

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **040864**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2022.08.09**

**(21)** Номер заявки  
**202090937**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2018.10.12**

**(51)** Int. Cl. **F16L 15/04** (2006.01)  
**C23C 28/00** (2006.01)  
**F16L 15/00** (2006.01)  
**C25D 5/26** (2006.01)

---

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

---

**(31)** 2017-199005

**(32)** 2017.10.13

**(33)** JP

**(43)** 2020.08.31

**(86)** PCT/JP2018/038119

**(87)** WO 2019/074103 2019.04.18

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

**(72)** Изобретатель:  
**Осима Масахиро, Кимото Масанари  
(JP)**

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

**(56)** WO-A1-2017047722  
WO-A1-2016170031  
JP-A-2015506445  
WO-A1-2017110686

---

**(57)** Предложено резьбовое соединение для труб, имеющее не только сопротивление заеданию, которое не требует проведения этапа придания поверхностной шероховатости, но является столь же превосходным, как сопротивление заеданию, обеспечиваемое выполнением этапа придания поверхностной шероховатости, но имеет низкий крутящий момент на запялке. Резьбовое соединение (50) для труб включает ниппель (13) и муфту (14). Резьбовое соединение для труб включает плакирующий слой (21) Zn-Ni-сплава и твердое смазочное покрытие (23). Плакирующий слой (21) Zn-Ni-сплава образован на контактной поверхности по меньшей мере одного из ниппеля (13) и муфты (14), и содержит от 10 до 16 мас.% Ni. Твердое смазочное покрытие (23) образовано на плакирующем слое (21) Zn-Ni-сплава. Контактная поверхность, на которой образован плакирующий слой (21) Zn-Ni-сплава, является отшлифованной. Теперь среднеарифметическая шероховатость поверхности плакирующего слоя (21) Zn-Ni-сплава определяется как Ra1, а среднеарифметическая шероховатость контактной поверхности определяется как Ra2. Ra1 варьируется от 0,1 до 3,2 мкм. Ra1 является большей, чем Ra2.

---

**040864 B1**

**040864 B1**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению для труб и к способу изготовления резьбового соединения для труб.

### **Уровень техники**

Для бурения на нефтяном месторождении или месторождении природного газа применяются трубы нефтепромыслового сортамента (ОСТГ). Трубы нефтепромыслового сортамента (ОСТГ) формируются соединением многочисленных стальных труб друг с другом соответственно глубине скважины. Стальные трубы связываются между собой скреплением трубными резьбовыми соединениями, образованными на концевых участках стальных труб. Стальные трубы извлекают для обследования или других целей, развинчивают, инспектируют, и затем опять скрепляют и повторно используют.

Резьбовое соединение для труб включает ниппель и муфту. Ниппель имеет контактную поверхность, образованную на наружной периферической поверхности концевой участка стальной трубы и включающую участок с наружной резьбой. Муфта имеет контактную поверхность, образованную на внутренней периферической поверхности концевой участка стальной трубы и включающую участок с внутренней резьбой. Каждая из контактных поверхностей может включать безрезьбовой металлический контактный участок. Контактная поверхность каждой из ниппелей и муфт, которая включает резьбовой участок и безрезьбовой металлический контактный участок, многократно испытывает сильное трение, когда стальные трубы подвергают свинчиванию и развинчиванию. Если эти области не имеют достаточной износостойкости против трения, происходит заедание (не подлежащее ремонту заклинивание), когда повторяются затягивание и ослабление. Поэтому резьбовые соединения для труб должны иметь достаточную износостойкость против трения, т.е. превосходное сопротивление заеданию.

Для повышения сопротивления заеданию использовалась компаундная смазка, содержащая тяжелый металл, называемый присадкой. Нанесением компаундной смазки на поверхность резьбового соединения для труб может быть улучшено сопротивление заеданию резьбового соединения трубы. Тяжелый металл, такой как Pb, Zn и Cu, содержащийся в компаундной смазке, может оказывать влияние на окружающую среду. Поэтому желательна разработка резьбового соединения для труб без использования компаундной смазки.

Каждая из публикации международной заявки № WO2016/170031 (патентный документ 1) и публикации заявки на патент Японии № 2008-69883 (патентный документ 2) предлагает резьбовое соединение для труб, которое является превосходным в отношении сопротивления заеданию без компаундной смазки. Смазочное покрытие формируют на контактной поверхности (резьбового участка и безрезьбового металлического контактного участка) резьбового соединения для труб, описанного в каждом из патентных документов 1 и 2, чтобы повысить сопротивление заеданию.

В патентном документе 1 описано резьбовое соединение для труб, в котором на металлическом контактном участке ниппеля или муфты образовано антикоррозионное, устойчивое к заеданию металлическое покрытие. Вышеописанное антикоррозионное, устойчивое к заеданию металлическое покрытие главным образом содержит Zn. Описанное выше металлическое покрытие формируют обработкой в условиях электролитического плакирования. В абзаце [0173] патентного документа 1 описано, что электролитическое плакирование создает выглаживающий эффект. Выглаживающий эффект также раскрыт в табл. 1 в патентном документе 1. В табл. 1 в патентном документе 1 среднеарифметическая высота Ra микронеровностей на контактной поверхности после электролитического плакирования является меньшей, чем среднеарифметическая высота Ra микронеровностей на контактной поверхности до электролитического плакирования, независимо от того, проводилась ли или нет пескоструйная обработка поверхности.

Резьбовое соединение для труб, описанное в патентном документе 2, образовано из ниппеля и муфты, в каждом случае имеющих контактную поверхность, включающую резьбовой участок и безрезьбовой металлический контактный участок. Резьбовое соединение для труб, описанное в патентном документе 2, имеет следующие слои, последовательно от нижнего до верхнего на контактной поверхности по меньшей мере одной детали из ниппеля и муфты: первый слой, образованный из первого металла или сплава; второй слой, образованный из второго металла или сплава, более мягкого, чем первый металл или сплав; и твердое смазочное покрытие, которое представляет собой самый верхний слой.

### **Список цитируемых документов**

Патентные документы.

Патентный документ 1: публикация международной заявки № WO2016/170031.

Патентный документ 2: публикация заявки на патент Японии № 2008-69883.

### **Сущность изобретения**

#### **Техническая задача**

Резьбовое соединение должно не только иметь описанное выше сопротивление заеданию, но и подавлять повышение крутящего момента в многочисленных циклах затягивания. Фиг. 1 представляет график, иллюстрирующий взаимосвязь между числом оборотов резьбовых участков резьбового соединения для труб, имеющих заплечиковые участки, и крутящим моментом, когда затягивают резьбовое соединение для труб. Со ссылкой на фиг. 1, когда стягивают друг с другом ниппель и муфту, заплечиковые уча-

стики ниппеля и муфты приходят в контакт между собой, когда достигается определенное число оборотов. Крутящий момент, который возникает в этот момент, называется крутящим моментом на заплечике. Для затягивания резьбовых участков резьбового соединения для труб друг с другом, после достижения крутящего момента на заплечике, затягивание дополнительно выполняют, пока затягивание не завершится. Тем самым повышается газонепроницаемость резьбового соединения для труб. Дальнейшее затягивание после завершения свинчивания приводит к тому, что металлический материал, из которого образован по меньшей мере один из ниппеля и муфты, начинает испытывать пластическую деформацию. Крутящий момент, который возникает в этот момент, называется крутящим моментом на пределе текучести.

Крутящий момент по завершении затягивания (далее называемый моментом затяжки) регулируют так, чтобы обеспечить достаточное герметизирующее давление на стыке независимо от степени заедания резьбы. Достаточная разность между крутящим моментом на заплечике и крутящим моментом на пределе текучести расширяет диапазон, в пределах которого достигается момент затяжки. В результате этого без труда корректируют момент затяжки. Для расширения диапазона, в пределах которого достигается момент затяжки, может быть снижен крутящий момент на заплечике. Поэтому резьбовое соединение для труб должно иметь не только описанное выше сопротивление заеданию, но и способность сохранять крутящий момент на заплечике малым, даже когда повторяют затягивание и ослабление.

То же остается справедливым в отношении резьбового соединения для труб, не имеющего безрезьбовой металлический контактный участок (т.е. не имеющего заплечиковый участок). Достаточная разность между крутящим моментом на начальном этапе затягивания и крутящим моментом на заключительном этапе затягивания расширяет диапазон, в пределах которого достигается момент затяжки. В результате этого без труда корректируют момент затяжки. Для расширения диапазона, в пределах которого достигается момент затяжки, может быть снижен крутящий момент на начальном этапе затягивания. Крутящий момент на начальном этапе процесса затягивания резьбового соединения для труб, не имеющего безрезьбовой металлический контактный участок, соответствует крутящему моменту на заплечике в процессе затягивания резьбового соединения для труб, включающего заплечиковые участки.

Однако патентные документы 1 или 2 не описывают вышеуказанный крутящий момент на заплечике.

С другой стороны, образование смазочного покрытия на плакирующем слое может повышать сопротивление заеданию резьбового соединения для труб, как раскрыто в патентных документах 1 и 2. Патентные документы 1 и 2 описывают, что струйная обработка или любая другая обработка, выполняемая перед образованием смазочного покрытия, создает шероховатость поверхности. Тем самым может быть повышена прочность сцепления смазочного покрытия, и поэтому может быть дополнительно увеличено сопротивление заеданию резьбового соединения для труб.

Однако авторы настоящего изобретения предположили, что поверхностная шероховатость, создаваемая в прототипе в два этапа, струйной обработкой и образованием плакирующего слоя на подвергнутой струйной обработке поверхности, или образованием плакирующего слоя и струйной обработкой, выполняемой на плакирующем слое, предпочтительно создается только на одном этапе образования плакирующего слоя.

