касается обработки (обработок), выполняемой перед образованием слоя смазывающего покрытия, то ниппель 3 и муфта 4 могут быть подвергнуты одной и той же обработке (обработкам), или ниппель 3 и муфта 4 могут быть подвергнуты разным видам обработки.

Пример

Пример осуществления настоящего изобретения будет раскрыт ниже. Следует заметить, что настоящее изобретение не ограничено этим примером. В данном примере контактную поверхность со стороны ниппеля называют поверхностью ниппеля, а контактную поверхность со стороны муфты называют поверхностью муфты. Если не указано иное, процент в примере означает весовой процент. В данном примере в качестве резьбового соединения для труб использовали VAM21 (зарегистрированная торговая марка) производства NIPPON STEEL CORPORATION. VAM21 (зарегистрированная торговая марка) представляет собой резьбовое соединение для труб, имеющих наружный диаметр 177,80 мм (7 дюймов) и толщину стенки 11,506 мм (0,453 дюйма). Марка стали - углеродистая сталь. Углеродистая сталь имела такой состав: C 0,24%, Si 0,23%, Mn 0,7%, P 0,02%, S 0,01%, Cu 0,04%, Ni 0,05%, Cr 0,95%, Mo 0,15%, остальное Fe и случайные примеси. Предварительная обработка поверхности была выполнена на поверхности ниппеля и поверхности муфты, как показано в табл. 1. Цифры в столбце "Предварительная обработка поверхности" в табл. 1 показывают порядок, в котором выполнялась подготовительная обработка поверхности. Например, в случае "1. Чистовое шлифование, 2. Фосфат цинка", было выполнено чистовое шлифование с последующей химической конверсионной обработкой фосфатом цинка. В процессе пескоструйной обработки использовалось абразивное зерно 100 меш, и была получена шероховатая поверхность. Среднее арифметическое значение шероховатости поверхности Ra для каждого номера испытания соответствует табл. 1. Среднее арифметическое значение шероховатости поверхности Ra было измерено в соответствии с JIS B 0601 (2013). Измерение среднего арифметического значения шероховатости поверхности Ra выполняли с помощью сканирующего зондового микроскопа (SPI 3800N, производства SII NanoTechnology Inc.). Условиями измерения было количество полученных точек данных 1024×1024 в областях выборки 2×2 мкм в качестве блока полученных данных. Толщину сплава Zn-Ni измеряли вышеупомянутым способом.

Таблица 1

Испы- тание №	Ниппель		Муфта	
	Предварительная обработка поверхности	Среднее арифметическое значение шероховатости поверхности Ra, (мкм)	Предварительная обработка поверхности	Среднее арифметическое значение шероховатости поверхности Ra, (мкм)
1	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
2	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Фосфат марганца	1,2
3	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Фосфат марганца	1,2
4	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Фосфат марганца	1,2
5	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Металлизация Zn-Ni (толщина покрытия: 8,0 мкм)	0,5
6	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Пескоструйная обработка	1,8	2. Пескоструйная обработка	1,8
7	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Пескоструйная обработка	1,8	2. Пескоструйная обработка	1,8
8	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Фосфат марганца	1,2
9	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Фосфат марганца	1,3
10	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Фосфат марганца	1,3
11	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Фосфат марганца	1,3
12	1. Чистовое шлифование	0,3	1. Чистовое шлифование	0,3
	2. Фосфат цинка	1,0	2. Фосфат марганца	1,3

