

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202090599 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.07.31(22) Дата подачи заявки
2018.08.30(51) Int. Cl. *F16L 15/04* (2006.01)
C25D 5/26 (2006.01)
C25D 5/36 (2006.01)
C25D 7/04 (2006.01)
F16L 15/00 (2006.01)
F16L 58/08 (2006.01)

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

(31) 2017-169097

(32) 2017.09.04

(33) JP

(86) PCT/JP2018/032090

(87) WO 2019/044961 2019.03.07

(71) Заявитель:

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

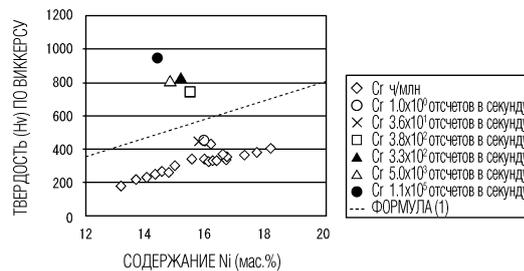
(72) Изобретатель:

Кимото Масанари, Осима Масахиро
(JP)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Настоящее изобретение обеспечивает резьбовое соединение для труб и способ изготовления резьбового соединения для труб. Резьбовое соединение для труб включает в себя ниппель (4), муфту (5) и слой (6) покрытия из сплава Zn-Ni. Ниппель (4) имеет контактную поверхность (40) со стороны ниппеля, которая включает в себя резьбовой участок (41) со стороны ниппеля. Муфта (5) имеет контактную поверхность (50) со стороны муфты, которая включает в себя резьбовой участок (51) со стороны муфты. Слой (6) покрытия из сплава Zn-Ni образован по меньшей мере на одной из контактной поверхности (40) со стороны ниппеля и контактной поверхности (50) со стороны муфты. Слой (6) покрытия из сплава Zn-Ni состоит из Zn, Ni, следового количества Cr и примесей. Следовое количество Cr в слое (6) покрытия из сплава Zn-Ni составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более в пересчете на интенсивность Cr, измеренную с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов с использованием ионов O_2^+ в качестве бомбардирующих ионов.



A1

202090599

202090599

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-561746EA/23

РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ТРУБ И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ ТРУБ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0001] Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению для труб и способу изготовления резьбового соединения для труб.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002] Трубные изделия нефтяного сортамента используются для бурения нефтяных месторождений и месторождений природного газа. Трубные изделия нефтяного сортамента получают путем соединения множества стальных труб в соответствии с глубиной скважины. Соединение стальных труб выполняют путем свинчивания резьбовых соединений для труб, которые образованы на концах стальных труб. Трубные изделия нефтяного сортамента поднимают и разбирают для осмотра и т.п., а затем снова собирают после осмотра и повторно используют.

[0003] Резьбовое соединение для труб включает в себя ниппель и муфту. Ниппель включает в себя внешний резьбовой участок, который образован на внешней периферийной поверхности на концевом участке стальной трубы. Муфта включает в себя внутренний резьбовой участок, который образован на внутренней периферийной поверхности на концевом участке стальной трубы. В некоторых случаях ниппель и муфта также включают в себя нерезьбовой металлический контактный участок. Нерезьбовой металлический контактный участок включает в себя металлический уплотнительный участок и заплечиковый участок. При свинчивании стальных труб внешний резьбовой участок и внутренний резьбовой участок входят в контакт друг с другом, как и металлические уплотнительные участки, а также заплечиковые участки.

[0004] Резьбовые участки и нерезьбовые металлические контактные участки ниппеля и муфты многократно испытывают сильное трение во время свинчивания и развинчивания стальных труб. Если эти области имеют недостаточное сопротивление трению, во время многократного свинчивания и развинчивания произойдет заедание (неремонтопригодное заедание). В связи с этим необходимо обеспечить резьбовые соединения для труб, которые имеют достаточное сопротивление трению, то есть превосходное сопротивление заеданию.

[0005] До сих пор для улучшения сопротивления заеданию использовались комбинированные консистентные смазки, содержащие тяжелые металлы. Нанесение комбинированной консистентной смазки на поверхность резьбового соединения для труб может повышать сопротивление заеданию резьбового соединения для труб. Однако тяжелые металлы, например, Pb, содержащиеся в комбинированных консистентных смазках, могут оказывать отрицательное влияние на окружающую среду. По этой причине желательно разработать резьбовое соединение для труб без использования комбинированной консистентной смазки.

[0006] Были предложены резьбовые соединения для труб, в которых вместо комбинированной консистентной смазки используется консистентная смазка («экологичная смазка»), которая не содержит тяжелые металлы. Например, в Публикации международной заявки на патент № WO2008/108263 (Патентный документ 1) описано резьбовое соединение для труб, которое имеет превосходное сопротивление заеданию даже при использовании консистентной смазки, которая не содержит тяжелые металлы.

[0007] Особенность резьбового соединения для труб, описанного в Публикации международной заявки на патент № WO2008/108263 (Патентный документ 1), заключается в том, что контактная поверхность по меньшей мере одного из ниппеля и муфты имеет первый слой покрытия, состоящий из сплава Cu, выбранного из группы, состоящей из сплава Cu-Zn и сплава Cu-Zn-M1 (где «M1» представляет собой один или более типов элемента, выбранного из группы, состоящей из Sn, Bi и In). В Патентном документе 1 описано, что в результате при использовании экологичной смазки и даже в случае резьбового соединения без смазки получают резьбовое соединение для труб, которое имеет достаточное сопротивление заеданию.

[0008] Резьбовое соединение для труб, описанное в Публикации международной заявки на патент № WO2016/170031 (Патентный документ 2), включает в себя резьбовой участок и первую уплотнительную поверхность, и его особенность заключается в том, что резьбовой участок и первая уплотнительная поверхность покрыты антикоррозионным и стойким к заеданию слоем, выполненным из металла, в котором цинк (Zn) является основным компонентом по массе.

СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ДОКУМЕНТОВ

ПАТЕНТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

[0009] Патентный документ 1: Публикация международной заявки на патент № WO2008/108263

Патентный документ 2: Публикация международной заявки на патент № WO2016/170031

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

[0010] В соответствии с технологией, описанной в Патентном документе 1 и Патентном документе 2, сопротивление заеданию может быть улучшено путем образования слоя покрытия на контактной поверхности соответствующего резьбового соединения для труб. Однако даже при использовании вышеуказанной технологии были случаи, когда достаточное сопротивление заеданию не достигалось.

[0011] Задача настоящего изобретения заключается в обеспечении резьбового соединения для труб, которое имеет превосходное сопротивление заеданию, и способа изготовления резьбового соединения для труб.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

[0012] Резьбовое соединение для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя ниппель, муфту и слой покрытия из сплава Zn-Ni.

Ниппель имеет контактную поверхность со стороны ниппеля, включающую в себя резьбовой участок со стороны ниппеля. Муфта имеет контактную поверхность со стороны муфты, включающую в себя резьбовой участок со стороны муфты. Слой покрытия из сплава Zn-Ni образован на по меньшей мере одной из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты. Слой покрытия из сплава Zn-Ni состоит из Zn, Ni, следового количества Cr и примесей. Следовое количество Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более в пересчете на интенсивность Cr, измеренную с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов с использованием ионов O_2^+ в качестве бомбардирующих ионов.

[0013] Способ изготовления резьбового соединения для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя этап погружения и этап пропуска тока. На этапе погружения сначала подготавливают ниппель, имеющий контактную поверхность со стороны ниппеля, включающую в себя резьбовой участок со стороны ниппеля, и муфту, имеющую контактную поверхность со стороны муфты, включающую в себя резьбовой участок со стороны муфты. Затем по меньшей мере одну из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты погружают в раствор для нанесения покрытия. Раствор для нанесения покрытия содержит ионы цинка, ионы никеля и ионы хрома. Концентрация ионов хрома в растворе для нанесения покрытия находится в диапазоне от 30 до 2000 ч/млн. На этапе пропуска тока пропускают ток через по меньшей мере одну из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты, погруженную в раствор для нанесения покрытия. За счет этого на по меньшей мере одной из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты образуется слой покрытия из сплава Zn-Ni.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0014] Резьбовое соединение для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления имеет превосходное сопротивление заеданию. Резьбовое соединение для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления получают, например, в соответствии с вышеуказанным способом изготовления.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0015] [Фиг. 1] Фиг. 1 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между следовой концентрацией ионов металла в растворе для нанесения покрытия и твердостью слоя покрытия из сплава Zn-Ni.

[Фиг. 2] Фиг. 2 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между содержанием Ni и твердостью слоя покрытия из сплава Zn-Ni в случае отсутствия Cr.

[Фиг. 3] Фиг. 3 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость, полученную при добавлении данных о твердости слоя покрытия из сплава Zn-Ni, содержащего следовое количество Cr, к Фиг. 2.

[Фиг. 4] Фиг. 4 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между концентрацией Cr в растворе для нанесения покрытия и глянецитостью поверхности слоя

покрытия из сплава Zn-Ni.

[Фиг. 5] Фиг. 5 представляет собой вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения для труб с использованием соединителя в соответствии с настоящим вариантом осуществления.

[Фиг. 6] Фиг. 6 представляет собой вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения для труб, выполненного за одно целое, в соответствии с настоящим вариантом осуществления.

[Фиг. 7] Фиг. 7 представляет собой вид в разрезе примера резьбового соединения для труб.

[Фиг. 8] Фиг. 8 представляет собой вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления в случае, когда резьбовое соединение для труб не имеет металлического уплотнительного участка и заплечикового участка.

[Фиг. 9] Фиг. 9 представляет собой вид в разрезе примера резьбового соединения для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления.

[Фиг. 10] Фиг. 10 представляет собой вид в разрезе примера резьбового соединения для труб в соответствии с другим вариантом осуществления, отличным от примера, показанного на Фиг. 9.

[Фиг. 11] Фиг. 11 представляет собой вид в разрезе примера резьбового соединения для труб в соответствии с другим вариантом осуществления, отличным от примеров, показанных на Фиг. 9 и Фиг. 10.

[Фиг. 12] Фиг. 12 представляет собой вид в разрезе резьбового соединения для труб в случае, когда резьбовое соединение для труб включает в себя твердое смазочное покрытие.

[Фиг. 13] Фиг. 13 представляет собой график, иллюстрирующий результаты измерений масс-спектрометрии вторичных ионов, выполненной в Испытаниях № 2, 6, 10, 14, 18 и 22.

ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0016] Настоящий вариант осуществления подробно описан ниже со ссылкой на чертежи. Одинаковые ссылочные позиции используются на всех чертежах для обозначения одинаковых или подобных частей, и их описание не повторяется.

[0017] Авторы настоящего изобретения провели исследования, касающиеся сопротивления заеданию резьбовых соединений для труб. В результате авторы настоящего изобретения получили следующие результаты.

[0018] Эффективной мерой для увеличения сопротивления заеданию резьбового соединения для труб во время свинчивания и развинчивания резьбы является образование слоя покрытия, имеющего высокую твердость и высокую температуру плавления контактной поверхности, которая включает в себя резьбовой участок. В случае высокой твердости слоя покрытия повреждение слоя покрытия при выполнении свинчивания и развинчивания резьбового соединения для труб менее вероятно. В дополнение, в случае

высокой температуры плавления слоя покрытия при выполнении свинчивания и развинчивания резьбового соединения для труб может быть предотвращено снижение твердости слоя покрытия даже в случае локального возникновения высокой температуры в слое покрытия. В результате сопротивление заеданию резьбового соединения для труб улучшается.

