

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **201891461** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2018.12.28**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.12.16**

(51) Int. Cl. **F16L 15/04** (2006.01)  
**C23C 22/18** (2006.01)  
**C23C 28/00** (2006.01)  
**C25D 5/26** (2006.01)  
**C25D 7/00** (2006.01)

(54) **РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ТРУБЫ ИЛИ ТРУБОПРОВОДА И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ ТРУБЫ ИЛИ ТРУБОПРОВОДА**

(31) **2015-254026**

(32) **2015.12.25**

(33) **JP**

(86) **PCT/JP2016/087610**

(87) **WO 2017/110685 2017.06.29**

(71) Заявитель:

**НИППОН СТИЛ ЭНД СУМИТОМО  
МЕТАЛ КОРПОРЕЙШН (JP);  
ВАЛЛУРЕК ОЙЛ ЭНД ГЭС ФРАНС  
(FR)**

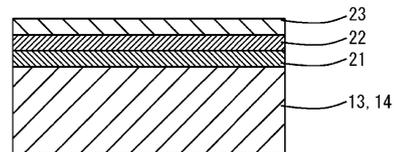
(72) Изобретатель:

**Гото Кунио, Кимото Масанари (JP)**

(74) Представитель:

**Медведев В.Н. (RU)**

(57) Целью данного изобретения является создание резьбового соединения для трубы или трубопровода, имеющего превосходное свойство предотвращения несоосности и подходящий момент прилегания и дополнительно имеющего превосходную стойкость к коррозии и превосходную адгезию твердого смазочного покрытия, и создание способа изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода согласно данному варианту осуществления включает ниппель (13) и муфту (14). Ниппель (13) и муфта (14) имеют контактные поверхности, включающие резьбовые части (15) и (20) и не имеющие резьбы металлические контактные части. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода содержит плакированный сплавом слой (21), состоящий из сплава Zn-Ni, на контактной поверхности, по меньшей мере, ниппеля (13) или муфты (14), фосфатированный слой (22) и твердое смазочное покрытие (23). Они расположены друг на друге в последовательности плакированный сплавом слой (21), фосфатированный слой (22) и твердое смазочное покрытие (23) от стороны контактной поверхности.



**201891461  
A1**

**201891461  
A1**

## **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

2420-549679EA/042

### **РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ТРУБЫ ИЛИ ТРУБОПРОВОДА И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ ТРУБЫ ИЛИ ТРУБОПРОВОДА**

Область техники, к которой относится изобретение

[0001] Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению для трубы или трубопровода и к способу изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода, в частности, к резьбовому соединению для нефтегазопромысловых и трубопроводных труб и к способу изготовления резьбового соединения для нефтегазопромысловых и трубопроводных труб.

#### **Уровень техники**

[0002] Для бурения месторождения нефти или месторождения природного газа используются нефтегазопромысловые и трубопроводные трубы. Пропорционально глубине скважины, множество стальных труб соединяются с образованием нефтегазопромысловых и трубопроводных труб. Соединение стальных труб осуществляется посредством затягивания резьбовых соединений для трубы и трубопровода, образованных на концевых частях стальных труб. Нефтегазопромысловые и трубопроводные трубы вытягиваются вверх и рассоединяются для контролирования или т.п., и после контролирования нефтегазопромысловые и трубопроводные трубы снова скрепляются и снова используются.

[0003] Резьбовое соединение для трубы или трубопровода включает ниппель и муфту. Ниппель включает часть с наружной резьбой и не имеющую резьбы металлическую контактную часть, образованную на наружной периферийной поверхности передней концевой части стальной трубы. Муфта включает часть с внутренней резьбой и не имеющую резьбы металлическую контактную часть, образованную на внутренней периферийной поверхности передней концевой части стальной трубы. Резьбовые части и не имеющие резьбы металлические контактные части ниппеля и муфты периодически подвергаются сильному трению при затягивании (свинчивании) и ослаблении (развинчивании) стальных труб. Если эти части не имеют достаточной стойкости относительно трения, то возникают заедание (неремонтируемое схватывание) при

повторяющихся затягиваниях и разъединениях. Поэтому требуется достаточная стойкость относительно трения, а именно, превосходная стойкость к истиранию для резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0004] В обычной практике, для улучшения стойкости к истиранию используется многокомпонентная смазка, называемая присадкой, содержащая тяжелые металлы. Посредством нанесения многокомпонентной смазки на поверхность резьбового соединения для трубы или трубопровода может улучшаться стойкость к истиранию резьбового соединения для трубы или трубопровода. Однако, тяжелые металлы, такие как Pb, Zn и Cu, содержащиеся в многокомпонентной смазке, могут оказывать влияние на окружающую среду. Поэтому желательна разработка резьбового соединения для трубы или трубопровода без использования многокомпонентной смазки.

[0005] В заявке на патент Японии № 8-105582 (патентная публикация 1), в международной заявке WO 1996/10710 (патентная публикация 2) и в заявке на патент Японии № 2008-215473 (патентная публикация 3) предлагаются резьбовые соединения для трубы или трубопровода, превосходные относительно стойкости к истиранию даже без многокомпонентной смазки.

[0006] Резьбовое соединение для трубы или трубопровода, описание которого приведено в патентной публикации 1, включает содержание Cr 10% или больше, и на контактной поверхности муфты или ниппеля сформирован азотированный слой толщиной 1-20 мкм и трехслойное покрытие, при этом трехслойное покрытие содержит подстилающий технологический слой, химически обработанный фосфатом марганца слой с толщиной 5-25 мкм, и слой твердого смазочного материала с толщиной 10-45 мкм. Подстилающий технологический слой выбран из азотированного слоя с толщиной 1-20 мкм, слоя листовой стали или слоя листовой легированной стали с толщиной 0,5-15 мкм. Таким образом, в патентной публикации 1 указывается, что даже когда количество использования стальной трубы увеличивается, то возможно предотвращение возникновения истиранию резьбового соединения для трубы или трубопровода в течение длительного времени.

[0007] На контактной поверхности муфты или ниппеля резьбового соединения для трубы или трубопровода, как указано в патентной публикации 2, предусмотрено полученное в результате химической фосфорной обработки покрытие или азотированный слой и полученный в результате химической фосфорной обработки слой покрытия, и слой покрытия смолой, полученный посредством распыления порошка дисульфида молибдена или дисульфида вольфрама в смолу и смешивания их. Кроме того, толщина покрытия смолой равна или больше толщины полученного в результате химической фосфорной обработки покрытия. Таким образом, в патентной публикации 2 приведено описание возможности предотвращения возникновения истирания в резьбовом соединении в течение длительного времени, даже если количество повторных использований стальной трубы увеличивается.

[0008] В резьбовом соединении для трубы или трубопровода, описание которого приведено в патентной публикации 3, контактная поверхность по меньшей мере ниппеля или муфты включает первый слой металлизации, состоящий из сплава Cu-Zn. В патентной публикации 3 указано, что это обеспечивает прекрасную стойкость резьбового соединения относительно утечки и истирания, и дополнительно улучшает щелевую коррозию в случае, когда смазочное покрытие сформировано на плакированном слое.

[0009] Для подавления истирания резьбового соединения для трубы или трубопровода целесообразно создавать плакированный слой, содержащий металл, имеющий высокую твердость и высокую температуру плавления. Для этого в обычной практике используется металлизация медью (Cu) или металлизации сплавом меди. Медь имеет большую твердость и высокую температуру плавления. Поэтому медь, содержащаяся в слое металлизации, повышает в целом твердость и температуру плавления слоя металлизации. Следовательно, увеличивается стойкость к истиранию резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0010] Список патентных публикаций

[1] Заявка на патент Японии № 8-105582

[2] Международная заявка WO 1996/10710

[3] Заявка на патент Японии № 2008-215473

### **Сущность изобретения**

[0011] Оценка стойкости к истиранию обычно выполняется при расположении подлежащих соединению труб вдоль одной оси. Однако фактически при затягивании резьбового соединения для трубы или трубопровода, стальные трубы (или стальная труба и муфта), подлежащие соединению, могут быть не центрированы относительно друг друга. Это называется несоосностью. Когда происходит несоосность, то резьбовая часть и не имеющая резьбы металлическая контактная поверхность ниппеля и муфты подвергается сильному трению и касательному напряжению. Касательное напряжение значительно больше по сравнению со случаем, когда несоосность не возникает. Поэтому, когда возникает несоосность, то более вероятно возникновение истирания. Поэтому способность подавления истирания, даже когда возникает несоосность, а именно свойство предотвращения несоосности необходимо для резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0012] В то же время, указанная выше не имеющая резьбы металлическая контактная часть включает металлическую уплотнительную часть и запечник. При затягивании резьбового соединения для трубы или трубопровода запечники ниппеля и муфты приходят в контакт друг с другом. Крутящий момент, возникающий в этой точке, называется моментом прилегания. При затягивании резьбового соединения для трубы или трубопровода, после достижения крутящим моментом момента прилегания, затягивание выполняется дальше до завершения затягивания. Это повышает непроницаемость для газа резьбового соединения для трубы или трубопровода. Когда затягивание выполняется дальше, то металл, составляющий по меньшей мере ниппель или муфту, начинает пластичную деформацию. Крутящий момент, возникающий в этой точке, называется моментом текучести.