После этого были подготовлены ниппель и муфта для каждого номера испытаний со слоями смазывающего покрытия, образованными с использованием соответствующих композиций, имеющих химический состав, показанный в табл. 2. В скобках в столбце "Нелетучие компоненты композиции" в табл. 2 показано содержание в весовых процентах, которое основано на общем количестве нелетучих компонентов композиции. В качестве полиизобутилена использовались следующие вещества, произведенные JXTG Nippon Oil & Energy Corporation: Tetrax (зарегистрированная торговая марка) класс 3T (средняя молекулярная масса 30000), Tetrax (зарегистрированная торговая марка) класс 4T (средняя молекулярная масса 40000), Tetrax (зарегистрированная торговая марка) класс 5T (средняя молекулярная масса 50000) и Tetrax (зарегистрированная торговая марка) класс 6T (средняя молекулярная масса 60000). В качестве металлического мыла использовали Ca-stearate (торговое название), производимый DIC Corporation. В качестве воска был использован Paraffin Wax (торговое название), производимый Nippon Seiro Co., Ltd. В качестве основной металлической соли ароматической органической кислоты использовали Calcinate (торговое название) C400CLR (щелочное число 400 мг KOH/г), производимый Chemtura Corporation, в качестве основного сульфоната кальция. В случае использования графита в качестве смазывающего порошка применяли графитовый порошок "Blue P" (торговое название) (зольность 3,79%, кристалличность 96,9%, средний размер частиц 7 мкм), производимый Nippon Graphite Industries, Co., Ltd. В случае использования ПТФЭ в качестве смазывающего порошка применяли Lubron (зарегистрированная торговая марка) L-5F, производимый Daikin Industries, Ltd. В качестве летучего органического растворителя ис-

пользовали Exxsol (торговое название) D40, производимый Exxon Mobil Corporation. Летучий органический растворитель показан как органический растворитель в табл. 2. Следует заметить, что в испытании № 12 вместо композиции использовали компаундную консистентную смазку, определенную в стандартах API BUL 5A2. Пример, в котором использовали компаундную консистентную смазку, был принят в качестве эталона для характеристики высокого крутящего момента, что описано ниже.

Таблица 2

Испытание №	Нелетучие компоненты композиции (числовое значение в скобках показывает содержание в весовых %)					Органический растворитель (на общее количество 100 г нелетучих компонентов)	Способ нанесения
	Средний молекулярный вес полиизобутилена	Металлическое мыло	Воск	Основная металлическая соль ароматической органической кислоты	Смазывающий порошок		
1	60000 (5)	Стеарат Ca (15)	Paraffin Wax (20)	Основной сульфат Ca (60)	Отсутствует	30 г	Нормальная температура распыления
2	60000 (20)	Стеарат Ca (10)	Paraffin Wax (15)	Основной сульфат Ca (55)	Отсутствует	30 г	Нормальная температура распыления
3	60000 (25)	Стеарат Ca (10)	Paraffin Wax (10)	Основной сульфат Ca (55)	Отсутствует	30 г	Нормальная температура распыления
4	60000 (30)	Стеарат Ca (5)	Paraffin Wax (5)	Основной сульфат Ca (60)	Отсутствует	30 г	Нормальная температура распыления
5	60000 (20)	Стеарат Ca (10)	Paraffin Wax (15)	Основной фенолят Ca (50)	Графит (5)	Отсутствует	нагретый спрей
6	60000 (2)	Стеарат Ca (14)	Paraffin Wax (15)	Основной салицилат Ca (60)	ПТФЭ (9)	30 г	Нормальная температура распыления
7	60000 (40)	Стеарат Ca (10)	Paraffin Wax (15)	Основной сульфат Ca (26)	ПТФЭ (9)	30 г	Нормальная температура распыления
8	30000 (20)	Стеарат Ca (10)	Paraffin Wax (15)	Основной сульфат Ca (55)	Отсутствует	30 г	Нормальная температура распыления
9	40000 (20)	Стеарат Ca (10)	Paraffin Wax (15)	Основной сульфат Ca (55)	Отсутствует	30 г	Нормальная температура распыления
10	50000 (20)	Стеарат Ca (10)	Paraffin Wax (15)	Основной сульфат Ca (55)	Отсутствует	30 г	Нормальная температура распыления
11	Отсутствует	Стеарат Ca (10)	Paraffin Wax (15)	Основной сульфат Ca (75)	Отсутствует	30 г	Нормальная температура распыления
12	Компаундная консистентная смазка, определенная в стандартах API BUL 5A2						Щетка

Испытание № 1.

В испытании № 1 чистовое механическое шлифование выполняли на поверхности ниппеля и поверхности муфты. После этого композицию для формирования слоя смазывающего покрытия наносили как на поверхность ниппеля, так и на поверхность муфты путем распыления при нормальной температуре (приблизительно 25°C) с образованием слоев смазывающего покрытия. Что касается толщины покрытия слоя смазывающего покрытия, целевую среднюю толщину покрытия вычисляли с использованием веса и удельного веса композиции, подлежащей нанесению на единицу площади за единицу времени, на основе заранее заданного давления распыления и расстояния до целевой поверхности, и нанесение выполняли таким образом, чтобы толщина составляла от 120 до 150 мкм.