[0019] Сплав Zn-Ni, который представляет собой сплав Zn, имеет достаточно высокую твердость и высокую температуру плавления. Соответственно, при использовании сплава Zn-Ni для образования слоя покрытия сопротивление заеданию резьбового соединения для труб может быть улучшено. В настоящем описании слой покрытия, состоящий из сплава Zn-Ni и примесей, называется «слой покрытия из сплава Zn-Ni».

[0020] Авторы настоящего изобретения провели исследования, касающиеся способов увеличения твердости слоя покрытия из сплава Zn-Ni.

[0021] Традиционно в качестве способов увеличения твердости слоя покрытия известно три вида способов, а именно: (1) добавление органической добавки, (2) легирование и (3) образование композитного покрытия. (1) В способе с добавлением органической добавки органическую добавку, которая увеличивает твердость, добавляют в раствор для нанесения покрытия. За счет этого твердость слоя покрытия увеличивается. Органическая добавка, которая увеличивает твердость, в частности, называется «добавка, повышающая твердость». Добавки, повышающие твердость, представлены на рынке. Например, Cosmo G (торговое название), который представляет собой раствор для нанесения на основе сульфата меди, производимый компанией Daiwa Special Chemical Co., Ltd., включает в себя G-1, который представляет собой добавку, повышающую твердость. Примером другой добавки, повышающей твердость, является полиакриламид. (2) В способе легирования легирующие элементы добавляют в количестве от нескольких % до нескольких десятков %, и слой покрытия легируется. За счет этого твердость слоя покрытия увеличивается. Примеры покрытия из сплава включают в себя покрытие из сплава Zn-Ni и покрытие из сплава Ni-P. Покрытие из сплава Ni-P содержит от 2 до 15 мас.% P, а остаток состоит из Ni и примесей. (3) В соответствии со способом образования композитного покрытия твердые частицы, например, карбида кремния, оксида алюминия или алмаза, совместно осаждают в слое покрытия. За счет этого твердость слоя покрытия увеличивается.

[0022] Однако авторы настоящего изобретения сделали открытие, полностью отличающееся от традиционной технологии, а именно, что твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni может быть увеличена за счет содержания следового количества металлического элемента в слое покрытия из сплава Zn-Ni.

[0023] Традиционно ионы металла, отличные от ионов металлических компонентов (Zn и Ni) слоя покрытия из сплава Zn-Ni, считались примесями в растворе для нанесения покрытия. Другими словами, следовые количества металлических элементов представляют собой примеси в растворе для нанесения покрытия для образования слоя

покрытия из сплава Zn-Ni. В некоторых случаях примеси в растворе для нанесения покрытия вызывают дефекты покрытия. Выражение «дефекты покрытия» относится, например, к дефектам внешнего вида и дефектам физических свойств. Дефекты внешнего вида включают в себя, например, ямки, грубые покрытия, матовые покрытия, неоднородный внешний вид и оголенные участки. Дефекты физических свойств включают в себя, например, уменьшение твердости слоя покрытия, уменьшение вязкости и уменьшение адгезионной способности. К настоящему времени были предприняты попытки уменьшения примесей в растворах для нанесения покрытий для предотвращения возникновения дефектов покрытия.

[0024] Авторы настоящего изобретения исследовали эффекты в случае, когда в слое покрытия из сплава Zn-Ni содержалось следовое количество металлического элемента, которое до сих пор считалось примесью. В результате авторы настоящего изобретения сделали следующие выводы.

[0025] Фиг. 1 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между следовой концентрацией ионов металла в растворе для нанесения покрытия и твердостью слоя покрытия из сплава Zn-Ni. Здесь выражение «раствор для нанесения покрытия» относится к раствору для нанесения покрытия для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni, который представляет собой раствор для нанесения покрытия, содержащий ионы цинка и ионы никеля. Ось абсцисс на Фиг. 1 показывает концентрацию (ч/млн) следового количества ионов металла, содержащихся в растворе для нанесения покрытия. Здесь выражение «следовое количество ионов металла» относится к ионам металла, отличным от ионов цинка и ионов никеля. Ось ординат на Фиг. 1 показывает твердость (HV) по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni. Твердость по Виккерсу измеряется способом в соответствии со стандартом JIS Z 2244 (2009), в котором температура испытания представляет собой нормальную температуру (25°C), а усилие (F) испытания равно 0,01 Н.

[0026] Обратимся к Фиг. 1, в случае, когда в растворе для нанесения покрытия содержатся ионы Fe или ионы Cu, твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni существенно не меняется. В дополнение, если концентрация ионов Fe составляет более 900 ч/млн, твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni уменьшается. Однако в случае, когда раствор для нанесения покрытия содержит следовое количество ионов хрома, твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni существенно увеличивается. Другими словами, было обнаружено, что твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni увеличивается за счет содержания металлических элементов, которые до сих пор считались примесями, в следовом количестве. Кроме того, было обнаружено, что среди металлических элементов Cr особенно эффективен для увеличения твердости слоя покрытия из сплава Zn-Ni.

[0027] Авторы настоящего изобретения подробно изучили слой покрытия из сплава Zn-Ni, который был изготовлен с использованием раствора для нанесения покрытия, содержащего ионы хрома. В результате авторы настоящего изобретения обнаружили, что в слое покрытия из сплава Zn-Ni содержится следовое количество Cr. Другими словами, авторы настоящего изобретения впервые обнаружили, что твердость слоя покрытия из

сплава Zn-Ni увеличивается за счет содержания следового количества Cr. До сих пор Cr считался примесью. В связи с этим выводы авторов настоящего изобретения полностью отличаются от традиционной идеи.

[0028] Обычно твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni зависит от содержания Ni. Фиг. 2 иллюстрирует твердость слоев покрытия из сплава Zn-Ni, которые были изготовлены с использованием раствора для нанесения покрытия, имеющего концентрацию ионов хрома 0 ч/млн. Другими словами, Фиг. 2 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между содержанием Ni и твердостью слоя покрытия из сплава Zn-Ni в случае, когда слой покрытия из сплава Zn-Ni не содержит Cr. Ось абсцисс на Фиг. 2 показывает содержание Ni (мас.%) в слое покрытия из сплава Zn-Ni. Ось ординат на Фиг. 2 показывает твердость (Hv) по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni. Твердость по Виккерсу была измерена способом в соответствии со стандартом JIS Z 2244 (2009), в котором температура испытания представляла собой нормальную температуру (25°C), а усилие (F) испытания было равно 0,01 Н.

[0029] Обратимся к Фиг. 2, обнаружено, что твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni зависит от содержания Ni. Обнаружено, что в диапазоне, показанном на Фиг. 2, твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni увеличивается пропорционально содержанию Ni.

[0030] Фиг. 3 представляет собой график, полученный при добавлении данных о твердости слоев покрытия из сплава Zn-Ni, содержащих следовое количество Cr, к Фиг. 2. Данные, добавленные к Фиг. 3, были получены на основе примеров, которые описаны ниже. Интенсивность Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni показана на Фиг. 3. В этом случае выражение «интенсивность Cr» относится к количеству вторичных ионов Cr, обнаруженных с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов, в которой в качестве бомбардирующих ионов используется O_2^+ . На Фиг. 3 символ (○) в виде белого круга показывает твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni, в котором интенсивность Cr составляет $1,0 \times 10^0$ отсчетов в секунду. На Фиг. 3 символ (x) в виде крестика показывает твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni, в котором интенсивность Cr составляет $3,6 \times 10^1$ отсчетов в секунду.

[0031] На Фиг. 3 символ (□) в виде белого квадрата, символ (▲) в виде черного треугольника, символ (△) в виде белого треугольника и символ (◻) в виде черного круга показывают твердость слоя б покрытия из сплава Zn-Ni, в котором интенсивность Cr составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более. Обратимся к Фиг. 3, когда интенсивность Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более, твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni существенно увеличивается. В частности, когда интенсивность Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более, твердость по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni в соответствии с настоящим вариантом осуществления представлена формулой (1):

$$\text{Твердость (Hv) по Виккерсу} > -300 + 55 \times \text{Ni} \quad (1)$$

где Ni показывает содержание Ni (мас.%) в слое покрытия из сплава Zn-Ni.

[0032] Причина, по которой следовое количество Cr увеличивает твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni, не установлена. Вероятно, что кристаллическая структура слоя покрытия из сплава Zn-Ni изменяется за счет следового количества совместно осажденного Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni.

[0033] Обычно в раствор для нанесения покрытия не добавляют большое количество Cr. Как отмечено выше, традиционно ионы металла, отличные от ионов цинка и ионов никеля, считались примесями. В связи с этим были приняты меры для того, чтобы в растворе для нанесения покрытия не содержались такие ионы металла. В частности, использовали оборудование для нанесения покрытия с таким качеством материала, которое может предотвращать коррозию и растворение в растворе для нанесения покрытия. Кроме того, в случае большого количества примесей, так называемом «загрязнении», раствор для нанесения покрытия заменяли.

[0034] Как описано выше, авторам настоящего изобретения удалось увеличить твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni абсолютно другим способом по сравнению с традиционными способами. Если твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni увеличивается, сопротивление заеданию резьбового соединения для труб также будет увеличиваться.

[0035] В связи с этим в некоторых случаях резьбовое соединение для труб должно иметь превосходный внешний вид. Является ли внешний вид надлежащим или ненадлежащим определяется на основе количества света (глянцевитости), отражаемого поверхностью резьбового соединения для труб. Если уровень глянецности является высоким, внешний вид определяется как надлежащий.

[0036] Фиг. 4 представляет собой график, иллюстрирующий зависимость между концентрацией ионов хрома в растворе для нанесения покрытия и глянецностью поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni, образованного путем электролитического нанесения покрытия с использованием соответствующего раствора для нанесения покрытия. «Глянцевитость поверхности слоя покрытия», которая показана на оси ординат, означает относительную зеркальную глянецность поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni в соответствии со стандартом JIS Z 8741 (1997). «Концентрация Cr в растворе для нанесения покрытия (ч/млн)», которая показана на оси абсцисс, означает концентрацию (ч/млн) ионов хрома, содержащихся в растворе для нанесения покрытия. Информация, проиллюстрированная на Фиг. 4, была получена на основе примеров, которые описаны ниже. Фиг. 4 показывает результаты, полученные при образовании слоев покрытия из сплава Zn-Ni, для которых концентрация ионов хрома в растворе для нанесения покрытия, плотность тока и скорость потока соответствующих растворов для нанесения покрытий варьировались. В случае, когда условия плотности тока и скорости потока были одинаковыми, слои покрытия обозначены одинаковым символом. Например, на Фиг. 2 символ (○) в виде белого круга означает, что слой покрытия из сплава Zn-Ni был образован в условиях плотности тока 4 A/dm^2 и скорости потока $0,5 \text{ м/с}$.

