

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037192**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- | | |
|---|--|
| <p>(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.02.17</p> <p>(21) Номер заявки
201992767</p> <p>(22) Дата подачи заявки
2018.04.24</p> | <p>(51) Int. Cl. <i>F16L 15/04</i> (2006.01)
<i>C10M 103/02</i> (2006.01)
<i>C10M 107/38</i> (2006.01)
<i>C10M 125/10</i> (2006.01)
<i>C10M 145/04</i> (2006.01)
<i>C10M 145/20</i> (2006.01)
<i>C10M 149/18</i> (2006.01)
<i>C23C 28/00</i> (2006.01)
<i>F16L 15/00</i> (2006.01)
<i>C10N 10/12</i> (2006.01)
<i>C10N 30/00</i> (2006.01)
<i>C10N 40/00</i> (2006.01)
<i>C10N 50/02</i> (2006.01)</p> |
|---|--|

(54) **РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ТРУБ ИЛИ ТРУБОК И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ ТРУБ ИЛИ ТРУБОК**

- | | |
|---|---|
| <p>(31) 2017-100546</p> <p>(32) 2017.05.22</p> <p>(33) JP</p> <p>(43) 2020.03.31</p> <p>(86) РСТ/JP2018/016582</p> <p>(87) WO 2018/216416 2018.11.29</p> <p>(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
НИППОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН
(JP); ВАЛЛУРЕК ОЙЛ ЭНД ГЭС
ФРАНС (FR)</p> <p>(72) Изобретатель:
Гото Кунио (JP)</p> <p>(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)</p> | <p>(56) JP-A-2015506445
JP-A-200813560
JP-A-201747418
JP-A-2016130311
JP-A-2013108556
WO-A1-2017047722
WO-A1-2016098336</p> |
|---|---|

-
- (57) В изобретении предлагается резьбовое соединение для труб или трубок, имеющее высокие характеристики при превышении крутящего момента, и способ изготовления резьбового соединения для труб или трубок. Резьбовое соединение (1) для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя ниппель (5) и муфту (8). Ниппель (5) и муфта (8) включают в себя контактную поверхность (6), (9), включающую в себя резьбовой участок (4), (7) и металлический контактный участок. Резьбовое соединение (1) для труб или трубок включает в себя слой (21) твердого смазочного покрытия по меньшей мере на одной из контактных поверхностей (6), (9) ниппеля (5) и муфты (8), причем слой (21) твердого смазочного покрытия включает в себя смолу, твердый смазочный порошок и Si_2O_3 .

037192
B1

037192
B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению для труб или трубок и способу изготовления резьбового соединения для труб или трубок и, в частности, к резьбовому соединению для трубных изделий нефтепромыслового сортамента и способу изготовления резьбового соединения для трубных изделий нефтепромыслового сортамента.

Уровень техники

Трубы для нефтяных скважин используются для бурения нефтяных месторождений и месторождений природного газа. Трубы для нефтяных скважин получают путем соединения множества стальных труб в соответствии с глубиной скважины. Соединение стальных труб может быть выполнено с помощью свинчивающегося резьбового соединения для труб или трубок, образованного на концах двух стальных труб. Трубы для нефтяных скважин поднимают и разбирают для осмотра и т.п., а затем снова собирают после осмотра и повторно используют.

Резьбовое соединение для труб или трубок включает в себя ниппель и муфту. Ниппель включает в себя охватываемый резьбовой участок и безрезьбовой металлический контактный участок, образованный на внешней периферийной поверхности на конце трубы. Муфта включает в себя охватывающий резьбовой участок и безрезьбовой металлический контактный участок, образованный на внутренней периферийной поверхности на конце трубы. Резьбовые участки и безрезьбовые металлические контактные участки ниппеля и муфты многократно испытывают сильное трение во время свинчивания и развинчивания труб. Если эти участки имеют недостаточное сопротивление трению, во время многократного свинчивания и развинчивания произойдет заедание (не подлежащее ремонту заклинивание). Таким образом, необходимо, чтобы резьбовое соединение для труб или трубок имело достаточное сопротивление трению, т.е. превосходное сопротивление заеданию.

До сих пор для улучшения сопротивления заеданию использовались комбинированные консистентные смазки, содержащие тяжелые металлы, называемые смазками. Нанесение комбинированной консистентной смазки на поверхность резьбового соединения для труб или трубок может повышать сопротивление заеданию резьбового соединения для труб или трубок. Однако тяжелые металлы, содержащиеся в комбинированных консистентных смазках, например Pb, Zn и Cu, могут оказывать отрицательное влияние на окружающую среду. По этой причине на практике желательно использовать резьбовое соединение для труб или трубок без комбинированной консистентной смазки.

В публикации международной заявки № 2014/042144 (Патентный документ 1) предложено резьбовое соединение для труб или трубок, которое не включает в себя комбинированную консистентную смазку, но имеет превосходное сопротивление заеданию.

Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия, описанная в патентном документе 1, представляет собой композицию, которая содержит в смешанном растворителе, включающем в себя воду и диполярный апротонный растворитель, порошкообразную органическую смолу, которая, по меньшей мере частично, растворима в диполярном апротонном растворителе. В композиции для образования слоя твердого смазочного покрытия, описанной в патентном документе 1, порошкообразная органическая смола присутствует в смешанном растворителе в растворенном состоянии или диспергированном состоянии. В соответствии с патентным документом 1 эта конфигурация позволяет без использования комбинированной консистентной смазки предотвращать образование ржавчины и обеспечивает превосходное сопротивление заеданию.

Список цитируемых документов

Патентные документы.

Патентный документ 1: публикация международной заявки № WO 2014/042144.

Сущность изобретения

Техническая проблема

В связи с этим резьбовые участки и безрезьбовые металлические контактные участки ниппеля и муфты включают в себя металлические уплотнительные участки и заплечиковые участки. Во время свинчивания резьбового соединения для труб или трубок заплечиковые участки ниппеля и муфты входят в контакт друг с другом. Крутящий момент, который возникает в это время, называется "крутящий момент при контакте заплечиковых участков" (shouldering torque). Во время свинчивания резьбового соединения для труб или трубок после возникновения крутящего момента при контакте заплечиковых участков свинчивание продолжается до тех пор, пока свинчивание не будет завершено. За счет этого повышается газонепроницаемость резьбового соединения для труб или трубок. Если свинчивание продолжается дальше, металл, образующий по меньшей мере одно из ниппеля и муфты, начинает испытывать пластическую деформацию. Крутящий момент, возникающий в это время, называется "крутящий момент на пределе текучести".

Крутящий момент при завершении свинчивания (далее называется "крутящий момент свинчивания") устанавливается так, чтобы достаточное уплотнительное межповерхностное давление достиглось независимо от величины натяга резьбы. Если существует достаточная разность между крутящим моментом при контакте заплечиковых участков и крутящим моментом на пределе текучести (далее эта разность называется "сопротивление ΔT " крутящему моменту на заплечиковых участках"), диапазон крутя-

шего момента свинчивания расширяется. В результате крутящий момент свинчивания легко регулируется. В связи с этим необходимо, чтобы в дополнение к вышеуказанному сопротивлению заеданию резьбовое соединение для труб или трубок также имело высокое сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках, т.е. высокие характеристики при превышении крутящего момента.

Что касается патентного документа 1, поскольку сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках не учитывается, в некоторых случаях характеристики при превышении крутящего момента являются низкими.

Задача настоящего изобретения заключается в обеспечении резьбового соединения для труб или трубок, которое имеет высокие характеристики при превышении крутящего момента, и способа изготовления резьбового соединения для труб или трубок.

Решение проблемы

Резьбовое соединение для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления представляет собой резьбовое соединение, которое предназначено для труб или трубок и включает в себя ниппель и муфту. Ниппель и муфта включают в себя контактную поверхность, которая включает в себя резьбовой участок и безрезьбовой металлический контактный участок. Резьбовое соединение для труб или трубок включает в себя слой твердого смазочного покрытия по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля и муфты. Вышеуказанный слой твердого смазочного покрытия содержит смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 .

Способ изготовления резьбового соединения для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя этап, на котором образуют вышеуказанный слой твердого смазочного покрытия по меньшей мере на одной из контактных поверхностей вышеуказанного ниппеля и вышеуказанной муфты.

Преимущества изобретения

Резьбовое соединение для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя слой твердого смазочного покрытия. Слой твердого смазочного покрытия содержит Cr_2O_3 . В связи с этим резьбовое соединение для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления имеет высокие характеристики при превышении крутящего момента.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между количеством оборотов резьбового соединения для труб или трубок и крутящим моментом;

фиг. 2 - график, иллюстрирующий зависимость между содержанием Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия и характеристиками при превышении крутящего момента;

фиг. 3 - график, иллюстрирующий зависимость между содержанием Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия и сопротивлением заеданию;

фиг. 4 - схематическое изображение, иллюстрирующее конфигурацию резьбового соединения для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления;

фиг. 5 - вид в разрезе резьбового соединения для труб или трубок;

фиг. 6 - вид в разрезе контактной поверхности резьбового соединения для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления;

фиг. 7 - график для описания сопротивления $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках в примере.

Описание вариантов осуществления изобретения

Настоящий вариант осуществления будет подробно описан ниже со ссылкой на чертежи. Одинаковые ссылочные позиции будут использоваться на всех чертежах для обозначения одинаковых или подобных частей, и их описание не будет повторяться.

Авторы настоящего изобретения провели различные исследования, касающиеся зависимости между резьбовым соединением для труб или трубок, характеристиками при превышении крутящего момента и сопротивлением заеданию. В результате авторы настоящего изобретения получили следующие результаты.

Характеристики при превышении крутящего момента.

Во время свинчивания стальных труб друг с другом заранее определяют оптимальный крутящий момент для завершения свинчивания. Фиг. 1 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между количеством оборотов стальных труб и крутящим моментом во время свинчивания резьбовых соединений для труб или трубок, которые имеют заплечиковый участок. Обратимся к фиг. 1, свинчивание резьбовых соединений для труб или трубок первоначально увеличивает крутящий момент пропорционально количеству оборотов. Темп увеличения крутящего момента в это время является низким. По мере продолжения свинчивания заплечиковые участки входят в контакт друг с другом. Крутящий момент в это время называется "крутящий момент при контакте заплечиковых участков". После возникновения крутящего момента при контакте заплечиковых участков при продолжении свинчивания крутящий момент снова увеличивается пропорционально количеству оборотов. Темп увеличения крутящего момента в это время является высоким. Свинчивание завершают в момент времени, когда крутящий момент достигает заданного числового значения (крутящий момент свинчивания). Если крутящий момент во

время свинчивания достигает крутящего момента свинчивания, металлические уплотнительные участки взаимодействуют друг с другом с соответствующим межповерхностным давлением. В этом случае повышается газонепроницаемость резьбовых соединений для труб или трубок.