[0013] Крутящий момент при завершении затягивания (называемый крепежным моментом) выбирается так, что получается достаточное давление уплотнения между внутренними поверхностями, независимо от величины натяга. Когда разница между моментом прилегания и моментом текучести достаточно велика, то имеется

резерв в диапазоне момента затягивания. В результате, регулирование момента затягивания упрощается. Поэтому момент прилегания предпочтительно не очень большой. Дополнительно к указанному выше свойству предотвращения несоосности, резьбовое соединение для трубы или трубопровода должно иметь подходящие свойства крутящего момента (момент прилегания и момент текучести).

[0014] После изготовления труба для нефтяной скважины транспортируется с помощью судна или т.п. и в течение определенного срока находится в хранилище до использования. Транспортировка и хранение трубы для нефтяной скважины может занимать длительный период. Кроме того, хранение трубы для нефтяной скважины может осуществляться на открытом воздухе. Во время хранения в течение длительного времени на открытом воздухе происходит коррозия резьбового соединения для трубы или трубопровода, и может быть уменьшена непроницаемость для газа и стойкость к истиранию резьбового соединения для трубы или трубопровода. Поэтому, дополнительно к указанному выше свойству предотвращения несоосности и подходящим свойствам относительно крутящего момента (момента прилегания и момента текучести), требуется хорошая стойкость к коррозии для резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0015] На резьбовой части и на не имеющей резьбы металлической контактной части образовано смазочное покрытие для улучшения стойкости к истиранию. Как указывалось выше, когда труба для нефтяной скважины хранится на открытом воздухе, труба для нефтяной скважины может повторно подвергаться воздействию высокой температуры и низкой температуры. При повторном подвергании воздействию высокой температуры и низкой температуры, может быть уменьшена адгезия твердого смазочного покрытия. Уменьшенная адгезия твердого смазочного покрытия приводит к отслаиванию твердого смазочного покрытия при выполнении затягивания. Отслаивание твердого смазочного покрытия приводит к уменьшению свойства предотвращения несоосности резьбового соединения для трубы или трубопровода. Поэтому для резьбового соединения для трубы или трубопровода требуется

высокая адгезионная способность твердого смазочного покрытия, даже в случае подвергания повторным изменениям температуры.

[0016] Относительно указанных в патентных публикациях 1-3 резьбовых соединений для трубы или трубопровода изучалась стойкость к истиранию, но не изучалось свойство предотвращения несоосности. Поэтому, имея достаточную стойкость к истиранию, резьбовые соединения для трубы или трубопровода могут иметь низкие свойства предотвращения несоосности. Кроме того, резьбовые соединения для трубы или трубопровода могут иметь чрезмерно высокий момент прилегания или могут иметь низкую стойкость к коррозии и низкую адгезию твердого смазочного покрытия.

[0017] Целью данного изобретения является создание резьбового соединения для трубы или трубопровода, имеющего превосходные свойства предотвращения несоосности и подходящий момент прилегания и дополнительно имеющего отличную стойкость к коррозии и отличную адгезию твердого смазочного покрытия, и создания способа изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0018] Резьбовое соединение для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления, включает ниппель и муфту. Ниппель и муфту включают каждая контактную поверхность, имеющую резьбовую часть и не имеющую резьбу металлическую контактную часть. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода включает на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля или муфты слой металлизации сплавом, состоящий из сплава Zn-Ni, фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие. Они расположены друг на друге в последовательности слой металлизации сплавом, фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие от стороны контактной поверхности.

[0019] Способ изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления, является способом изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода, которая включает ниппель и муфту. Ниппель и муфта имеют каждая контактную поверхность, включающую резьбовую часть и не имеющую резьбы металлическую контактную часть. Способ

изготовления, согласно данному варианту осуществления изобретения, включает стадию формирования плакированного сплавом слоя, стадию формирования фосфатированного слоя и стадию формирования твердого смазочного покрытия. На стадии формирования плакированного сплавом слоя формируется плакированный сплавом слой на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля или муфты. На стадии формирования фосфатированного слоя формируется фосфатированный слой посредством химической обработки после формирования плакированного сплавом слоя. На стадии формирования твердого смазочного покрытия формируется твердое смазочное покрытие после формирования фосфатированного слоя.

[0020] Резьбовое соединение ниппеля и муфты, согласно данному варианту осуществления, имеет превосходные свойства предотвращения несоосности и подходящий момент прилегания, и дополнительно имеет превосходную стойкость к коррозии и превосходную адгезию твердого смазочного покрытия.

#### **Краткое описание чертежей**

[0021] На чертежах схематично изображено:

фиг. 1 - затягивание резьбового соединения для трубы или трубопровода, когда возникает несоосность;

фиг. 2 - график зависимости между числом оборотов и крутящим моментом в резьбовом соединении для трубы или трубопровода;

фиг. 3 - резьбовое соединение для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления;

фиг. 4 - разрез резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления, в увеличенном масштабе;

фиг. 5 - разрез контактной поверхности резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления;

фиг. 6 - график результатов измерения момента прилегания в испытаниях 8 и 9.

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

[0022] Ниже приводится детальное описание изобретения со

ссылками на прилагаемые чертежи. Идентичные или эквивалентные элементы обозначены одинаковыми позициями, и их повторное описание не приводится.

[0023] Заявители выполнили различные исследования соотношения резьбового соединения для трубы или трубопровода и свойством предотвращения несоосности, моментом прилегания, стойкости к коррозии и адгезии твердого смазочного покрытия. В результате были получены следующие данные.

[0024] В обычных резьбовых соединениях для трубы и трубопровода, хотя стойкость к истиранию является достаточной, свойство предотвращения несоосности в некоторых случаях является не достаточным. Понятие несоосности относится к ситуации, показанной на фиг. 1. Как показано на фиг. 1, к переднему концу стальной трубы 1 прикреплена муфта. На другом конце стальной трубы 1 сформирован ниппель 3. К переднему концу другой стальной трубы 4 прикреплена муфта 5. На внутренней периферийной поверхности муфты 5 образована втулка. Ниппель 3 стальной трубы 1 вводится в муфту 5 и затягивается. Это приводит к соединению стальной трубы 1 со стальной трубой 4. В некоторых случаях при затягивании продольная центральная ось стальной трубы 1 и продольная центральная ось стальной трубы 4 не соосны, а перекрещиваются. Это называется несоосностью. При выполнении затягивания при несоосности, вероятно возникновение истирания по сравнению со случаем без несоосности.

[0025] Для улучшения свойства предотвращения несоосности резьбового соединения для трубы или трубопровода, целесообразно формировать плакированный слой, имеющий большую твердость и высокую температуру плавления, на резьбовой части и на не имеющей резьбы металлической контактной части (называемой в последующем контактной поверхностью). Если плакированный слой имеет высокую твердость, то плакированный слой трудно повредить при затягивании и ослаблении резьбового соединения для трубы или трубопровода. Кроме того, если плакированный слой имеет высокую температуру плавления, то плакированный слой трудно подвергается плавлению, даже если температура локально повышается при затягивании и ослаблении резьбового соединения для трубы или

трубопровода.

[0026] Плакированный сплавом слой, состоящий из сплава Zn-Ni, имеет большую твердость и высокую температуру плавления. Поэтому возможно улучшение свойства предотвращения несоосности резьбового соединения для трубы или трубопровода. Цинк (Zn) в виде чистого металла имеет небольшую твердость и низкую температуру плавления по сравнению с медью (Cu), которая обычно применяется для металлизации. Однако использование сплава Zn-Ni позволяет получать плакированный слой, имеющий достаточно большую твердость и достаточно высокую температуру плавления, что улучшает свойство предотвращения несоосности.

[0027] Использование сплава Zn-Ni позволяет повышать стойкость к коррозии резьбового соединения для трубы или трубопровода. Цинк (Zn) является щелочным материалом по сравнению с железом (Fe), никелем (Ni) и хромом (Cr). Поэтому, когда плакированный слой, содержащий Zn, образован на контактной поверхности, то плакированный слой подвергается коррозии предпочтительно перед стальным материалом (протекторная защита). Это повышает стойкость к коррозии резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0028] Для повышения смазочной способности, на контактной поверхности резьбового соединения для трубы или трубопровода обычно формируется твердое смазочное покрытие. Твердое смазочное покрытие может уменьшать адгезию при повторном воздействии высокой температуры и низкой температуры. Твердое смазочное покрытие, имеющее пониженную адгезию, отслаивается при затягивании и ослаблении резьбового соединения для трубы или трубопровода. В частности, когда затягивание осуществляется при несоосности, то вероятно отслаивание твердого смазочного покрытия. Отслаивание твердого смазочного покрытия приводит к уменьшению смазывания резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0029] Плакированный слой обычно имеет плоскую поверхность. Поэтому, когда формируется твердое смазочное покрытие на плакированном слое, то вероятно уменьшение адгезии твердого смазочного покрытия.

[0030] Таким образом, на плакированном сплавом Zn-Ni слое формируется фосфатированный слой, и твердое смазочное покрытие формируется на фосфатированном слое. Это повышает адгезию твердого смазочного покрытия. Фосфатированный слой включает шероховатость на своей поверхности. Когда твердое смазочное покрытие формируется на поверхности, имеющей шероховатость, то адгезия увеличивается за счет так называемого якорного эффекта. Увеличенная адгезия твердого смазочного покрытия препятствует отслаиванию даже в случае повторного воздействия высокой температуры и низкой температуры.