[0037] Обратимся к Фиг. 4, при увеличении концентрации ионов хрома в растворе для нанесения покрытия с 0 ч/млн до 100 ч/млн глянецность поверхности слоя покрытия

из сплава Zn-Ni также увеличивается независимо от плотности тока и скорости потока. Однако, когда концентрация ионов хрома в растворе для нанесения покрытия превышает 100 ч/млн, глянецитость поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni уменьшается по мере увеличения концентрации ионов хрома в растворе для нанесения покрытия. Глянецитость поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni находится в диапазоне около 20-40 в момент времени, когда концентрация ионов хрома в растворе для нанесения покрытия достигает 1000 ч/млн. Это мало по сравнению с глянецитостью поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni в диапазоне около 60-120, когда концентрация ионов хрома в растворе для нанесения покрытия составляла 0 ч/млн.

[0038] Таким образом было обнаружено, что глянецитость поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni может быть увеличена путем обеспечения концентрации ионов хрома в растворе для нанесения покрытия, равной или меньшей определенного значения. В этом случае в дополнение к превосходному сопротивлению заеданию резьбовое соединение для труб также имеет превосходный внешний вид.

[0039] Резьбовое соединение для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления, выполненное на основе вышеизложенных выводов, включает в себя ниппель, муфту и слой покрытия из сплава Zn-Ni. Ниппель имеет контактную поверхность со стороны ниппеля, которая включает в себя резьбовой участок со стороны ниппеля. Муфта имеет контактную поверхность со стороны муфты, которая включает в себя резьбовой участок со стороны муфты. Слой покрытия из сплава Zn-Ni образован на по меньшей мере одной из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты. Слой покрытия из сплава Zn-Ni состоит из Zn, Ni, следового количества Cr и примесей. Следовое количество Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более в пересчете на интенсивность Cr, измеренную с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов с использованием O_2^+ в качестве бомбардирующих ионов.

[0040] Резьбовое соединение для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя слой покрытия из сплава Zn-Ni. Слой покрытия из сплава Zn-Ni содержит следовое количество Cr. Твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni увеличивается за счет следового количества Cr. За счет этого увеличивается сопротивление заеданию резьбового соединения для труб.

[0041] Глянецитость вышеуказанной поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni может составлять 100 или более.

[0042] Когда глянецитость поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni высока, резьбовое соединение для труб имеет превосходный внешний вид в дополнение к превосходному сопротивлению заеданию.

[0043] Толщина вышеуказанного слоя покрытия из сплава Zn-Ni может составлять в диапазоне от 1 до 20 мкм.

[0044] Твердость Hv по Виккерсу вышеуказанного слоя покрытия из сплава Zn-Ni может составлять 600 или более.

[0045] Когда твердость H_v по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni составляет 600 или более, увеличивается сопротивление заеданию резьбового соединения для труб.

[0046] Вышеуказанный слой покрытия из сплава Zn-Ni может содержать от 6,0 до 16,0 мас.% Ni, может включать в себя γ -фазу, и расстояние между (411) плоскостями γ -фазы может составлять 2,111 Å или более.

[0047] В этом случае твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni дополнительно увеличивается.

[0048] Резьбовое соединение для труб может дополнительно включать в себя смазочное покрытие на по меньшей мере одном из контактной поверхности со стороны ниппеля, контактной поверхности со стороны муфты и слоя покрытия из сплава Zn-Ni.

[0049] В случае, когда резьбовое соединение для труб включает в себя смазочное покрытие, смазываемость резьбового соединения для труб увеличивается.

[0050] В вышеуказанном резьбовом соединении для труб контактная поверхность со стороны ниппеля может дополнительно включать в себя металлический уплотнительный участок со стороны ниппеля и заплечиковый участок со стороны ниппеля. Контактная поверхность со стороны муфты может дополнительно включать в себя металлический уплотнительный участок со стороны муфты и заплечиковый участок со стороны муфты.

[0051] Способ изготовления резьбового соединения для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления включает в себя этап погружения и этап пропуска тока. На этапе погружения сначала подготавливают ниппель, имеющий контактную поверхность со стороны ниппеля, включающую в себя резьбовой участок со стороны ниппеля, и муфту, имеющую контактную поверхность со стороны муфты, включающую в себя резьбовой участок со стороны муфты. Затем по меньшей мере одну из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты погружают в раствор для нанесения покрытия. Раствор для нанесения покрытия содержит ионы цинка, ионы никеля и ионы хрома. Концентрация ионов хрома в растворе для нанесения покрытия находится в диапазоне от 30 до 2000 ч/млн. На этапе пропуска тока пропускают ток через по меньшей мере одну из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты, погруженную в раствор для нанесения покрытия. За счет этого на по меньшей мере одной из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты образуется слой покрытия из сплава Zn-Ni.

[0052] Резьбовое соединение для труб, имеющее слой покрытия из сплава Zn-Ni, содержащий следовое количество Cr, может быть получено в соответствии с вышеуказанным способом изготовления. Твердость слоя покрытия из сплава Zn-Ni является высокой. В связи с этим сопротивление заеданию резьбовое соединение для труб также является высоким.

[0053] Концентрация ионов хрома в вышеуказанном растворе для нанесения покрытия может составлять в диапазоне от 30 до 800 ч/млн.

[0054] Когда верхний предел концентрации ионов хрома в вышеуказанном растворе для нанесения покрытия составляет 800 ч/млн, в дополнение к превосходному сопротивлению заеданию резьбовое соединение для труб также имеет превосходный внешний вид.

[0055] В резьбовом соединении для труб, изготовленном в соответствии с вышеуказанным способом изготовления, контактная поверхность со стороны ниппеля может дополнительно включать в себя металлический уплотнительный участок со стороны ниппеля и заплечиковый участок со стороны ниппеля. Контактная поверхность со стороны муфты может дополнительно включать в себя металлический уплотнительный участок со стороны муфты и заплечиковый участок со стороны муфты.

[0056] Далее будут подробно описаны резьбовое соединение для труб и способ изготовления резьбового соединения для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления.

[0057] [Резьбовое соединение для труб]

Резьбовое соединение для труб включает в себя ниппель и муфту. Фиг. 5 представляет собой вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения 1 для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления. Обратимся к Фиг. 5, резьбовое соединение 1 для труб включает в себя стальную трубу 2 и соединитель 3. На каждом конце стальной трубы 2 образован ниппель 4, и ниппель 4 включает в себя внешний резьбовой участок на внешней поверхности. На каждом конце соединителя 3 образована муфта 5, и муфта 5 включает в себя внутренний резьбовой участок на внутренней поверхности. Соединитель 3 крепится к концу стальной трубы 2 за счет свинчивания ниппеля 4 и муфты 5 друг с другом. Хотя это не проиллюстрировано на чертежах, ниппель 4 стальной трубы 2 и муфта 5 соединителя 3, которые не соединены с соответствующим элементом, могут иметь защитный элемент, прикрепленный к ним для защиты соответствующих резьбовых участков.

[0058] С другой стороны, также может быть использовано резьбовое соединение 1 для труб, выполненное за одно целое, в котором не используется соединитель 3, и вместо этого один из концов стальной трубы 2 используется в качестве ниппеля 4, а другой конец стальной трубы 2 используется в качестве муфты 5. Фиг. 6 представляет собой вид, иллюстрирующий конфигурацию резьбового соединения 1 для труб, выполненного за одно целое, в соответствии с настоящим вариантом осуществления. Обратимся к Фиг. 6, резьбовое соединение 1 для труб включает в себя стальную трубу 2. Ниппель 4, имеющий внешний резьбовой участок на его внешней поверхности, образован на одном конце стальной трубы 2. Муфта 5, имеющая внутренний резьбовой участок на ее внутренней поверхности, образована на другом конце стальной трубы 2. Две стальные трубы 2 могут быть соединены путем свинчивания ниппеля 4 и муфты 5 друг с другом. Резьбовое соединение 1 для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления может использоваться как в качестве резьбового соединения 1 для труб с использованием соединителя, так и в качестве резьбового соединения 1 для труб, выполненного за одно

целое.

[0059] Фиг. 7 представляет собой вид в разрезе резьбового соединения 1 для труб. На Фиг. 7 ниппель 4 включает в себя резьбовой участок 41 со стороны ниппеля, металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля и заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля. На Фиг. 7 муфта 5 включает в себя резьбовой участок 51 со стороны муфты, металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты и заплечиковый участок 53 со стороны муфты. Участки, на которых ниппель 4 и муфта 5 входят в контакт друг с другом при свинчивании, называются «контактные поверхности 40 и 50». В частности, при свинчивании ниппеля 4 и муфты 5 друг с другом два резьбовых участка (резьбовой участок 41 со стороны ниппеля и резьбовой участок 51 со стороны муфты) входят в контакт друг с другом, также как два металлических уплотнительных участка (металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля и металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты) и два заплечиковых участка (заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля и заплечиковый участок 53 со стороны муфты). На Фиг. 7 контактная поверхность 40 со стороны ниппеля включает в себя резьбовой участок 41 со стороны ниппеля, металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля и заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля. На Фиг. 7 контактная поверхность 50 со стороны муфты включает в себя резьбовой участок 51 со стороны муфты, металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты и заплечиковый участок 53 со стороны муфты.

[0060] На Фиг. 7 в ниппеле 4 заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля, металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля и резьбовой участок 41 со стороны ниппеля расположены в указанном порядке от конца стальной трубы 2. Кроме того, в муфте 5 резьбовой участок 51 со стороны муфты, металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты и заплечиковый участок 53 со стороны муфты расположены в указанном порядке от конца стальной трубы 2 или соединителя 3. Однако расположение резьбового участка 41 со стороны ниппеля и резьбового участка 51 со стороны муфты, металлического уплотнительного участка 42 со стороны ниппеля и металлического уплотнительного участка 52 со стороны муфты, а также заплечикового участка 43 со стороны ниппеля и заплечикового участка 53 со стороны муфты не ограничивается расположением, проиллюстрированным на Фиг. 7, и расположение может быть изменено соответствующим образом. Например, в ниппеле 4 вышеуказанные участки могут быть расположены от конца стальной трубы 2 в следующем порядке: заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля, металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля, резьбовой участок 41 со стороны ниппеля, заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля, металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля и резьбовой участок 41 со стороны ниппеля. В муфте 5 вышеуказанные участки могут быть расположены от конца стальной трубы 2 или соединителя 3 в следующем порядке: резьбовой участок 51 со стороны муфты, металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты, заплечиковый

участок 53 со стороны муфты, металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты, резьбовой участок 51 со стороны муфты, металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты и заплечиковый участок 53 со стороны муфты.

[0061] На Фиг. 5 и Фиг. 6 проиллюстрированы так называемые «первоочередные соединения», которые включают в себя металлические уплотнительные участки (металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля и металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты) и заплечиковые участки (заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля и заплечиковый участок 53 со стороны муфты). Однако металлические уплотнительные участки (металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля и металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты) и заплечиковые участки (заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля и заплечиковый участок 53 со стороны муфты) не обязательно должны быть включены. Пример резьбового соединения 1 для труб, которое не имеет металлических уплотнительных участков 42 и 52 и заплечиковых участков 43 и 53, проиллюстрирован на Фиг. 8. Резьбовое соединение 1 для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления также предпочтительно применимо в качестве резьбового соединения 1 для труб, которое не имеет металлических уплотнительных участков 42, 52 и заплечиковых участков 43, 53. Когда металлические уплотнительные участки 42, 52 и заплечиковые участки 43, 53 не обеспечены, контактная поверхность 40 со стороны ниппеля включает в себя резьбовой участок 41 со стороны ниппеля, а контактная поверхность 50 со стороны муфты включает в себя резьбовой участок 51 со стороны муфты.