Если свинчивание продолжается дальше после достижения крутящего момента свинчивания, крутящий момент становится слишком высоким. Если крутящий момент становится слишком высоким, часть ниппеля и муфты подвергается пластической деформации. Крутящий момент, возникающий в это время, называется "крутящий момент на пределе текучести". Когда сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках, которое представляет собой разность между крутящим моментом при контакте заплечиковых участков и крутящим моментом на пределе текучести, является высоким, диапазон крутящего момента свинчивания может расширяться. В результате можно легко регулировать крутящий момент свинчивания. В связи с этим предпочтительно более высокое значение сопротивления $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках. В настоящем описании выражение "высокие характеристики при превышении крутящего момента" означает высокое сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках.

Эффективной мерой для повышения сопротивления $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках является уменьшение крутящего момента при контакте заплечиковых участков или увеличение крутящего момента на пределе текучести. Считается, что твердые частицы, если они содержатся в слое твердого смазочного покрытия, увеличивают крутящий момент на пределе текучести во время высокого межповерхностного давления. При увеличении крутящего момента на пределе текучести увеличивается сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках.

Однако в качестве результата исследований, проведенных авторами настоящего изобретения, авторы настоящего изобретения установили, что даже если слой твердого смазочного покрытия просто содержит твердые частицы, не обеспечивалось высокое сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках. Например, несмотря на то, что CaF_2 представляет собой твердые частицы, как показано в примере, описанном ниже, при использовании CaF_2 не достигалось высокое сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках.

В связи с этим авторы настоящего изобретения провели дополнительные исследования различных видов и обнаружили, что высокое сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках достигается при присутствии Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия.

Фиг. 2 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между содержанием Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия и характеристиками при превышении крутящего момента. Фиг. 2 была получена с использованием примера, который описан ниже. Ось абсцисс на фиг. 2 показывает содержание Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия. Ось ординат на фиг. 2 показывает характеристики при превышении крутящего момента. Следует отметить, что характеристики при превышении крутящего момента были определены как относительное значение относительно сопротивления $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках в испытании № 1, где вместо слоя твердого смазочного покрытия была использована смазка по стандартам API (Американский институт нефти), взятого в качестве контрольного значения (100). Символ в виде белого круга "○" на фиг. 2 обозначает характеристики при превышении крутящего момента для примера, в котором был образован слой твердого смазочного покрытия. Символ в виде белого треугольника "△" на фиг. 2 обозначает характеристики при превышении крутящего момента при использовании смазки по стандартам API вместо слоя твердого смазочного покрытия.

На основе фиг. 2 показано, что когда слой твердого смазочного покрытия содержит Cr_2O_3 , характеристики при превышении крутящего момента составляют более 100. Другими словами, при использовании Cr_2O_3 достигаются высокие характеристики при превышении крутящего момента.

Сопротивление заеданию.

Авторы настоящего изобретения дополнительно обнаружили, что при регулировке содержания Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия также увеличивается сопротивление заеданию, а не только характеристики при превышении крутящего момента.

Фиг. 3 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между содержанием Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия и сопротивлением заеданию. Фиг. 3 была получена с использованием примера, описанного ниже. Ось абсцисс на фиг. 3 показывает содержание Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия. Ось ординат на фиг. 3 показывает количество раз свинчивания, завершающихся без возникновения заедания.

Фиг. 3 показывает, что, когда содержание Cr_2O_3 составляет от 1,0 до 20,0 мас.%, количество раз свинчивания, которое может быть выполнено без возникновения заедания, составляет более 10 раз. Другими словами, когда содержание Cr_2O_3 составляет от 1,0 до 20,0 мас.%, обеспечивается высокое сопротивление заеданию.

Резьбовое соединение для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления, выполненное на основе вышеуказанных результатов, имеет следующие характеристики. Резьбовое соединение для труб или трубок включает в себя ниппель и муфту. Ниппель и муфта включают в себя контактную поверхность, имеющую резьбовой участок и безрезьбовой металлический контактный участок.

Резьбовое соединение для труб или трубок включает в себя слой твердого смазочного покрытия по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля и муфты. Слой твердого смазочного покрытия содержит смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 .

Резьбовое соединение для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления содержит Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия. В связи с этим резьбовое соединение для труб или трубок имеет высокие характеристики при превышении крутящего момента.

Содержание Cr_2O_3 в вышеуказанном слое твердого смазочного покрытия предпочтительно составляет от 1,0 до 20,0 мас. %.

Когда содержание Cr_2O_3 в слое твердого смазочного покрытия составляет от 1,0 до 20,0 мас. %, улучшается сопротивление заеданию слоя твердого смазочного покрытия.

Вышеуказанный слой твердого смазочного покрытия может содержать Cr_2O_3 в количестве от 1,0 до 20,0 мас. %, смолу в количестве от 50,0 до 90,0 мас. % и твердый смазочный порошок в количестве от 5,0 до 30,0 мас. %.

Предпочтительно вышеуказанная смола представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, фенольной смолы, фурановой смолы, полиамидимидной смолы, полиамидной смолы, полиимидной смолы и полиэфирэфиркетоновой смолы.

В этом случае характеристики при превышении крутящего момента и сопротивление заеданию слоя твердого смазочного покрытия дополнительно улучшаются.

Вышеуказанная смола может представлять собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, фенольной смолы, полиамидимидной смолы и полиамидной смолы.

Предпочтительно вышеуказанный твердый смазочный порошок представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из графита, оксида цинка, нитрида бора, талька, дисульфида молибдена, дисульфида вольфрама, фторида графита, сульфида олова, сульфида висмута, органического молибдена, тиосульфатного соединения, политетрафторэтилена и цианурата меламина.

Предпочтительно вышеуказанный твердый смазочный порошок представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из графита и политетрафторэтилена.

В этом случае характеристики при превышении крутящего момента и сопротивление заеданию слоя твердого смазочного покрытия дополнительно улучшаются.

Способ изготовления резьбового соединения для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя этап нанесения и этап отверждения. На этапе нанесения композицию, содержащую смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 , наносят по меньшей мере на одну из контактных поверхностей ниппеля и муфты. На этапе отверждения отверждают композицию, которая была нанесена на контактную поверхность, с образованием слоя твердого смазочного покрытия.

Вышеуказанный способ изготовления может дополнительно включать в себя этап образования слоя покрытия из сплава Zn перед этапом нанесения. На этапе образования слоя покрытия из сплава Zn по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля и муфты путем гальванизации образуют слой покрытия из сплава Zn.

Вышеуказанный способ изготовления может дополнительно включать в себя этап образования шероховатости поверхности перед этапом образования слоя покрытия из сплава Zn. На этапе образования шероховатости поверхности по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля и муфты образуют шероховатость поверхности.

Далее будут подробно описаны резьбовое соединение для труб или трубок и способ изготовления резьбового соединения для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления.

Резьбовое соединение для труб или трубок.

Резьбовое соединение для труб или трубок включает в себя ниппель и муфту. Фиг. 4 представляет собой схематическое изображение, иллюстрирующее конфигурацию резьбового соединения для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления. Резьбовое соединение 1 для труб или трубок включает в себя стальную трубу 2 и соединитель 3. На каждом конце стальной трубы 2 образован ниппель 5, и ниппель 5 включает в себя охватываемый резьбовой участок 4 на его внешней поверхности. На каждом конце соединителя 3 образована муфта 8, и муфта 8 включает в себя охватывающий резьбовой участок 7 на ее внутренней поверхности. За счет свинчивания ниппеля 5 и муфты 8 соединитель 3 закрепляется на конце стальной трубы 2. Хотя это не проиллюстрировано на чертежах, ниппель 5 стальной трубы 2 и муфта 8 соединителя 3, которые не соединены с соответствующим элементом, могут иметь защитный элемент (не проиллюстрирован), прикрепленный к ним для защиты их резьбовых участков.

Типичное резьбовое соединение 1 для труб или трубок относится к типу с использованием соединителя, проиллюстрированному на фиг. 4, который включает в себя стальную трубу 2 и соединитель 3. Также известно резьбовое соединение для труб или трубок, выполненное за одно целое, в котором один конец стальной трубы 2 выполнен в форме ниппеля 5, а другой конец - в форме муфты 8, без использования соединителя 3. Резьбовое соединение 1 для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления может использоваться либо в качестве резьбового соединения для труб или трубок с использованием соединителя, либо в качестве резьбового соединения для труб или трубок, выполненно-

го за одно целое.

Ниппель 5 и муфта 8 включают в себя контактную поверхность, которая включает в себя резьбовой участок и безрезьбовой металлический контактный участок. Фиг. 5 представляет собой вид в разрезе резьбового соединения 1 для труб или трубок. Ниппель 5 включает в себя охватываемый резьбовой участок 4 и безрезьбовой металлический контактный участок. Безрезьбовой металлический контактный участок ниппеля 5 образован на конце ниппеля 5 и включает в себя металлический уплотнительный участок 10 и заплечиковый участок 11. Муфта 8 включает в себя охватывающий резьбовой участок 7 и металлический контактный участок. Безрезьбовой металлический контактный участок муфты 8 образован на конце муфты 8 и включает в себя металлический уплотнительный участок 13 и заплечиковый участок 12. Участок, на котором ниппель 5 и муфта 8 входят в контакт друг с другом при свинчивании, называется контактной поверхностью 6, 9. В частности, при свинчивании ниппеля 5 и муфты 8 друг с другом два заплечиковых участка (заплечиковые участки 11 и 12) входят в контакт друг с другом, как и два металлических уплотнительных участка (металлические уплотнительные участки 10 и 13) и два резьбовых участка (охватываемый резьбовой участок 4 и охватывающий резьбовой участок 7). То есть на фиг. 5 контактная поверхность 6 со стороны ниппеля 5 включает в себя заплечиковый участок 11, металлический уплотнительный участок 10 и резьбовой участок 4. Контактная поверхность 9 со стороны муфты 8 включает в себя заплечиковый участок 12, металлический уплотнительный участок 13 и резьбовой участок 7. На фиг. 5 ниппель 5 включает в себя соответствующие конструкции заплечикового участка 11, металлического уплотнительного участка 10 и охватываемого резьбового участка 4 в указанном порядке от конца стальной трубы 2. Кроме того, муфта 8 включает в себя соответствующие конструкции охватывающего резьбового участка 7, металлического уплотнительного участка 13 и заплечикового участка 12 в указанном порядке от конца стальной трубы 2 или соединителя 3. Однако расположение заплечиковых участков 11 и 12, металлических уплотнительных участков 10 и 13 и резьбовых участков 4 и 7 не ограничивается расположением, проиллюстрированным на фиг. 5. Расположение соответствующих конструкций регулируется соответствующим образом.