Цель настоящего изобретения состоит в создании резьбового соединения для труб, имеющего не только сопротивление заеданию, которое не требует струйной обработки, но проявляет такое же превосходное сопротивление заеданию, как обеспечиваемое струйной обработкой, но и малый крутящий момент на заплечике, даже при повторном затягивании и ослаблении, и способа, пригодного для получения резьбового соединения для труб.

#### Решение задачи

Резьбовое соединение для труб согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения включает ниппель и муфту. Ниппель и муфта в каждом случае включают контактную поверхность, включающую резьбовой участок. Резьбовое соединение для труб включает плакирующий слой Zn-Ni-сплава и твердое смазочное покрытие. Плакирующий слой Zn-Ni-сплава образован на контактной поверхности по меньшей мере одного из ниппеля и муфты и содержит от 10 до 16 мас.% Ni. Твердое смазочное покрытие образовано на плакирующем слое Zn-Ni-сплава. Контактная поверхность, на которой образован плакирующий слой Zn-Ni-сплава, является отшлифованной. Теперь среднеарифметическая шероховатость поверхности плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления, в котором отшлифована контактная поверхность, определяется как Ra1. И среднеарифметическая шероховатость контактной поверхности, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, определяется как Ra2. Среднеарифметическая шероховатость Ra1 варьируется от 0,1 до 3,2 мкм. Среднеарифметическая шероховатость Ra1 является большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2.

Способ изготовления резьбового соединения для труб согласно настоящему изобретению представляет собой способ получения резьбового соединения для труб, включающего ниппель и муфту, в каждом случае имеющих контактную поверхность, содержащую резьбовой участок. Способ изготовления включает этап образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава и этап образования твердого смазочного покрытия. На этапе образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава плакирующий слой Zn-Ni-сплава формируют в процессе электролитического плакирования на контактной поверхности по меньшей мере одного из

ниппеля и муфты без выполнения струйной обработки. Плакирующий слой Zn-Ni-сплава содержит от 10 до 16 мас.% Ni. Плакирующий слой Zn-Ni-сплава имеет среднеарифметическую шероховатость Ra1, измеренную с использованием лазерного микроскопа вдоль направления, в котором отшлифована контактная поверхность, и варьирующуюся от 0,1 до 3,2 мкм. На этапе образования твердого смазочного покрытия твердое смазочное покрытие формируют на плакирующем слое Zn-Ni-сплава без выполнения струйной обработки.

#### **Преимущества изобретения**

Резьбовое соединение для труб согласно настоящему изобретению не только имеет превосходное сопротивление заеданию, которое не требует струйной обработки, но является так же превосходным, как сопротивление заеданию, обеспечиваемое струйной обработкой, но и малый крутящий момент на заплечике, даже при повторном затягивании и ослаблении. Резьбовое соединение для труб получается с использованием описанного выше способа изготовления.

#### **Краткое описание чертежей**

Фиг. 1 представляет график, иллюстрирующий взаимосвязь между числом оборотов резьбовых участков резьбового соединения для труб, имеющих заплечиковые участки, и крутящим моментом, когда затягивают резьбовое соединение для труб.

Фиг. 2 представляет график, иллюстрирующий взаимосвязь между числом циклов затягивания резьбового соединения для труб и крутящим моментом на заплечике (%).

Фиг. 3 представляет схему, иллюстрирующую конфигурацию резьбового соединения для труб согласно настоящему варианту осуществления.

Фиг. 4 представляет вид в разрезе резьбового соединения для труб согласно настоящему варианту осуществления.

Фиг. 5 представляет вид в разрезе контактной поверхности резьбового соединения для труб согласно настоящему варианту осуществления.

#### **Описание вариантов осуществления изобретения**

Ниже будет подробно описан настоящий вариант осуществления со ссылкой на чертежи. Одинаковые элементы или соответствующие элементы на чертежах имеют одну и ту же ссылочную позицию и не будут повторно описаны.

Авторы настоящего изобретения провели многообразные исследования взаимосвязи между струйной обработкой и сопротивлением заеданию резьбового соединения для труб и крутящим моментом на заплечике, который возникает в резьбовом соединении для труб. В результате этого авторы настоящего изобретения получили следующие выявленные факты.

Цинковый (Zn) плакирующий слой повышает антикоррозионные характеристики. Однако цинковый плакирующий слой имеет более низкие твердость и температуру плавления, чем твердость и температура плавления медного (Cu) плакирующего слоя, применяемого в качестве плакирующего слоя. Исходя из вышеописанных предпосылок, авторы настоящего изобретения исследовали плакирующий слой цинкового сплава, который является превосходным в отношении антикоррозионных характеристик и имеет высокую твердость и высокую температуру плавления. В результате авторы настоящего изобретения нашли, что образование плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, содержащего от 10 до 16 мас.% Ni, повышает сопротивление заеданию наряду с улучшением антикоррозионных характеристик. Плакирующий слой Zn-Ni-сплава, содержащий от 10 до 16 мас.% Ni, имеет достаточно высокую твердость сравнительно с Cu, и гораздо более высокую температуру плавления, чем Zn. Поэтому плакирующий слой Zn-Ni-сплава, содержащий от 10 до 16 мас.% Ni, может повышать сопротивление заеданию.

Патентный документ 1 описывает, что формируют плакирующий слой Zn-Ni-сплава, и на плакирующем слое Zn-Ni-сплава формируют смазочное покрытие. Патентный документ 2 не раскрывает плакирующий слой Zn-Ni-сплава, но описывает, что формируют плакирующий слой, и на плакирующем слое формируют твердое смазочное покрытие.

Например, патентный документ 1 в абзаце [0160] описывает, что пескоструйную обработку выполняют на металлическом покрытии для повышения адгезионной способности смазочного покрытия на металлическом покрытии. Кроме того, патентный документ 1 в абзаце [0164] описывает, что пескоструйную обработку выполняют перед тем, как образовано металлическое покрытие, и металлическое покрытие формируют на подвергнутой струйной обработке поверхности. Кроме того, патентный документ 2 в абзаце [0026] описывает, что дробеструйную или пескоструйную обработку проводят перед образованием твердого смазочного покрытия для создания надлежащей степени поверхностной шероховатости для повышения прочности сцепления твердого смазочного покрытия.

В случае, где плакирующий слой формируют на поверхности резьбового соединения для труб, и смазочное покрытие формируют на плакирующем слое, может выполняться струйная обработка, как раскрыто в документах уровня техники. Поэтому может быть повышена адгезионная способность смазочного покрытия. В результате этого может быть повышено сопротивление заеданию резьбового соединения для труб. В настоящем описании струйная обработка подразумевает пескоструйную, дробеструйную обработку и обдувку металлической крошкой.

Струйную обработку проводят в некоторых случаях перед образованием плакирующего слоя, и в

других случаях после образования плакирующего слоя. Для выполнения струйной обработки перед образованием плакирующего слоя струйную обработку проводят непосредственно на каждой из контактных поверхностей, т.е. на поверхности базового материала. Поверхностная шероховатость, созданная на контактной поверхности, до некоторой степени снижается вследствие образования плакирующего слоя на контактной поверхности, но также сохраняется на поверхности плакирующего слоя. Поверхностная шероховатость на поверхности плакирующего слоя повышает прочность сцепления смазочного покрытия с плакирующим слоем. Таблица 1 в патентном документе 1 раскрывает, что поверхностная шероховатость снижается при типичном электролитическом плакировании.

Для выполнения струйной обработки после того, как образован плакирующий слой, струйную обработку проводят на поверхности плакирующего слоя.

С другой стороны, авторы настоящего изобретения предположили, что поверхностная шероховатость, традиционно создаваемая в два этапа, струйной обработкой и образованием плакирующего слоя на подвергнутой струйной обработке поверхности, и струйной обработкой, выполняемой на плакирующем слое, предпочтительно создается только на одном этапе образования плакирующего слоя.

Более конкретно, авторы настоящего изобретения предположили, что сопротивление заеданию резьбового соединения для труб может поддерживаться более удовлетворительно, даже если струйная обработка не выполняется. Авторы настоящего изобретения исследовали способ повышения сопротивления заеданию резьбового соединения для труб почти до равного сопротивлению заеданию, создаваемому струйной обработкой, даже если струйная обработка не проводится.

Таблица 1

Номер испыта ния	Ниппель Плакирую щая обработка Zn-Ni- сплавом	Муфта				Сопротивлени е заеданию (число циклов затягивания и ослабления, которое вызывало заедание)
		Предварите льная обработка	Среднеариф метическая шероховато сть Ra2 (мкм) контактной поверхност и	Среднеариф метическая шероховатос ть Ra1 (мкм) плакирующе го слоя Zn- Ni-сплава	Твердое смазочное покрытие	
2	выполнял и	проводили шлифовани е, и оставляли как есть	0,061	0,276	образован о	10
Контро льный пример	выполнял и	проводили шлифовани е и пескоструй ную обработку	2,700	2,680	образован о	10

Табл. 1 представляет собой таблицу, показывающую часть описываемых ниже примера и контрольного примера. Со ссылкой на табл. 1, в контрольном примере муфта была получена с использованием стандартного способа. Т.е. после того, как пескоструйную обработку выполнили на одной из контактных поверхностей, сформировали гладкий плакирующий слой Zn-Ni-сплава, и на гладком плакирующем слое Zn-Ni-сплава сформировали твердое смазочное покрытие. В контрольном примере образование плакирующего слоя Zn-Ni-сплава обусловило снижение среднеарифметической шероховатости Ra2 контактной поверхности, которая составляла 2,700, до среднеарифметической шероховатости Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, которая составила 2,680. Резьбовое соединение для труб имело высокое сопротивление заеданию, поскольку среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя Zn-Ni-сплава сохранялась при большом значении 2,680. Более конкретно, затягивание и ослабление можно было повторять 10 раз, прежде чем возникало заедание.

