

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 048794

(13) B1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2025.01.15

(21) Номер заявки  
202490498

(22) Дата подачи заявки  
2022.08.26

(51) Int. Cl. *F16L 15/04* (2006.01)  
*C23C 26/00* (2006.01)  
*E21B 17/042* (2006.01)

## (54) МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ТРУБА ДЛЯ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ

(31) 2021-145098

(32) 2021.09.07

(33) JP

(43) 2024.04.26

(86) PCT/JP2022/032244

(87) WO 2023/037910 2023.03.16

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

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

(72) Изобретатель:

**Осима Масахиро, Кимото Масанари  
(JP), Антуан Александр, Муньос  
Даниэль (FR)**

(74) Представитель:

**Забегаяева У.Г., Давыдова Е.Л.,  
Мурашев П.М. (RU)**

(56) WO-A1-2019074103  
WO-A1-2019044961  
JP-A-2018513326  
WO-A1-2018216416  
WO-A1-2018216475  
JP-A-2020029946  
WO-A1-2021166100

(57) Предложена металлическая труба для нефтяной скважины, содержащая металлизированный слой из сплава Zn-Ni, обладающий высокой адгезией. Металлическая труба для нефтяной скважины согласно изобретению содержит: основной корпус трубы, содержащий ниппель с контактной поверхностью ниппеля, содержащей часть с наружной резьбой, при этом ниппель сформирован на первой концевой части, и муфту с контактной поверхностью муфты, содержащей часть с внутренней резьбой, при этом муфта сформирована на второй концевой части; и металлизированный слой из сплава Zn-Ni, сформированный на контактной поверхности ниппеля и/или контактной поверхности муфты. Интенсивность дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое из сплава Zn-Ni удовлетворяет формуле (1).

$$I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}) \geq 0,60. (1).$$

В данном случае в формуле (1),  $I_{18}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {411} и {330},  $I_{36}$  представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {442} и {600}, а  $I_{54}$  представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {552}.

B1

048794

048794

B1

### Область техники

Настоящее изобретение относится к металлической трубе для нефтяной скважины, в частности к металлической трубе для нефтяной скважины со сформированным резьбовым соединением.

### Уровень техники

Металлическую трубу для нефтяной скважины используют для бурения на месторождениях нефти и природного газа (далее совместно именуемых "нефтяные скважины"). В частности, на площадке для бурения нефтяной скважины, в соответствии с глубиной нефтяной скважины несколько металлических труб для нефтяной скважины соединяют для образования сборки трубных изделий нефтепромыслового сортамента, типичным примером которого может служить обсадная труба или насосно-компрессорная труба. Сборку трубных изделий нефтепромыслового сортамента получают путем свинчивания резьбовых соединений, выполненных на концевой части стальной трубы для нефтяной скважины, друг с другом. Иногда на сборках трубных изделий нефтепромыслового сортамента выполняют инспекции. При инспекции сборку трубных изделий нефтепромыслового сортамента вытягивают и развинчивают резьбовые соединения. Затем металлические трубы для нефтяной скважины, развинченные и отсоединенные от сборки трубных изделий нефтепромыслового сортамента, инспектируют. После инспекции резьбовые соединения металлических труб для нефтяной скважины повторно свинчивают и используют повторно в составе сборки трубных изделий нефтепромыслового сортамента.

Металлическая труба для нефтяной скважины содержит основной корпус трубы, содержащий первую концевую часть и вторую концевую часть. Основной корпус трубы содержит ниппель, сформированный на первой концевой части, и муфту, сформированную на второй концевой части. Ниппель содержит контактную поверхность ниппеля, содержащую часть с наружной резьбой, выполненную на наружной периферийной поверхности первой концевой части основного корпуса трубы. Муфта содержит контактную поверхность муфты, содержащую часть с внутренней резьбой на внутренней периферийной поверхности концевой части (второй концевой части) основного корпуса трубы, находящейся на противоположной стороне от ниппеля.

При свинчивании резьбовых соединений, сформированных на концевой части металлических труб для нефтяной скважины, контактная поверхность ниппеля соприкасается с контактной поверхностью муфты.

Контактная поверхность ниппеля и контактная поверхность муфты неоднократно испытывают сильное трение при свинчивании и развинчивании металлической трубы для нефтяной скважины. При отсутствии достаточной устойчивости к трению в этих областях многократное свинчивание и развинчивание приводят к образованию задиров (не поддающихся устранению заеданий). Соответственно, металлическая труба для нефтяной скважины должна иметь достаточную устойчивость к трению, т.е. иметь отличную стойкость к образованию задиров.