Слой 21 твердого смазочного покрытия.

В резьбовом соединении 1 для труб или трубок по меньшей мере один из ниппеля 5 и муфты 8 включает в себя слой твердого смазочного покрытия на его контактной поверхности 6, 9. Фиг. 6 представляет собой вид в разрезе контактной поверхности 6, 9 резьбового соединения 1 для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления. Слой 21 твердого смазочного покрытия образован, как описано в способе изготовления, который описан ниже, путем нанесения композиции для образования слоя 21 твердого смазочного покрытия по меньшей мере на одну из контактных поверхностей 6 и 9 ниппеля 5 и муфты 8 и отверждения композиции.

Слой 21 твердого смазочного покрытия содержит смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 . В связи с этим композиция для образования слоя 21 твердого смазочного покрытия также содержит смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 . Композиция может представлять собой либо композицию без растворителя (т.е. включающую в себя только вышеуказанные компоненты), либо композицию с растворителем, в которой компоненты растворены в растворителе. В случае композиции с растворителем массовый процент каждого компонента относится к массовому проценту компонента относительно общей массы, взятой за 100%, всех компонентов, за исключением растворителя, содержащегося в композиции. То есть содержание каждого компонента в композиции и содержание каждого компонента в слое 21 твердого смазочного покрытия равны друг другу. Компоненты, за исключением растворителя, в композиции и компоненты в слое 21 твердого смазочного покрытия являются одинаковыми. Далее композиция для образования слоя 21 твердого смазочного покрытия также упоминается просто как "композиция".

Ниже каждый компонент будет описан подробно.

Смола.

Смола служит в качестве связующего вещества. В качестве смолы может быть выбрана любая смола, известная в уровне техники.

Смола, например, представляет собой один тип или два типа, выбранных из группы, состоящей из термореактивной смолы и термопластичной смолы. Термореактивная смола, например, представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, фенольной смолы, фурановой смолы и полиимидной смолы. Термопластичная смола, например, представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из полиамидимидной смолы, полиамидной смолы и полиэфирэфиркетонной смолы.

Предпочтительно смола представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, фенольной смолы, фурановой смолы, полиамидимидной смолы, полиамидной смолы, полиимидной смолы и полиэфирэфиркетонной смолы. Эти смолы имеют подходящую твердость. В связи с этим сопротивление износу, сопротивление заеданию и характеристики при превышении крутящего момента слоя 21 твердого смазочного покрытия дополнительно улучшаются.

Более предпочтительно смола представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, фенольной смолы, фурановой смолы, полиамидимидной смолы и полиамидной смолы.

В частности, предпочтительно смола представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, полиамидимидной смолы и полиамидной смолы.

Эпоксидная смола является терморезактивной смолой. При выполнении терморезактивной обработки эпоксидная смола образует поперечно-сшитую сеть посредством эпоксидных групп, которые остаются внутри полимеров. За счет этого эпоксидная смола отверждается.

Полиамидимидная смола является термопластичной смолой.

Полиамидная смола является термопластичной смолой. Полиамидная смола представляет собой полимер, образованный из большого количества мономеров, которые связаны амидными связями.

Содержание смолы в слое 21 твердого смазочного покрытия предпочтительно составляет от 50,0 до 90,0 мас.%. Если содержание связующего вещества составляет 60,0 мас.% или более, адгезионные свойства слоя 21 твердого смазочного покрытия дополнительно улучшаются. Соответственно, нижний предел содержания смолы в слое 21 твердого смазочного покрытия более предпочтительно составляет 60,0 мас.%, еще более предпочтительно 64,0 мас.% и еще более предпочтительно 70,0 мас.%. Верхний предел содержания смолы в слое 21 твердого смазочного покрытия более предпочтительно составляет 85,0 мас.%, еще более предпочтительно 80,0 мас.% и еще более предпочтительно 75,0 мас.%.

Твердый смазочный порошок.

Слой 21 твердого смазочного покрытия содержит твердый смазочный порошок для дополнительно улучшения смазывающей способности слоя 21 твердого смазочного покрытия. Твердый смазочный порошок представляет собой твердый порошок, который имеет смазывающую способность. В качестве твердого смазочного порошка может быть использован порошок, известный в уровне техники.

Смазочное вещество можно разделить, например, на следующие пять типов.

Твердый смазочный порошок включает в себя по меньшей мере один тип, выбранный из группы, состоящей из следующих веществ (1)-(4):

(1) твердые смазочные порошки, имеющие определенную кристаллическую структуру, например чешуйчатую гексагональную кристаллическую структуру, в которой легко происходит скольжение, и которая в связи с этим имеет смазывающую способность (например, графит, оксид цинка, нитрид бора и тальк);

(2) твердые смазочные порошки, включающие в себя реактивный элемент в дополнение к особой кристаллической структуре и в связи с этим имеющие смазывающую способность (например, дисульфид молибдена, дисульфид вольфрама, фторид графита, сульфид олова, сульфид висмута и органический молибден);

(3) твердые смазочные порошки, обладающие смазывающей способностью за счет химической реактивности (например, тиосульфатные соединения);

(4) твердые смазочные порошки, обладающие смазывающей способностью за счет пластичности или вязкопластичности при трении (например, политетрафторэтилен (PTFE) и цианурат меламина (MCA)); и

(5) смазочные вещества, которые находятся в жидкой форме или в форме консистентной смазки и обладают смазывающей способностью за счет присутствия на границе между контактными поверхностями и предотвращения прямого межповерхностного контакта (например, перфторполиэфир (PFPE)).

Может быть использован любой из вышеуказанных твердых смазочных порошков (1)-(4). Один из вышеуказанных твердых смазочных порошков (1)-(4) может быть использован отдельно. Например, твердый смазочный порошок (1) может быть использован отдельно. Два или более из вышеуказанных твердых смазочных порошков (1)-(4) могут быть использованы в сочетании. Например, в дополнение к твердому смазочному порошку (1) может быть использован твердый смазочный порошок (4) в сочетании с ним. То есть предпочтительно твердый смазочный порошок представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из графита, оксида цинка, нитрида бора, талька, дисульфида молибдена, дисульфида вольфрама, фторида графита, сульфида олова, сульфида висмута, органического молибдена, тиосульфатного соединения, политетрафторэтилена (PTFE) и цианурата меламина (MCA).

Предпочтительно твердый смазочный порошок содержит один или более типов, выбранных из группы, состоящей из вышеуказанных веществ (1) и (4). Среди твердых смазочных порошков (1) с точки зрения адгезионных свойств и антикоррозионных свойств слоя 21 твердого смазочного покрытия предпочтителен графит, или с точки зрения пленкообразующих свойств, предпочтителен землистый графит. Среди твердых смазочных порошков (4) предпочтителен политетрафторэтилен (PTFE).

Дополнительно предпочтительно твердый смазочный порошок представляет собой политетрафторэтилен (PTFE).

Содержание твердого смазочного порошка в слое 21 твердого смазочного покрытия предпочтительно находится в диапазоне от 5,0 до 30,0 мас.%. Когда содержание твердого смазочного порошка составляет не менее 5,0 мас.%, сопротивление заеданию дополнительно увеличивается. Это увеличивает количество операций свинчивания и развинчивания, которые могут быть выполнены до возникновения заедания. Нижний предел содержания твердого смазочного порошка более предпочтительно составляет 10,0 мас.% и еще более предпочтительно 15,0 мас.%. С другой стороны, если содержание твердого смазочного порошка составляет не более 30,0 мас.%, прочность слоя 21 твердого смазочного покрытия до-

полнительно увеличивается. В результате предотвращается износ слоя 21 твердого смазочного покрытия. Верхний предел содержания твердого смазочного порошка более предпочтительно составляет 28,0 мас.%, еще более предпочтительно 25,0 мас.% и еще более предпочтительно 20,0 мас.%.

Cr_2O_3 .

Cr_2O_3 также называется "оксид хрома(III)". Cr_2O_3 представляет собой неорганическое соединение. Молекулярный вес по формуле соединения Cr_2O_3 составляет 151,99. Cr_2O_3 получают путем термического разложения дихромата аммония (бихромата аммония). Cr_2O_3 превращается в темно-зеленые кристаллы с металлическим блеском при сублимации и очистке. Cr_2O_3 является очень стабильным и тверже, чем кварц. Cr_2O_3 не токсичен и не опасен.

Как описано выше, если слой 21 твердого смазочного покрытия содержит Cr_2O_3 , характеристики при превышении крутящего момента улучшаются. Кроме того, если содержание Cr_2O_3 составляет от 1,0 до 20,0 мас.%, также увеличивается сопротивление заеданию.

Содержание Cr_2O_3 в слое 21 твердого смазочного покрытия предпочтительно составляет от 1,0 до 20,0 мас.%. Если содержание Cr_2O_3 составляет 1,0 мас.% или более, обеспечиваются достаточные характеристики при превышении крутящего момента, и сопротивление заеданию также увеличивается. Если содержание Cr_2O_3 составляет не более 20,0 мас.%, предотвращается снижение прочности и увеличение трения слоя 21 твердого смазочного покрытия, а сопротивление заеданию увеличивается. Нижний предел содержания Cr_2O_3 предпочтительно составляет 1,0 мас.%, более предпочтительно 5,0 мас.%, еще более предпочтительно 7,0 мас.% и еще более предпочтительно 10,0 мас.%. Верхний предел содержания Cr_2O_3 предпочтительно составляет 20,0 мас.%, более предпочтительно 18,0 мас.%, еще более предпочтительно 16,0 мас.% и еще более предпочтительно 15,0 мас.%.