Испытание № 2 - испытание № 4 и испытание № 8 - испытание № 10.

В испытаниях № 2-№ 4 и испытаниях № 8-№ 10 чистовое механическое шлифование выполняли на поверхности ниппеля и поверхности муфты. Ниппель погружали в раствор для обработки посредством химической конверсии фосфата цинка при температуре от 75 до 85°C на 10 мин с образованием слоя фосфата цинка толщиной 10 мкм. Муфту погружали в раствор для обработки посредством химической конверсии фосфата марганца при температуре от 80 до 95°C в течение 10 мин с образованием слоя фосфата марганца толщиной 12 мкм. После этого композицию для формирования слоя смазывающего покрытия наносили как на поверхность ниппеля, так и на поверхность муфты путем распыления при нормальной температуре (приблизительно 20°C) с образованием слоев смазывающего покрытия. Что касается толщины слоя смазывающего покрытия, целевую среднюю толщину покрытия вычисляли с использованием веса и удельного веса композиции, подлежащей нанесению на единицу площади за единицу времени, на основании заранее заданного давления распыления и расстояния до целевой поверхности, и нанесение выполняли таким образом, чтобы толщина составляла от 120 до 150 мкм.

Испытание № 5.

В испытании № 5 чистовое механическое шлифование выполняли на поверхности ниппеля. Ниппель погружали в раствор для обработки посредством химической конверсии фосфата цинка при температуре от 75 до 85°C на 10 мин с образованием слоя фосфата цинка толщиной 10 мкм. Слой смазывающего покрытия формировали на нем путем нанесения с образованием слоя смазывающего покрытия на слой фосфата цинка путем распыления при нормальной температуре (приблизительно 25°C). Что касается толщины покрытия слоя смазывающего покрытия, целевую среднюю толщину покрытия вычисляли с использованием веса и удельного веса композиции, подлежащей нанесению на единицу площади за единицу времени, на основе заранее заданного давления распыления и расстояния до целевой поверхности, и нанесение выполняли таким образом, чтобы толщина составляла от 120 до 150 мкм.

Чистовое механическое шлифование выполняли на поверхности муфты. Металлизацию сплавом Zn-Ni выполняли путем электролитического осаждения с образованием на нем металлизированного слоя

из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для металлизации сплавом Zn-Ni использовали DAIN Zin alloy N-PL (торговое название), производимую Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Электролитическое осаждение выполняли в условиях pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Металлизированный слой сплава Zn-Ni имел состав Zn 85% и Ni 15%. Слой смазывающего покрытия был образован на нем путем нанесения композиции для формирования слоя смазывающего покрытия методом распыления с нагревом (приблизительно до 110°C) и медленного охлаждения. Что касается толщины покрытия слоя смазывающего покрытия, целевую среднюю толщину покрытия вычисляли с использованием веса и удельного веса композиции, подлежащей нанесению на единицу площади за единицу времени, на основе заранее заданного давления распыления и расстояния до целевой поверхности, и нанесение выполняли таким образом, чтобы толщина составляла от 120 до 150 мкм.

Испытание № 6 и испытание № 7.

В испытании № 6 и № 7 чистовое механическое шлифование выполняли на поверхности ниппеля и поверхности муфты. После этого с помощью струйной обработки поверхности ниппеля и поверхности муфты придавали шероховатость. После этого композицию для формирования слоя смазывающего покрытия наносили как на поверхность ниппеля, так и на поверхность муфты путем распыления при нормальной температуре (приблизительно 20°C) с образованием слоев смазывающего покрытия. Что касается толщины покрытия слоя смазывающего покрытия, целевую среднюю толщину покрытия вычисляли с использованием веса и удельного веса композиции, подлежащей нанесению на единицу площади за единицу времени, на основе заранее заданного давления распыления и расстояния до целевой поверхности, и нанесение выполняли таким образом, чтобы толщина составляла от 120 до 150 мкм.

Испытание № 11.