[0062] Фиг. 9 представляет собой вид в разрезе резьбового соединения 1 для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления. Обратимся к Фиг. 9, резьбовое соединение 1 для труб включает в себя слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni на по меньшей мере одной из контактной поверхности 40 со стороны ниппеля и контактной поверхности 50 со стороны муфты. На Фиг. 9 резьбовое соединение 1 для труб включает в себя слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni на каждой из контактной поверхности 40 со стороны ниппеля и контактной поверхности 50 со стороны муфты. Однако, как проиллюстрировано на Фиг. 10, резьбовое соединение 1 для труб также может включать в себя слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni только на контактной поверхности 40 со стороны ниппеля. Кроме того, как проиллюстрировано на Фиг. 11, резьбовое соединение 1 для труб также может включать в себя слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni только на контактной поверхности 50 со стороны муфты.

[0063] Кроме того, слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni может быть образован на всей контактной поверхности 40 со стороны ниппеля или контактной поверхности 50 со стороны муфты или может быть образован лишь на части контактной поверхности 40 со стороны ниппеля или контактной поверхности 50 со стороны муфты. Слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni также может быть образован только на резьбовом участке 41 со стороны ниппеля. Слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni также может быть образован только на резьбовом участке 51 со стороны муфты. В случае, когда контактная поверхность 40 со

стороны ниппеля имеет металлический уплотнительный участок 42 со стороны ниппеля и заплечиковый участок 43 со стороны ниппеля, слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni может быть образован только на металлическом уплотнительном участке 42 со стороны ниппеля или может быть образован только на заплечиковом участке 43 со стороны ниппеля. В случае, когда контактная поверхность 50 со стороны муфты имеет металлический уплотнительный участок 52 со стороны муфты и заплечиковый участок 53 со стороны муфты, слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni может быть образован только на металлическом уплотнительном участке 52 со стороны муфты или может быть образован только на заплечиковом участке 53 со стороны муфты.

[0064] [Слой покрытия из сплава Zn-Ni]

Слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni образован на по меньшей мере одной из контактной поверхности 40 со стороны ниппеля и контактной поверхности 50 со стороны муфты. Слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni состоит из сплава Zn-Ni и примесей. Сплав Zn-Ni состоит из цинка (Zn), никеля (Ni), следового количества хрома (Cr) и примесей. Здесь примеси слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni и примеси сплава Zn-Ni включают в себя вещества, отличные от Zn, Ni и Cr и содержащиеся в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni во время изготовления резьбового соединения для труб, содержания которых находятся в пределах диапазона, который не оказывает влияния на эффекты настоящего изобретения. Примесями являются, например, Fe и Cu.

[0065] [Композиция слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Если принять общую химическую композицию слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni за 100 мас.%, содержание Ni находится в диапазон от 6,0 до 20,0 мас.%. В этом случае сплав Zn-Ni иногда может превращаться в смешанную фазу η -фазы и γ -фазы. Если нижний предел содержания Ni в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 10,0 мас.%, сплав Zn-Ni превращается в γ -монофазу. В этом случае твердость слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni дополнительно увеличивается. В связи с этим предпочтительно нижний предел содержания Ni в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 10,0 мас.%, более предпочтительно 12,0 мас.% и еще более предпочтительно 14,0 мас.%. Предпочтительно верхний предел содержания Ni в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 18,0 мас.%, более предпочтительно 17,0 мас.% и еще более предпочтительно 16,0 мас.%.

[0066] Содержание Zn находится в диапазоне от 80,0 до 94,0 мас.%. В слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni содержится следовое количество Cr. Однако, поскольку содержание Cr представляет собой следовое количество, композиция слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni главным образом состоит из Zn и Ni. Нижний предел содержания Zn предпочтительно составляет 82,0 мас.%, более предпочтительно 83,0 мас.% и еще более предпочтительно 84,0 мас.%. Верхний предел содержания Zn предпочтительно составляет 90,0 мас.%, более предпочтительно 88,0 мас.% и еще более предпочтительно 86,0 мас.%.

[0067] [Способ измерения композиции слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni]

Содержание Ni в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni измеряют следующим способом. Содержание Ni измеряют с использованием ручного флуоресцентного рентгеновского

анализатора (DP2000 (торговое название: DELTA Premium)), производимого компанией JEOL Ltd.). При измерении анализируют композицию в четырех местах на поверхности (четыре места под углом 0° , 90° , 180° и 270° в окружном направлении резьбового соединения для труб) слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni. Измеренные содержания Zn и Ni определяют с использованием режима Alloy Plus. Величину, полученную путем деления измеренного содержания Ni на общее измеренное содержание Zn и Ni, которое было определено, принимают в качестве содержания Ni (мас.%). Среднее арифметическое результатов измерений в четырех местах, в которых была проанализирована композиция, принимают в качестве содержания Ni (мас.%). Содержание Zn измеряют таким же образом.

[0068] [Содержание Cr]

В слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni содержится следовое количество Cr. В частности, содержание Cr составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более в пересчете на интенсивность Cr, измеренную с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов с использованием O_2^+ в качестве бомбардирующих ионов. Здесь количество вторичных ионов Cr, определенное с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов с использованием O_2^+ в качестве бомбардирующих ионов, называется «интенсивность Cr (отсчетов в секунду)». Если интенсивность Cr составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более, твердость слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni увеличивается.

[0069] Содержание Cr в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni представляет собой очень малое количество. В некоторых случаях Cr в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni не может быть обнаружен обычным способом измерения. Cr в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni не может быть обнаружен флуоресцентным рентгеновским анализом. В связи с этим содержание Cr измеряют с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов (SIMS) и выражают в виде интенсивности Cr (отсчетов в секунду). Нижний предел интенсивности Cr составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду, более предпочтительно $1,0 \times 10^2$ отсчетов в секунду и еще более предпочтительно $1,0 \times 10^3$ отсчетов в секунду. Хотя верхний предел интенсивности Cr особо не ограничен, например, верхний предел составляет $1,0 \times 10^{10}$ отсчетов в секунду.

[0070] [Способ измерения интенсивности Cr]

Интенсивность Cr в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni измеряют следующим способом. Измерение выполняют с использованием квадрупольного масс-спектрометра вторичных ионов «PHI ADEPT-1010 (TM)», производимого компанией ULVAC-PHI, Inc. Условия измерения описаны ниже. Анализ в направлении глубины выполняют от поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni. Интенсивность Cr представляет собой среднее арифметическое значений измерений на глубине от 1,5 до 2,0 мкм от поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni.

Степень вакуумирования: 5×10^{-7} Па или менее

Бомбардирующие ионы: O_2^+

Ускоряющее напряжение: 6,0 кВ

Диапазон измерения: квадрат 64 мкм (64 мкм × 64 мкм)

Частота измерения: каждые 20 нм в направлении глубины

[0071] Глубина представляет собой числовое значение, полученное путем преобразования времени измерения, то есть времени распыления, в глубину. Преобразование времени измерения в глубину выполняют следующим образом. После измерения измеряют глубину кратера, произведенного в ходе измерения. Глубину кратера измеряют с использованием стилусного профилометра под торговым названием Р-17 Stylus Profiler, производимого компанией KLA-Tencor Corporation. Определяют форму поверхности, включающей в себя кратер, определяют разность в высоте поверхности из-за кратера, она и является глубиной кратера. Создают реляционное выражение между глубиной кратера и временем измерения. Выполняют преобразование глубины (мкм) в месте измерения на основе времени измерения и вышеуказанного реляционного выражения.

[0072] В случае, когда слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni имеет другое покрытие толщиной 1 мкм или более, масс-спектрометрию вторичных ионов выполняют после удаления покрытия. В этом случае выражение «поверхность слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni» означает поверхность слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni после удаления покрытия. Покрытие представляет собой, например, фосфатное покрытие или смазочное покрытие. В случае, когда слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni имеет фосфатное покрытие, фосфатное покрытие растворяют и удаляют. Растворение фосфатного покрытия выполняют с использованием представленного на рынке раствора для удаления покрытия. Представленный на рынке раствор для удаления покрытия представляет собой, например, раствор хромовой кислоты. Раствор хромовой кислоты содержит ингибитор. При использовании раствора для удаления покрытия растворяется только фосфатное покрытие. В случае, когда слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni имеет смазочное покрытие, смазочное покрытие удаляют. Удаление смазочного покрытия может быть выполнено хорошо известным способом, например, растворением с использованием растворителя, вытиранием и мытьем под высоким давлением или чисткой сухим льдом. В случае, когда слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni имеет хроматное покрытие, масс-спектрометрию вторичных ионов выполняют без удаления хроматного покрытия. В этом случае выражение «поверхность слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni» означает поверхность хроматного покрытия.

[0073] [Твердость по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

В слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni в соответствии с настоящим вариантом осуществления интенсивность Cr составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более. В связи с этим твердость по Виккерсу существенно увеличивается. Твердость по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni в соответствии с настоящим вариантом осуществления представлена формулой (1):

$$\text{Твердость (Hv) по Виккерсу} > -300 + 55 \times \text{Ni} \quad (1)$$

где Ni показывает содержание Ni (мас.%) в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni.

[0074] Нижний предел твердости H_v по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni предпочтительно составляет $-250+55 \times Ni$ и более предпочтительно $-200+55 \times Ni$. Чем выше верхний предел твердости H_v по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni, тем более предпочтительно. Верхний предел твердости H_v по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет, например, $300+55 \times Ni$.

[0075] В частности, нижний предел твердости H_v по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni предпочтительно составляет 400, более предпочтительно 500, еще более предпочтительно 600, еще более предпочтительно 650 и еще более предпочтительно 700. Чем выше верхний предел твердости H_v по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni, тем более предпочтительно. Верхний предел твердости H_v по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет, например, 1200.

[0076] [Способ измерения твердости по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Твердость по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni измеряют следующим способом. Подготавливают ниппель 4 или муфту 5 со слоем 6 покрытия из сплава Zn-Ni. Ниппель 4 или муфту 5 со слоем 6 покрытия из сплава Zn-Ni разрезают перпендикулярно осевому направлению. Измеряют твердость по Виккерсу с использованием способа в соответствии со стандартом JIS Z 2244 (2009) в пяти произвольных точках разреза слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni, который появился при разрезании. Для измерения используют устройство для определения микротвердости под торговым названием Fischerscope HM2000, производимое компанией Fischer Instruments K. K. Температура испытания представляет собой нормальную температуру (25°C), а усилие (F) испытания равно 0,01 Н. Из пяти полученных результатов измерений среднее арифметическое результатов измерений, полученных в трех точках за исключением наибольшего значения и наименьшего значения, принимают в качестве твердости H_v по Виккерсу ($H_v 0,001$) слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni.