Cr_2O_3 , например, представляет собой темно-зеленые частицы. Предпочтительный размер частиц Cr_2O_3 составляет 45 мкм или менее. С точки зрения равномерной диспергируемости более предпочтителен размер частиц 10 мкм или менее. Размер частиц представляет собой среднее арифметическое значение эффективного распределения размеров частиц, полученное путем измерения распределения размеров частиц, выполняемого способом лазерной дифракции и рассеивания (с использованием серии SALD, производимой компанией Shimadzu Corporation). Предпочтительный нижний предел размера частиц Cr_2O_3 составляет, например, 1 мкм.

Cr_2O_3 , например, представляет собой оксид хрома(III), производимый компанией Wako Pure Chemical Industries, Ltd.

Другие компоненты.

Слой 21 твердого смазочного покрытия также может содержать антикоррозийную добавку и антисептик или т.п., известные в уровне техники.

Антикоррозийная добавка.

Слой 21 твердого смазочного покрытия должен иметь антикоррозионные свойства, которые могут сохраняться в течение длительного периода времени до фактического использования. По этой причине слой 21 твердого смазочного покрытия может включать в себя антикоррозийную добавку. Антикоррозийная добавка в общем относится к добавкам, имеющим свойства сопротивления коррозии. Антикоррозийная добавка включает в себя, например, по меньшей мере один тип, выбранный из группы, состоящей из триполифосфата алюминия, фосфита алюминия и кальциевого ионообменного диоксида кремния. Предпочтительно антикоррозийная добавка включает в себя по меньшей мере один тип, выбранный из группы, состоящей из кальциевого ионообменного диоксида кремния и фосфита алюминия. Другие примеры антикоррозийных добавок, которые могут быть использованы, включают в себя доступное на рынке реактивное водоотталкивающее вещество.

Содержание антикоррозийной добавки в слое 21 твердого смазочного покрытия предпочтительно находится в диапазоне от 2 до 10 мас.%. Когда содержание антикоррозийной добавки составляет не менее 2 мас.%, слой 21 твердого смазочного покрытия дополнительно имеет стабильно высокие антикоррозионные свойства. С другой стороны, когда содержание антикоррозийной добавки составляет не более 10 мас.%, слой 21 твердого смазочного покрытия имеет стабильно высокую смазывающую способность. Если содержание антикоррозийной добавки составляет более 10 мас.%, антикоррозионный эффект достигнет точки насыщения.

Антисептик.

Слой 21 твердого смазочного покрытия может дополнительно содержать антисептик. Антисептик также в общем относится к добавкам, имеющим свойства сопротивления коррозии.

Толщина слоя твердого смазочного покрытия.

Толщина слоя 21 твердого смазочного покрытия предпочтительно составляет от 10 до 40 мкм. Когда толщина слоя 21 твердого смазочного покрытия составляет 10 мкм или более, может стабильно обеспечиваться высокая смазывающая способность. С другой стороны, когда толщина слоя 21 твердого смазочного покрытия составляет не более 40 мкм, обеспечиваются стабильные адгезионные свойства слоя 21 твердого смазочного покрытия. Кроме того, когда толщина слоя 21 твердого смазочного покрытия составляет не более 40 мкм, поскольку допуск резьбы (зазор) поверхностей скольжения расширяется, межповерхностное давление во время скольжения уменьшается. В связи с этим может быть предотвра-

шено чрезмерное увеличение крутящего момента свинчивания. Соответственно, толщина слоя 21 твердого смазочного покрытия предпочтительно составляет от 10 до 40 мкм.

Толщину слоя 21 твердого смазочного покрытия измеряют следующим способом.

Толщину слоя 21 твердого смазочного покрытия измеряют в четырех местах на контактных поверхностях 6 и 9, на которых образован слой 21 твердого смазочного покрытия, с использованием вихре-токового фазового измерителя толщины покрытия PHASCOPE PMP910, производимого компанией Helmut Fischer GmbH. Измерение выполняют способом, соответствующим ISO (Международная организация по стандартизации) 21968 (2005). Местами измерения являются четыре места (четыре места под углом 0°, 90°, 180° и 270°) в окружном направлении резьбового соединения 1 для труб или трубок. Среднее арифметическое результатов измерения принимают в качестве толщины слоя 21 твердого смазочного покрытия.

Слой 21 твердого смазочного покрытия может быть образован из одного слоя или множества слоев. Выражение "множество слоев" относится к двум или более слоям слоя 21 твердого смазочного покрытия, поочередно нанесенным на контактную поверхность. Два или более слоев слоя 21 твердого смазочного покрытия могут быть образованы путем повторения нанесения и отверждения композиции. Слой 21 твердого смазочного покрытия может быть образован непосредственно на контактной поверхности или может быть образован после подготовки (подготовок) поверхности, описанной ниже, выполняемой на контактной поверхности.

Основной металл резьбового соединения для труб или трубок.

Композиция основного металла резьбового соединения 1 для труб или трубок особо не ограничена. Примеры основного металла включают в себя углеродистые стали, нержавеющие стали и легированные стали. Среди легированных сталей высоколегированные стали, например дуплексные нержавеющие стали, которые содержат легирующие элементы, например Cr, Ni и Mo и сплав Ni, имеют высокое сопротивление коррозии. Следовательно, при использовании высоколегированных сталей в качестве основного металла обеспечивается превосходное сопротивление коррозии в агрессивной среде, которая содержит сероводород или диоксид углерода или т.п.

Способ изготовления.

Далее будет описан способ изготовления резьбового соединения 1 для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления.

Способ изготовления резьбового соединения 1 для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя этап образования слоя твердого смазочного покрытия. На этапе образования слоя твердого смазочного покрытия по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля 5 и муфты 8 образуют слой 21 твердого смазочного покрытия.

Этап образования слоя твердого смазочного покрытия.

Этап образования слоя твердого смазочного покрытия включает в себя этап нанесения и этап отверждения. На этапе нанесения по меньшей мере на одну из контактных поверхностей ниппеля 5 и муфты 8 наносят композицию для образования слоя твердого смазочного покрытия (также упоминаемую просто как "композиция"). На этапе отверждения отверждают композицию, которая была нанесена на контактную поверхность, с образованием слоя 21 твердого смазочного покрытия.

Сначала готовят композицию для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержит смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 . Композиция без растворителя может быть приготовлена, например, путем нагрева смолы до расплавленного состояния, добавления твердого смазочного порошка и Cr_2O_3 и смешивания их. Композиция может быть изготовлена из порошковой смеси, приготовленной путем смешивания всех компонентов в форме порошка.

Композиция с растворителем может быть приготовлена, например, путем растворения или диспергирования смолы, твердого смазочного порошка и Cr_2O_3 в растворителе и смешивания их. Примеры растворителя включают в себя воду, различные типы спирта и органические растворители. Доля растворителя особо не ограничена. Доля растворителя может регулироваться до соответствующей вязкости в соответствии со способом нанесения. Доля растворителя составляет, например, от 30 до 50 мас.%, если взять все компоненты, кроме растворителя, за 100 мас.%.

Этап нанесения.

На этапе нанесения композицию наносят на контактную поверхность 6, 9 способом, известным в уровне техники.

В случае композиции без растворителя для нанесения композиции может быть применено нанесение горячего расплава. При нанесении горячего расплава композицию нагревают для расплавления смолы до жидкого состояния с низкой вязкостью. Композиция в жидком состоянии может быть распылена из распылительного пистолета с функцией поддержания температуры. Композицию нагревают и расплавляют в резервуаре, включающем в себя подходящий механизм перемешивания, подают с помощью дозирующего насоса в распылительную головку (поддерживаемую при заданной температуре) распылительного пистолета с помощью компрессора и распыляют. Поддерживаемые температуры для внутренней части резервуара и распылительной головки регулируют в соответствии с температурой плавления

смолы в композиции. Вместо нанесения покрытия распылением может быть применен другой способ нанесения, например нанесение кистью или нанесение методом окунания. Температура, до которой нагревают композицию, предпочтительно выше, чем температура плавления смолы на 10-50°C. Перед нанесением композиции по меньшей мере на одну контактную поверхность 6, 9, на которую должна быть нанесена композиция, ниппеля 5 или муфты 8 предпочтительно нагревают до температуры выше, чем температура плавления смолы. Это позволяет получить хорошие свойства покрытия.

В случае композиции с растворителем композицию в форме раствора наносят на контактную поверхность распылением или другим способом. В этом случае вязкость композиции необходимо отрегулировать, чтобы она могла быть нанесена путем распыления в среде с нормальной температурой и давлением.

Этап отверждения.

На этапе отверждения отверждают композицию, нанесенную на контактную поверхность, с образованием слоя 21 твердого смазочного покрытия.

В случае композиции без растворителя слой 21 твердого смазочного покрытия образуют путем охлаждения композиции, нанесенной на контактную поверхность 6, 9, позволяя композиции в расплавленном состоянии затвердеть. Охлаждение может выполняться способом, известным в уровне техники. Примеры охлаждения включают в себя естественное охлаждение и охлаждение воздухом.

В случае композиции с растворителем слой 21 твердого смазочного покрытия образуют путем сушки композиции, нанесенной на контактную поверхность 6, 9, позволяя композиции затвердеть. Сушка может выполняться способом, известным в уровне техники. Примеры сушки включают в себя естественную сушку, сушку воздухом низкой температуры и вакуумную сушку.

Этап отверждения может выполняться путем быстрого охлаждения с использованием, например, системы охлаждения газообразным азотом или системы охлаждения диоксидом углерода. В случае осуществления быстрого охлаждения охлаждение выполняют непрямым образом на противоположной поверхности относительно контактной поверхности 6, 9 (в случае муфты 8 на внешней поверхности стальной трубы 2 или соединителя 3, а в случае ниппеля 5 на внутренней поверхности стальной трубы 2). Это предотвращает разрушение слоя 21 твердого смазочного покрытия, которое может быть вызвано быстрым охлаждением.

Предпочтительно слой 21 твердого смазочного покрытия покрывает всю по меньшей мере одну из контактных поверхностей 6 и 9 ниппеля 5 и муфты 8. Слой 21 твердого смазочного покрытия может покрывать только часть контактных поверхностей 6 и 9 (например, только металлические уплотнительные участки 10 и 13).

Способ изготовления резьбового соединения 1 для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления также может включать в себя этап образования слоя покрытия из сплава Zn перед этапом образования слоя твердого смазочного покрытия. Этап образования слоя покрытия из сплава Zn выполняют перед этапом образования слоя твердого смазочного покрытия, т.е. перед вышеуказанным этапом нанесения. На этапе образования слоя покрытия из сплава Zn по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля 5 и муфты 8 путем гальванизации образуют слой покрытия из сплава Zn.

Этап образования слоя покрытия из сплава Zn.