В испытании № 11 чистовое механическое шлифование выполняли на поверхности ниппеля и поверхности муфты. Поверхность ниппеля погружали в раствор для обработки посредством химической конверсии фосфата цинка при температуре от 75 до 85°C на 10 мин с образованием слоя фосфата цинка толщиной 10 мкм. Поверхность муфты погружали в раствор для обработки посредством химической конверсии фосфата марганца при температуре от 80 до 95°C на 10 мин с образованием слоя фосфата марганца толщиной 12 мкм. После этого композицию для формирования слоя смазывающего покрытия наносили как на поверхность ниппеля, так и на поверхность муфты путем распыления при нормальной температуре (приблизительно 25°C) с образованием слоев смазывающего покрытия. Что касается толщины покрытия слоя смазывающего покрытия, целевую среднюю толщину покрытия вычисляли с использованием веса и удельного веса композиции, подлежащей нанесению на единицу площади за единицу времени, на основе заранее заданного давления распыления и расстояния до целевой поверхности, и нанесение выполняли таким образом, чтобы толщина составляла от 120 до 150 мкм. В испытании № 11 композиция не содержала полиизобутилена.

Испытание № 12.

В испытании № 12 поверхность ниппеля и поверхность муфты подвергали чистовой механической шлифовке и обработке посредством химической конверсии фосфата. После этого на поверхность ниппеля и поверхность муфты с помощью кисти наносили присадку по стандартам API. Термин "Присадка по стандартам API" относится к составной консистентной смазке для резьб для трубных изделий нефтепромыслового сортамента, производимых в соответствии со стандартом API BUL 5A2. Установлено, что в присадке по стандартам API в качестве основного материала используется консистентная смазка и содержится графитовый порошок в количестве 18±1,0%, свинцовый порошок в количестве 30,5±0,6% и хлопья меди в количестве 3,3±0,3%. Следует заметить, что в этом диапазоне компонентов компаундные консистентные смазки для резьбы трубных изделий нефтепромыслового сортамента имеют эквивалентные характеристики.

Испытания на стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы.

Оценка стойкости к образованию поверхностного повреждения резьбы проводилась посредством испытания на повторное свинчивание. Используя ниппели и муфты из испытаний № 1-12, свинчивание и развинчивание повторяли при комнатной температуре (около 25°C), и оценивали стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы. Был установлен крутящий момент затяжки 24350 Н·м. По завершении каждого цикла свинчивания и развинчивания визуально осматривали поверхность ниппеля и поверхность муфты. Возникновение поверхностного повреждения резьбы на резьбовых участках и участках металлического уплотнения проверяли визуально. Что касается участков металлического уплотнения, испытание завершалось при возникновении поверхностного повреждения резьбы. Если поверхностное повреждение резьбы на резьбовой части были незначительными и могло быть отремонтировано путем восстановления опиливанием или подобным способом, поверхностное повреждение резьбы устраняли и продолжали испытание. Максимальное количество случаев свинчивания принято равным 15. В качестве оценочного показателя стойкости к образованию поверхностного повреждения резьбы было принято максимальное количество случаев, в которых свинчивание происходило без образования неустраняемого поверхностного повреждения резьбы на резьбовой части и поверхностного повреждения резьбы

на участке металлического уплотнения. Результаты показаны в столбце "Стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы (количество случаев, в которых свинчивание происходило без образования неустраняемого поверхностного повреждения резьбы на резьбовом участке или поверхностного повреждения резьбы на участке металлического уплотнения)" в табл. 3.

Следует заметить, что в испытании № 12 смазка по стандартам API применялась повторно и использовалась заново при каждом свинчивании и развинчивании. Это связано с тем, что, как правило, смазка по стандартам API наносится повторно и используется заново при каждом свинчивании и развинчивании. Кроме того, вышеупомянутый способ использования является единственным способом, который предполагается в качестве способа использования присадки по стандартам API. С другой стороны, в испытаниях № 1-№ 11 соответствующие испытания продолжались без повторного формирования слоя смазывающего покрытия до завершения испытания.