В случае испытания номер 2 пескоструйную обработку не проводили. Поэтому среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности, имеющей кодированный номер 2, имела малое значение 0,061. Причина этого состоит в том, что контактная поверхность была отшлифована. В настоящем описании шлифование подразумевает отшлифовывание для образования резьбового участка. Среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности после шлифования имела малое значение. В случае испытания номер 2 муфту изготовили способом, отличающимся от стандартного способа. Т.е. пескоструйную обработку контактной поверхности не проводили, но сформировали негладкий плакирующий

слой Zn-Ni-сплава, и на негладком плакирующем слое Zn-Ni-сплава сформировали твердое смазочное покрытие. В результате этого образование негладкого плакирующего слоя Zn-Ni-сплава повысило среднеарифметическую шероховатость Ra2 контактной поверхности, которая составляла 0,061, до среднеарифметической шероховатости Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, которая составила 0,276. Сопротивление заеданию резьбового соединения для труб, имеющего кодировый номер 2, было высоким. Более конкретно, затягивание и ослабление можно было повторять 10 раз, прежде чем возникало заедание. Сопротивление заеданию в случае испытания номер 2 было почти равным сопротивлению заеданию в контрольном примере, в котором проводили пескоструйную обработку.

Основываясь на описанном выше исследовании, авторы настоящего изобретения получили следующие обнаруженные данные. Т.е. совершенно в отличие от общепринятого знания, а именно, образованием негладкого плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, даже если пескоструйная обработка не проводится, обеспечивается сопротивление заеданию, почти равное сопротивлению заеданию в случае, где пескоструйная обработка выполняется.

Как правило, поскольку в декоративных вариантах применения предпочтительны прекрасный внешний вид, во многих случаях применяется гладкое плакирование, имеющее малое количество поверхностных неровностей. Кроме того, некоторые гладкие плакирующие покрытия могут достигать дополнительного прекрасного внешнего вида с помощью выравнивающего эффекта, который уменьшает неровности, такие как царапины на подложке.

Напротив, авторы настоящего изобретения нашли, что негладкий плакирующий слой Zn-Ni-сплава является эффективным в случае, где принимается во внимание сопротивление заеданию резьбового соединения для труб. Образование негладкого плакирующего слоя Zn-Ni-сплава позволяет увеличить среднеарифметическую шероховатость Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава и, в свою очередь, повысить сопротивление заеданию резьбового соединения для труб. Среднеарифметическая шероховатость Ra1, создаваемая негладким плакирующим слоем Zn-Ni-сплава, склонна быть меньшей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra1, обеспечиваемая на этапе создания поверхностной шероховатости, такой как пескоструйная обработка. Однако согласно проведенным авторами настоящего изобретения исследованиям, даже среднеарифметическая шероховатость Ra1, создаваемая негладким плакирующим слоем Zn-Ni-сплава, может в достаточной мере повышать сопротивление заеданию резьбового соединения для труб.

Кроме того, авторы настоящего изобретения предположили, что высокая прочность сцепления между твердым смазочным покрытием и плакирующим слоем предотвращает отделение твердого смазочного покрытия. Предотвращение отделения твердого смазочного покрытия позволяет сохранять высокую смазывающую способность даже при повторных затягивании и ослаблении. Поэтому крутящий момент на заплечике, который возникает в резьбовом соединении для труб, может удерживаться низким даже при повторных затягивании и ослаблении.

Фиг. 2 представляет график, иллюстрирующий взаимосвязь между числом циклов затягивания резьбового соединения для труб и крутящим моментом на заплечике (%). Фиг. 2 была получена в примере, который будет описан позже. Символ "O" в фиг. 2 представляет результаты для испытания номер 2, которое представляет собой Пример согласно изобретению. В случае испытания номер 2 среднеарифметическая шероховатость Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава составляла 0,276 мкм. Символ "Δ" в фиг. 2 представляет результаты для испытания номер 1, которое представляет собой контрольный пример. В случае испытания номер 1 среднеарифметическая шероховатость Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава составляла 0,056 мкм. Со ссылкой на фиг. 2, в случае, где среднеарифметическая шероховатость Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава является большей до некоторой степени, как в примере согласно изобретению, крутящий момент на заплечике может сохраняться на низком уровне даже при повторных затягивании и ослаблении. С другой стороны, в случае, где среднеарифметическая шероховатость Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава является малой, как в Сравнительном примере, повторяющиеся затягивание и ослабление повышают крутящий момент на заплечике, и происходит заедание при пятом затягивании таким образом, что контактные поверхности становятся не поддающимися ремонту. Т.е. резьбовое соединение для труб, в котором плакирующий слой Zn-Ni-сплава под твердым смазочным покрытием имеет среднеарифметическую шероховатость Ra1, которая является высокой до некоторой степени, может сохранять крутящий момент на заплечике, который возникает в резьбовом соединении для труб, на низком уровне, даже когда повторяют затягивание и ослабление.

Кроме того, авторы настоящего изобретения провели исследования и нашли, что, когда среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя Zn-Ni-сплава составляет 0,1 мкм или более, плакирующий слой Zn-Ni-сплава не только повышает сопротивление заеданию, но предотвращается отделение твердого смазочного покрытия, даже когда повторяют затягивание и ослабление, благодаря чему легко корректируется момент затяжки. В результате этого обеспечивается превосходная эффективность затягивания. С другой стороны, авторы настоящего изобретения дополнительно нашли, что, когда среднеарифметическая шероховатость Ra1 составляет свыше 3,2 мкм, снижается газонепроницаемость каждого из безрезьбовых металлических контактных участков (герметизирующих участков).

Поэтому среднеарифметическая шероховатость Ra1 составляет величину в диапазоне от 0,1 до 3,2 мкм.

Резьбовое соединение для труб согласно настоящему изобретению, образованное на основе описанных выше обнаруженных фактов, включает ниппель и муфту. Каждая деталь из ниппеля и муфты включает контактную поверхность, содержащую резьбовой участок. Резьбовое соединение для труб включает плакирующий слой Zn-Ni-сплава и твердое смазочное покрытие. Плакирующий слой Zn-Ni-сплава образован на контактной поверхности по меньшей мере одной детали из ниппеля и муфты и содержит от 10 до 16 мас.% Ni. На плакирующем слое Zn-Ni-сплава образовано твердое смазочное покрытие. Контактная поверхность, на которой образован плакирующий слой Zn-Ni-сплава, является отшлифованной. Теперь среднеарифметическая шероховатость поверхности плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления, в котором отшлифована контактная поверхность, определяется как Ra1. И среднеарифметическая шероховатость контактной поверхности, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, определяется как Ra2. Среднеарифметическая шероховатость Ra1 варьируется от 0,1 до 3,2 мкм. Среднеарифметическая шероховатость Ra1 является большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2.

Резьбовое соединение для труб согласно настоящему изобретению имеет негладкий плакирующий слой Zn-Ni-сплава. Тем самым возрастает среднеарифметическая шероховатость Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава. Т.е. среднеарифметическая шероховатость Ra1 плакирующего слоя Zn-Ni-сплава является большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности. Поэтому увеличивается адгезионная способность твердого смазочного покрытия на плакирующем слое Zn-Ni-сплава. В результате этого, даже если струйная обработка не проводится, может быть обеспечено сопротивление заеданию, почти равное величине сопротивления заеданию в случае, где выполняется струйная обработка. Кроме того, резьбовое соединение для труб согласно настоящему изобретению имеет низкий крутящий момент на заплечике даже при повторяющихся затягивании и ослаблении. В настоящем описании шлифование подразумевает отшлифовывание для образования резьбового участка. В настоящем описании струйная обработка подразумевает пескоструйную, дробеструйную обработку и обдувку металлической крошкой.

Среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности описанного выше плакирующего слоя Zn-Ni-сплава может варьировать от 0,1 до 0,4 мкм.

Кроме того, описанная выше контактная поверхность может включать безрезьбовой металлический контактный участок.

Безрезьбовой металлический контактный участок включает металлический герметизирующий участок и заплечиковый участок.

Способ изготовления резьбового соединения для труб согласно настоящему изобретению представляет собой способ получения резьбового соединения для труб, включающего ниппель и муфту, каждый(ая) из которых включает контактную поверхность, содержащую резьбовой участок. Способ изготовления включает этап образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава и этап образования твердого смазочного покрытия. На этапе образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава плакирующий слой Zn-Ni-сплава формируют в процессе электролитического плакирования на контактной поверхности по меньшей мере одной детали из ниппеля и муфты без выполнения струйной обработки. Плакирующий слой Zn-Ni-сплава содержит от 10 до 16 мас.% Ni. Среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления, в котором отшлифована контактная поверхность, варьируется от 0,1 до 3,2 мкм. На этапе образования твердого смазочного покрытия твердое смазочное покрытие формируют на плакирующем слое Zn-Ni-сплава без выполнения струйной обработки.

В способе изготовления резьбового соединения для труб согласно настоящему изобретению негладкий плакирующий слой Zn-Ni-сплава формируют без выполнения струйной обработки. Кроме того, твердое смазочное покрытие формируют на негладком плакирующем слое Zn-Ni-сплава без выполнения струйной обработки. Способ изготовления создает резьбовое соединение для труб, имеющее сопротивление заеданию, почти равное величине сопротивления заеданию в случае, где проводится струйная обработка, и имеющее низкий крутящий момент на заплечике даже при повторяющихся затягивании и ослаблении. В настоящем описании струйная обработка подразумевает пескоструйную, дробеструйную обработку и обдувку металлической крошкой. Направление, в котором контактная поверхность отшлифовывается, называется направлением шлифования для образования резьбового участка на контактной поверхности.

Ниже будут подробно описаны резьбовое соединение для труб и способ изготовления резьбового соединения для труб согласно настоящему изобретению.