На этапе образования слоя покрытия из сплава Zn по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля 5 и муфты 8 путем гальванизации образуют слой покрытия из сплава Zn.

Альтернативно, на этапе образования слоя покрытия из сплава Zn слой покрытия из сплава Zn образуют путем гальванизации по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля 5 и муфты 8 или на шероховатости поверхности, образованной на контактных поверхностях.

За счет выполнения этапа образования слоя покрытия из сплава Zn сопротивление заеданию и сопротивление коррозии резьбового соединения 1 для труб или трубок увеличиваются. Примеры этапа образования слоя покрытия из сплава Zn включают в себя обработку путем нанесения однослойного покрытия с использованием металла Zn, обработку путем нанесения двухслойного покрытия, включающего в себя слой Zn и слой Ni, и обработку путем нанесения трехслойного покрытия, включающего в себя слой Zn, слой Cu и слой Sn. В случае стальной трубы 2, выполненной из стали, имеющей содержание Cr 5% или более, предпочтительной обработкой является обработка путем нанесения покрытия из сплава Zn-Co, обработка путем нанесения покрытия из сплава Cu-Sn-Zn и обработка путем нанесения покрытия из сплава Zn-Ni.

Обработка путем гальванизации может выполняться способом, известным в уровне техники. Например, готовят гальваническую ванну, включающую в себя ионы металлических элементов, которые должны содержаться в слое покрытия из сплава Zn. Затем по меньшей мере одну из контактных поверхностей 6 и 9 ниппеля 5 и муфты 8 погружают в гальваническую ванну. Путем пропускания тока через контактную поверхность 6 и/или 9 образуют слой покрытия из сплава Zn на контактной поверхности. Условия обработки, включающие в себя температуру гальванической ванны и продолжительность обработки, могут быть установлены соответствующим образом.

В частности, например, в случае образования слоя покрытия из сплава Cu-Sn-Zn гальваническая ванна содержит ионы меди, ионы олова и ионы цинка. Композиция гальванической ванны предпочти-

тельно является следующей: Cu: от 1 до 50 г/л, Sn: от 1 до 50 г/л и Zn: от 1 до 50 г/л. Условиями гальванизации являются, например, pH гальванической ванны от 1 до 10, температура гальванической ванны 60°C, плотность тока от 1 до 100 А/дм² и время обработки от 0,1 до 30 мин.

В случае образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni гальваническая ванна содержит ионы цинка и ионы никеля. Композиция гальванической ванны предпочтительно является следующей: Zn: от 1 до 100 г/л и Ni: от 1 до 50 г/л. Условиями гальванизации являются, например, pH гальванической ванны от 1 до 10, температура гальванической ванны 60°C, плотность тока от 1 до 100 А/дм² и время обработки от 0,1 до 30 мин.

Твердость слоя покрытия из сплава Zn предпочтительно представляет микротвердость по Виккерсу, составляющую 300 или более. Если твердость слой покрытия из сплава Zn составляет 300 или более, резьбовое соединение 1 для труб или трубок имеет стабильно высокую коррозионную стойкость.

Твердость слоя покрытия из сплава Zn может быть измерена следующим образом.

Выбирают пять произвольных участков слоя покрытия из сплава Zn полученного резьбового соединения 1 для труб или трубок. Измеряют твердость по Виккерсу (HV) на каждом из выбранных участков в соответствии со стандартом JIS Z 2244 (2009). Условиями испытания являются комнатная температура при испытании (25°C) и усилие при испытании 2,94 Н (300 гс). Среднее полученных значений (всего в 5 местах) определяют как твердость слоя покрытия из сплава Zn.

В случае обработки путем нанесения многослойного покрытия толщина самого нижнего слоя покрытия предпочтительно составляет менее 1 мкм. Толщина слоя покрытия (общая толщина слоев покрытия в случае многослойного покрытия) предпочтительно находится в диапазоне от 5 до 15 мкм.

Толщину слоя покрытия из сплава Zn измеряют следующим образом.

Зонд вихретокового фазового измерителя толщины пленки, соответствующего ISO (Международная организация по стандартизации) 21968 (2005), приводят в контакт с контактной поверхностью, на которой образован слой покрытия из сплава Zn. Измеряют разность фаз между высокочастотным магнитным полем на входной стороне зонда и вихревым током на слое покрытия из сплава Zn-Ni, который был возбужден высокочастотным магнитным полем. Преобразуют разность фаз в толщину слоя покрытия из сплава Zn.

Способ изготовления резьбового соединения 1 для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления может дополнительно включать в себя перед этапом образования слоя покрытия из сплава Zn этап образования шероховатости поверхности, на котором по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля 5 и муфты 8 образуют шероховатость поверхности.

Этап образования шероховатости поверхности.

На этапе образования шероховатости поверхности по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля 5 и муфты 8 образуют шероховатость поверхности. Шероховатость поверхности предпочтительно имеет среднеарифметическую шероховатость Ra от 1 до 8 мкм и максимальную шероховатость Rz по высоте от 10 до 40 мкм. Когда среднеарифметическая шероховатость Ra составляет не менее 1 мкм, а максимальная шероховатость Rz по высоте составляет не менее 10 мкм, слой 21 твердого смазочного покрытия имеет дополнительно улучшенные адгезионные свойства. Когда среднеарифметическая шероховатость Ra составляет не более 8 мкм, а максимальная шероховатость Rz по высоте составляет не более 40 мкм, предотвращается трение и, следовательно, предотвращается повреждение и расслоение слоя 21 твердого смазочного покрытия.

Максимальную шероховатость Rz по высоте и среднеарифметическую шероховатость Ra, упоминаемые в настоящем описании, измеряют на основе JIS B 0601 (2013). Максимальную шероховатость Rz по высоте и среднеарифметическую шероховатость Ra измеряют с использованием сканирующего зондового микроскопа (SPI 3800N, производится компанией SII NanoTechnology Inc.). Условиями измерения является количество полученных точек данных 1024×1024 на участках образца 2 мкм × 2 мкм в качестве единицы полученных данных. Базовая длина составляет 2,5 мм. Чем больше максимальная шероховатость Rz по высоте, тем больше увеличивается площадь контакта со слоем 21 твердого смазочного покрытия. В связи с этим адгезионные свойства относительно слоя твердого смазочного покрытия 21 улучшаются за счет якорного эффекта. Когда адгезионные свойства слоя 21 твердого смазочного покрытия улучшаются, резьбовое соединение 1 для труб или трубок имеет дополнительно увеличенное сопротивление заеданию.

Что касается шероховатости контактных поверхностей 6 и 9 резьбового соединения 1 для труб или трубок максимальная шероховатость Rz по высоте обычно находится в диапазоне приблизительно от 3 до 5 мкм. Когда шероховатость контактных поверхностей 6 и 9 достаточно велика, адгезионные свойства покрытия (слоя 21 твердого смазочного покрытия или слоя покрытия из сплава Zn), образованного на соответствующей контактной поверхности, улучшаются. В результате резьбовое соединение 1 для труб или трубок имеет еще более высокое сопротивление заеданию и сопротивление коррозии. Соответственно, предпочтительно, что контактные поверхности 6 и 9 подвергают этапу образования шероховатости поверхности до нанесения на них композиции для образования вышеуказанного слоя 21 твердого смазочного покрытия. Например, этап образования шероховатости поверхности представляет собой по меньшей мере одну обработку, выбранную из группы, состоящей из пескоструйной обработки, обработ-

ки травлением и химической конверсионной обработки.

Пескоструйная обработка.

Пескоструйная обработка представляет собой обработку, при которой материал для струйной обработки (абразив) смешивают со сжатым воздухом и подают смесь на контактную поверхность 6, 9. Примеры материала для струйной обработки включают в себя сферический дробеструйный материал и угловатый измельченный материал. Пескоструйная обработка увеличивает шероховатость контактной поверхности 6, 9. Пескоструйная обработка может выполняться способом, известным в уровне техники. Например, воздух сжимают компрессором, и материал для струйной обработки смешивают со сжатым воздухом. Материал для струйной обработки может быть выполнен, например, из нержавеющей стали, алюминия, керамики или оксида алюминия. Условия пескоструйной обработки, например, скорость выброса, могут быть установлены соответствующим образом.

Обработка травлением.

Обработка травлением представляет собой обработку, при которой контактную поверхность 6, 9 погружают в раствор сильной кислоты, например серной кислоты, соляной кислоты, азотной кислоты или плавиковой кислоты, и придают ей шероховатость. Это увеличивает шероховатость контактной поверхности 6, 9.

Химическая конверсионная обработка.

Химическая конверсионная обработка представляет собой обработку, при которой образуют пористое химическое конверсионное покрытие, имеющее высокую шероховатость поверхности. Примеры химической конверсионной обработки включают в себя фосфатную химическую конверсионную обработку, оксалатную химическую конверсионную обработку и боратную химическую конверсионную обработку. С точки зрения адгезионных свойств слоя 21 твердого смазочного покрытия предпочтительна фосфатная химическая конверсионная обработка. Фосфатная химическая конверсионная обработка, например, представляет собой фосфатную химическую конверсионную обработку с использованием фосфата марганца, фосфата цинка, фосфата железа-марганца или фосфата кальция-цинка.

Фосфатная химическая конверсионная обработка может выполняться способом, известным в уровне техники. Раствор для обработки может представлять собой обычный кислотный раствор для фосфатной химической конверсионной обработки оцинкованных изделий. Примером раствора является раствор для цинк-фосфатной химической конверсионной обработки, содержащий от 1 до 150 г/л ионов фосфата, от 3 до 70 г/л ионов цинка, от 1 до 100 г/л нитрат-ионов и от 0 до 30 г/л ионов никеля. Также могут использоваться растворы для марганец-фосфатной химической конверсионной обработки, которые традиционно используются для резьбового соединения 1 для труб или трубок. Температура раствора находится в диапазоне, например, от комнатной температуры до 100°C. Время обработки может быть установлено в зависимости от требуемой толщины покрытия и, например, может составлять 15 мин. Для облегчения образования химического конверсионного покрытия перед фосфатной химической конверсионной обработкой может быть выполнена модификация поверхности. Модификация поверхности относится к обработке, включающей в себя погружение в водный раствор для модификации поверхности, содержащий коллоидный титан. После фосфатной химической конверсионной обработки перед сушкой предпочтительно выполнить промывание водой или теплой водой.