Таблица 3

Испытание №	Стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы (количество случаев, в которых свинчивание происходило без образования неустраняемого поверхностного повреждения резьбы на резьбовом участке или поверхностного повреждения резьбы на участке металлического уплотнения)	Крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ (относительное значение)
1	15	120
2	15	138
3	15	144
4	15	151
5	15	130
6	15	110
7	10	143
8	15	120
9	15	115
10	15	128
11	10	60
12	10	100

Оценочные испытания характеристики высокого крутящего момента.

С использованием ниппелей и муфт из испытаний № 1-12 был измерен крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$. В частности, свинчивание выполняли при скорости затяжки 10 об/мин и крутящем моменте затяжки 42,8 кН·м. Измеряли крутящий момент во время свинчивания и составляли диаграмму крутящего момента, показанную на фиг. 12. Ссылочные обозначения "Ts" на фиг. 12 обозначают крутящий момент упора. Ссылочные обозначения "MTV" на фиг. 12 обозначают значение крутящего момента, при котором линейный сегмент L и график крутящего момента пересекаются. Линейный сегмент L представляет собой прямую линию, которая имеет тот же наклон, что и наклон линейной области графика крутящего момента после упора, и для которой число оборотов на 0,2% больше превышает указанную выше линейную область. Обычно T_u (крутящий момент на пределе текучести) используется при измерении крутящего момента при сопротивлении упора $\Delta T'$. Однако в данном примере крутящий момент на пределе текучести (граница между линейной областью и нелинейной областью на диаграмме крутящего момента после упора) был неразличимым. Поэтому MTV был определен с использованием линейного сегмента L. Разность между MTV и Ts была принята за крутящий момент при сопротивлении упора $\Delta T'$ настоящего примера. Характеристика высокого крутящего момента определена в виде относительного значения по отношению к крутящему моменту при сопротивлении упора $\Delta T'$, когда в испытании № 12 вместо слоя смазывающего покрытия была использована присадка по стандартам API в качестве эталона (100). Результаты представлены в табл. 3.

Результаты оценки.

Как показано в табл. 1-3, композиции для формирования слоев смазывающего покрытия резьбовых соединений для труб в испытаниях № 1-10 содержали полиизобутилен. Таким образом, даже при 10-кратном повторении свинчивания и развинчивания поверхностное повреждение резьбы отсутствовало, а резьбовые соединения для труб демонстрировали высокую стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы. Кроме того, резьбовые соединения для труб показали превосходную характеристику высокого крутящего момента, причем характеристика высокого крутящего момента превысила 100. В резьбовых соединениях для труб в испытаниях № 1-5 и испытаниях № 8-10 содержание полиизобутилена составляло от 5 до 30%. В результате характеристика высокого крутящего момента были улучшена на-

много больше, чем в резьбовом соединении для труб в испытании № 6 (содержание полиизобутилена менее 5%). Кроме того, количество случаев свинчивания, которые могут быть выполнены без образования поверхностного повреждения резьбы, было выше, чем для резьбового соединения для труб в испытании № 7 (содержание полиизобутилена выше 30%), и, таким образом резьбовые соединения для труб в испытаниях № 1-5 и испытаниях № 8-10 показали даже более высокую стойкость к образованию поверхностного повреждения резьбы. С другой стороны, композиция для формирования слоя смазывающего покрытия резьбового соединения для труб в испытании № 11 не содержала полиизобутилена. Вследствие этого, количество случаев, в которых свинчивание можно было выполнить без образования поверхностного повреждения резьбы, и характеристика высокого крутящего момента были низкими.

Выше был описан пример осуществления настоящего изобретения. Однако вышеизложенный пример осуществления изобретения является одним из примеров реализации настоящего изобретения. Соответственно, настоящее изобретение не ограничено вышеописанным примером осуществления, и упомянутый выше пример осуществления изобретения может быть соответствующим образом изменен в пределах объема без отклонения от сущности настоящего изобретения.