[0077] [Глянцевитость поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Предпочтительно глянцевитость поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 100 или более. Здесь выражение «глянцевитость» относится к относительной зеркальной глянцевитости в случае, когда относительная зеркальная глянцевитость при угле падения 60° (зеркальное отражение $\rho_0(\theta)=0,1001$) на стеклянной поверхности, коэффициент преломления которой является постоянным значением 1,567 во всем видимом диапазоне длин волн, как определено в соответствии со стандартом JIS Z 8741 (1997), принята за 100%. Если глянцевитость поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 100 или более, резьбовое соединение для труб будет иметь превосходный внешний вид. Предпочтительно нижний предел глянцевитости поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 105 и еще более предпочтительно 110. Чем выше верхний предел глянцевитости поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni, тем более предпочтительно. Глянцевитость поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет, например, 200.

[0078] [Способ измерения глянцевитости поверхности слоя покрытия из сплава Zn-

Ni]

Глянцевитость поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni измеряют следующим способом. Относительную зеркальную глянцевитость измеряют в двух произвольных точках на поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni способом в соответствии со стандартом JIS Z 8741 (1997) с использованием устройства micro-TRI-gloss (портативный блескомер), производимого компанией BYK-Gardner GmbH. Среднее арифметическое полученных значений измерений принимают за глянцевитость поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni.

[0079] Слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni получают на этапе образования слоя покрытия, который описан ниже. В это время предпочтительно слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni получают путем нанесения покрытия с использованием раствора для нанесения покрытия, содержащего ионы цинка, ионы никеля и ионы хрома, причем концентрация ионов хрома находится в диапазоне от 30 до 800 ч/млн. В этом случае глянцевитость слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni увеличивается, и резьбовое соединение для труб имеет превосходный внешний вид в дополнение к превосходному сопротивлению заеданию.

[0080] [Толщина слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Толщина слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni особо не ограничена. Толщина слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni находится, например, в диапазоне от 1 до 20 мкм. Если толщина слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 1 мкм или более, может стабильно обеспечиваться достаточное сопротивление заеданию. Даже если толщина слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет более 20 мкм, будет выражен вышеуказанный эффект.

[0081] [Способ измерения толщины слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Толщину слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni измеряют следующим способом. Толщину слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni измеряют в четырех местах на контактных поверхностях 34 и 44, на которых был образован слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni, с использованием вихретокового фазового измерителя толщины покрытия PHASCOPE RMP910, производимого компанией Helmut Fischer GmbH. Измерение выполняют способом, соответствующим ISO (Международная организация по стандартизации) 21968 (2005). Местами измерения являются четыре места (четыре места под углом 0°, 90°, 180° и 270°) в окружном направлении резьбового соединения для труб. Среднее арифметическое результатов измерений принимают в качестве толщины слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni.

[0082] [Кристаллическая структура слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Сплав Zn-Ni, образующий покрытие, включает в себя η -фазу, γ -фазу и α -фазу. η -фаза представляет собой фазу с химической формулой Zn, которая имеет гексагональную кристаллическую структуру с постоянными решетки $a=0,267$ нм и $c=0,495$ нм. γ -фаза представляет собой фазу с химической формулой Ni_5Zn_{21} , которая имеет кубическую кристаллическую структуру с постоянной решетки $a=0,890$ нм. α -фаза представляет собой фазу с химической формулой Ni, которая имеет гранцентрированную кубическую кристаллическую структуру с постоянной решетки $a=0,352$ нм. Кристаллическая

структура слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni может представлять собой смешанную фазу этих фаз. Однако, если кристаллическая структура слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni представляет собой γ -монофазу, твердость дополнительно увеличивается. В связи с этим кристаллическая структура слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni предпочтительно представляет собой γ -монофазу.

[0083] [Способ определения кристаллической структуры слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Кристаллическую структуру слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni определяют следующим способом. Рентгенодифракционное измерение выполняют при следующих условиях измерения в отношении поверхности слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni. Полученные измеренные профили и значения, описанные в картах ASTM, сравнивают для определения фаз.

Устройство: RINT-2500, производимое компанией Rigaku Corporation

Рентгеновская трубка: Co-K α излучение

Диапазон сканирования: $2\theta=10-110^\circ$

Шаг сканирования: $0,02^\circ$

[0084] В зависимости от композиции слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni содержит γ -фазу, ϵ -фазу и Π -фазу. Далее расстояние между (411) плоскостями γ -фазы, входящей в слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni, называется «межплоскостное расстояние» слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni. Предполагается, что, если межплоскостное расстояние слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni является большим, слою 6 покрытия из сплава Zn-Ni придается напряжение, и твердость слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni увеличивается. В связи с этим межплоскостное расстояние слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni может составлять 2,111 Å или более.

[0085] Как описано выше, кристаллическая структура слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni зависит от композиции. В связи с этим на межплоскостное расстояние слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni существенно влияет содержание Ni. На межплоскостное расстояние слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni также влияет следовое количество Cr. В случае, когда химическая композиция содержит от 6,0 до 16,0 мас.% Ni и следовое количество Cr, межплоскостное расстояние слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 2,111 Å или более.

[0086] Если межплоскостное расстояние слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 2,111 Å или более, твердость Hv по Виккерсу слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni будет равна 600 или более. В этом случае сопротивление заеданию резьбового соединения для труб дополнительно улучшается. Предпочтительно нижний предел межплоскостного расстояния слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет 2,112 Å и более предпочтительно 2,113 Å. Верхний предел межплоскостного расстояния слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni особо не ограничен. Однако верхний предел межплоскостного расстояния слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni составляет, например, 2,116 Å.

[0087] [Способ измерения расстояния между (411) плоскостями γ -фазы в слое

покрытия из сплава Zn-Ni]

Расстояние между (411) плоскостями γ -фазы, входящей в слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni, измеряют следующим способом. Рентгенодифракционное измерение выполняют в тех же условиях, как в способе определения кристаллической структуры слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni, описанном выше. Из полученных измеренных профилей выполняют подбор дифракционных данных для $2\theta=49,0-52,0^\circ$, соответствующих (411) плоскости, с использованием функции Лоренца. Функция Лоренца представлена формулой (2):

$$\text{Интенсивность дифракции (отсчетов в секунду)} = \text{PH}/(1+(2\theta-\text{PP})^2/\text{FH}^2)+\text{BG} \quad (2)$$

где PH показывает пиковую высоту (отсчетов в секунду), PP показывает пиковое положение (градусов), FH показывает полуширину (градусов), BG показывает фон (отсчетов в секунду), и 2θ показывает угол дифракции.

Квадрат разности между интенсивностью дифракции измеренного профиля и интенсивностью, вычисленной с использованием функции Лоренца, интегрируют по диапазону $2\theta=49,0-52,0^\circ$, и соответствующие переменные PH, PP, FH и BG оптимизируют так, что их общая сумма становится минимальным значением. Для оптимизации переменных используют функцию «Поиск решения» программного обеспечения Excel. Расстояние между (411) плоскостями вычисляют в соответствии с законом Брэгга на основе оптимизированного пикового положения PP (градусов). Полученное значение принимают за расстояние (Å) между (411) плоскостями γ -фазы, содержащейся в слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni.

[0088] [Смазочное покрытие]

Вышеуказанное резьбовое соединение для труб может дополнительно включать в себя смазочное покрытие 7 на по меньшей мере одном из контактной поверхности 40 со стороны ниппеля, контактной поверхности 50 со стороны муфты и слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni. В этом случае смазываемость резьбового соединения для труб увеличивается. Смазочное покрытие 7 может быть образовано как на слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni на контактной поверхности 40 со стороны ниппеля, так и на слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni на контактной поверхности 50 со стороны муфты, например, как проиллюстрировано на Фиг. 12. Смазочное покрытие 7 может быть образовано только на слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni на контактной поверхности 40 со стороны ниппеля. Смазочное покрытие 7 может быть образовано только на слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni на контактной поверхности 50 со стороны муфты. Смазочное покрытие 7 может быть образовано непосредственно на контактной поверхности 40 со стороны ниппеля или контактной поверхности 50 со стороны муфты. Например, в случае, когда слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni не образован на контактной поверхности 40 со стороны ниппеля или контактной поверхности 50 со стороны муфты, смазочное покрытие 7 может быть образовано непосредственно на контактной поверхности 40 со стороны ниппеля или контактной поверхности 50 со стороны муфты.

[0089] Смазочное покрытие 7 может быть в твердом состоянии или может быть в

полутвердом состоянии или жидком состоянии. В качестве смазочного покрытия 7 может использоваться хорошо известный смазочный материал. Смазочное покрытие 7 содержит, например, смазочные частицы и связующее вещество. При необходимости смазочное покрытие 7 может содержать растворитель и другие компоненты.

[0090] В отношении смазочных частиц нет особого ограничения при условии, что эти частицы обладают смазывающей способностью. Смазочные частицы представляют собой, например, один или более типов, выбранных из группы, состоящей из частиц графита, MoS_2 (дисульфида молибдена), WS_2 (дисульфида вольфрама), BN (нитрида бора), PTFE (политетрафторэтилена), CF_x (фторида графита) и CaCO_3 (карбоната кальция). Если общее содержание компонентов, отличных от растворителя, принято за 100 мас.%, содержание смазочных частиц находится, например, в диапазоне от 1 до 50 мас.% и предпочтительно находится в диапазоне от 5 до 30 мас.%.

[0091] Связующее вещество представляет собой, например, один тип или два типа, выбранных из группы, состоящей из органического связующего вещества и неорганического связующего вещества. Органическое связующее вещество представляет собой, например, один тип или два типа, выбранных из группы, состоящей из терморезистивной смолы и термопластичной смолы. Терморезистивная смола представляет собой, например, один или более типов, выбранных из группы, состоящей из полиэтиленовой смолы, полиимидной смолы и полиамидимидной смолы. Неорганическое связующее вещество представляет собой, например, один тип или два типа, выбранных из группы, состоящей из соединений, содержащих алкоксисилановые и силоксановые связи. Если общее содержание компонентов, отличных от растворителя, принято за 100 мас.%, содержание связующего вещества находится, например, в диапазоне от 10 до 80 мас.% и предпочтительно находится в диапазоне от 20 до 70 мас.%.

[0092] При необходимости смазочное покрытие 7 может содержать другие компоненты. Примеры других компонентов включают в себя антикоррозионное средство, ингибитор коррозии, поверхностно-активное вещество, воск, модификатор трения и пигмент. Если общее содержание компонентов, отличных от растворителя, принято за 100 мас.%, содержание других компонентов находится, например, в диапазоне от 3 до 45 мас.% и предпочтительно находится в диапазоне от 10 до 40 мас.%. Соответствующие содержания смазочных частиц, связующего вещества, растворителя и других компонентов заданы соответствующим образом.

[0093] Смазочный материал представляет собой, например, Seal-GuardTM ECFTM, производимый компанией Jet-Lube LLC. Другие примеры смазочного материала включают в себя смазочные материалы, содержащие канифоль, металлсодержащее мыло, воск или смазочный порошок. Химическая композиция смазочного покрытия 7, образованного на контактной поверхности 40 со стороны ниппеля, химическая композиция смазочного покрытия 7, образованного на контактной поверхности 50 со стороны муфты, и химическая композиция смазочного покрытия 7, образованного на слое 6 покрытия из сплава Zn-Ni, могут быть одинаковыми или могут отличаться.