Химическое конверсионное покрытие является пористым. Таким образом, при образовании слоя 21 твердого смазочного покрытия на химическом конверсионном покрытии возникает так называемый "якорный эффект", и в результате слой 21 твердого смазочного покрытия имеет дополнительно улучшенные адгезионные свойства. Толщина фосфатного покрытия предпочтительно находится в диапазоне от 5 до 40 мкм. Когда толщина фосфатного покрытия составляет не менее 5 мкм, обеспечивается достаточное сопротивление коррозии. Когда толщина фосфатного покрытия составляет не более 40 мкм, слой 21 твердого смазочного покрытия имеет стабильно высокие адгезионные свойства.

На этапе образования шероховатости поверхности может быть выполнена только одна из обработок, или множество обработок могут быть выполнены в сочетании. В случае, когда должна быть выполнена одна обработка, предпочтительно выполнять по меньшей мере одну обработку, выбранную из группы, состоящей из пескоструйной обработки, обработки травлением и фосфатной химической конверсионной обработки. На этапе образования шероховатости поверхности могут быть выполнены две или более обработки. В таком случае, например, сначала выполняют пескоструйную обработку, а после этого выполняют фосфатную химическую конверсионную обработку. Слой 21 твердого смазочного покрытия образуют после выполнения этапа образования шероховатости поверхности. Это приводит к дополнительному улучшению адгезионных свойств слоя 21 твердого смазочного покрытия.

Обработка трехвалентным хроматированием.

В случае выполнения вышеуказанной обработки путем нанесения покрытия из сплава Zn после этапа образования слоя покрытия из сплава Zn и перед этапом образования слоя твердого смазочного покрытия может быть выполнена обработка трехвалентным хроматированием. Обработка трехвалентным хроматированием представляет собой обработку для образования хроматного покрытия трехвалентным хромом. Покрытие, образованное путем обработки трехвалентным хроматированием, предотвращает белую ржавчину, которая может появляться на поверхности слоя покрытия из сплава Zn. Это улучшает

внешний вид изделия (белая ржавчина на слое покрытия из сплава Zn не является ржавчиной основного металла резьбового соединения 1 для труб или трубок. Таким образом, ржавчина не оказывает влияния на сопротивление заеданию или сопротивление коррозии резьбового соединения 1 для труб или трубок). При образовании слоя 21 твердого смазочного покрытия на трехвалентном хроматном покрытии слой 21 твердого смазочного покрытия имеет дополнительно улучшенные адгезионные свойства.

Обработка трехвалентным хроматированием может выполняться способом, известным в уровне техники. Например, по меньшей мере одну из контактных поверхностей 6, 9 ниппеля 5 и муфты 8 погружают в раствор для хроматирования или раствор для хроматирования распыляют на контактную поверхность 6, 9. После этого контактную поверхность 6, 9 промывают водой. Альтернативно, контактную поверхность 6, 9 погружают в раствор для хроматирования и после пропускания тока промывают водой. Альтернативно, раствор для хроматирования наносят на контактную поверхность 6, 9 и сушат путем нагрева. Условия обработки для трехвалентного хроматирования могут быть установлены соответствующим образом.

Толщина трехвалентного хроматного покрытия может быть измерена таким же способом, как способ, используемый для измерения слоя 21 твердого смазочного покрытия.

В способе изготовления резьбового соединения 1 для труб или трубок в соответствии с настоящим вариантом осуществления достаточно подвергнуть по меньшей мере одну из контактных поверхностей 6 и 9 ниппеля 5 и муфты 8 этапу образования слоя твердого смазочного покрытия. Другими словами, что касается этапа образования слоя покрытия из сплава Zn, этапа образования шероховатости поверхности и обработки трехвалентным хроматированием, обработки, выполняемые в отношении ниппеля 5 и муфты 8, могут быть одинаковыми, или обработки, выполняемые в отношении ниппеля 5 и муфты 8, могут отличаться.

Пример. Ниже будет описан пример настоящего изобретения. Следует отметить, что настоящее изобретение не ограничивается этим примером. В примере контактная поверхность ниппеля называется поверхностью ниппеля, а контактная поверхность муфты называется поверхностью муфты. Если не указано иное, процент в примере означает массовый процент.

В настоящем примере был использован VAM21 (зарегистрированный товарный знак), производимый компанией NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION. VAM21 (зарегистрированный товарный знак) представляет собой резьбовое соединение для труб или трубок, имеющее наружный диаметр 177,80 мм (7 дюймов) и толщину стенки 11,506 мм (0,453 дюйма). Марка стали - сталь 13Cr. Сталь 13Cr имеет следующую композицию: C: 0,19%, Si: 0,25%, Mn: 0,8%, P: 0,02%, S: 0,01%, Cu: 0,04%, M: 0,10%, Cr: 13,0%, Mo: 0,04% и остаток: Fe и примеси.

На поверхности ниппеля и поверхности муфты из испытаний, указанных в табл. 1 и 2, была выполнена струйная обработка. В качестве струйной обработки была выполнена пескоструйная обработка (абразивные зерна 100 меш) для придания шероховатости поверхности. Среднеарифметическая шероховатость Ra и максимальная шероховатость Rz по высоте для каждого испытания были такими, как указано в табл. 1 и 2. Среднеарифметическая шероховатость Ra и максимальная шероховатость Rz по высоте были измерены на основе стандарта JIS B 0601 (2013). Измерение среднеарифметической шероховатости Ra и максимальной шероховатости Rz по высоте было выполнено с использованием сканирующего зондового микроскопа (SPI 3800N, производится компанией SII NanoTechnology Inc.). Условия измерения представляли собой количество полученных точек данных 1024×1024 на участках образца 2 мкм × 2 мкм в качестве единицы полученных данных.

Таблица 1

Испытание №		Образование шероховатости поверхности	Слой покрытия из сплава Zn (толщина)	Слой твердого смазочного покрытия (указаны только основные компоненты) (толщина)	Другой слой покрытия (толщина)
1	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,5 мкм	–	Эпоксидная смола+20,2% частиц PTFE+5,1% частиц Cr ₂ O ₃ (25 мкм)	–
	Поверхность муфты	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,2 мкм	–	Эпоксидная смола+20,2% частиц PTFE+5,1% частиц Cr ₂ O ₃ (25 мкм)	–
2	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,6 мкм	–	Эпоксидная смола+20,2% частиц PTFE+7,1% частиц Cr ₂ O ₃ (28 мкм)	–

	Поверхность муфты	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,1 мкм	–	Эпоксидная смола+20,2% частиц PTFE+7,0% частиц Cr ₂ O ₃ (26 мкм)	–
3	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,9 мкм	–	Эпоксидная смола+19,9% частиц PTFE+15,5% частиц Cr ₂ O ₃ (28 мкм)	–
	Поверхность муфты	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,6 мкм	–	Эпоксидная смола+19,9% частиц PTFE+15,5% частиц Cr ₂ O ₃ (30 мкм)	–
4	Поверхность ниппеля	Пескоструйная обработка Ra: 1,6 мкм Rz: 20,0 мкм	Слой покрытия из сплава Zn–Ni (8 мкм)	–	Хроматное покрытие (трехвалентное) (0,3 мкм)
	Поверхность муфты	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,8 мкм	–	Эпоксидная смола+10,3% частиц PTFE+19,2% частиц Cr ₂ O ₃ (25 мкм)	–
5	Поверхность ниппеля	Пескоструйная обработка Ra: 1,6 мкм Rz: 20,0 мкм	Слой покрытия из сплава Zn–Ni (8 мкм)	–	Хроматное покрытие (трехвалентное) (0,3 мкм)
	Поверхность муфты	Пескоструйная обработка Ra: 1,5 мкм Rz: 19,0 мкм	Слой покрытия из сплава Zn–Ni (8 мкм)	Полиамидимидная смола+15,3% частиц PTFE+16,7% частиц Cr ₂ O ₃ (31 мкм)	–

Таблица 2

Испытание №		Образование шероховатости и поверхности	Слой покрытия из сплава Zn (толщина)	Слой твердого смазочного покрытия (указаны только основные компоненты) (толщина)	Другой слой покрытия (толщина)
6	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,8 мкм	Слой покрытия из сплава Zn–Ni (8 мкм)	–	Хроматное покрытие (трехвалентное) (0,3 мкм)
	Поверхность муфты	Пескоструйная обработка Ra: 2,0 мкм Rz: 24,0 мкм	Слой покрытия из сплава Zn–Ni (8 мкм)	Фенольная смола+20,0% частиц PTFE+10,0% частиц Cr ₂ O ₃ (26 мкм)	–

7	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,8 мкм	Слой покрытия из сплава Zn-Ni (8 мкм)	-	Хроматное покрытие (трехвалентное) (0,3 мкм)
	Поверхность муфты	Пескоструйная обработка Ra: 2,0 мкм Rz: 24,0 мкм	Слой покрытия из сплава Cu-Sn-Zn (10 мкм)	Полиамидимидная смола+5% частиц графита+8% частиц Cr ₂ O ₃ (30 мкм)	-
8	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,8 мкм	Слой покрытия из сплава Zn-Ni (8 мкм)	-	Хроматное покрытие (трехвалентное) (0,3 мкм)
	Поверхность муфты	Пескоструйная обработка Ra: 2,0 мкм Rz: 24,0 мкм	Слой покрытия из сплава Zn-Ni (8 мкм)	Эпоксидная смола+10,3% частиц PTFE (25 мкм)	-
9	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,8 мкм	Слой покрытия из сплава Zn-Ni (8 мкм)	-	Хроматное покрытие (трехвалентное) (0,3 мкм)
	Поверхность муфты	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,8 мкм	Слой покрытия из сплава Zn-Ni (8 мкм)	Эпоксидная смола+10,4% частиц PTFE+25,0% частиц Cr ₂ O ₃ (25 мкм)	-
10	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,6 мкм	-	Эпоксидная смола+20,1% частиц PTFE + 6,9% частиц CaF ₂ (28 мкм)	-
	Поверхность муфты	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,1 мкм	-	Эпоксидная смола+20,1% частиц PTFE + 6,9% частиц CaF ₂ (26 мкм)	-
11	Поверхность ниппеля	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,5 мкм	-	Смазка в соответствии со стандартами API (в соответствии с API Bul 5A2), нанесенная кистью	-
	Поверхность муфты	Нет Ra: 0,3 мкм Rz: 5,2 мкм	-	Смазка в соответствии со стандартами API (в соответствии с API Bul 5A3), нанесенная кистью	-

После этого были образованы слои покрытия из сплава Zn-Ni, слои покрытия из сплава Cu-Sn-Zn и слои твердого смазочного покрытия, указанные в табл. 1 и 2, и были подготовлены ниппель и муфта для каждого испытания. В табл. 1 и 2 в столбце "слой твердого смазочного покрытия" указаны только основные компоненты. Более подробно компоненты слоев твердого смазочного покрытия описаны ниже. Толщина полученного слоя твердого смазочного покрытия указана в разделе "толщина" в столбце "слой твердого смазочного покрытия" в табл. 1 и 2. Способ, использованный для измерения толщины слоя твердого смазочного покрытия, был таким же, как описано выше.