Резьбовое соединение 50 для труб.

Резьбовое соединение 50 для труб включает ниппель 13 и муфту 14. Фиг. 3 показывает конфигурацию резьбового соединения 50 для труб согласно настоящему варианту исполнения. Со ссылкой на фиг. 3, резьбовое соединение 50 для труб включает стальную трубу 11 и соединительный фитинг 12. Ниппель 13 имеет участок с наружной резьбой, образованной на наружной поверхности и образованный на обоих концах стальной трубы 11. Муфта 14 имеет участок внутренней резьбы, образованный на внутренней

поверхности, и образованный на обоих концах соединительного фитинга 12. Затягивание ниппелей 13 и муфт 14 друг с другом позволяет присоединить соединительный фитинг 12 к концам стальных труб 11. С другой стороны, существует резьбовое соединение интегрального типа для труб нефтепромыслового сортамента (ОСТГ), в котором соединительный фитинг 12 не применяется, с одним концом стальной трубы 11, служащим в качестве ниппеля 13, и другим концом стальной трубы 11, служащим в качестве муфты 14. Резьбовое соединение для труб согласно настоящему варианту исполнения может быть использовано как в резьбовом соединении типа с соединительным фитингом, так и в резьбовом соединении интегрального типа.

Ниппель 13 и муфта 14 в каждом случае имеют контактную поверхность, имеющую резьбовой участок. Фиг. 4 представляет вид в разрезе резьбового соединения 50 для труб согласно настоящему варианту исполнения. Со ссылкой на фиг. 4, ниппель 13 включает участок 15 наружной резьбы и безрезьбовой металлический контактный участок. Безрезьбовой металлический контактный участок образован на переднем конце ниппеля 13 и включает металлический уплотнительный участок 16 и заплечиковый участок 17. Муфта 14 включает участок 20 внутренней резьбы и безрезьбовой металлический контактный участок. Безрезьбовой металлический контактный участок образован в муфте 14 и включает металлический уплотнительный участок 19 и заплечиковый участок 18. Участок, где ниппель 13 и муфта 14 приходят в контакт друг с другом, когда они скрепляются, называется контактными поверхностями. Более конкретно, когда ниппель 13 и муфта 14 затягиваются друг с другом, заплечиковые участки (заплечиковые участки 17 и 18), металлические уплотнительные участки (металлические уплотнительные участки 16 и 19), и резьбовые участки (участок 15 наружной резьбы и участок 20 внутренней резьбы) приходят в контакт между собой. Т.е. контактные поверхности включают заплечиковые участки, металлические уплотнительные участки и резьбовые участки.

Хотя это не показано, резьбовое соединение 50 для труб может не включать безрезьбовой металлический контактный участок. В этом случае контактные поверхности включают резьбовые участки. Более конкретно, ниппель 13 включает участок 15 наружной резьбы. Муфта 14 включает участок 20 внутренней резьбы.

Фиг. 5 представляет вид в разрезе контактной поверхности резьбового соединения 50 для труб согласно настоящему варианту осуществления. Со ссылкой на фиг. 5, резьбовое соединение 50 для труб имеет плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава и твердое смазочное покрытие 23, образованные на контактной поверхности одной детали из ниппеля 13 и муфты 14 и последовательно от стороны контактной поверхности. Теперь среднеарифметическая шероховатость поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления, в котором отшлифована контактная поверхность, определяется как Ra1. И среднеарифметическая шероховатость контактной поверхности, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, определяется как Ra2. Среднеарифметическая шероховатость Ra1, когда измерена с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, варьируется от 0,1 до 3,2 мкм. Среднеарифметическая шероховатость Ra1 является большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2.

Среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности.

Среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, является меньшей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава, которая будет описана позже, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования.

Контактная поверхность представляет собой отшлифованную поверхность. Под отшлифованной поверхностью подразумевается контактная поверхность, подвергнутая шлифованию для образования резьбового участка и оставленная как есть. Т.е. отшлифованная контактная поверхность означает контактную поверхность, подвергнутую шлифованию для образования резьбового участка, но не имеющую образованного на ней покрытия.

Отшлифованную контактную поверхность получают шлифованием исходного материала резьбового соединения 50 для труб с использованием шлифовального станка или любого другого инструмента с образованием выступов и впадин профиля резьбы. Поэтому отшлифованная поверхность имеет штрихи, протяженные по направлению шлифования.

Шероховатость отшлифованной поверхности по осевому направлению трубы и шероховатость по направлению шлифования весьма различаются между собой. Шероховатость по осевому направлению трубы, которую измеряют поперек оставленных шлифованием штрихов, имеет большее значение. Напротив, шероховатость по направлению шлифования имеет исключительно низкое значение.

Среднеарифметическую шероховатость, описываемая в данном описании, измеряют как среднеарифметическую шероховатость Ra на основе стандарта JIS B0601 (2001). Для измерения поверхностной шероховатости резьбового соединения 50 для труб обычно применяют измеритель шероховатости контактного типа. Измеритель шероховатости контактного типа представляет собой, например, профилометр SURFCORDER SEF-30D производства фирмы Kosaka Laboratory, Ltd. Измерение с помощью измерителя шероховатости контактного типа дает измеренное значение, представляющее среднеарифметическую шероховатость, которое в некоторых случаях оказывается превышающим правильное значение.

Причина этого состоит в том, что измерение выполняется только в одном направлении, и направление измерения корректируется визуально. В этом случае погрешность в отношении угла, под которым размещают измеритель шероховатости, приводит к тому, что оставленные шлифованием штрихи нежелательно измеряются как среднеарифметическая шероховатость.

Поэтому среднеарифметическую шероховатость в настоящем изобретении измеряют не измерителем шероховатости контактного типа, а посредством лазерного микроскопа. В качестве лазерного микроскопа используют лазерный микроскоп VK-X110 производства фирмы KEYENCE Corporation. Данные, измеренные в пределах квадрата величиной 1,25 мм с интервалами 0,85 мкм, собирают в форме карты. Критическую величину  $\lambda_c$  и длину измерения для расчета кривой шероховатости заимствуют из стандартных величин в стандарте JIS B0601 (1994). Среднеарифметическую шероховатость Ra2 контактной поверхности измеряют вдоль направления, по которому отшлифована контактная поверхность. "Вдоль направления шлифования" подразумевает вдоль направления параллельно оставленным шлифованием штрихам для образования резьбового участка. Направление параллельно оставленным шлифованием штрихам допускает погрешности в  $\pm 0,5$  градуса при допущении, что направление параллельно оставленным шлифованием штрихам определяется как 0 градусов. Когда погрешность составляет свыше  $\pm 0,5$  градуса, среднеарифметическая шероховатость Ra измеряется с большой ошибкой. В настоящем варианте исполнения шероховатость, обусловленная оставленным шлифованием штрихами, не измеряется как шероховатость поверхности, и тем самым поверхность шероховатость измеряется более точно. Направление, в котором измеряют шероховатость поверхности, определяют на основе результата картирования, наблюдаемого с помощью лазерного микроскопа.

В настоящем варианте исполнения плакирующий слой Zn-Ni-сплава формируют на контактной поверхности. Поэтому среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности также может быть измерена как шероховатость контактной поверхности после того, как плакирующий слой Zn-Ni-сплава на контактной поверхности отделен от нее. Плакирующий слой Zn-Ni-сплава на контактной поверхности отделяют с использованием соляной кислоты, к которой добавлено надлежащее количество имеющегося в продаже на рынке ингибитора коррозии. Имеющийся в продаже на рынке ингибитор коррозии представляет собой, например, продукт под наименованием Ibit 710 производства фирмы ASAHI Chemical CO., LTD.

Плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава.

Плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава формируют на контактной поверхности по меньшей мере одной детали из ниппеля 13 и муфты 14. Плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава может быть образован на контактных поверхностях как ниппеля 13, так и муфты 14. Плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава может быть образован только на контактной поверхности ниппеля 13 или только на контактной поверхности муфты 14.

Плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава представляет собой нанесенный электролитическим плакированием слой, состоящий из Zn-Ni-сплава. Плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава имеет высокую твердость и высокую температуру плавления. В случае, где плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава имеет высокую твердость, плакирующий слой на контактной поверхности едва ли повреждается при повторяющихся затягивании и ослаблении. Кроме того, в случае, где плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава имеет высокую температуру плавления, плакирующий слой едва ли расплавляется, когда при повторяющихся затягивании и ослаблении возникает локальное повышение температуры. Поэтому возрастает сопротивление заеданию резьбового соединения 50 для труб. Кроме того, поскольку Zn, содержащийся в плакирующем слое 21 Zn-Ni-сплава, является базовым металлом, повышается способность резьбового соединения 50 для труб противостоять коррозии.

Содержание Ni в Zn-Ni-сплаве, из которого составлен плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава, варьируется от 10 до 16 мас.%. Описанный выше композиционный диапазон обуславливает то, что Zn-Ni-сплав имеет почти одно-фазную микроструктуру. Конфигурированный таким образом плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава имеет не только способность противостоять коррозии, но и высокую твердость и высокую температуру плавления.

Предпочтительная толщина плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава варьируется от 1 до 20 мкм. Когда плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава имеет толщину 1 мкм или более, могут быть дополнительно стабильно повышены сопротивление заеданию и способность противостоять коррозии резьбового соединения 50 для труб. Когда плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава имеет толщину 20 мкм или менее, более стабильной является адгезионная способность плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава. Поэтому предпочтительная толщина плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава варьируется от 1 до 20 мкм. Плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава может иметь толщину, которая не находится внутри этого диапазона. Нижний предел толщины плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава более предпочтительно составляет 3 мкм, еще более предпочтительно 5 мкм. Верхний предел толщины плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава более предпочтительно составляет 18 мкм, еще более предпочтительно 15 мкм.

Среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава.

Среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава, из-

меренная с помощью лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, является большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактных поверхностей ниппеля 13 и муфты 14, измеренная с помощью лазерного микроскопа вдоль направления шлифования. Среднеарифметическая шероховатость Ra1, будучи измеренной с помощью лазерного микроскопа по направлению шлифования, варьируется от 0,1 до 3,2 мкм.

Когда плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава имеет среднеарифметическую шероховатость Ra1, варьирующуюся от 0,1 до 3,2 мкм, обусловленный шероховатостью эффект сцепления повышает адгезионную способность твердого смазочного покрытия 23. Когда возрастает адгезионная способность твердого смазочного покрытия 23, повышается сопротивление заеданию резьбового соединения 50 для труб. Кроме того, когда возрастает адгезионная способность твердого смазочного покрытия 23, также может поддерживаться на низком уровне крутящий момент на запялке при затягивании.

В случае, где среднеарифметическая шероховатость Ra1 составляет менее 0,1 мкм, описанные выше эффекты не проявляются. С другой стороны, в случае, где среднеарифметическая шероховатость Ra1 составляет свыше 3,2 мкм, снижается газонепроницаемость каждого из безрезьбовых металлических контактных участков (герметизирующих участков). Поэтому среднеарифметическая шероховатость Ra1 составляет величину в диапазоне от 0,1 до 3,2 мкм. Среднеарифметическая шероховатость Ra1 может варьировать от 0,1 до 0,4 мкм.

Среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава может быть измерена таким же способом, каким измеряется среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности.

В настоящем варианте исполнения образование негладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава обеспечивает возможность того, что среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава является большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности. В этом случае, даже если струйная обработка не проводится, может получаться сопротивление заеданию, почти равное сопротивлению заеданию в случае, где выполняется струйная обработка.

Твердое смазочное покрытие 23.

Твердое смазочное покрытие 23 формируют на плакирующем слое 21 Zn-Ni-сплава, имеющем среднеарифметическую шероховатость Ra1, варьирующуюся от 0,1 до 3,2 мкм. Поскольку плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава имеет среднеарифметическую шероховатость Ra1, варьирующуюся от 0,1 до 3,2 мкм, является высокой прочностью сцепления между плакирующим слоем 21 Zn-Ni-сплава и твердым смазочным покрытием 23.

Твердое смазочное покрытие 23 повышает смазываемость резьбового соединения 50 для труб. В качестве твердого смазочного покрытия 23 может быть использовано общеизвестное твердое смазочное покрытие. Например, твердое смазочное покрытие 23 содержит частицы смазочного материала и связующий материал. Твердое смазочное покрытие 23 может содержать растворитель и другие компоненты, как потребуется.

Частицы смазочного материала снижают коэффициент трения на поверхности твердого смазочного покрытия 23. Частицы смазочного материала не ограничиваются конкретными частицами, и могут быть любыми частицами смазочных материалов, имеющими смазывающую способность. Например, частицы смазочного материала могут быть частицами одного или многих типов, выбранными из группы, состоящей из графита, MoS<sub>2</sub> (дисульфида молибдена), WS<sub>2</sub> (дисульфида вольфрама), BN (нитрида бора), PTFE (политетрафторэтилена), CF<sub>x</sub> (фторида графита), и CaCO<sub>3</sub> (карбоната кальция). Частицы смазочного материала предпочтительно представляют собой частицы одного или многих типов, выбранные из группы, состоящей из графита, фторида графита, MoS<sub>2</sub>, и PTFE. Содержание частиц смазочного материала варьируется, например, от 1 до 40 мас.%, при условии, что все компоненты, кроме растворителя, составляют 100 мас.%.

Связующий материал связывает частицы смазочного материала в твердом смазочном покрытии 23. Связующий материал представляет собой материал одного или двух типов, выбранный из группы, состоящей из органической смолы и неорганической смолы. В случае, где используется органическая смола, связующий материал представляет собой материал одного или двух типов, выбранный из группы, состоящей из терморективной смолы и термопластичной смолы. Например, терморективная смола представляет собой смолу одного или многих типов, выбранную из группы, состоящей из эпоксидной смолы, полиимидной смолы, полиуретановой смолы, поликарбодиимидной смолы, простого полиэфирсульфона, смолы на основе простого полиэфирэфиркетона, фенольной смолы, фурановой смолы, мочевиной смолы и акриловой смолы. Термопластичная смола представляет собой, например, смолу одного или многих типов, выбранную из группы, состоящей из полиамидимидной смолы, полиэтиленовой смолы, полипропиленовой смолы, полистирольной смолы и этилен-винилацетатной смолы.

В случае, где в качестве связующего материала используют неорганическую смолу, может быть применена полиметаллоксановая смола. Полиметаллоксан имеет отношение к полимеру, в котором повторяющиеся металл-кислородные связи образуют каркас основной цепи. Предпочтительно применяются полититаноксан (Ti-O) и полисилиоксан (Si-O). Эти неорганические смолы получают гидролизом и конденсацией алкоксида металла. Например, алкоксигруппа алкоксида металла представляет собой низ-

шую алкоксигруппу, такую как метоксигруппа, этоксигруппа, пропоксигруппа, изопророксигруппа, изобутоксигруппа, бутоксигруппа и трет-бутоксигруппа.

Т.е. связующий материал представляет собой материал одного или многих типов, выбранных из группы, состоящей из эпоксидной смолы, полиимидной смолы, полиуретановой смолы, поликарбонидной смолы, простого полиэфирсульфона, смолы на основе простого полиэфирэфиркетона, фенольной смолы, фурановой смолы, мочевиной смолы, акриловой смолы, полиамидимидной смолы, полиэтиленовой смолы, полипропиленовой смолы, полистирольной смолы, этилен-винилацетатной смолы, и полиметаллоксана. Содержание связующего материала варьируется, например, от 60 до 99 мас.%, при условии, что все компоненты, кроме растворителя, составляют 100 мас.%.

Твердое смазочное покрытие 23 может содержать другие компоненты, как требуется. Например, другие компоненты представляют собой материалы одного или многих типов, выбранных из группы, состоящей из антикоррозионного средства, ингибитора коррозии, поверхностно-активного вещества, воска, регулятора трения, пигмента и растворителя. Содержание каждого из частиц смазочного материала, связующего материала и других компонентов регулируют надлежащим образом. Например, содержание других компонентов составляет 10 мас.% или менее, при условии, что все компоненты, кроме растворителя, составляют 100 мас.%.

Твердое смазочное покрытие 23 формируют нанесением описанной выше композиции на контактную поверхность по меньшей мере одного из ниппеля 13 и муфты 14, и отверждением нанесенной композиции.

В случае резьбового соединения 50 для труб со свинченными друг с другом ниппелем 13 и муфтой 14 при отгрузке, твердое смазочное покрытие 23 может быть образовано на контактной поверхности одного из ниппеля 13 и муфты 14, и затем ниппель 13 и муфта 14 могут быть свинчены друг с другом. В этом случае композицию проще наносить на соединительный фитинг 12, который имеет меньшую длину, чем на стальные трубы 11, каждая из которых является более длинной. Поэтому твердое смазочное покрытие 23 предпочтительно формируют на контактной поверхности муфты 14 соединительного фитинга 12. Вне участков, которые образуют резьбовое соединение 50 для труб, передний концевой участок трубы, где ниппель 13 и муфта 14 не свинчены между собой во время перевозки, может быть конфигурирован так, что твердое смазочное покрытие 23 формируют на контактных поверхностях как ниппеля 13, так и муфты 14, чтобы обеспечить защиту от коррозии наряду со смазывающей способностью. Вместо этого твердое смазочное покрытие 23 может быть образовано на контактной поверхности одного из ниппеля 13 и муфты 14, и твердое антикоррозионное покрытие, которое будет описано позже, может быть образовано на контактной поверхности другой детали из ниппеля 13 и муфты 14. В любом случае резьбовому соединению 50 для труб могут быть приданы сопротивление заеданию, газонепроницаемость и способность противостоять коррозии.

Твердое смазочное покрытие 23 предпочтительно покрывает всю контактную поверхность по меньшей мере одного из ниппеля 13 и муфты 14. Твердое смазочное покрытие 23 может покрывать только часть контактной поверхности (например, только металлические уплотнительные участки 16 и 19).

Твердое смазочное покрытие 23 может представлять собой единственный слой или многочисленные слои. Многочисленные слои подразумевают состояние, в котором два твердых смазочных покрытия 23 или более наслоены друг на друга, считая от стороны контактной поверхности. Два или более твердых смазочных покрытий 23 могут быть образованы повторением нанесения и отверждения композиции. Твердое смазочное покрытие 23 может быть образовано непосредственно на контактной поверхности, или может быть образовано после выполнения предварительной обработки, которая будет описана позже.

Твердое смазочное покрытие 23 предпочтительно имеет толщину, варьирующуюся от 5 до 50 мкм. Когда твердое смазочное покрытие 23 имеет толщину 5 мкм или более, может быть обеспечена стабильная смазывающая способность. С другой стороны, когда твердое смазочное покрытие 23 имеет толщину 50 мкм или менее, обеспечивается стабильная адгезионная способность твердого смазочного покрытия 23. Кроме того, когда твердое смазочное покрытие 23 имеет толщину 50 мкм или менее, снижается давление на границе фаз, которое возникает, когда резьбовые участки скользят друг по другу, поскольку увеличивается допуск (зазор) в резьбовых участках на поверхности скольжения. Поэтому предотвращается чрезмерное повышение момента затяжки. Поэтому твердое смазочное покрытие 23 предпочтительно варьируется от 5 до 50 мкм. Нижний предел толщины твердого смазочного покрытия 23 более предпочтительно составляет 8 мкм, еще более предпочтительно 10 мкм. Верхний предел толщины твердого смазочного покрытия 23 более предпочтительно составляет 40 мкм, еще более предпочтительно 30 мкм.