[0094] Толщина смазочного покрытия 7 особо не ограничена. Толщина смазочного покрытия 7 находится, например, в диапазоне от 30 до 300 мкм. Если толщина смазочного покрытия 7 составляет 30 мкм или более, при свинчивании резьбового соединения для труб возрастает эффект, который снижает значение крутящего момента при контакте заплечиковых участков 43 и 53. В связи с этим регулировка значения крутящего момента во время свинчивания упрощается. Даже если толщина смазочного покрытия 7 составляет более 300 мкм, вышеуказанный эффект будет выражен, так как избыточное количество смазочного покрытия 7 будет удалено с верхней части контактных поверхностей 40 и 50 во время свинчивания.

[0095] Толщину смазочного покрытие 7 измеряют следующим способом. Подготавливают ниппель 4 или муфту 5 со смазочным покрытием 7. Разрезают ниппель 4 или муфту 5 перпендикулярно осевому направлению трубы. Рассматривают разрез, включающий в себя смазочное покрытие 7, под микроскопом. Увеличение при рассмотрении разреза под микроскопом составляет $\times 500$. За счет этого определяют толщину смазочного покрытия 7.

[0096] [Основной металл резьбового соединения для труб]

Химическая композиция основного металла резьбового соединения для труб особо не ограничена. Примеры основного металла включают в себя углеродистые стали, нержавеющие стали и легированные стали. Легированная сталь представляет собой, например, сплав Ni и дуплексную нержавеющую сталь, содержащую легирующий компонент, например, Cr, Ni или Mo.

[0097] [Способ изготовления]

Способ изготовления резьбового соединения для труб в соответствии с настоящим вариантом осуществления представляет собой способ изготовления резьбового соединения для труб, описанный выше. Способ изготовления резьбового соединения для труб включает в себя этап подготовки и этап образования слоя покрытия.

[0098] [Этап погружения]

На этапе погружения сначала подготавливают ниппель 4, муфту 5 и раствор для нанесения покрытия. Затем по меньшей мере одну из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты погружают в раствор для нанесения покрытия. Ниппель 4 имеет контактную поверхность 40 со стороны ниппеля, которая включает в себя резьбовой участок 41 со стороны ниппеля. Муфта 5 имеет контактную поверхность 50 со стороны муфты, которая включает в себя резьбовой участок 51 со стороны муфты. Раствор для нанесения покрытия содержит ионы цинка, ионы никеля и ионы хрома. Концентрация ионов хрома находится в диапазоне от 30 до 2000 ч/млн. Так как раствор для нанесения покрытия содержит ионы хрома, следовое количество Cr входит в слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni. В этом случае твердость слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni увеличивается, и, таким образом, сопротивление заеданию резьбового соединения для труб также увеличивается. Предпочтительно раствор для нанесения покрытия содержит ионы цинка в диапазоне от 1 до 100 г/л и ионы никеля в диапазоне от

1 до 100 г/л.

[0099] Виды ионов металла и концентрацию ионов хрома в растворе для нанесения покрытия определяют с использованием высокочастотного эмиссионного спектрофотометра (iCAP6300) с индуктивно-связанной плазмой (ICP), производимого компанией Thermo Fisher Scientific Inc.

[0100] [Этап пропускания тока]

На этапе пропускания тока пропускают ток через по меньшей мере одну из контактной поверхности 40 со стороны ниппеля и контактной поверхности 50 со стороны муфты, погруженную в раствор для нанесения покрытия. За счет этого на по меньшей мере одной из контактной поверхности 40 со стороны ниппеля и контактной поверхности 50 со стороны муфты образуется слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni. Другими словами, слой 6 покрытия из сплава Zn-Ni получают путем электролитического нанесения покрытия. Условия электролитического нанесения покрытия могут быть заданы соответствующим образом. Условия электролитического нанесения покрытия, например, следующие: pH раствора для нанесения покрытия: от 1 до 10, температура раствора для нанесения покрытия: от 10 до 60°C, плотность тока: от 1 до 100 А/дм², и время обработки: от 0,1 до 30 минут.

[0101] Концентрация ионов хрома в вышеуказанном растворе для нанесения покрытия может составлять в диапазоне от 30 до 800 ч/млн. В этом случае не только увеличивается твердость слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni, но и глянецитость поверхности составляет 100 или более. В связи с этим в дополнение к превосходному сопротивлению заеданию резьбовое соединение для труб имеет превосходный внешний вид.

[0102] [Этап образования пленки]

Этап образования пленки может быть выполнен после образования вышеуказанного слоя покрытия из сплава Zn-Ni на по меньшей мере одной из контактной поверхности 40 со стороны ниппеля и контактной поверхности 50 со стороны муфты. На этапе образования пленки смазочное покрытие 7 образуют на по меньшей мере одном месте, выбранном из группы, состоящей из верхней части контактной поверхности 40 со стороны ниппеля, верхней части контактной поверхности 50 со стороны муфты и верхней части слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni.

[0103] Смазочное покрытие 7 может быть образовано на по меньшей мере одном месте, выбранном из вышеуказанной группы, состоящей из верхней части контактной поверхности 40 со стороны ниппеля, верхней части контактной поверхности 50 со стороны муфты и верхней части слоя 6 покрытия из сплава Zn-Ni, путем нанесения композиции, содержащей вышеуказанные смазочные частицы и связующее вещество. Способ нанесения особо не ограничен. Примеры способа нанесения включают в себя нанесение покрытия путем распыления, нанесение покрытия кистью и нанесение покрытия путем погружения. В случае применения нанесения покрытия путем распыления в качестве способа нанесения композицию могут нагревать, а затем

распылять в состоянии повышенной текучести. Хотя смазочное покрытие 7 может быть образовано на одной части контактной поверхности, предпочтительно равномерное образование смазочного покрытия 7 на всей контактной поверхности. Этап образования пленки может быть выполнен как в отношении ниппеля 4, так и в отношении муфты 5, или может быть выполнен только в отношении одного из ниппеля 4 и муфты 5.

[0104] [Этап предварительной обработки]

При необходимости вышеуказанный способ изготовления может включать в себя этап предварительной обработки перед этапом погружения. Этап предварительной обработки включает в себя, например, травление и щелочное обезжиривание. На этапе предварительной обработки удаляют масло или т.п., прилипшее к контактной поверхности. Этап предварительной обработки может дополнительно включать в себя этап шлифовки, например, пескоструйной обработки или окончательной обработки путем машинной шлифовки. Может быть выполнен только один вид предварительной обработки, или множество видов предварительной обработки может быть выполнено в сочетании.

ПРИМЕРЫ

[0105] Ниже описаны примеры. В примерах контактная поверхность ниппеля называется «поверхность ниппеля», а контактная поверхность муфты называется «поверхность муфты». Кроме того, в примерах символ «%» означает «массовый процент».

[0106] [Этап подготовки]

В настоящих примерах в качестве основного металла для резьбового соединения использовали представленные на рынке холоднокатаные стальные пластины. Каждая холоднокатаная стальная пластина имела следующие размеры: длина 150 мм, ширина 100 мм и толщина 0,8 мм. Область длиной 100 мм и шириной 100 мм на поверхности каждой холоднокатаной стальной пластины подвергли нанесению покрытия. Сталь представляла собой сталь с ультранизким содержанием углерода.

[0107] Затем подготовили раствор для нанесения покрытия. Используемый раствор для нанесения покрытия представлял собой DAIN Zin alloy N2 (торговое название), производимый компанией Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. Концентрацию ионов хрома в растворе для нанесения покрытия для каждого испытания отрегулировали путем растворения гексагидрата хлорида хрома (III) ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) в растворе для нанесения покрытия. Следует отметить, что выражение «концентрация Cr в растворе для нанесения покрытия (ч/млн)» в Таблице 1 относится к концентрации (ч/млн) ионов хрома в растворе для нанесения покрытия, и ее числовое значение является целевым значением. Значение 0 для «концентрации Cr в растворе для нанесения покрытия (ч/млн)» означает, что в раствор для нанесения покрытия не добавили вышеуказанный гексагидрат хлорида хрома.

[0108] [Этап образования слоя покрытия]

Подготовленный раствор для нанесения покрытия использовали для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni на холоднокатаной стальной пластине для каждого испытания. Образование слоя покрытия из сплава Zn-Ni выполняли путем

электролитического нанесения покрытия. Электролитическое нанесение покрытия выполняли в условиях рН раствора для нанесения покрытия в диапазоне от 3 до 6, температуры раствора для нанесения покрытия в диапазоне от 30 до 40°С и времени обработки в диапазоне от 5 до 20 минут. Другие условия соответствующих испытаний указаны в Таблице 1. В Таблице 1 выражение «скорость потока раствора для нанесения покрытия (м/с)» относится к скорости перемешивания раствора для нанесения покрытия и представляет собой значение, которое показывает в пересчете на линейную скорость раствора для нанесения покрытия циркулирующий объем в случае, когда циркуляция раствора для нанесения покрытия обеспечивалась насосом.

[0109] Испытание №	Условия нанесения покрытия			Слой покрытия из сплава Zn-Ni						
	Концентрация Cr в растворе для нанесения покрытия (ч/млн)	Скорость потока раствора для нанесения покрытия (м/с)	Плотность тока (А/дм ²)	Содержание Ni (мас.%)	Интенсивность Cr (отсчетов в секунду)	Формула (1) (Hv)	Твердость (Hv)	Глянцевитость	Толщина (мкм)	Межплоскостное расстояние (Å)
1	50	0,5	4	15,4	-	547	737	107,5	8,1	2,111
2	50	0,5	6	15,5	$3,8 \times 10^2$	553	744	116,0	8,3	2,111
3	50	0,8	4	15,3	-	542	629	141,5	8,1	2,111
4	50	0,8	6	15,2	-	536	715	144,5	7,5	2,112
5	100	0,5	4	15,3	-	542	731	131,5	7,4	2,111
6	100	0,5	6	15,2	$3,3 \times 10^2$	536	815	120,5	7,9	2,112
7	100	0,8	4	15,1	-	531	771	168,0	8,3	2,111
8	100	0,8	6	15,0	-	525	770	137,5	7,9	2,112
9	500	0,5	4	15,1	-	531	939	100,5	7,6	2,113
10	500	0,5	6	14,8	$5,0 \times 10^3$	514	803	114,5	7,9	2,113
11	500	0,8	4	14,8	-	514	758	143,0	8,3	2,114
12	500	0,8	6	15,1	-	531	1051	121,0	7,9	2,114
13	1000	0,5	4	14,8	-	514	1010	20,0	6,9	2,115
14	1000	0,5	6	14,4	$1,1 \times 10^5$	492	947	39,7	6,9	2,114
15	1000	0,8	4	15,1	-	531	997	30,5	6,7	2,115
16	1000	0,8	6	15,0	-	525	1063	33,3	4,6	2,115
17	0	0,5	4	15,9	-	575	432	59,7	8,1	2,109

18	0	0,5	6	15,9	$1,0 \times 10^0$	575	451	85,9	7,6	2,110
19	0	0,8	4	15,8	-	569	556	113,5	8,3	2,109
20	0	0,8	6	15,7	-	564	463	116,5	7,6	2,110
21	10	0,5	4	15,7	-	564	492	104,0	8,3	2,110
22	10	0,5	6	15,8	$3,6 \times 10^1$	569	450	84,7	8,6	2,110

[0110] [Испытание для измерения композиции слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Композицию слоя покрытия из сплава Zn-Ni измерили следующим способом. Измерение выполняли с использованием ручного флуоресцентного рентгеновского анализатора (DP2000 (торговое название: DELTA Premium), производимого компанией JEOL Ltd.). При измерении проанализировали композицию в четырех произвольных местах на поверхности холоднокатаной стальной пластины, на которой был образован слой покрытия из сплава Zn-Ni. Измеренные содержания Zn и Ni определили с использованием режима Alloy Plus. Величину, полученную путем деления измеренного содержания Ni на общее измеренное содержание Zn и Ni, которое было определено, приняли в качестве содержания Ni (мас.%). Результаты приведены в Таблице 1. Содержание Cr измерили подобным образом. Однако при анализе, выполненном посредством рентгеновской флуоресценции, во всех примерах содержание Cr было ниже предела обнаружения.