Способы образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni, слоя покрытия из сплава Cu-Sn-Zn и слоя твердого смазочного покрытия были такими же, как описано выше. Толщина слоя покрытия из сплава Zn-Ni, слоя покрытия из сплава Cu-Sn-Zn и слоя твердого смазочного покрытия были такими, как указано в табл. 1 и 2. Способ, использованный для измерения толщины каждого слоя, был таким же, как описано выше.

Испытание № 1.

В испытании № 1 на поверхности ниппеля и поверхности муфты была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля и поверхность муфты была нанесена компози-

ция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала эпоксидную смолу (остаток), частицы PTFE (20,2%), частицы Cr_2O_3 (5,1%) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 210°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 2.

В испытании № 2 на поверхности ниппеля и поверхности муфты была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля и поверхность муфты была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала эпоксидную смолу (остаток), частицы PTFE (20,2%), частицы Cr_2O_3 (7,1% в случае ниппеля и 7,0% в случае муфты) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 210°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 3.

В испытании № 3 на поверхности ниппеля и поверхности муфты была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля и поверхность муфты была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала эпоксидную смолу (остаток), частицы PTFE (19,9%), частицы Cr_2O_3 (15,5%) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 210°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 4.

В испытании № 4 на поверхности ниппеля путем струйной обработки была образована шероховатость поверхности. На поверхность ниппеля, имеющую шероховатость поверхности, путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования на ней слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученном слое покрытия из сплава Zn-Ni была выполнена обработка трехвалентным хроматированием. В качестве раствора для обработки трехвалентным хроматированием был использован DAIN Chromate TR-02 (торговое название), производимый компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Обработка трехвалентным хроматированием выполнялась при следующих условиях: pH ванны 4,0, температура ванны 25°C и время обработки 50 с.

На поверхности муфты была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность муфты была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала эпоксидную смолу (остаток), частицы PTFE (10,3%), частицы Cr_2O_3 (19,2%) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 210°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 5.

В испытании № 5 на поверхности ниппеля путем струйной обработки была образована шероховатость поверхности. На поверхность ниппеля, имеющую шероховатость поверхности, путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования на ней слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученном слое покрытия из сплава Zn-Ni была выполнена обработка трехвалентным хроматированием. В качестве раствора для обработки трехвалентным хроматированием был использован DAIN Chromate TR-02 (торговое название), производимый компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Обработка трехвалентным хроматированием выполнялась при следующих условиях: pH ванны 4,0, температура ванны 25°C и время обработки 50 с.

На поверхности муфты путем струйной обработки была образована шероховатость поверхности. На поверхность муфты, имеющую шероховатость поверхности, путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования на ней слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической

ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученный слой покрытия из сплава Zn-Ni была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала полиамидимидную смолу (остаток), частицы PTFE (15,3%), частицы Cr₂O₃ (16,7%) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 230°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 6.

В испытании № 6 на поверхности ниппеля была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученном слое покрытия из сплава Zn-Ni была выполнена обработка трехвалентным хроматированием. В качестве раствора для обработки трехвалентным хроматированием был использован DAIN Chromate TR-02 (торговое название), производимый компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Обработка трехвалентным хроматированием выполнялась при следующих условиях: pH ванны 4,0, температура ванны 25°C и время обработки 50 с.

На поверхности муфты путем струйной обработки была образована шероховатость поверхности. На поверхность муфты, имеющую шероховатость поверхности, путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования на ней слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученный слой покрытия из сплава Zn-Ni была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала фенольную смолу (остаток), частицы PTFE (20,0%), частицы Cr₂O₃ (10,0%) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 230°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 7.

В испытании № 7 на поверхности ниппеля была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученном слое покрытия из сплава Zn-Ni была выполнена обработка трехвалентным хроматированием. В качестве раствора для обработки трехвалентным хроматированием был использован DAIN Chromate TR-02 (торговое название), производимый компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Обработка трехвалентным хроматированием выполнялась при следующих условиях: pH ванны 4,0, температура ванны 25°C и время обработки 50 с.

На поверхности муфты путем струйной обработки была образована шероховатость поверхности. На поверхность муфты, имеющую шероховатость поверхности, путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Cu-Sn-Zn для образования на ней слоя покрытия из сплава Cu-Sn-Zn. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Cu-Sn-Zn была использована гальваническая ванна, производимая компанией NIIHON KAGAKU SANGYO CO., LTD. Слой покрытия из сплава Cu-Sn-Zn был образован путем гальванизации. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 14, температура гальванической ванны 45°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 40 мин. Слой покрытия из сплава Cu-Sn-Zn имел следующую композицию: Cu: 60%, Sn: 30% и Zn: 10%. Кроме того, на полученный слой покрытия из сплава Cu-Sn-Zn была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала полиамидную смолу (остаток), частицы графита (5%), частицы Cr₂O₃ (8%) и растворитель

(вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 230°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 8.

В испытании № 8 на поверхности ниппеля была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученном слое покрытия из сплава Zn-Ni была выполнена обработка трехвалентным хроматированием. В качестве раствора для обработки трехвалентным хроматированием был использован DAIN Chromate TR-02 (торговое название), производимый компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Обработка трехвалентным хроматированием выполнялась при следующих условиях: pH ванны 4,0, температура ванны 25°C и время обработки 50 с.

На поверхности муфты путем струйной обработки была образована шероховатость поверхности. После этого на поверхность муфты путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученный слой покрытия из сплава Zn-Ni была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала эпоксидную смолу (остаток), частицы PTFE (10,3%) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 210°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 9.

В испытании № 9 на поверхности ниппеля была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В качестве гальванической ванны для нанесения покрытия из сплава Zn-Ni была использована DAIN Zinalloy N-PL (торговое название), производимая компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Гальванизация выполнялась при следующих условиях: pH гальванической ванны 6,5, температура гальванической ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм² и время обработки 18 мин. Слой покрытия из сплава Zn-Ni имел следующую композицию: Zn: 85% и Ni: 15%. Кроме того, на полученном слое покрытия из сплава Zn-Ni была выполнена обработка трехвалентным хроматированием. В качестве раствора для обработки трехвалентным хроматированием был использован DAIN Chromate TR-02 (торговое название), производимый компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Обработка трехвалентным хроматированием выполнялась при следующих условиях: pH ванны 4,0, температура ванны 25°C и время обработки 50 с.

На поверхности муфты была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность муфты путем гальванизации было нанесено покрытие из сплава Zn-Ni для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni. Гальванизация выполнялась при тех же условиях, что и условия в случае поверхности ниппеля. На слой покрытия из сплава Zn-Ni была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала эпоксидную смолу (остаток), частицы PTFE (10,4%), частицы Cr₂O₃ (25,0%) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отверждение в течение 20 мин при температуре 210°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 10.

В испытании № 10 на поверхности ниппеля и поверхности муфты была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля и поверхность муфты была нанесена композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия. Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия содержала эпоксидную смолу (остаток), частицы PTFE (20,1%), частицы фторида кальция (6,9%) и растворитель (вода, спирт и поверхностно-активное вещество). Композиция для образования слоя твердого смазочного покрытия была нанесена путем распыления и после этого высушена путем нагрева при температуре 90°C в течение 5 мин. После сушки путем нагрева было выполнено отвер-

ждение в течение 20 мин при температуре 210°C для образования слоя твердого смазочного покрытия.

Испытание № 11.

В испытании № 11 на поверхности ниппеля и поверхности муфты была выполнена финишная машинная шлифовка. После этого на поверхность ниппеля и поверхность муфты кистью была нанесена смазка в соответствии со стандартами API. Выражение "смазка в соответствии со стандартами API" относится к комбинированной консистентной смазке для резьбового соединения для трубных изделий нефтепромыслового сортамента, которая производится в соответствии с API BUL 5A2. Определено, что композиция смазки в соответствии со стандартами API содержит в качестве основного материала консистентную смазку, а также содержит, в мас.%, порошок графита $18 \pm 1,0\%$, порошок свинца $30,5 \pm 0,6\%$ и хлопья меди $3,3 \pm 0,3\%$. Следует отметить, что в рамках этого диапазона компонентов консистентные смазки для резьбовых соединений для трубных изделий нефтепромыслового сортамента имеют эквивалентные характеристики.

Испытание для оценки сопротивления заеданию.

С использованием ниппелей и муфт из испытаний № 1-11 свинчивание выполнялось до тех пор, пока резьбы не входили в зацепление на первоначальном этапе свинчивания путем ручной затяжки (состояние свинчивания усилием человека). После свинчивания резьб путем ручной затяжки свинчивание и развинчивание повторялось с использованием трубного ключа, и оценивалось сопротивление заеданию. После завершения каждого цикла свинчивания и развинчивания поверхность ниппеля и поверхность муфты визуально оценивались. Возникновение заедания изучалось путем визуального контроля. В случае, когда заедание было незначительным и ремонтпригодным, дефекты заедания устранялись, и испытание продолжалось. Было определено, сколько раз может быть выполнено свинчивание и развинчивание без возникновения неремонтпригодного заедания. Результаты приведены в столбце "Сопротивление заеданию (количество раз (оборотов) свинчивания, которое может быть выполнено без заедания)" в табл. 3.

Таблица 3

Испытание №	Характеристики при превышении крутящего момента	Сопротивление заеданию (количество раз (оборотов) свинчивания, которое может быть выполнено без заедания)
1	120	15
2	127	15
3	138	15
4	140	12
5	143	13
6	141	11
7	125	13
8	74	10
9	151	10
10	68	6
11	100	8

Испытание на характеристики при превышении крутящего момента.