Твердое антикоррозионное покрытие.

Описанное выше резьбовое соединение 50 для труб может включать твердое смазочное покрытие 23 на контактной поверхности одной детали из ниппеля 13 и муфты 14, и твердое антикоррозионное покрытие на другой детали из ниппеля 13 и муфты 14. Резьбовое соединение 50 для труб в некоторых случаях хранится в течение длительного периода времени, пока фактически не используется. В этом случае образование твердого антикоррозионного покрытия повышает способность ниппеля 13 и муфты 14 противостоять коррозии.

Твердое антикоррозионное покрытие представляет собой, например, хроматное покрытие, выполненное из хромата. Хроматное покрытие формируют общеизвестным хроматированием с образованием соединения трехвалентного хрома.

Твердое антикоррозионное покрытие не ограничивается хроматным покрытием. Еще одно твердое антикоррозионное покрытие содержит, например, отверждаемую ультрафиолетовым излучением смолу. В этом случае твердое антикоррозионное покрытие является достаточно прочным, чтобы не разрушаться воздействующими на него силами, когда на него нанесен протектор. Кроме того, твердое антикоррозионное покрытие не расплавляется, даже если температура достигает точки росы, и поэтому твердое антикоррозионное покрытие подвергается воздействию водного конденсата во время перевозки или хранения резьбового соединения 50 для труб. Более того, твердое антикоррозионное покрытие с трудом размягчается даже при высокой температуре свыше 40°C. Отверждаемая ультрафиолетовым излучением смола представляет собой известную композицию смолы. Отверждаемая ультрафиолетовым излучением смола не ограничивается конкретной смолой, и может представлять собой любую смолу, которая содержит мономер и олигомер, и инициатор фотополимеризации, и реакция фотополимеризации начинается, когда проводится облучение ультрафиолетовым излучением с образованием отвержденного покрытия.

Плакирующий слой может быть образован на наружной контактной поверхности резьбового соединения 50 для труб, и на плакирующем слое может быть образовано описанное выше твердое антикоррозионное покрытие. Вместо этого твердое антикоррозионное покрытие может быть образовано непосредственно на наружной контактной поверхности.

Базовый материал резьбового соединения 50 для труб.

Состав базового материала резьбового соединения 50 для труб не является конкретно ограниченным. Базовый материал резьбового соединения 50 для труб представляет собой, например, углеродистую сталь, нержавеющую сталь или легированную сталь. Среди легированных сталей высокие антикоррозионные характеристики имеет дуплексная нержавеющая сталь, содержащая Cr, Ni, Mo, и другие легирующие элементы, и Ni-сплав. Поэтому применение легированной стали любого из вышеописанных типов в качестве базового материала резьбового соединения 50 для труб обеспечивает превосходные антикоррозионные характеристики в коррозионно-агрессивной среде, содержащей сероводород, диоксид углерода или любое другое вещество.

Способ изготовления.

Ниже будет описан способ изготовления резьбового соединения 50 для труб согласно настоящему варианту осуществления.

Способ изготовления резьбового соединения 50 для труб согласно настоящему варианту осуществления включает этап образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава и этап образования твердого смазочного покрытия.

В настоящем варианте исполнения формируют негладкий плакирующий слой Zn-Ni-сплава. Поэтому среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава может быть большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактных поверхностей без выполнения струйной обработки. Т.е. в резьбовом соединении для труб, полученном способом согласно настоящему варианту осуществления, пескоструйную обработку, дробеструйную обработку и обдувку металлической крошкой не проводят.

Этап образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава.

На этапе образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава обработку для плакирования Zn-Ni-сплавом проводят с образованием негладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава на контактной поверхности по меньшей мере одного из ниппеля 13 и муфты 14 без выполнения струйной обработки. Плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава может быть образован на контактных поверхностях как ниппеля 13, так и муфты 14. Обработку для плакирования Zn-Ni-сплавом выполняют с использованием способа электролитического плакирования. Электролитическую плакирующую обработку для образования негладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава проводят с использованием общеизвестного способа. Например, электролитическую плакирующую обработку выполняют таким способом, что контактную поверхность по меньшей мере одного из ниппеля 13 и муфты 14 погружают в плакирующую ванну, содержащую ионы цинка и никеля, и пропускают ток. Может быть использована имеющаяся в продаже на рынке ванна для негладкого плакирования. Полученный плакирующий слой Zn-Ni-сплава содержит от 10 до 16 мас.% Ni.

В настоящем варианте осуществления выполнение обработки с образованием негладкого плакирующего слоя Zn-Ni-сплава позволяет обеспечить среднеарифметическую шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава в диапазоне от 0,1 до 3,2 мкм. В результате этого эффект сцепления на основе шероховатости повышает адгезионную способность твердого смазочного покрытия 23. Когда адгезионная способность твердого смазочного покрытия 23 повышается, возрастает сопротивление заеданию резьбового соединения 50 для труб. Кроме того, когда повышается адгезионная способность твердого смазочного покрытия 23, также может поддерживаться на низком уровне крутящий момент на заплечике.

На этапе образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава содержание ионов никеля в плакирующей ванне для образования негладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава, например, варьируется от 12 до

60 мас.%, как композиционное соотношение между ионами цинка и ионами никеля. Более конкретно, состав плакирующей ванны для образования негладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава содержит, например, цинк: 20 г/л, хлорид никеля: 21 г/л, хлорид аммония: 240 г/л, и присадку: 100 мл/л. В этом случае содержание ионов никеля составляет 12,0 мас.%. Присадка представляет собой, например, продукт с наименованием DAIN Zin alloy AD2 производства фирмы Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. (лаборатория). Применение плакирующей ванны, имеющей описанный выше состав, позволяет сформировать негладкий плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава, имеющий среднеарифметическую шероховатость Ra1, варьирующуюся от 0,1 до 3,2 мкм. Применение плакирующей ванны, имеющей описанный выше состав, дополнительно позволяет обеспечить более высокую среднеарифметическую шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактных поверхностей. Состав плакирующей ванны для образования негладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава не ограничивается описанным выше составом, и может быть отрегулирован надлежащим образом до такой степени, чтобы мог быть получен негладкий плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава.

Условия электролитической плакирующей обработки могут быть отрегулированы надлежащим образом. Примеры условий электролитической плакирующей обработки могут включать значение pH плакирующей ванны: от 1 до 10, температуру плакирующей ванны: от 10 до 60°C, плотность тока: от 1 до 100 А/дм<sup>2</sup>, и продолжительность обработки: от 0,1 до 30 мин. Толщина плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава предпочтительно варьируется от 1 до 20 мкм, как описано выше.

Этап образования твердого смазочного покрытия.

После этапа образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава проводят этап образования твердого смазочного покрытия. На этапе образования твердого смазочного покрытия сначала получают композицию твердого смазочного покрытия (далее также называемую композицией). Композицию получают смешением описанных выше частиц смазочного материала и связующего материала. Кроме того, композиция может содержать растворитель и другие компоненты, описанные выше.

Полученную композицию наносят на плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава. Способ нанесения не ограничивается конкретным способом. Например, может быть использован пульверизатор для напыления композиции в растворителе на плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава. В этом случае композицию равномерно наносят на плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава. Ниппель 13 или муфту 14, на которые была нанесена композиция, высушивают или нагревают и высушивают. Нагревание и высушивание могут быть выполнены, например, с использованием имеющейся в продаже на рынке сушилки с нагретым воздухом. При этом композиция отверждается, и отвержденная композиция образует твердое смазочное покрытие 23 на плакирующем слое 21 Zn-Ni-сплава. Условия нагревания и сушки могут быть отрегулированы надлежащим образом с учетом температуры кипения, температуры плавления и других характеристик каждого из содержащихся в композиции компонентов.

Для образования твердого смазочного покрытия 23 с использованием композиции без применения растворителя может быть использован, например, способ горячего расплава. В способе горячего расплава композицию нагревают до жидкого состояния. Для напыления композиции в жидком состоянии используют, например, пульверизатор, имеющий функцию поддержания температуры. Тем самым композицию равномерно наносят на плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава. Температура, до которой нагревают композицию, может быть отрегулирована с учетом температуры плавления и температуры размягчения связующего материала и других компонентов, описанных выше. Ниппель 13 или муфту 14, на которые была нанесена композиция, охлаждают на воздухе или охлаждают иным способом. Тем самым композиция затвердевает с образованием твердого смазочного покрытия 23 на плакирующем слое 21 Zn-Ni-сплава.

Образование твердого антикоррозионного покрытия (хроматирование с образованием соединения трехвалентного хрома).

Этап образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава и этап образования твердого смазочного покрытия могут быть проведены на контактной поверхности одной детали из ниппеля 13 и муфты 14 с образованием плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава и твердого смазочного покрытия 23, как описано выше.

С другой стороны, на контактной поверхности другой детали из ниппеля 13 и муфты 14 могут быть образованы плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава и твердое смазочное покрытие 23, или плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава и/или твердое антикоррозионное покрытие. Нижеследующее описание будет приведено для случая, где на другой контактной поверхности образованы плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава и твердое антикоррозионное покрытие, образованное в виде хроматного покрытия.

В этом случае описанную выше этап образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава проводят с образованием плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава. После этапа образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава выполняют хроматирование с образованием соединения трехвалентного хрома как твердого антикоррозионного покрытия.