[0031] Металлизация медью или металлизация сплавом меди, таким как сплав Cu-Sn-Zn, используемый в обычной практике, содержит медь в качестве основного компонента. В этом случае фосфатированный слой может быть сформирован на такой металлизации. Поэтому, когда используется металлизация медью или металлизация сплавом Cu-Sn-Zn, то твердое смазочное покрытие должно быть сформировано непосредственно на плакированном слое. В этом случае твердое смазочное покрытие имеет низкую адгезию.

[0032] Формирование плакированного сплавом слоя, состоящим из сплава Zn-Ni, и фосфатированного слоя приводит к повышению адгезии твердого смазочного покрытия. Увеличенная адгезия твердого смазочного покрытия подавляет отслаивание. При подавлении отслаивания твердого смазочного покрытия, повышенная смазка сохраняется при затягивании и ослаблении. Поэтому улучшается свойство предотвращения несоосности резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0033] Кроме того, при сохранении хорошей смазки резьбового соединения для трубы или трубопровода, уменьшается момент прилегания при затягивании. На фиг. 2 график иллюстрирует соотношение между количеством оборотов и моментом в резьбовом соединении для нефтегазопромысловых и трубопроводных труб. Как показано на фиг. 2, при затягивании ниппеля и муфты, заплечики ниппеля и муфты приходят в контакт друг с другом. Крутящий момент, возникающий в этот момент времени, называется моментом прилегания. При затягивании резьбового соединения для трубы или трубопровода, после достижения крутящим моментом момента

прилегания, затягивание продолжается до завершения затягивания. Это повышает непроницаемость для газа резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0034] Крутящий момент при завершении затягивания (крепежный момент) устанавливается так, что может быть получено достаточное давление для уплотнения внутренних поверхностей, независимо от количества витков резьбы, входящих в зацепление. Когда разница между моментом прилегания и моментом текучести достаточно велика, то имеется резерв в диапазоне крепежного момента. В результате, упрощается регулирование крепежного момента. Поэтому момент прилегания предпочтительно не очень велик. Достаточно высокая адгезия твердого смазочного покрытия позволяет сохранять момент прилегания небольшим, даже при повторном затягивании и ослаблении. То есть, регулирование крепежного момента остается простым даже после повторного использования.

[0035] Резьбовое соединение для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления, основанное на указанных выше данных, включает ниппель и муфту. Ниппель и муфта включают каждая контактную поверхность, имеющую резьбовую часть и не имеющую резьбы металлическую контактную часть. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода имеет на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля или муфты плакированный сплавом слой, состоящий из сплава Zn-Ni, фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие. Они расположены друг на друге в последовательности слой металлизации сплавом, фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие от стороны контактной поверхности.

[0036] Резьбовое соединение для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления, включает плакированный сплавом слой, состоящий из сплава Zn-Ni. Поэтому резьбовое соединение для трубы или трубопровода имеет превосходные свойства предотвращения несоосности и стойкости к коррозии. Резьбовое соединение, согласно данному варианту осуществления, дополнительно включает фосфатированный слой под твердым смазочным покрытием, и тем самым адгезия твердого смазочного

покрытия с резьбовым соединением для трубы или трубопровода является высокой. Поэтому резьбовое соединение для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления, имеет высокие свойства предотвращения несоосности и подходящий момент прилегания.

[0037] Фосфатированный слой предпочтительно является марганцевым фосфатированным слоем. В этом случае дополнительно увеличивается адгезия твердого смазочного покрытия.

[0038] Предпочтительно, плакированный сплавом слой имеет толщину 1-20 мкм, фосфатированный слой имеет толщину 5-20 мкм, и твердое смазочное покрытие имеет толщину 5-50 мкм.

[0039] Способ изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления, является способом изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода, которая включает ниппель и муфту. Ниппель и муфта имеют каждая контактную поверхность, включающую резьбовую часть и не имеющую резьбы металлическую контактную часть. Способ изготовления, согласно данному варианту осуществления, включает стадию формирования плакированного сплавом слоя, стадию формирования фосфатированного слоя и стадию формирования твердого смазочного покрытия. На стадии формирования плакированного сплавом слоя формируется плакированный сплавом слой, состоящий из Zn-Ni, на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля или муфты. На стадии формирования фосфатированного слоя формируется фосфатированный слой посредством химической обработки после формирования плакированного сплавом слоя. На стадии формирования твердого смазочного покрытия формируется твердое смазочное покрытие после формирования фосфатированного слоя.

[0040] Ниже приводится детальное описание резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления, и способа изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления.

[0041] Резьбовое соединение для трубы или трубопровода включает ниппель и муфту. На фиг. 3 показано конфигурация резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно

данному варианту осуществления. Как показано на фиг. 3, резьбовое соединение для трубы или трубопровода включает стальную трубу 11 и муфту 12. На обоих концах стальной трубы 11 образован ниппель 13, который включает наружную резьбовую часть на своей наружной поверхности. На обоих концах муфты 12 сформирована муфта 14, которая включает внутреннюю резьбовую часть на своей внутренней поверхности. Посредством затягивания ниппеля 13 и муфты 14, муфта прикрепляется к одному концу стальной трубы 11. Кроме того, имеется интегральное резьбовое соединение для трубы или трубопровода, которое не включает муфту 12, но включает ниппель 13, предусмотренный на одном конце стальной трубы 11, и муфту 14 на другом конце. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода в данном варианте осуществления пригодно как для резьбовых соединений с муфтой, так и для интегрального резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0042] Ниппель и муфта имеют каждая контактную поверхность, включающую резьбовую часть и не имеющую резьбы металлическую контактную часть. На фиг. 4 показан разрез резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно данному варианту осуществления. Как показано на фиг. 4, ниппель 13 включает наружную резьбу 15 и не имеющую резьбы металлическую контактную часть. Не имеющая резьбы металлическая контактная часть образована на переднем конце ниппеля 13, включая металлическую уплотнительную часть 16 и запечик 17. Части, которые приходят в контакт друг с другом, когда ниппель 13 и муфта 14 затягиваются, называются контактными поверхностями. В частности, когда ниппель 13 и муфта 14 затянуты, то оба запечика (запечики 17 и 18), обе металлические уплотнительные поверхности (металлические уплотнительные поверхности 16 и 19) и обе резьбовые части (часть 15 наружной резьбы и часть 20 внутренней резьбы) приходят в контакт друг с другом, соответственно. То есть, контактная поверхность включает запечик, металлическую уплотнительную часть и резьбовую часть.

[0043] На фиг. 5 показан разрез контактной поверхности резьбового соединения для трубы или трубопровода, согласно

данному варианту осуществления. Как показано на фиг. 5, резьбовое соединение для трубы или трубопровода включает на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля 13 или муфты 14 плакированный сплавом слой 21, фосфатированный слой 22 и твердое смазочное покрытие 23. Они расположены в последовательности плакированный сплавом слой 21, фосфатированный слой 22 и твердое смазочное покрытие 23 со стороны контактной поверхности.

[0044] Плакированный сплавом слой 21, состоящий из сплава Zn-Ni, образован на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля или муфты. Плакированный сплавом слой 21 имеет большую твердость и высокую температуру плавления. Поэтому возможно улучшение свойства предотвращения несоосности резьбового соединения для трубы или трубопровода. Цинк (Zn), содержащийся в сплаве, является щелочным металлом. Поэтому повышается стойкость к коррозии резьбового соединения для трубы или трубопровода.

[0045] Сплав Zn-Ni включает цинк и никель, остальное составляют загрязнения. Загрязнения являются, например, Fe, S, O, C и т.п. Предпочтительно, содержание цинка в сплаве Zn-Ni составляет 85 масс.% и более предпочтительно 90 масс.%. Предпочтительно, содержание никеля в сплаве Zn-Ni составляет 10-15 масс.%. Плакированный сплавом слой 21 содержит больше цинка, так что он является более эффективным в протекторной защите.

[0046] Содержание цинка и никеля в сплаве Zn-Ni измеряется следующим методом. Измерение содержания цинка и никеля в сплаве Zn-Ni осуществляется, например, с использованием ручного анализатора флуоресценции в рентгеновских лучах (Olympus DP2000, торговая марка DELTA Premium). Любые четыре части (любые части 0°, 90°, 180° и 270° в окружном направлении трубы) на поверхности металлической уплотнительной части, которая плакирована сплавом Zn-Ni, измеряются для анализа состава. Измеряемое содержание цинка и никеля измеряется в режиме измерения сплава.

[0047] Толщина плакированного сплавом слоя 21 предпочтительно составляет 1-20 мкм. Если плакированный сплавом слой 21 имеет толщину 1 мкм или больше, то может быть увеличено свойство предотвращения несоосности и стойкость к коррозии

резьбового соединения для трубы или трубопровода. Если плакированный сплавом слой 21 имеет толщину 20 мкм или меньше, то стабилизируется адгезия металлизации. Поэтому предпочтительно толщина плакированного сплавом слоя 21 составляет 1–20 мкм.

[0048] Толщина плакированного сплавом слоя 21 измеряется следующим методом. Щуп устройства для измерения толщины пленки, соответствующий ISO 21968(2005), прикладывается к контактной поверхности, образованной с помощью плакированного сплавом слоя 21. Измеряется разница фаз между высокочастотным магнитным полем на стороне входа щупа и током перегрузки, который создается высокочастотным магнитным полем на плакированном сплавом слое 21. Эта разница фаз преобразуется в толщину плакированного сплавом слоя 21. При измерении толщины пленки в резьбовом соединении, измеряются любые четыре положения (любые положения  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  и  $270^\circ$  в окружном направлении трубы) на металлической уплотнительной части.