С использованием ниппелей и муфт из испытаний № 1-11 было измерено сопротивление $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках. В частности, свинчивание выполнялось при условиях скорости затяжки 10 об/мин и крутящего момента затяжки 42,8 кН·м. Был измерен крутящий момент во время свинчивания, и был составлен график крутящего момента, как проиллюстрировано на фиг. 7. Ссылочная позиция "Ts" на фиг. 7 обозначает крутящий момент при контакте заплечиковых участков. Ссылочная позиция "MTV" на фиг. 7 обозначает значение крутящего момента, при котором линейный отрезок L и график крутящего момента затяжки пересекаются. Линейный отрезок L представляет собой прямую линию, которая имеет такой же наклон, что и наклон линейного участка графика крутящего момента после контакта заплечиковых участков, и для которой количество оборотов на 0,2% больше по сравнению с вышеуказанным линейным участком. Обычно при измерении сопротивления $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках использует T_u (крутящий момент на пределе текучести). Однако в настоящем примере крутящий момент на пределе текучести (граница между линейным участком и нелинейным участком графика крутящего момента после контакта заплечиковых участков) был нечетким. В связи с этим MTV был определен с использованием линейного отрезка L. Разность между MTV и Ts была принята в качестве сопротивления $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках настоящего примера. Характеристики при превышении крутящего момента были определены как относительное значение относительно сопротивления $\Delta T'$ крутящему моменту на заплечиковых участках в испытании № 11, где вместо слоя твердого смазочного покрытия была использована смазка в соответствии со стандартами API, в качестве контрольного значения (100). Результаты приведены в табл. 3.

Результаты оценки.

Обратимся к табл. 1-3, резьбовые соединения для труб или трубок в испытаниях № 1-7 и испытании № 9 имело слой твердого смазочного покрытия по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля и муфты. Слой твердого смазочного покрытия содержал смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 . В связи с этим характеристики при превышении крутящего момента были более 100, и резьбовые соединения для труб или трубок имели превосходные характеристики при превышении крутящего момента.

В резьбовых соединениях для труб или трубок в испытаниях № 1-7 содержание Cr_2O_3 было от 1,0 до 20,0 мас.%. В связи с этим количество раз свинчивания, которое может быть выполнено без заедания, было больше по сравнению с резьбовым соединением для труб или трубок в испытании № 9, и, следовательно, сопротивление заеданию резьбовых соединений для труб или трубок в испытаниях № 1-7 было еще больше, чем сопротивление заеданию резьбового соединения для труб или трубок в испытании № 9.

В отличие от этого, несмотря на то, что резьбовое соединение для труб или трубок в испытании № 8 имело слой твердого смазочного покрытия на поверхности муфты, слой твердого смазочного покрытия не содержал Cr_2O_3 . В связи с этим характеристики при превышении крутящего момента были низкими.

Несмотря на то, что резьбовое соединение для труб или трубок в испытании № 10 имело слой твердого смазочного покрытия на поверхности муфты, слой твердого смазочного покрытия содержал фторид кальция CaF_2 , а не Cr_2O_3 . В связи с этим характеристики при превышении крутящего момента были низкими.

Резьбовое соединение для труб или трубок в испытании № 11 не имело слоя твердого смазочного покрытия в соответствии с настоящим вариантом осуществления. В связи с этим характеристики при превышении крутящего момента были низкими.

Выше описан вариант осуществления настоящего изобретения. Однако вышеописанный вариант осуществления является лишь примером реализации настоящего изобретения. Соответственно, настоящее изобретение не ограничивается вышеописанным вариантом осуществления, и вышеописанный вариант осуществления может быть модифицирован соответствующим образом в пределах диапазона, который не отклоняется от сущности настоящего изобретения.

Список ссылочных позиций.

- 1 - Резьбовое соединение для труб или трубок,
- 4 - охватываемый резьбовой участок,
- 5 - ниппель,
- 7 - охватывающий резьбовой участок,
- 8 - муфта,
- 6, 9 - контактная поверхность,
- 10, 13 - металлический уплотнительный участок,
- 11, 12 - заплечиковый участок,
- 21 - слой твердого смазочного покрытия.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение для труб или трубок, содержащее ниппель и муфту, причем каждый из ниппеля и муфты содержит контактную поверхность, имеющую резьбовой участок и безрезьбовой металлический контактный участок, причем резьбовое соединение для труб или трубок содержит слой твердого смазочного покрытия по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля и муфты, и слой твердого смазочного покрытия содержит смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 .
2. Резьбовое соединение для труб или трубок по п.1, в котором слой твердого смазочного покрытия содержит Cr_2O_3 в диапазоне от 1,0 до 20,0 мас.%
3. Резьбовое соединение для труб или трубок по п.2, в котором слой твердого смазочного покрытия содержит Cr_2O_3 в диапазоне от 1,0 до 20,0 мас.%, смолу в диапазоне от 50,0 до 90,0 мас.%, твердый смазочный порошок в диапазоне от 5,0 до 30,0 мас.%
4. Резьбовое соединение для труб или трубок по любому из пп.1-3, в котором смола представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, фенольной смолы, фурановой смолы, полиамидимидной смолы, полиамидной смолы, полиимидной смолы и полиэфирэфиркетоновой смолы.
5. Резьбовое соединение для труб или трубок по п.4, в котором смола представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, фенольной смолы, полиамидимид-

ной смолы и полиамидной смолы.

6. Резьбовое соединение для труб или трубок по любому из пп.1-5, в котором твердый смазочный порошок представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из графита, оксида цинка, нитрида бора, талька, дисульфида молибдена, дисульфида вольфрама, фторида графита, сульфида олова, сульфида висмута, органического молибдена, тиосульфатного соединения, политетрафторэтилена и цианурата меламина.

7. Резьбовое соединение для труб или трубок по п.6, в котором твердый смазочный порошок представляет собой один или более типов, выбранных из группы, состоящей из графита и политетрафторэтилена.

8. Способ изготовления резьбового соединения для труб или трубок по любому из пп.1-7, включающий этапы, на которых

наносит композицию, содержащую смолу, твердый смазочный порошок и Cr_2O_3 , по меньшей мере на одну из контактных поверхностей ниппеля и муфты и

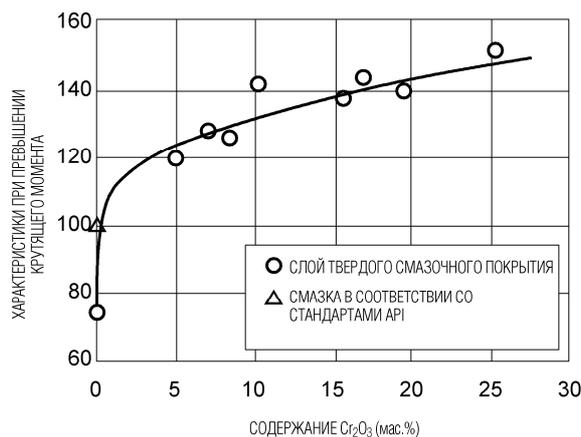
отверждают композицию, нанесенную на контактную поверхность, с образованием слоя твердого смазочного покрытия.

9. Способ изготовления резьбового соединения для труб или трубок по п.8, который дополнительно включает этап, на котором перед нанесением композиции образуют путем гальванизации слой покрытия из сплава Zn по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля и муфты.

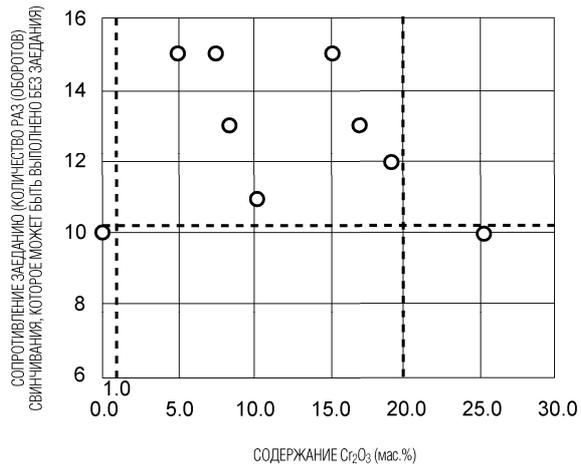
10. Способ изготовления резьбового соединения для труб или трубок по п.9, который дополнительно включает этап, на котором перед образованием слоя покрытия из сплава Zn образуют шероховатость поверхности по меньшей мере на одной из контактных поверхностей ниппеля и муфты.



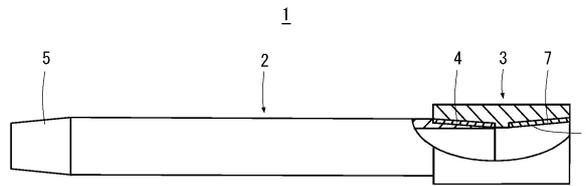
Фиг. 1



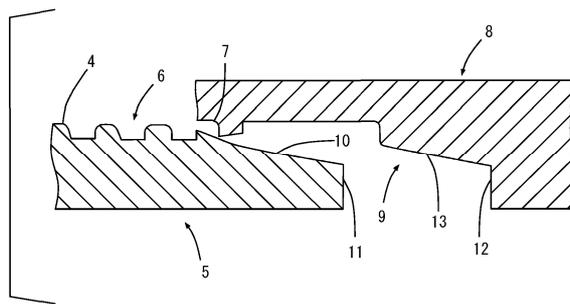
Фиг. 2



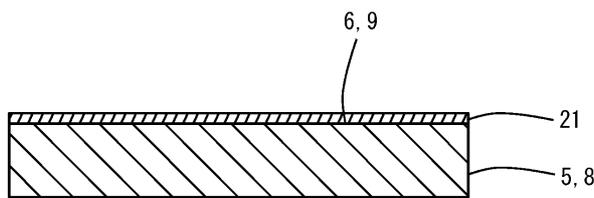
Фиг. 3



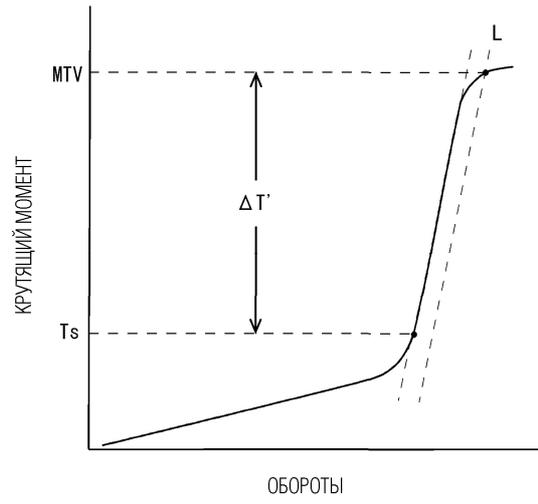
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7