Хроматирование с образованием соединения трехвалентного хрома представляет собой обработку для образования покрытия хромата на основе соединения трехвалентного хрома (хроматного покрытия). Хроматное покрытие, образованное при хроматировании с образованием соединения трехвалентного хрома, предотвращает появление белых выцветов на поверхности плакирующего слоя Zn-сплава. Поэтому

му улучшается внешний вид изделия. Хроматирование с образованием соединения трехвалентного хрома может быть проведено с использованием общеизвестного способа. Например, контактную поверхность по меньшей мере одного из ниппеля 13 и муфты 14 погружают в жидкость для хроматирования, или жидкость для хроматирования распыляют и наносят на контактную поверхность. Затем контактную поверхность промывают. Вместо этого контактная поверхность может быть промыта после того, как контактная поверхность погружена в жидкость для хроматирования, и через нее пропущен ток. Или же вместо этого жидкость для хроматирования может быть нанесена на контактную поверхность, и затем нагрета и высушена. Условия хроматирования с образованием соединения трехвалентного хрома могут быть отрегулированы надлежащим образом.

Подготовительный этап.

Если требуется, описанный выше способ изготовления может включать подготовительный этап перед этапом образования плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава. Например, подготовительный этап представляет собой травление и щелочное обезжиривание. На подготовительном этапе удаляют, например, смазку и другие вещества, налипшие на контактную поверхность. Кроме того, подготовительный этап может включать шлифование, такое как механическое отшлифовывание, в качестве окончательной обработки. Применяемое здесь шлифование, такое как механическое отшлифовывание в качестве окончательной обработки, имеет отношение к снижению поверхностной шероховатости резанием.

Резьбовое соединение 50 для труб согласно настоящему варианту осуществления получают проведением описанных выше технологических этапов.

Пример.

Ниже будет описан пример. Однако следует отметить, что пример не ограничивает настоящее изобретение. В примере контактная поверхность ниппеля 13 называется поверхностью ниппеля, и контактная поверхность муфты 14 называется поверхностью муфты. Кроме того, символ % в примере означает мас.%, если конкретно не оговорено иное.

В настоящем примере использовали сталь марки SM13CRS-110 для трубных соединений VAM21 (зарегистрированная торговая марка) производства фирмы NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION. Сталь марки SM13CRS-110 для трубных соединений VAM21 (зарегистрированная торговая марка) представляет собой резьбовое соединение для труб, имеющей наружный диаметр 177,80 мм (7 дюймов) и толщину стенки 11,506 мм (0,453 дюйма). Тип стали представлен сталью 13Cr. Состав стали 13Cr был следующим: C: 0,03% или менее; Si: 0,5% или менее, Mn: 0,5% или менее, Ni: от 5,0 до 6,5%, Cr: от 11,5 до 13,5%, Mo: от 1,5 до 3,0%; и остальное количество: Fe и примеси.

Механическое шлифование как окончательную обработку выполняли на поверхности ниппеля и поверхности муфты в испытании с каждым номером. Табл. 1 показывает среднеарифметическую шероховатость Ra2 контактной поверхности в испытании с каждым номером. Среднеарифметическую шероховатость Ra2 измеряли на основе стандарта JIS B0601 (2001). Для измерения среднеарифметической шероховатости Ra применяли лазерный микроскоп VK-X110 производства фирмы KEYENCE Corporation. Данные, измеренные в пределах квадрата величиной 1,25 мм с интервалами 0,85 мкм, собирали в форме карты. Критическую величину  $\lambda_c$  и длину измерения для расчета кривой шероховатости заимствовали из стандартных величин в стандарте JIS B0601 (1994). Среднеарифметическую шероховатость измеряли по направлению шлифования.

Содержание Ni в плакирующем слое 21 Zn-Ni-сплава варьировало от 10 до 16 мас.%.

Таблица 2

Номер испытания	Ниппель	Муфта				Сопротивле ние заеданию (число циклов затягивания и ослабления, которое вызывало заедание)
	Плакирую щая обработка Zn-Ni- сплавом	Предварите льная обработка	Среднеарифм етическая шероховатост ь Ra2 (мкм) контактной поверхности	Среднеари фметическ ая шероховат ость Ra1 (мкм) плакирую щего слоя Zn-Ni- сплава	Твердое смазочное покрытие	
1	выполнял и	проводили шлифовани е, и оставляли как есть	0,061	0,056	образован о	5
2	выполнял и	проводили шлифовани е, и оставляли как есть	0,061	0,276	образован о	10
Контроль ный Пример	выполнял и	проводили шлифовани е и пескоструй ную обработку	2,700	2,680	образован о	10

Плакирующий слой и покрытие сформировали следующим образом.

Испытание номер 1.

В случае испытания номер 1, выполнили электролитическое плакирование с образованием гладкого слоя Zn-Ni-сплава на поверхностях ниппеля 13 и муфты 14 для получения гладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава, имеющего толщину 10 мкм. Электролитическое плакирование проводили в следующих условиях: значение pH плакирующей ванны: 6,5; температура плакирующей ванны: 25°C; плотность тока: 2 А/дм<sup>2</sup>; и продолжительность обработки: 18 мин. Состав плакирующей жидкости был следующим: Zn: 5 г/л; Ni: 24 г/л; хлорид аммония: 206 г/л; борная кислота: 120 г/л; и присадка: 20 мл/л. Присадка представляла собой продукт с наименованием DAIN Zinalloy ADI производства фирмы Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. (лаборатория). Состав гладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава был следующим: Zn: 87%; и Ni: 13%. Среднеарифметическую шероховатость Ra после обработки плакированием для получения гладкого слоя Zn-Ni-сплава измеряли с использованием такого же метода измерения, как использованный для измерения среднеарифметической шероховатости Ra2 контактных поверхностей. Значение  $\lambda_c$  составляло 0,25 мм, и длина измерения составляла 0,67 мм. Для муфты 14 сформировали на ней твердое смазочное покрытие 23. Твердое смазочное покрытие 23 представляло собой покрытие из имеющейся в продаже на рынке термоотверждаемой эпоксидной смолы. Твердое смазочное покрытие 23 имело толщину пленки 25 мкм.

Испытание номер 2.

В случае испытания номер 2, выполнили электролитическое плакирование с образованием негладкого слоя Zn-Ni-сплава на поверхностях ниппеля 13 и муфты 14 для получения негладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава, имеющего толщину 10 мкм. Электролитическое плакирование проводили в следующих условиях: значение pH плакирующей ванны: 5,5; температура плакирующей ванны: 35°C; плотность тока: 6 А/дм<sup>2</sup>; и продолжительность обработки: 400 секунд. Состав плакирующей жидкости был следующим: Zn: 25 г/л; Ni: 28 г/л; хлорид аммония: 240 г/л; и присадка: 100 мл/л. Присадка представляла собой продукт с наименованием DAIN Zinalloy AD2 производства фирмы Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. (лаборатория). Состав негладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава был следующим: Zn: 87%; и Ni: 13%. Среднеарифметическую шероховатость Ra после обработки плакированием для получения негладкого слоя Zn-Ni-сплава измеряли с использованием такого же метода измерения, как использованный для

измерения среднеарифметической шероховатости Ra2 контактных поверхностей. Значение  $\lambda_c$  составляло 0,8 мм, и длина измерения составляла 1,25 мм. Для муфты 14 сформировали на ней твердое смазочное покрытие 23. Твердое смазочное покрытие 23 представляло собой покрытие из имеющейся в продаже на рынке термоотверждаемой эпоксидной смолы. Твердое смазочное покрытие 23 имело толщину пленки 25 мкм.

Контрольный пример.

В контрольном примере на поверхности муфты 14 провели пескоструйную обработку. Среднеарифметическую шероховатость Ra2 поверхности подвергнутой пескоструйной обработке муфты 14 измеряли с использованием описанного выше метода. Критическая величина  $\lambda_c$  и длина измерения для расчета кривой шероховатости были заимствованы из стандартных значений в стандарте JIS B0601 (1994). Среднеарифметическую шероховатость измеряли по направлению шлифования. Электролитическое плакирование для нанесения гладкого слоя 21 Zn-Ni-сплава выполняли на поверхностях ниппеля 13 и муфты 14 с образованием гладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава, имеющего толщину 10 мкм. Электролитическое плакирование проводили в следующих условиях: значение pH плакирующей ванны: 6,5; температура плакирующей ванны: 25°C; плотность тока: 2 А/дм<sup>2</sup>; и продолжительность обработки: 18 мин. Состав плакирующей жидкости был следующим: Zn: 5 г/л; Ni: 24 г/л; хлорид аммония: 206 г/л; борная кислота: 120 г/л; и присадка: 20 мл/л. Присадка представляла собой продукт с наименованием DAIN Zinalloy ADI производства фирмы Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. (лаборатория). Состав гладкого плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава был следующим: Zn: 87%; и Ni: 13%. Среднеарифметическую шероховатость Ra после обработки плакированием для получения гладкого слоя Zn-Ni-сплава измеряли с использованием такого же метода измерения, как использованный для измерения среднеарифметической шероховатости Ra2 контактных поверхностей. Критическую величину  $\lambda_c$  и длину измерения для расчета кривой шероховатости заимствовали из стандартных величин в стандарте JIS B0601 (1994). Среднеарифметическую шероховатость измеряли по направлению шлифования. Для муфты 14 сформировали на ней твердое смазочное покрытие 23. Твердое смазочное покрытие 23 представляло собой покрытие из имеющейся в продаже на рынке термоотверждаемой эпоксидной смолы. Твердое смазочное покрытие 23 имело толщину пленки 25 мкм.

Оценивали сопротивление заеданию и крутящий момент на заплечике. В контрольном примере оценивали только сопротивление заеданию, но крутящий момент на заплечике не оценивали.

Оценочное испытание сопротивления заеданию.