[0049] Фосфатированный слой 22 сформирован на плакированном сплавом слое 21. Фосфатированный слой 22 имеет шероховатость на своей поверхности. Твердое смазочное покрытие 23 затвердевает при заполнении шероховатости, и тем самым увеличивается адгезия твердого смазочного покрытия 23. Поскольку адгезия твердого смазочного покрытия 23 является большой, то увеличивается срок службы твердого смазочного покрытия. Поэтому, даже когда резьбовое соединение для трубы или трубопровода используется повторно, подавляется отслаивание твердого смазочного покрытия 23. Кроме того, фосфатированный слой 22 является пористым. Поэтому, даже в случае, когда твердое смазочное покрытие изнашивается за счет повторного использования резьбового соединения для трубы или трубопровода, часть твердого смазочного покрытия 23 или остатки изношенного твердого смазочного покрытия 23 остаются в порах фосфатированного слоя 22. Поэтому резьбовое соединение для трубы или трубопровода имеет хорошую смазку, даже при повторном использовании.

[0050] Фосфатированный слой 22 содержит кристаллы фосфата металла, и остаток состоит из загрязнений. Вид фосфата металла

особо не ограничивается. Примеры фосфатов металла включают фосфат цинка, фосфат железа, фосфат марганца и фосфат кальция. Кристаллы одного из этих фосфатов металла служат в качестве покрытия для формирования фосфатированного слоя 22. Фосфатированный слой 22 предпочтительно является слоем фосфата марганца или цинка. Слой фосфата марганца является особенно предпочтительным с точки зрения свойств пористости. Использование фосфата марганца для фосфатированного слоя 22 приводит к повышению адгезии твердого смазочного покрытия 23 по сравнению с использованием фосфатов других металлов.

[0051] Фосфатированный слой 22 предпочтительно имеет толщину от 5 до 20 мкм. Если фосфатированный слой 22 имеет толщину 5 мкм или больше, то обеспечивается возможность стабильного получения адгезии твердого смазочного покрытия 23 и подходящего момента прилегания твердого смазочного покрытия 23. В противоположность этому, если фосфатированный слой 22 имеет толщину больше 20 мкм, то достигается насыщение указанного выше эффекта. Кроме того, если фосфатированный слой 22 имеет толщину 20 мкм или меньше, то возможно подавление роста кристаллов и достаточное покрытие плакированного сплавом слоя 21, состоящего из сплава Zn-Ni. Следовательно, фосфатированный слой 22 предпочтительно имеет толщину 5-20 мкм. Толщина фосфатированного слоя измеряется тем же методом, что и толщина плакированного сплавом слоя 21.

[0052] Твердое смазочное покрытие 23 образовано на фосфатированном слое 22. За счет твердого смазочного покрытия 23 улучшается смазка резьбового соединения для трубы или трубопровода. В качестве твердого смазочного покрытия 23 можно использовать хорошо известные покрытия. Твердое смазочное покрытие 23 содержит, например, смазочные твердые частицы и связующее вещество. Твердое смазочное покрытие 23 может содержать растворитель и при необходимости другие составляющие.

[0053] Смазочные твердые частицы уменьшают коэффициент трения поверхности твердого смазочного покрытия 23. Твердые частицы могут быть любыми, если они смазочные частицы. Смазочные твердые частицы могут быть, например, графитом, дисульфидом

молибдена ( $\text{MoS}_2$ ), дисульфидом вольфрама ( $\text{WS}_2$ ), нитридом бора ( $\text{BN}$ ), политетрафторэтиленом (PTFE), фторидом графита ( $\text{CF}_x$ ), карбонатом кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) или их комбинацией. Предпочтительными являются графит, фторид графита, ( $\text{MoS}_2$ ) и PTFE. Если твердое смазочное покрытие 23 принять за 100 масс.%, то содержание смазочных твердых частиц предпочтительно составляет 5–40 масс.%.

[0054] Связующее вещество связывает смазочные твердые частицы в твердом смазочном покрытии 23. В качестве связующего вещества можно использовать органическую смолу, терморезистивную смолу или термопластичную смолу. Терморезистивная смола включает, например, эпоксидную смолу, полиимидную смолу, поликарбодиимидную смолу, полиэфирсульфоновую смолу, полиэфирэфиркетоновую смолу, фенольную смолу, фурановую смолу и акриловую смолу. Термопластичная смола включает, например, полиамидимидную смолу, полиэтиленовую смолу, полипропиленовую смолу, полистирольную смолу, и этиленвинилацетатную смолу. Если твердое смазочное покрытие 23 принять за 100 масс.%, то содержание связующего вещества предпочтительно составляет 60–95 масс.%.

[0055] В случае использования неорганической смолы, можно использовать полиметаллоксан. Полиметаноксан является высокомолекулярным полимером, имеющим основную цепь, состоящую из повторяющихся связей металл-кислород. Предпочтительно, используются полтитаноксан ( $\text{Ti-O}$ ) и полисилоксан ( $\text{Si-O}$ ). Эти неорганические смолы получают посредством подвергания алкокси металлов гидролизу и конденсации. Алкокси группа алкоксида металла является, например, низкомолекулярной группой алкокси, такой как группа метокси, группа этокси, группа пропокси, группой изопропокси, группой изобутокси, группой бутокси и группой трет-бутокси.

[0056] Если имеется необходимость в растворении или дисперсии смазочных твердых частиц и связующего вещества, то используется растворитель. Растворитель особо не ограничивается, он должен лишь растворять или диспергировать компоненты, содержащиеся в смазочном покрытии 23. В качестве растворителя можно использовать органический растворитель или воду. Примеры

органического растворителя включают толуол и изопропиловый спирт.

[0057] Твердое смазочное покрытие 23 может содержать при необходимости другие компоненты. Примеры других компонентов включают ингибитор коррозии, поверхностно-активное вещество, воск, модификатор трения, пигмент и т.п. Содержание смазочных твердых частиц, связующего вещества, растворителя и других компонентов выбирается подходящим образом.

[0058] Твердое смазочное покрытие 23 предпочтительно имеет толщину 5–50 мкм. Если твердое смазочное покрытие 23 имеет толщину 5 мкм или больше, то можно стабильно получать высокую смазочную способность. В то же время, если твердое смазочное покрытие 23 имеет толщину 50 мкм или меньше, то стабилизируется адгезия твердого смазочного покрытия 23. Кроме того, если твердое смазочное покрытие 23 имеет толщину 50 мкм или меньше, то расширяется допуск резьбы (просвет) поверхности скольжения, что уменьшает давление между поверхностями при скольжении. Поэтому крепежный момент может быть не чрезвычайно большим. Следовательно, твердое смазочное покрытие 23 предпочтительно имеет толщину от 5 до 50 мкм.

[0059] Толщина твердого смазочного покрытия 23 измеряется с помощью следующего метода. При тех же условиях, что и в случае нанесения твердого смазочного покрытия 23 на резьбовое соединение для трубы или трубопровода, твердое смазочное покрытие 23 наносится на плоскую пластину. Среди условий нанесения покрытия на резьбовое соединение для трубы или трубопровода и на плоскую пластину, следующие условия должны быть согласованы: расстояние между объектом, подлежащим покрытию, и выходом форсунки, давление инъекции, вязкость состава, скорость вращения подлежащего покрытию объекта и т.п. Для согласования вязкости состава должны быть согласованы температуры бака, трубы и выхода форсунки при нанесении покрытия на резьбовое соединение для трубы или трубопровода и на пластину. Из разницы веса пластины перед нанесением покрытия и после нанесения покрытия, можно вычислять количество наносимого покрытия в единицу времени. Состав затвердевает на пластине с

образованием твердого смазочного покрытия 23. Толщина твердого смазочного покрытия 23 измеряется с использованием измерителя толщины пленки. Из разницы веса пластины перед нанесением состава и веса пластины после нанесения состава вычисляется вес твердого смазочного покрытия 23. Из толщины пленки и веса твердого смазочного покрытия 23 вычисляется плотность твердого смазочного покрытия 23. Затем из формы и размера резьбы (внутреннего диаметра и толщины и т.п.) вычисляется площадь нанесения резьбового соединения для трубы или трубопровода. Площадь нанесения соответствует площади образующей резьбу поверхности, имеющей неровности в плоской поверхности. Из времени нанесения состава на резьбовое соединение для трубы или трубопровода, площади нанесения и плотности твердого смазочного покрытия 23, вычисляется средняя толщина твердого смазочного покрытия 23 на резьбовом соединении для трубы или трубопровода.

[0060] Состав базового материала резьбового соединения для трубы или трубопровода особо не ограничивается. Базовый материал включает углеродистые стали, нержавеющие стали и стальные сплавы. Среди стальных сплавов, высоколегированные стали, такие как двухфазные нержавеющие стали, содержащие легирующий элемент, такой как Cr, Ni и Mo, и сплавы никеля имеют высокую стойкость к коррозии. Поэтому использование высоколегированных сталей в качестве базового материала приводит к отличной стойкости к коррозии в коррозионных условиях, содержащих сульфид водорода, диоксид углерода и т.п.

[0061] Способ изготовления, согласно данному варианту осуществления, включает стадию формирования плакированного сплавом слоя, стадию формирования фосфатированного слоя и стадию формирования твердого смазочного покрытия. Стадии выполняются в последовательности: стадия формирования плакированного сплавом слоя, стадия формирования фосфатированного слоя и стадия формирования твердого смазочного покрытия. Способ изготовления может включать при необходимости стадию предварительной обработки перед стадией формирования плакированного сплавом слоя.