[0111] [Испытание для измерения интенсивности Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni]

Интенсивность Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni измерили следующим способом в Испытании № 2, Испытании № 6, Испытании № 10, Испытании № 14, Испытании № 18 и Испытании № 22. Измерение выполняли с использованием квадрупольного масс-спектрометра вторичных ионов PHI ADEPT-1010 (TM), производимого компанией ULVAC-PHI, Inc. Условия измерения описаны ниже. Анализ выполняли в направлении глубины от поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni. Среднее арифметическое значений измерений интенсивности Cr на глубине от 1,5 до 2,0 мкм от поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni указано в Таблице 1.

Бомбардирующие ионы: O_2^+

Ускоряющее напряжение: 6,0 кВ

Диапазон измерения: 64 мкм

Частота измерения: каждые 20 нм в направлении глубины

Элементы измерения: Zn, Ni, Cr

[0112] Результаты масс-спектрометрии вторичных ионов показаны на Фиг. 13. На Фиг. 13 ось абсцисс показывает глубину. Здесь выражение «глубина» относится к глубине (мкм), полученной путем преобразования времени измерения способом, описанным выше. Ось ординат показывает интенсивность вторичных ионов. Данные на Фиг. 13 показывают результаты, полученные путем измерения после дополнительного образования хроматного покрытия на соответствующих слоях покрытия из сплава Zn-Ni в Испытании

№ 2, Испытании № 6, Испытании № 10, Испытании № 14, Испытании № 18 и Испытании № 22. В связи с этим вблизи внешнего слоя (глубина от 0 мкм до приблизительно 0,4 мкм) для каждого элемента данных был обнаружен Cr хроматного покрытия, и интенсивность Cr была высокой.

[0113] [Испытание для измерения твердости по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Каждую холоднокатаную стальную пластину, на которой был образован слой покрытия из сплава Zn-Ni, разрезали перпендикулярно поверхности и измерили твердость (Hv) по Виккерсу вышеуказанным способом на разрезе слоя покрытия из сплава Zn-Ni, который появился после разрезания. Результаты приведены в столбце «Твердость (Hv)» в Таблице 1. Кроме того, твердость (Hv) по Виккерсу, которая была вычислена на основе вышеуказанной формулы (1) и содержания Ni, приведена в столбце «Формула (1)».

[0114] [Испытание для измерения глянецвитости поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Глянецвитость поверхности каждой холоднокатаной стальной пластины, на которой был образован слой покрытия из сплава Zn-Ni, измерили описанным выше способом. Результаты приведены в Таблице 1.

[0115] [Испытание для измерения толщины слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Для выполнения испытания для измерения толщины слоя покрытия из сплава Zn-Ni в четырех произвольных местах на поверхности каждой холоднокатаной стальной пластины, на которой был образован слой покрытия из сплава Zn-Ni, использовали описанный выше способ. Результаты приведены в Таблице 1.

[0116] [Испытание для рентгенодифракционного измерения слоя покрытия из сплава Zn-Ni]

Рентгенодифракционное измерение выполняли в вышеописанных условиях измерения в отношении поверхности каждой холоднокатаной стальной пластины, на которой был образован слой покрытия из сплава Zn-Ni. Полученные измеренные профили сравнили со значениями, описанными в картах ASTM, для определения фаз. Результаты показали, что все примеры представляли собой γ -монофазные структуры. Кроме того, на основе полученных измеренных профилей вычислили пиковое положение PP (градусов), соответствующее (411) плоскостям, описанным выше способом. Затем определили расстояние (\AA) между (411) плоскостями γ -фазы, входящей в слой покрытия из сплава Zn-Ni. Результаты приведены в столбце «Межплоскостное расстояние (\AA)» в Таблице 1.

[0117] [Результаты оценки]

Существует корреляция между твердостью и сопротивлением заеданию слоя покрытия из сплава Zn-Ni. В связи с этим, если твердость Hv по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni является высокой, сопротивление заеданию будет превосходным. Обратимся к Таблице 1, в случае холоднокатаных стальных пластин в Испытаниях № 1-16 слой покрытия из сплава Zn-Ni был образован с использованием раствора для нанесения покрытия, содержащего ионы хрома в концентрации 30 ч/млн или более. В связи с этим

интенсивность Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni составляла $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более, и твердость H_v по Виккерсу увеличилась. В частности, твердость по Виккерсу была выше, чем твердость по Виккерсу, вычисленная на основе формулы (1) и содержания Ni. Другими словами, холоднокатаные стальные пластины в Испытаниях № 1-16 имели превосходное сопротивление заеданию.

[0118] В дополнение, на холоднокатаных стальных пластинах в Испытаниях № 1-12 слой покрытия из сплава Zn-Ni был образован с использованием раствора для нанесения покрытия с концентрацией ионов хрома 800 ч/млн или менее. В результате глянецитость составила 100,0 или более, и в связи с этим в дополнение к превосходному сопротивлению заеданию холоднокатаные стальные пластины имели превосходный внешний вид.

[0119] Кроме того, в холоднокатаных стальных пластинах в Испытаниях № 1-16 межплоскостное расстояние между (411) плоскостями γ -фазы составляло 2,111 Å или более. В результате твердость по Виккерсу H_v составляла 600 или более, и в связи с этим дополнительно обеспечивалось превосходное сопротивление заеданию.

[0120] С другой стороны, в случае холоднокатаных стальных пластин в Испытаниях № 17-22 слой покрытия из сплава Zn-Ni был образован с использованием раствора для нанесения покрытия, имеющего концентрацию ионов хрома менее 30 ч/млн. В связи с этим интенсивность Cr в слое покрытия из сплава Zn-Ni составляла менее $5,0 \times 10$. В результате твердость по Виккерсу была ниже, чем твердость по Виккерсу, вычисленная на основе формулы (1) и содержания Ni, и сопротивление заеданию было низким.

[0121] Выше описан вариант осуществления настоящего изобретения. Однако вышеописанный вариант осуществления является лишь примером реализации настоящего изобретения. Соответственно, настоящее изобретение не ограничивается вышеописанным вариантом осуществления, и вышеописанный вариант осуществления может быть модифицирован соответствующим образом в пределах диапазона, который не отклоняется от сущности настоящего изобретения.

СПИСОК ССЫЛОЧНЫХ ПОЗИЦИЙ

[0122]

- 1 Резьбовое соединение для труб
- 2 Стальная труба
- 3 Соединитель
- 4 Ниппель
- 5 Муфта
- 6 Слой покрытия из сплава Zn-Ni
- 7 Смазочное покрытие
- 40 Контактная поверхность со стороны ниппеля
- 41 Резьбовой участок со стороны ниппеля
- 42 Металлический уплотнительный участок со стороны ниппеля

- 43 Заплевиковый участок со стороны ниппеля
- 50 Контактная поверхность со стороны муфты
- 51 Резьбовой участок со стороны муфты
- 52 Металлический уплотнительный участок со стороны муфты
- 53 Заплевиковый участок со стороны муфты

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение для труб, содержащее:

ниппель, имеющий контактную поверхность со стороны ниппеля, включающую в себя резьбовой участок со стороны ниппеля;

муфту, имеющую контактную поверхность со стороны муфты, включающую в себя резьбовой участок со стороны муфты; и

слой покрытия из сплава Zn-Ni, образованный на по меньшей мере одной из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты, причем слой покрытия из сплава Zn-Ni состоит из Zn, Ni, следового количества Cr и примесей, причем содержание следового количества Cr составляет $5,0 \times 10$ отсчетов в секунду или более в пересчете на интенсивность Cr, измеренную с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов с использованием ионов O_2^+ в качестве бомбардирующих ионов.

2. Резьбовое соединение для труб по п. 1, в котором:

глянцевитость поверхности слоя покрытия из сплава Zn-Ni составляет 100 или более.

3. Резьбовое соединение для труб по п. 1 или 2, в котором толщина слоя покрытия из сплава Zn-Ni составляет от 1 до 20 мкм.

4. Резьбовое соединение для труб по любому из пп. 1-3, в котором твердость Hv по Виккерсу слоя покрытия из сплава Zn-Ni составляет 600 или более.

5. Резьбовое соединение для труб по любому из пп. 1-3, в котором слой покрытия из сплава Zn-Ni содержит от 6,0 до 16,0 мас.% Ni и включает в себя γ -фазу, и расстояние между (411) плоскостями γ -фазы составляет $2,111 \text{ \AA}$ или более.

6. Резьбовое соединение для труб по любому из пп. 1-5, дополнительно содержащее смазочное покрытие на по меньшей мере одном из контактной поверхности со стороны ниппеля, контактной поверхности со стороны муфты и слоя покрытия из сплава Zn-Ni.

7. Резьбовое соединение для труб по любому из пп. 1-6, в котором

контактная поверхность со стороны ниппеля дополнительно включает в себя металлический уплотнительный участок со стороны ниппеля и заплечиковый участок со стороны ниппеля; а

контактная поверхность со стороны муфты дополнительно включает в себя металлический уплотнительный участок со стороны муфты и заплечиковый участок со стороны муфты.

8. Способ изготовления резьбового соединения для труб, включающий этапы, на которых:

подготавливают ниппель, имеющий контактную поверхность со стороны ниппеля, включающую в себя резьбовой участок со стороны ниппеля, и муфту, имеющую контактную поверхность со стороны муфты, включающую в себя резьбовой участок со стороны муфты, и погружают по меньшей мере одну из контактной поверхности со

стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты в раствор для нанесения покрытия, который содержит ионы цинка, ионы никеля и ионы хрома, причем концентрация ионов хрома составляет от 30 до 2000 ч/млн; и

пропускают ток через по меньшей мере одну из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты, погруженную в раствор для нанесения покрытия, для образования слоя покрытия из сплава Zn-Ni на по меньшей мере одной из контактной поверхности со стороны ниппеля и контактной поверхности со стороны муфты.