Оценочное испытание сопротивления заеданию проводили в соответствии со стандартом ISO 13679 (2011). Более конкретно, ниппели 13 и муфты 14 в испытаниях номер 1 и 2 свинчивали друг с другом с затягиванием вручную (затягиваем с приложением мускульного усилия), пока резьбовые участки не входили в зацепление между собой на начальном этапе затягивания. После затягивания вручную использовали приводной трубный ключ для повторения затягивания и ослабления, чтобы оценивать сопротивление заеданию. Поверхности ниппелей 13 и поверхности муфт 14 визуально обследовали всякий раз, как только проводили затягивание и ослабление. Происходило ли заедание, проверяли визуальным обследованием. В случае, где степень заедания была малой, и поэтому поверхность была пригодной для ремонта, обусловленные заеданием задиры ремонтировали, и испытание продолжали. Измеряли число циклов затягивания и ослабления в момент времени, когда происходило такое заедание, что поверхность становилась непригодной для ремонта. Результат измерения показан в поле "сопротивление заеданию" в табл. 2.

Испытание для измерения крутящего момента на заплечике.

Ниппели 13 и муфты 14 в испытаниях номер 1 и 2 свинчивали друг с другом, и число циклов затягивания (одно действие для свинчивания и действие для развинчивания считались как один цикл затягивания), и измеряли крутящий момент. Измеренные число оборотов и крутящий момент наносили на график для определения крутящего момента на заплечике. Повторяли свинчивание и развинчивание (затягивание), и каждый раз измеряли крутящий момент на заплечике. Полученный крутящий момент на заплечике использовали для расчета отношения крутящего момента на заплечике к целевому моменту затяжки (ShT%). Целевой момент затяжки был настроен на фиксированное значение. Табл. 3 показывает результаты расчета. В случае испытания номер 1, заедание происходило таким образом, что контактная поверхность была неремонтируемой при пятом затягивании и ослаблении, после чего последующие испытания ввиду этого не проводили.

Таблица 3

Число циклов затягивания	ShT (%)	
	Испытание номер 1	Испытание номер 2
1	48,8	53,0
2	55,4	45,0
3	60,9	36,0
4	64,1	39,0
5	70,7	43,0
6	-	42,0
7	-	42,0
8	-	43,0
9	-	44,0
10	-	44,0

Результаты оценки.

В случае испытания номер 2 сформировали негладкий плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава. Поэтому не проводили этап создания поверхностной шероховатости, такую как пескоструйная обработка, но среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава варьировала от 0,1 до 3,2 мкм. В результате этого сопротивление заеданию составляло 10, которое является высоким значением. Сопротивление заеданию в случае испытания номер 2 является почти равным величине сопротивления заеданию, достигнутого в контрольном примере, в котором проводили пескоструйную обработку. Кроме того, в случае испытания номер 2, в котором негладкий плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава сформировали без выполнения пескоструйной обработки, среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава была большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2 контактной поверхности. Более того, в случае испытания номер 2 крутящий момент на заплечике сохранялся при более низком значении, чем крутящий момент на заплечике в случае испытания номер 1, даже после повторения затягивания и ослабления.

В случае испытания номер 1, в котором сформировали гладкий плакирующий слой 21 Zn-Ni-сплава, среднеарифметическая шероховатость Ra1 поверхности плакирующего слоя 21 Zn-Ni-сплава составляла менее 0,1 мкм. Поэтому сопротивление заеданию было плохим. Кроме того, в случае испытания номер 1 крутящий момент на заплечике возрастал по мере повторения затягивания и ослабления.

Выше был описан вариант осуществления настоящего изобретения. Однако описанный выше вариант осуществления представляет собой только один пример осуществления настоящего изобретения, и описанный выше вариант осуществления не ограничивается описанным выше вариантом осуществления, и описанный выше вариант осуществления может быть изменен надлежащим образом в такой мере, что изменение не выходит за пределы предмета настоящего изобретения, и исполняется в измененной форме.

Список ссылочных позиций.

- 11 - стальная труба,
- 12 - соединительный фитинг,
- 13 - ниппель,
- 14 - муфта,
- 15 - участок наружной резьбы,
- 16, 19 - металлический уплотнительный участок,
- 17, 18 - заплечиковый участок,
- 20 - участок внутренней резьбы,
- 21 - плакирующий слой Zn-Ni-сплава 23 твердое смазочное покрытие,
- 50 - резьбовое соединение для труб.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение для труб, включающее ниппель и муфту, каждый из которых включает контактную поверхность, включающую резьбовой участок, причем резьбовое соединение для труб содержит:

плакирующий слой Zn-Ni-сплава, образованный на контактной поверхности по меньшей мере одного из ниппеля и муфты и содержащий от 10 до 16 мас.% Ni; и

твердое смазочное покрытие, образованное на плакирующем слое Zn-Ni-сплава,

причем контактная поверхность, на которой образован плакирующий слой Zn-Ni-сплава, является отшлифованной, и

когда среднеарифметическая шероховатость поверхности плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления, в котором отшлифована контактная

поверхность, определяется как Ra1, а среднеарифметическая шероховатость контактной поверхности, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, определяется как Ra2, среднеарифметическая шероховатость Ra1 варьируется от 0,1 до 3,2 мкм, и среднеарифметическая шероховатость Ra1 является большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2.

2. Резьбовое соединение для труб по п.1, в котором среднеарифметическая шероховатость Ra1 варьируется от 0,1 до 0,4 мкм.

3. Резьбовое соединение для труб по п.1 или 2, в котором каждая из контактных поверхностей дополнительно включает безрезьбовой металлический контактный участок.

4. Способ изготовления резьбового соединения для труб, включающего ниппель и муфту, каждый из которых имеет контактную поверхность, содержащую резьбовой участок, причем способ включает этапы:

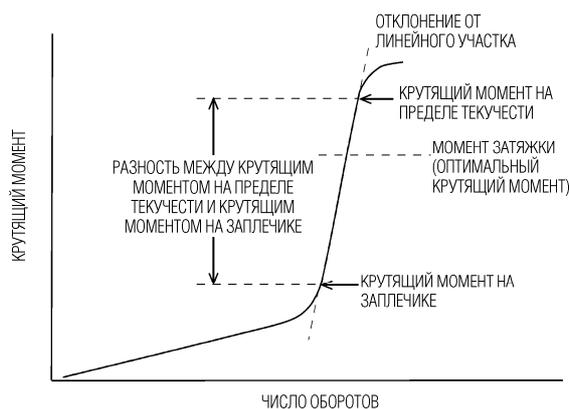
образования плакирующего слоя Zn-Ni-сплава, содержащего от 10 до 16 мас.% Ni, и имеющего среднеарифметическую шероховатость Ra1 поверхности, измеренную с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, в котором контактная поверхность отшлифована, варьирующуюся от 0,1 до 3,2 мкм, в процессе электролитического плакирования на контактной поверхности по меньшей мере одного из ниппеля и муфты, без выполнения струйной обработки; и

образования твердого смазочного покрытия на плакирующем слое Zn-Ni-сплава без выполнения струйной обработки,

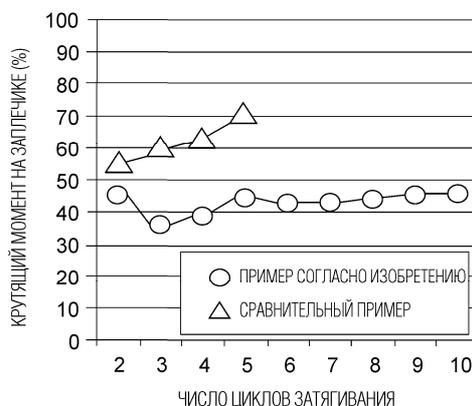
при этом среднеарифметическая шероховатость контактной поверхности, измеренная с использованием лазерного микроскопа вдоль направления шлифования, определяется как Ra2; и

среднеарифметическая шероховатость Ra1 является большей, чем среднеарифметическая шероховатость Ra2.

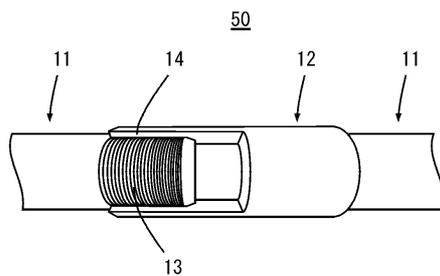
5. Способ изготовления резьбового соединения для труб по п.4, в котором каждая из контактных поверхностей дополнительно включает безрезьбовой металлический контактный участок.



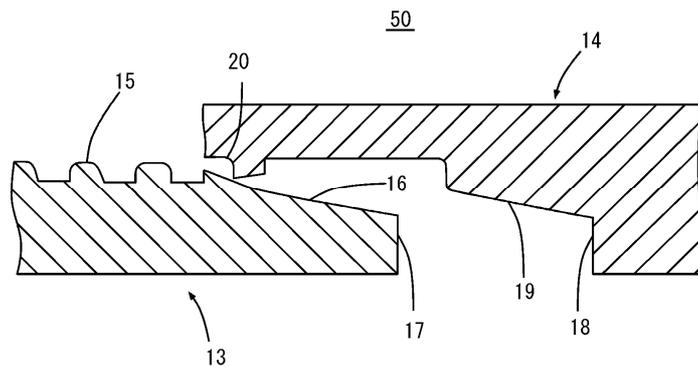
Фиг. 1



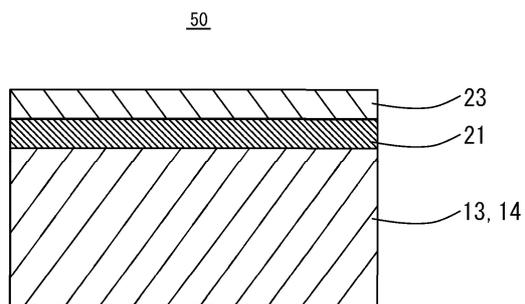
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