[0062] На стадии формирования плакированного сплавом слоя,

на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля 13 или муфты 14 образуется плакированный сплавом слой 21, состоящий из сплава Zn-Ni. Плакированный сплавом слой 21 формируется посредством гальваностегии. Гальваностегия выполняется так, что контактная поверхность по меньшей мере ниппеля 13 или муфты 14 погружается в ванну металлизации, содержащую ионы цинка и ионы никеля, и включается электрическое напряжение. Ванны металлизации доступны коммерчески. Ванна металлизации предпочтительно содержит ионы цинка в количестве 1-100 г/л и ионы никеля в количестве 1-50 г/л. Условия гальваностегии могут выбираться подходящим образом. Например, гальваностегия выполняется при условиях: величина pH составляет 1-10, температура - 10-60°C, плотность тока - 1-100 А/дм<sup>2</sup>, и период времени обработки - 0,1-30 минут.

[0063] После стадии формирования плакированного сплавом слоя, выполняется стадия формирования фосфатированного слоя. Стадия формирования фосфатированного слоя может выполняться с помощью хорошо известной химической обработки фосфатом. Например, подготавливается ванна, в которой в воде растворен указанный выше фосфат металла. Подготовленную ванну нагревают, и ниппель 13 или муфта 14 со сформированным плакированным сплавом слоем 21 погружается в ванну на определенный период времени. За счет этого на плакированном сплавом слое 21 образуется фосфатированный слой 22. Ванна, используемая на стадии формирования фосфатированного слоя предпочтительно содержит фосфат металла в количестве от 50 до 200 г/л. Условия для химической обработки фосфатом могут выбираться подходящим образом. Например, условия химической обработки фосфатом следующие: температура 45-90°C и время обработки 2-10 минут

[0064] После стадии формирования фосфатированного слоя выполняется стадия формирования твердого смазочного покрытия. На стадии формирования твердого смазочного покрытия, сначала подготавливается композит для формирования твердого смазочного покрытия (называемый в последующем композитом). Композит создается посредством смешивания указанных выше смазочных твердых частиц и связующего вещества. Композит может

дополнительно содержать указанный выше растворитель или другие компоненты.

[0065] Полученный композит наносится на фосфатированный слой 22. Способ нанесения особо не ограничивается. Например, композит, содержащий растворитель, распыляется на фосфатированный слой 22 с использованием распылителя. Это делает композит, нанесенный на фосфатированный слой 22, равномерным. Ниппель 13 или муфта 14, на которую нанесен композит, подвергается сушке посредством нагревания. Сушка посредством нагревания осуществляется с помощью коммерчески доступного сушильного оборудования или т.п. Это приводит к затвердеванию композита с образованием твердого смазочного покрытия 23 на фосфатированном слое 22. Условия для сушки посредством нагревания можно устанавливать в соответствии с температурой кипения, температурой плавления и т.п. каждого компонента применяемого композита.

[0066] Для композита, не содержащего растворителя, можно использовать способ нанесения расплава, в котором композит нагревается для перевода в жидкое состояние. Композит в жидком состоянии распыляется с помощью распылителя, имеющего подходящую температуру. При этом композит равномерно наносится на фосфатированный слой 22. Температура нагревания композита выбирается в соответствии с температурой плавления и температурой размягчения указанного выше связующего вещества и других компонентов. Ниппель 13 или муфта 14, на которую нанесен композит, охлаждается воздухом или т.п. Это приводит к затвердеванию композита с образованием твердого смазочного покрытия на фосфатированном слое 22.

[0067] В указанные выше стадии изготовления может быть включена при необходимости стадия предварительной обработки перед стадией формирования плакированного сплавом слоя. Примеры стадии предварительной обработки включают травление и обезжиривание щелочью. На стадии предварительной обработки, счищаются нефть и т.п., прилипшие к контактной поверхности. Стадия предварительной обработки может дополнительно включать шлифование, такое как механическое чистовое шлифование.

### Примеры

[0068] Ниже приводится описание примеров. В примерах контактная поверхность ниппеля называется ниппельной поверхностью, а контактная поверхность муфты называется муфтовой поверхностью. Дополнительно к этому, знак % означает масс.%.

[0069] В данных примерах используется снабженная резьбой стальная труба марки VAM 21® фирмы Nippon steel&Summito metal corporation. VAM 21® является резьбовым соединением для трубы или трубопровода, имеющего наружный диаметр 24,448 см (9-5/8 дюйма) и толщину стенки 1,199 см (0,472 дюйма). Сорт стали углеродистая сталь или сталь с высоким содержанием хрома. Состав углеродистой стали С 0,21%, Si 0,25%, Mn 1,1%, P 0,02%, S 0,01%, Cu 0,04%, Ni 0,06%, Cr 0,17% и Mo 0,04%, остальное Fe и загрязнения. Состав высоко хромированной стали С 0,18%, Si 0,23%, Mn 0,8%, P 0,02%, S 0,01%, Cu 0,04%, Ni 0,1%, Cr 13% и Mo 0,04%, остальное Fe и загрязнения.

[0070] Используемые в каждом испытании ниппельная поверхность и втулочная поверхность подвергались механической шлифовальной чистовой обработке (до шероховатости поверхности 3 мкм). Затем были сформированы плакированные слои или покрытия, указанные в таблице 1, с целью подготовки ниппеля и муфты для каждого испытания.

[0071] Таблица 1

Номер теста	Сорт стали		Плакированный слой (толщина в мкм)	Фосфатированный слой (толщина в мкм)	Твердое смазочное покрытие (в мкм)	Другие
1	Углеродистая сталь	Ниппельная поверхность	-	Слой фосфата цинка (8 мкм)	-	Покрытие УФ-смолой (25 мкм)
		Втулочная поверхность	Слой металлизации сплавом Zi-Ni (8 мкм)	Слой фосфата марганца (12 мкм)	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-
2	Хромированная сталь	Ниппельная поверхность	Слой металлизации сплавом Zi-Ni (8 мкм)	Слой фосфата марганца (12 мкм)	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-
		Втулочная поверхность	Слой металлизации сплавом Zi-Ni (8 мкм)	Слой фосфата марганца (12 мкм)	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-
3	Углеродистая сталь	Ниппельная поверхность	-	Слой фосфата цинка (8 мкм)	-	Покрытие УФ-

						СМОЛОЙ (25 мкм)
		Втулочная поверхность	-	Слой фосфата марганца (12 мкм)	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-
4	Углеродистая сталь	Ниппельная поверхность	-	Слой фосфата цинка (8 мкм)	-	Покрытие УФ- смолой (25 мкм)
		Втулочная поверхность	Слой металлизации сплавом Cu-Sn-Zi (8 мкм)	-	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-
5	Углеродистая сталь	Ниппельная поверхность	-	Слой фосфата цинка (8 мкм)	-	Покрытие УФ- смолой (25 мкм)
		Втулочная поверхность	Слой металлизации сплавом Zi-Ni (8 мкм)	-	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-
6	Хромированная	Ниппельная	Слой металлизации	-	Твердое	-

	сталь	поверхность	сплавом Zi-Ni (8 мкм)		смазочное покрытие (30 мкм)	
		Втулочная поверхность	Азотированный слой (2 мкм)	Слой фосфата марганца (12 мкм)	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-
7	Углеродистая сталь	Ниппельная поверхность	-	Слой фосфата цинка (8 мкм)	-	Покрытие УФ-смолой (25 мкм)
		Втулочная поверхность	Слой металлизации Fe (1,5 мкм)	Слой фосфата марганца (12 мкм)	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-

[0072] Способ формирования слоев или покрытий металлизации состоит в следующем.

[0073] Испытание 1. Для испытания 1 выполнялась следующая обработка углеродистой стали. Поверхность муфты была плакирована сплавом Zn-Ni (Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd.) посредством гальваностегии с образованием плакированного сплавом слоя с толщиной 8 мкм. Условия гальваностегии: рН ванны 6,5, температура ванны 25°C, плотность тока 2 А/дм<sup>2</sup> и время обработки 18 минут. Состав плакированного сплавом слоя: Zn 85% и Ni 15%. Втулочная поверхность с образованным на ней плакированным сплавом слоем была погружена в жидкий фосфат марганца для химической обработки при температуре 80–90°C в течение 10 минут, за счет чего был образован марганцевый фосфатированный слой, имеющий толщину 12 мкм (при шероховатости поверхности 10 мкм). На втулочную поверхность с образованным на ней марганцевым фосфатированным слоем был нанесен композит для формирования твердого смазочного покрытия. Композит для формирования твердого смазочного покрытия содержал полиамидимидную смолу, воду, диметилсульфоксид (DMSO) и твердые частицы PTFE. Композит для формирования твердого смазочного покрытия распылялся для нанесения на втулочную поверхность, а затем подвергался сушке посредством нагревания для образования твердого смазочного покрытия. В качестве сушки посредством нагревания выполнялась предварительная сушка (при 85°C в течение 10 минут) и сушка (при 280°C в течение 30 минут). Полученное твердое смазочное покрытие имело среднюю толщину пленки 30 мкм.