Перечень ссылочных обозначений:

- 1 - стальная труба;
- 2 - соединительная муфта;
- 3 - ниппель;
- 4 - муфта;
- 21 - слой смазывающего покрытия;
- 31 - резьбовой участок со стороны ниппеля;
- 32 - участок металлического уплотнения со стороны ниппеля;
- 33 - участок упора со стороны ниппеля;
- 34 - контактная поверхность со стороны ниппеля;
- 41 - резьбовой участок со стороны муфты;
- 42 - участок металлического уплотнения со стороны муфты;
- 43 - участок упора со стороны муфты;
- 44 - контактная поверхность со стороны муфты.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Композиция для формирования слоя смазывающего покрытия на резьбовом соединении для труб или поверх него,

слой смазывающего покрытия представляет собой вязкую жидкость или полутвердое вещество, при этом композиция содержит полиизобутилен, металлическое мыло, воск и

основную металлическую соль ароматической органической кислоты, при этом общее количество нелетучих компонентов в композиции принято за 100 вес.%, содержит полиизобутилен в количестве от 5 до 30 вес.%, металлическое мыло в количестве от 2 до 30 вес.%, воск в количестве от 2 до 30 вес.%, и основная металлическая соль ароматической органической кислоты в количестве от 10 до 70 вес.%, при этом средняя молекулярная масса полиизобутилена находится в диапазоне от 30000 до 100000.

2. Композиция по п.1, которая дополнительно содержит смазывающий порошок.

3. Композиция по п.2, которая, если общее количество нелетучих компонентов в композиции принято за 100 вес.%, содержит смазывающий порошок в количестве от 0,5 до 20 вес.%.

4. Композиция по п.2 или 3, в которой смазывающий порошок представляет собой графит и/или политетрафторэтилен.

5. Композиция по любому из пп.1-4, которая дополнительно содержит летучий органический растворитель.

6. Резьбовое соединение для труб, содержащее ниппель, имеющий контактную поверхность со стороны ниппеля, содержащую резьбовой участок со стороны ниппеля;

муфту, имеющую контактную поверхность со стороны муфты, содержащую резьбовой участок со стороны муфты; и

слой смазывающего покрытия из вязкой жидкости или полутвердого вещества, содержащий композицию по любому из пп.1-5, в качестве крайнего наружного слоя на контактной поверхности со стороны ниппеля и/или контактной поверхности со стороны муфты или поверх этой поверхности.

7. Резьбовое соединение для труб по п.6, в котором резьбовое соединение содержит слой смазывающего покрытия на контактной поверхности со стороны ниппеля или поверх нее.

8. Резьбовое соединение для труб по п.7, в котором резьбовое соединение дополнительно содержит металлизированный слой между контактной поверхностью со стороны ниппеля и слоем смазывающего покрытия.

9. Резьбовое соединение для труб по п.8, которое дополнительно содержит слой, полученный посредством химической конверсии, между слоем смазывающего покрытия и металлизированным слоем.

10. Резьбовое соединение для труб по п.7 или 8, в котором в случае, если резьбовое соединение для труб не содержит металлизированного слоя, контактная поверхность со стороны ниппеля представляет собой поверхность, подвергнутую струйной обработке и/или травлению, и

в случае, если резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой, поверхность металлизированного слоя представляет собой поверхность, подвергнутую струйной обработке и/или травлению.

11. Резьбовое соединение для труб по п.6, которое содержит слой смазывающего покрытия на контактной поверхности со стороны муфты или поверх этой поверхности.

12. Резьбовое соединение для труб по п.11, которое дополнительно содержит металлизированный слой между контактной поверхностью со стороны муфты и слоем смазывающего покрытия.

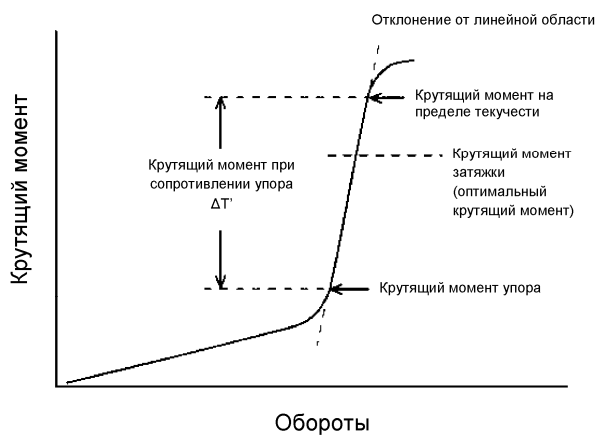
13. Резьбовое соединение для труб по п.12, которое дополнительно содержит слой, полученный посредством химической конверсии, между слоем смазывающего покрытия и металлизированным слоем.