9. Способ изготовления резьбового соединения для труб по п. 8, в котором:

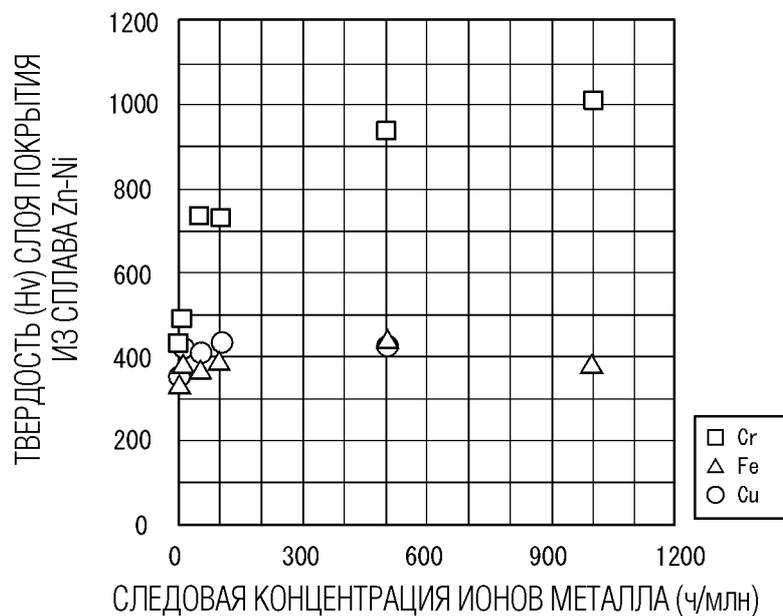
концентрация ионов хрома в растворе для нанесения покрытия находится в диапазоне от 30 до 800 ч/млн.

10. Способ изготовления резьбового соединения для труб по п. 8 или 9, в котором:

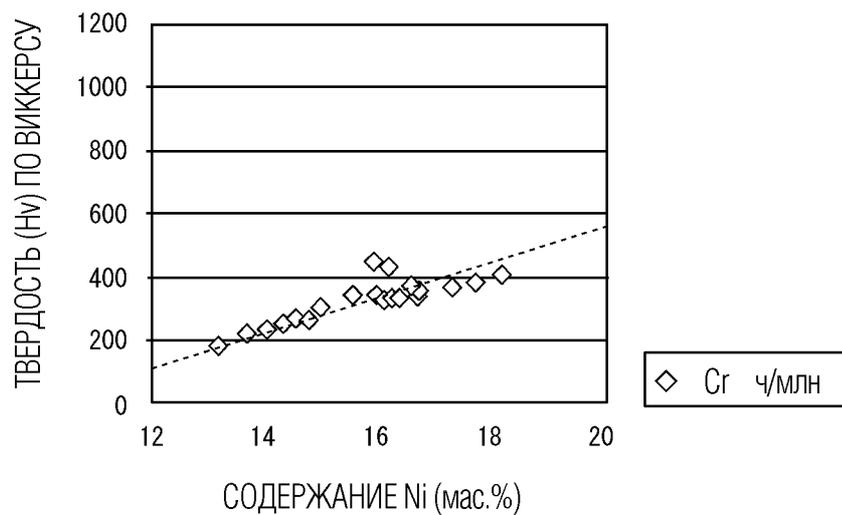
контактная поверхность со стороны ниппеля дополнительно включает в себя металлический уплотнительный участок со стороны ниппеля и заплечиковый участок со стороны ниппеля, а

контактная поверхность со стороны муфты дополнительно включает в себя металлический уплотнительный участок со стороны муфты и заплечиковый участок со стороны муфты.

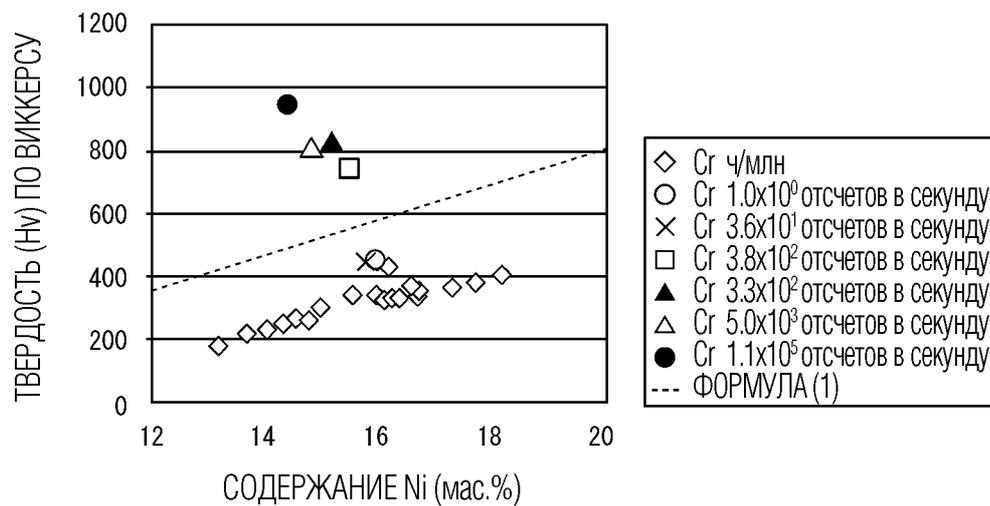
ФИГ. 1



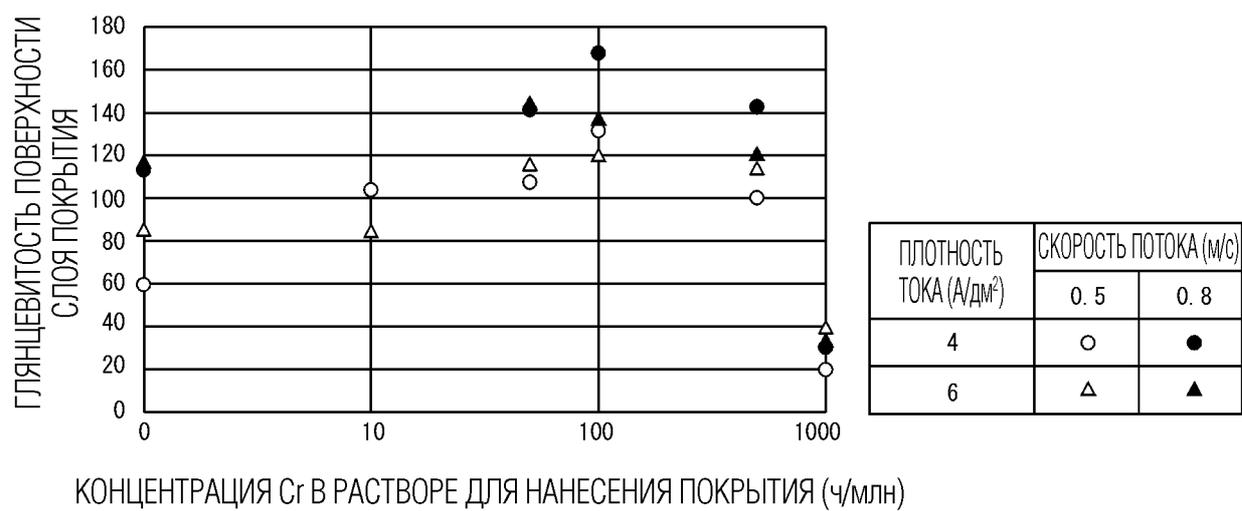
ФИГ. 2



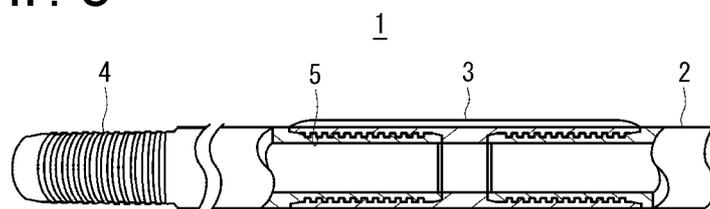
ФИГ. 3



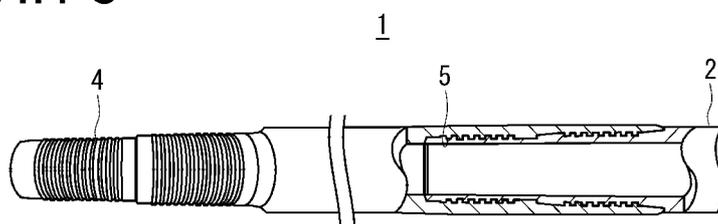
ФИГ. 4



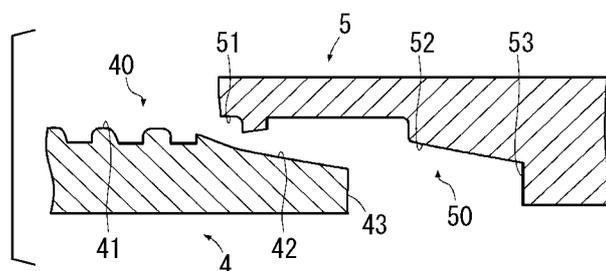
ФИГ. 5



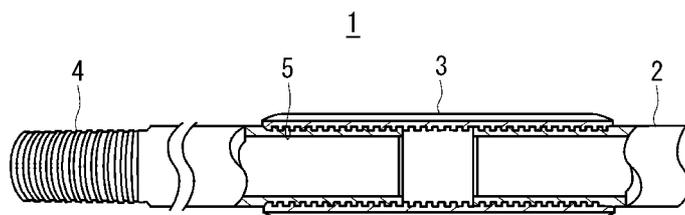
ФИГ. 6



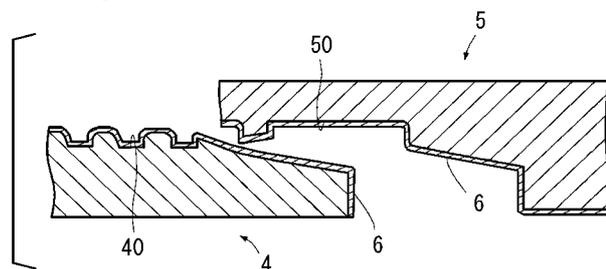
ФИГ. 7



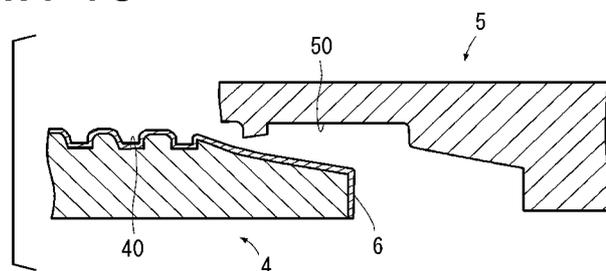
ФИГ. 8



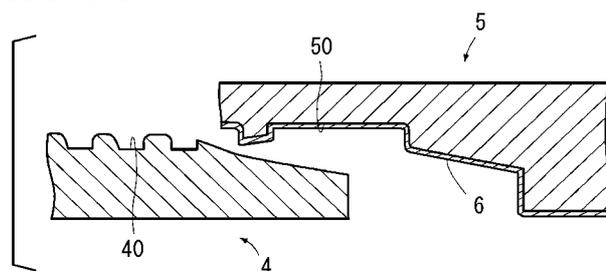
ФИГ. 9



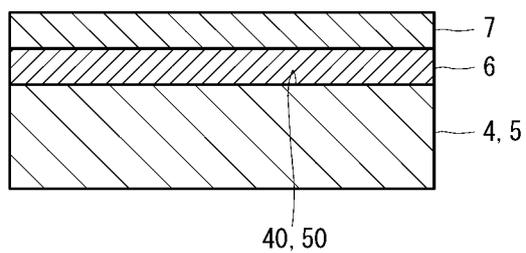
ФИГ. 10



ФИГ. 11



ФИГ. 12



ФИГ. 13