[0074] Ниппельная поверхность была погружена в ванну фосфата цинка для химической обработки при температуре 75–85°C на 10 минут, за счет чего был сформирован цинковый фосфатированный слой, имеющий толщину 8 мкм (с шероховатостью поверхности 5 мкм). Кроме того, на полученный цинковый фосфатированный слой наносился композит для формирования покрытия из затвердевающей при облучении ультрафиолетом смолы. Композит для формирования покрытия из затвердевающей при облучении ультрафиолетом смолы содержал акриловую затвердевающую при облучении ультрафиолетом

смолу, фосфит алюминия и полиэтиленовый воск в соотношении 1:0,05:0,01. Фосфит алюминия является антикоррозионным средством, а полиэтиленовый воск является смазкой. Нанесенный композит для формирования покрытия из затвердевающей при облучении ультрафиолетом смолы облучался ультрафиолетовым светом с образованием покрытия из затвердевающей при облучении ультрафиолетом смолы, имеющего толщину 25 мкм. Полученное покрытие из затвердевающей при облучении ультрафиолетом смолы было окрашенным и прозрачным. Условия для облучения ультрафиолетовым светом следующие:

УФ лампа - охлаждаемая воздухом ртутная лампа,  
выходная мощность УФ лампы - 4 кВт,  
длина волны УФ света - 260 нм.

[0075] (Испытание 2). Для испытания 2 сталь с высоким содержанием хрома подвергалась следующей обработке. Плакированный сплавом слой, марганцевый фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие были образованы на ниппельной поверхности и втулочной поверхности, как с втулочной поверхностью в испытании 1. Полученный плакированный сплавом слой и покрытия имели ту же толщину, что и втулочная поверхность в испытании 1. Полученный плакированный сплавом слой имел ту же конфигурацию, что и втулочная поверхность для испытания 1.

[0076] (Испытание 3). Для испытания 3 была выполнена следующая обработка углеродистой стали. Цинковый фосфатированный слой и покрытие из затвердевающей при облучении ультрафиолетом смолы были образованы на ниппельной поверхности, как для втулочной поверхности для испытания 1. Сформированные покрытия имели ту же толщину, что и в испытании 1. Марганцевый фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие были сформированы на втулочной поверхности, как в испытании 1. Полученные покрытия имели ту же толщину, что и втулочная поверхность в испытании 1. Однако плакированный сплавом слой не был образован на втулочной поверхности для испытания 3.

[0077] (Испытание 4). Для испытания 4 была выполнена следующая обработка углеродистой стали. Цинковый фосфатированный слой и покрытие из затвердевающей при облучении ультрафиолетом

смолы были образованы на ниппельной поверхности, как для ниппельной поверхности для испытания 1. Сформированные покрытия имели толщину, как в испытании 1. На втулочной поверхности был сформирован плакированный сплавом Cu-Sn-Zn слой. В качестве ванны металлизации использовалась ванна фирмы Nihon Kagaku Sangyo Co., Ltd. Плакированный сплавом Cu-Sn-Zn слой был сформирован посредством гальваностегии. Условия для гальваностегии были: pH ванны 14, температура ванны 45°C, плотность тока 2 А/дм<sup>2</sup> и время обработки 40 минут. Состав плакированного сплавом Cu-Sn-Zn слоя: Cu около 63%, Sn около 30% и Zn около 7%. Затем, как и в испытании 1, было сформировано твердое смазочное покрытие. Полученное твердое смазочное покрытие имело толщину, как в испытании 1. Однако на втулочной поверхности для испытания 4 не был образован фосфатированный слой, поскольку фосфатированный слой не может быть сформирован на втулочной поверхности.

[0078] (Испытание 5). Для испытания 5 была выполнена следующая обработка углеродистой стали. Цинковый фосфатированный слой и покрытие из затвердевающей при облучении ультрафиолетом смолы были образованы на ниппельной поверхности, как для ниппельной поверхности для испытания 1. Сформированные покрытия имели ту же толщину, что и в испытании 1. На втулочной поверхности был сформирован плакированный сплавом слой, как для втулочной поверхности в испытании 1, а затем, без формирования марганцевого фосфатированного слоя на нем, было сформировано то же твердое смазочное покрытие, как на втулочной поверхности в испытании 1. Полученные плакированный сплавом слой и твердое смазочное покрытие имели ту же толщину и тот же состав, что и втулочная поверхность для испытания 1.

[0079] (Испытание 6). Для испытания 6 была выполнена следующая обработка стали с высоким содержанием хрома. На ниппельной поверхности был сформирован плакированный сплавом слой, как для втулочной поверхности испытания 1, а затем, без формирования марганцевого фосфатированного слоя на нем, было сформировано то же твердое смазочное покрытие, как на втулочной

поверхности в испытании 1. Полученные плакированный сплавом слой и твердое смазочное покрытие имели ту же толщину, что и втулочная поверхность для испытания 1. Полученный плакированный сплавом слой имел тот же состав, что и втулочная поверхность в испытании 1. На втулочную поверхность, вместо плакированного сплавом слоя на втулочной поверхности в испытании 1, был образован азотированный слой посредством азотирования (способом нитрирования в соляной ванне при низкой температуре), а затем были сформированы марганцевый фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие, как на втулочной поверхности в испытании 1. Полученный азотированный слой имел толщину 2 мкм, и покрытия имели ту же толщину, как на втулочной поверхности в испытании 1.

[0080] (Испытание 7). Для испытания 7 была выполнена следующая обработка углеродистой стали. Цинковый фосфатированный слой и покрытие из затвердевающей при облучении ультрафиолетом смолы были образованы на ниппельной поверхности, как для ниппельной поверхности для испытания 1. Сформированные покрытия имели ту же толщину, что и в испытании 1. На втулочной поверхности был сформирован посредством гальваностегии плакированный Fe слой с толщиной 1,5 мкм. Состав ванны металлизации железом: 250 г/л  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 42г/л  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 20г/л  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Условия гальваностегии: плотность тока 10 А/дм<sup>2</sup> и время обработки 60 с. На плакированном железом слое были сформированы марганцевый фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие, как на втулочной поверхности для испытания 1. Полученные покрытия имели тот же состав, что и на втулочной поверхности для испытания 1.

[0081] (Испытание оценки свойства предотвращения несоосности). Повторение затягивания и ослабления с несоосностью выполнялись с ниппелем и муфтой в испытаниях 1-7 для оценки свойства предотвращения несоосности. Угол  $\Theta$  несоосности составлял 5°. Затягивание и ослабления повторялись до 10 раз. Скорость затягивания при затягивании и ослаблении составляла 10 об/мин, а крепежный момент 42,8 кНм. При каждом выполнении серии затягивания и ослабления осуществлялось визуальное

контролирование втулочной поверхности и ниппельной поверхности. Посредством визуального контролирования проверялось возникновение истирания. Когда истирание было небольшим и тем самым поправимым, то дефект истирания ремонтировался, и испытание продолжалось. Фиксировалось количество последовательных затягиваний и ослаблений без возникновения непоправимого истирания. Результаты показаны в таблице 2.

[0082] (Испытания с разбрызгиванием соли). Испытание с разбрызгиванием соли проводилось на втулочной поверхности испытаний 1-7. Испытание с разбрызгиванием соли проводилось в соответствии со способом, согласно JIS Z2371(2000). Образцы имели размер 70 мм на 150 мм и толщину 1 мм. Посредством визуального контролирования определялся момент времени, в который появлялась красная ржавчина на поверхности образца в каждом испытании. Результаты показаны в таблице 2.

[0083] Адгезия твердого смазочного покрытия оценивалась с использованием втулок испытаний 1-7. В частности, на муфте в каждом испытании был установлен протектор, а затем она хранилась при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  в течение 24 часов, а затем при температуре  $70^{\circ}\text{C}$  в течение 24 часов. Кроме того, установка и снятие протектора повторялось 3 раза при комнатной температуре ( $20^{\circ}\text{C}$ ). Затем выполнялось визуальное контролирование для проверки присутствия/отсутствия отслаивания твердого смазочного покрытия. Кроме того, определялась площадь отслаивания твердого смазочного покрытия посредством обработки изображения. А именно, подвергаемую проверке втулочная поверхность фотографировали, и полученное изображение оцифровывалось. Площади частей, эквивалентных местам отслаивания, суммировались с образованием площади отслаивания. Результаты показаны в таблице 2.

[0083] Таблица 2

Номер теста	Возникновение истирания 1) (количество затыгиваний)										Испытание с разбрызгиванием соли согласно JIS Z2371:2000) (2000ч) 2)	Тест с установкой/снятием протектора 3)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Нет ржавчины	Нет отслоения покрытия
2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Нет ржавчины	Нет отслоения покрытия
3	o	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ржавчина после 100 ч	Слабое отслоение покрытия
4	o	o	o	o	o	Δ	x	-	-	-	-	Ржавчина после 750 ч	Сильное отслоение покрытия
5	o	o	o	o	o	Δ	x	-	-	-	-	Нет ржавчины	Сильное отслоение покрытия
6	o	o	o	x	-	-	-	-	-	-	-	Ржавчина (питтинг) после 500 ч	Нет отслоения покрытия
7	o	o	x	-	-	-	-	-	-	-	-	Ржавчина после 150 ч	Слабое отслоение покрытия

Примечания:

1) o: нет истирания,

Δ: небольшое истирание (затыгивание можно выполнять после ремонта места истирания)

x: значительное истирание (не ремонтируемо),

-: испытание закончено.

2) Было установлено, что нет проблем со свойством предотвращения коррозии при длительном хранении, если ржавчина не возникла в течение 1500 ч или больше.

3) Слабое отслаивание покрытия: доля площади отслаивания 5-10%,

Сильное отслаивание покрытия: доля площади отслаивания >10%.