14. Резьбовое соединение для труб по п.11 или 12, в котором в случае, если резьбовое соединение для труб не содержит металлизированного слоя, контактная поверхность со стороны муфты представляет собой поверхность, подвергнутую струйной обработке и/или травлению, и

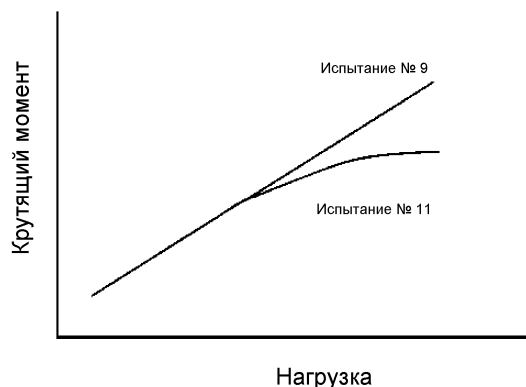
в случае, если резьбовое соединение для труб содержит металлизированный слой, поверхность металлизированного слоя представляет собой поверхность, подвергнутую струйной обработке и/или травлению.

15. Резьбовое соединение для труб по любому из пп.6-14, в котором контактная поверхность со стороны ниппеля дополнительно содержит участок металлического уплотнения со стороны ниппеля и участок упора со стороны ниппеля,

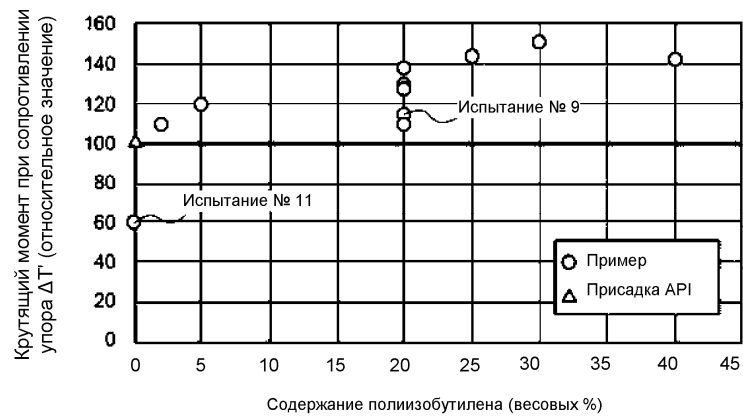
контактная поверхность со стороны муфты дополнительно содержит участок металлического уплотнения со стороны муфты и участок упора со стороны муфты.



Фиг. 1



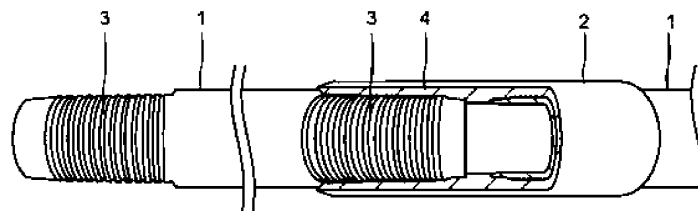
Фиг. 2



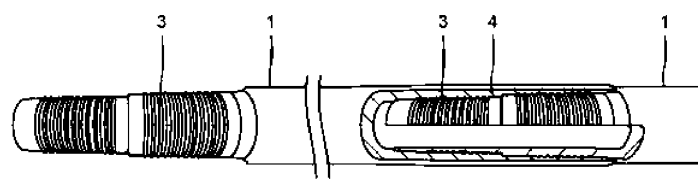
Фиг. 3



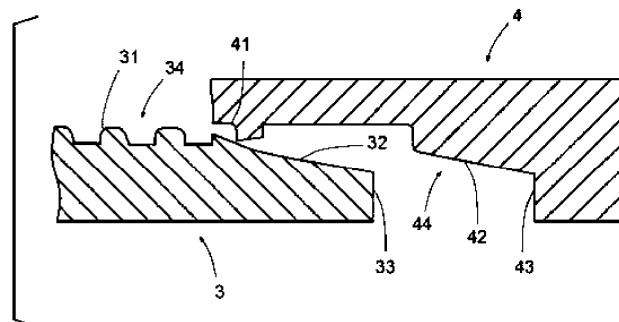
Фиг. 4



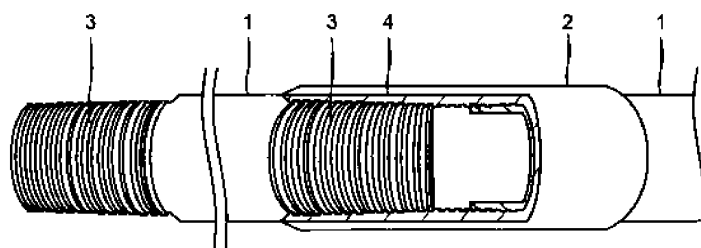
Фиг. 5



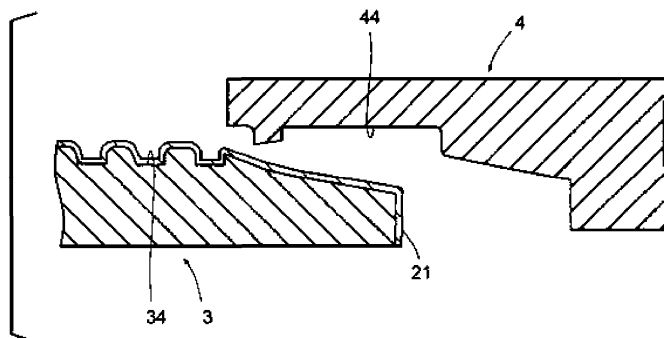
Фиг. 6



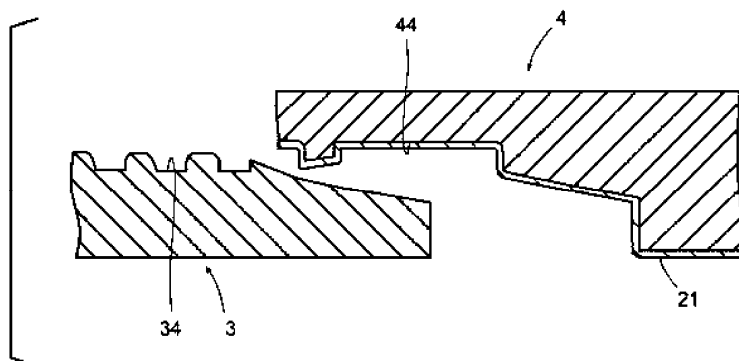
Фиг. 7



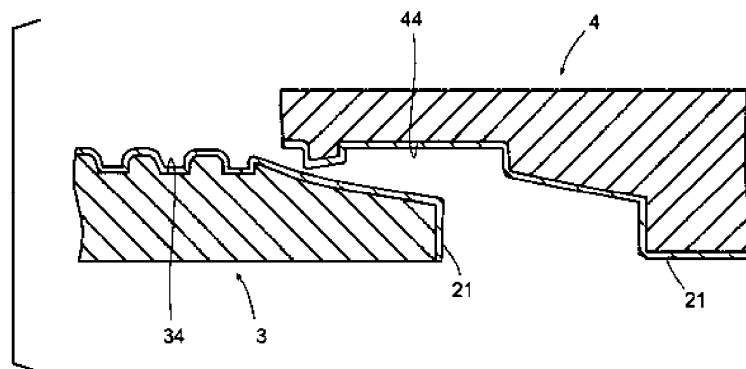
Фиг. 8



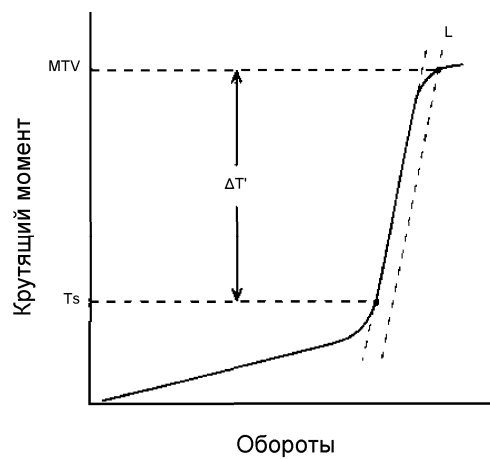
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