[0085] (Оценка результатов). Как показано в таблицах 1 и 2, резьбовое соединение для трубы или трубопровода в испытании 1 и 2 включает плакированный сплавом слой, фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля или муфты. Поэтому после десяти повторов затягивания и ослабления с несоосностью не возникает истирания, что показывает превосходные свойства предотвращения несоосности. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода в испытаниях 1 и 2 включает плакированный сплавом слой, состоящий из сплава Zn-Ni. Поэтому ржавчина не появляется после непрерывного обрызгивания солью в течение 2000 ч, что означает превосходную стойкость к коррозии. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода в испытаниях 1 и 2 включает фосфатированный слой. Поэтому не возникает отслаивание твердого смазочного покрытия после испытания с установленным и не установленным протектором, что означает превосходную адгезию твердого смазочного покрытия.

[0086] В противоположность этому, на поверхности ниппеля и муфты в испытании 3 не был образован плакированный сплавом слой. Поэтому истирание проявляется при втором затягивании и ослаблении с несоосностью, что указывает на низкие свойства предотвращения несоосности. Кроме того, коррозия возникает после обрызгивания солью в течение 100 ч, что означает низкую стойкость к коррозии. После испытания с установленным и не установленным протектором зафиксировано отслаивание твердого смазочного покрытия, что означает низкую адгезию твердого смазочного покрытия.

[0087] Для плакированного сплавом слоя, сформированного на поверхности муфты в испытании 4, использовался сплав Cu-Sn-Zn вместо сплава Zn-Ni. Кроме того, в испытании 4 не мог быть образован фосфатированный слой. Поэтому слабое истирание возникло при шестом затягивании и ослаблении, указывая, соответственно, на низкое свойство предотвращения несоосности. Кроме того, ржавчина появилась после 750 часов испытания солью, что означает низкую стойкость к коррозии. После испытания с установленным и не установленным протектором, твердое смазочное покрытие отслоилось на доли площади больше 10%, что означает

низкую адгезию твердого смазочного покрытия.

[0088] Фосфатированный слой не был образован на поверхности муфты в испытании 5. Поэтому слабое истирание проявилось при шестом затягивании и ослаблении с несоосностью, и не ремонтируемое истирание появилось при седьмом затягивании и ослаблении, что указывает на низкое свойство предотвращения несоосности. Кроме того, после испытания с установленным и не установленным протектором, твердое смазочное покрытие отслоилось на доли площади больше 10%, что указывает, соответственно, на низкую адгезию твердого смазочного покрытия.

[0089] На поверхность муфты в испытании 6 был образован азотированный слой вместо плакированного сплавом Zn-Ni слоя. Поэтому истирание проявилось после четвертого затягивания и ослабления, что указывает на низкое свойство предотвращения несоосности. Кроме того, ржавчина (питтинг) появилась после испытания солью в течение 750 ч, что означает низкую стойкость к коррозии.

[0090] В испытании 7 на поверхности муфты был сформирован плакированный Fe слой вместо плакированного сплавом Zn-Ni слоя. Поэтому истирание проявилось после третьего затягивания и ослабления с несоосностью, что означает низкое свойство предотвращения несоосности. Кроме того, ржавчина появилась после испытания солью в течение 150 ч, что означает низкую стойкость к коррозии.

[0091] (Испытание с измерением момента прилегания). Были измерены изменения момента прилегания в зависимости от наличия/отсутствия фосфатированного слоя. Сначала были приготовлены ниппель и муфта, выполненные из стали с высоким содержанием хрома VAM21®. В качестве стали с высоким содержанием хрома использовался сорт стали SM13CrS-110, который является особенно чувствительным к истиранию среди хромированных сталей. VAM21® имел наружный диаметр 17,78 см (7 Дюймов) и толщину стенки 1,151 см (0,453 дюйма). При использовании VAM21® была выполнена следующая обработка ниппеля и муфты, показанная в таблице 3.

[0092] На каждой из ниппельных поверхностей в испытании 8 и 9 был сформирован плакированный сплавом слой, как в испытании 1. Полученный плакированный сплавом слой имел ту же толщину, что и в испытании 1. Затем была выполнена обработка хроматом с использованием трехвалентного хромата.

[0093] На поверхности муфты в испытании 8 был сформирован плакированный сплавом слой, как в испытании 1. Полученный плакированный сплавом слой имел ту же толщину, что и в испытании 1. Затем поверхность муфты была погружена в ванну для химической обработки фосфатом цинка при температуре 75–85°C в течение 10 минут, за счет чего был сформирован цинковый фосфатированный слой толщиной 8 мкм (при шероховатости поверхности 5 мкм). Кроме того, на втулочную поверхность с образованным на ней цинковым фосфатированным слоем был нанесен композит для формирования твердого смазочного покрытия. Композит для формирования твердого смазочного покрытия содержал эпоксидную смолу (22 масс.%), частицы PTFE (9 масс.%), растворитель (18 масс.% в целом), воду (40 масс.%) и другие добавки (включая пигмент) (11 масс.%). Композит для формирования твердого смазочного покрытия напылялся для нанесения, а затем подвергался сушке нагреванием с образованием твердого смазочного покрытия. Полученное твердое смазочное покрытие имело среднюю толщину пленки 30 мкм.

[0094] На поверхности муфты в испытании 9 были сформированы плакированный сплавом слой и твердое смазочное покрытие, как для испытания 8. Полученные плакированный сплавом слой и твердое смазочное покрытие имели ту же толщину, что и в испытании 8. Однако в испытании 9 не был сформирован фосфатированный слой.

[0095] Ниппели и муфты в испытании 8 и 9 затягивались, и измерялось количество оборотов и крутящий момент. Измеренное количество оборотов и крутящий момент использовались в построении графика для определения момента прилегания. Затягивания и ослабления повторялись 7 раз, и каждый раз определялся момент прилегания. Из полученных моментов прилегания вычислялось соотношение момента прилегания относительно целевого крепежного момента ( $ShT\%$ ). Целевой крепежный момент имел

постоянную величину. Результаты показаны в таблице 4. В испытании 9 непоправимое истирание возникло при пятом затягивании и ослаблении, так что испытание далее не проводилось.

[0096] Таблица 3

Номер теста	Сорт стали		Слой металлизации (толщина в мкм)	Фосфатированный слой (толщина в мкм)	Твердое смазочное покрытие (мкм)	Другие
8	Сталь с высоким содержанием хрома	Поверхность ниппеля	Плакированный сплавом Zn-Ni слой (8 мкм)	-	-	Обработка хроматом
		Поверхность муфты	Плакированный сплавом Zn-Ni слой (8 мкм)	Цинковый фосфатированный слой (8 мкм)	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-
9	Сталь с высоким содержанием хрома	Поверхность ниппеля	Плакированный сплавом Zn-Ni слой (8 мкм)	-	-	Обработка хроматом
		Поверхность муфты	Плакированный сплавом Zn-Ni слой (8 мкм)	-	Твердое смазочное покрытие (30 мкм)	-

[0097] Таблица 4

Число затягиваний и ослаблений	ShT%	
	Тест 8	Тест 9
1	73%	156%
2	60%	115%
3	66%	101%
4	67%	137%
5	61%	164%
6	61%	-
7	61%	-
8	60%	-
9	55%	-
10	55%	-

[0098] Как показано в таблице 3 и 4, резьбовое соединение для трубы или трубопровода в испытании 8 включает плакированный сплавом Zn-Ni слой, фосфатированный слой и твердое смазочное покрытие на поверхности муфты. Поэтому ShT% составлял 70% или меньше после 10 повторений затягивания и ослабления, показывая стабильно низкий момент прилегания. На фиг. 6 показан график результатов испытания 8 и 9 измерения момента прилегания. В испытании 8 ShT% был стабильно низким, даже после повторения затягивания и ослабления.

[0099] В противоположность этому, в испытании 9 на поверхности ниппеля и муфты резьбового соединения для трубы или трубопровода не был сформирован фосфатированный слой 9. Поэтому ShT% стал больше 100% при выполнении затягивания и ослабления, что означает большой момент прилегания. Кроме того, в испытании 9 возникает непоправимое истирание при пятом затягивании и ослаблении. Причина этому оценивается так, что в испытании 9 не был сформирован плакированный сплавом слой, и тем самым адгезия твердого смазочного покрытия является небольшой, так что твердое смазочное покрытие отслаивался при испытании, и уменьшалась смазка контактной поверхности.

[0100] Выше было приведено описание варианта осуществления данного изобретения. Однако вариант осуществления, описание

которого приведено выше, является лишь примером реализации данного изобретения. Поэтому данное изобретение не ограничивается указанным выше вариантом осуществления, и он может быть модифицирован и реализован подходящим образом, без выхода за объем данного изобретения.

[0101] Перечень ссылочных позиций

3, 13 Ниппель

14 Муфта

15, 20 Резьбовая часть

17, 18 Запечник

16, 19 Металлическая уплотнительная часть

21 Плакированный сплавом слой

22 Фосфатированный слой

23 Твердое смазочное покрытие

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода, содержащее ниппель и муфту, включающие каждая контактную поверхность, которая включает резьбовую часть и не имеющую резьбы металлическую контактную часть, отличающееся тем, что содержит:

на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля или муфты,

плакированный сплавом слой, состоящий из сплава Zn-Ni;

фосфатированный слой на плакированном сплавом слое; и

твердое смазочное покрытие на фосфатированном слое.

2. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода по п. 1, **отличающееся тем**, что фосфатированный слой является марганцевым фосфатированным слоем.

3. Резьбовое соединение для трубы или трубопровода по любому из пп. 1 или 2, **отличающееся тем**, что плакированный сплавом слой имеет толщину 1-20 мкм, фосфатированный слой имеет толщину 5-20 мкм, и твердое смазочное покрытие имеет толщину 5-50 мкм.

4. Способ изготовления резьбового соединения для трубы или трубопровода, которое включает ниппель и муфту, каждый из которых включает контактную поверхность, которая включает резьбовую часть и не имеющую резьбы металлическую контактную поверхность, отличающийся тем, что включает стадии:

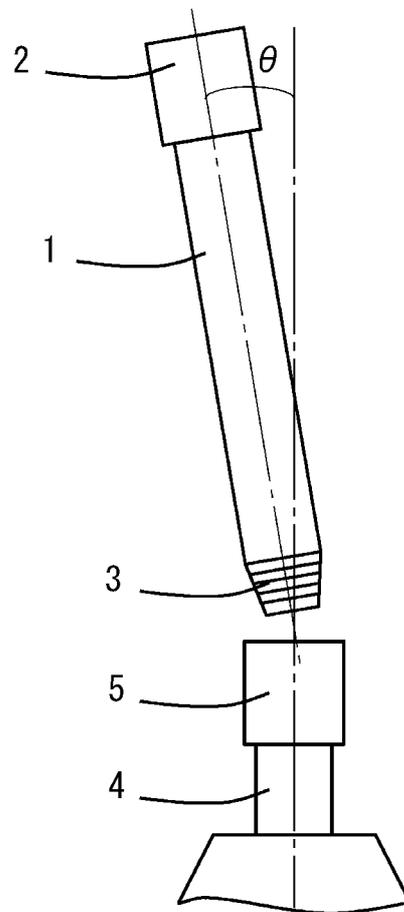
формирования на контактной поверхности по меньшей мере ниппеля или муфты плакированного сплавом слоя, состоящего из сплава Zn-Ni;

формирования фосфатированного слоя посредством выполнения химической обработки после формирования плакированного сплавом слоя; и

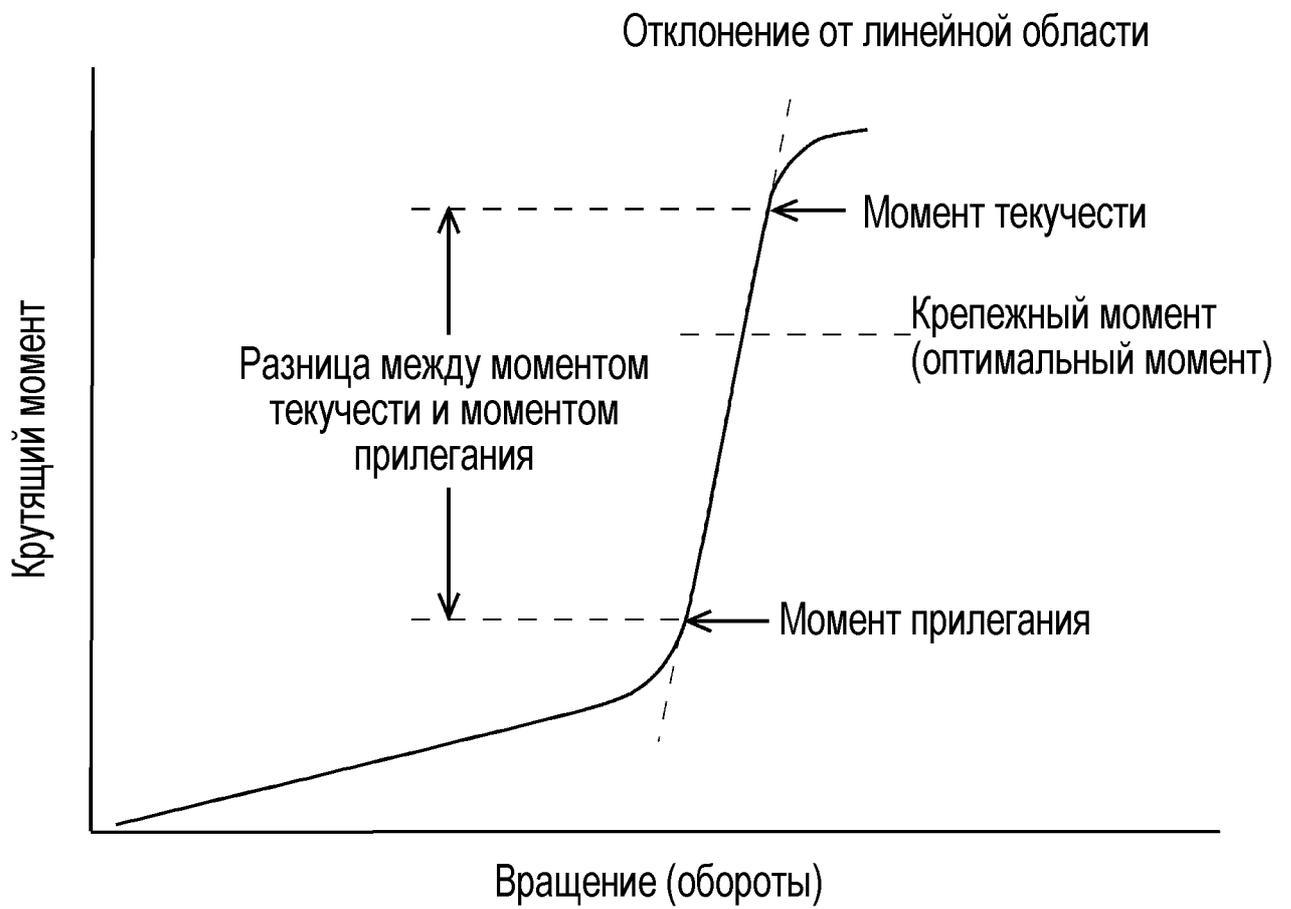
формирования твердого смазочного покрытия после формирования фосфатированного слоя.

По доверенности

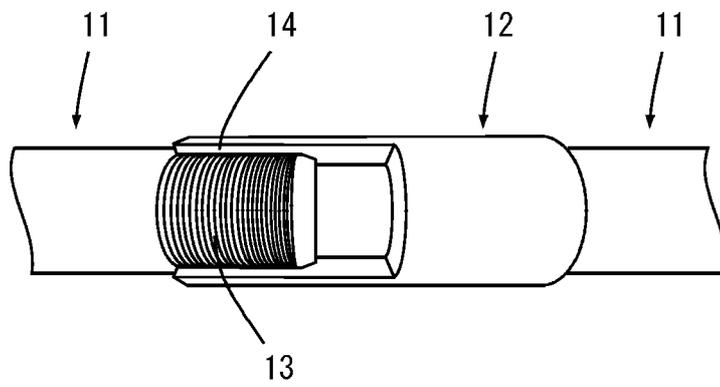
ФИГ.1



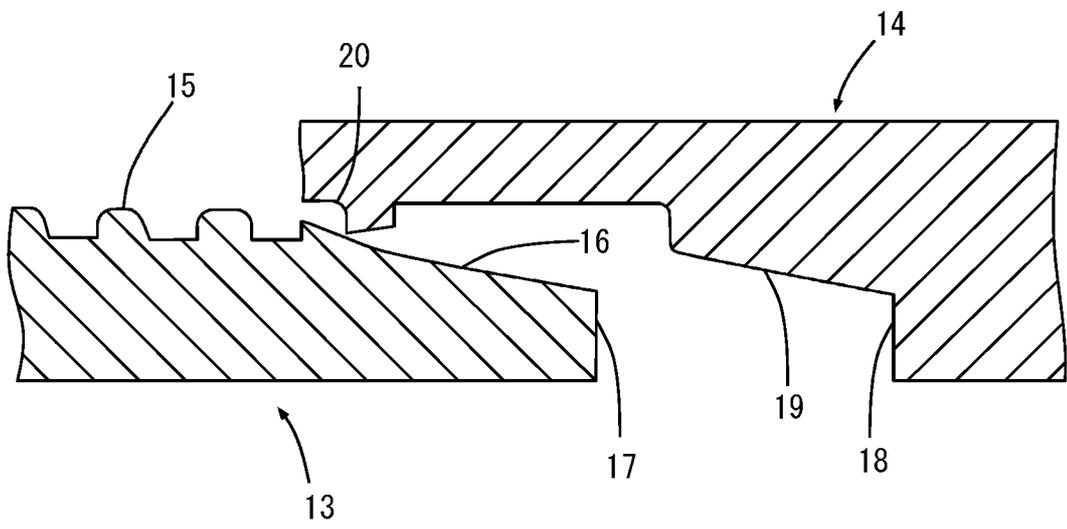
ФИГ.2



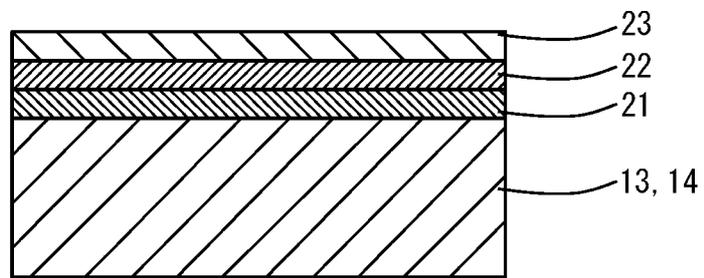
ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ.5



ФИГ.6