До настоящего времени для повышения стойкости к образованию задиров использовали компаундные консистентные смазки с содержанием тяжелых металлов, называемые "присадками". Нанесение компаундной консистентной смазки на контактную поверхность ниппеля и/или муфты может повысить стойкость металлической трубы для нефтяной скважины к образованию задиров. Однако тяжелые металлы, такие как Pb, Zn и Cu, содержащиеся в компаундных консистентных смазках, могут влиять на окружающую среду. Поэтому необходимо разработать металлическую трубу для нефтяной скважины, отличающуюся высокой стойкостью к образованию задиров без применения компаундной консистентной смазки.

В металлической трубе для нефтяной скважины, раскрытой в патентном документе 1 (публикация международной патентной заявки № WO 2016/170031), на контактной поверхности ниппеля или муфты формируют металлизированный слой из сплава Zn-Ni вместо использования компаундной консистентной смазки. Zn, содержащийся в металлизированном слое из сплава Zn-Ni, сформированном на контактной поверхности металлической трубы для нефтяной скважины, повышает коррозионную стойкость металлической трубы для нефтяной скважины за счет протекторной защиты. Кроме того, в патентном документе 1 раскрыто, что сплав Zn-Ni также обладает высокой износостойкостью.

### Список процитированных материалов патентная литература

Патентный документ 1. Публикация международной патентной заявки №WO 2016/170031.

### Сущность изобретения техническая задача

В связи с этим на металлизированный слой из сплава Zn-Ni многократно воздействует сильное трение во время свинчивания и ослабления металлической трубы для нефтяной скважины. Если часть металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, многократно подвергавшегося сильному трению, отслаивается, коэффициент трения контактной поверхности сразу же увеличивается, что приводит к быстрому снижению стойкости металлической трубы для нефтяной скважины к образованию задиров. Поэтому предпочтителен вариант, в котором отслаивание металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, сформированного на контактной поверхности металлической трубы для нефтяной скважины, будет затруднено даже в том случае, если на металлизированный слой из сплава Zn-Ni будет многократно воздействовать сильное трение. Здесь и далее в настоящем описании блокирование отслаивания металлизированного слоя из сплава Zn-Ni даже тогда, когда на металлизированный слой из сплава Zn-Ni многократно воздействует

сильное трение, также называется "высокой адгезией". Согласно технологии, раскрытой в вышеупомянутом патентном документе 1, стойкость металлической трубы для нефтяной скважины к образованию задиров можно увеличить путем формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni на контактной поверхности ниппеля или контактной поверхности муфты. Тем не менее в вышеупомянутом патентном документе 1 не исследовалась адгезия металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, сформированного на контактной поверхности металлической трубы для нефтяной скважины.

Задачей настоящего изобретения является разработка металлической трубы для нефтяной скважины, содержащей металлизированный слой из сплава Zn-Ni, отличающийся высокой адгезией.

#### Решение задачи

Металлическая труба для нефтяной скважины, содержащая:

основной корпус трубы, содержащий первую концевую часть и вторую концевую часть,

при этом основной корпус трубы содержит:

ниппель, сформированный на первой концевой части; и

муфту, сформированную на второй концевой части,

ниппель содержит:

контактную поверхность ниппеля, содержащую часть с наружной резьбой, и

муфта содержит:

контактную поверхность муфты, содержащую часть с внутренней резьбой,

металлическая труба для нефтяной скважины дополнительно содержит:

металлизированный слой из сплава Zn-Ni, сформированный на контактной поверхности ниппеля

и/или контактной поверхности муфты,

при этом интенсивность дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое из сплава Zn-Ni удовлетворяет формуле (1):

$$I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}) \geq 0,60 \quad (1).$$

при этом в формуле (1)  $I_{18}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {411} и {330}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 18;  $I_{36}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {442} и {600}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 36, и  $I_{54}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {552}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 54.

#### Технический результат изобретения

Металлизированный слой из сплава Zn-Ni для металлической трубы для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению обладает высокой адгезией.

#### Краткое описание чертежей

На фиг. 1 изображена связь между  $Fn1 (=I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}))$  и оценкой адгезии, выражающей индекс адгезии в примерах настоящего изобретения.

На фиг. 2 изображена структурная схема одного из примеров металлической трубы для нефтяной скважины согласно данному изобретению.

На фиг. 3 показан частичный вид в разрезе (продольном разрезе) вдоль направления оси трубы соединительной муфты металлической трубы для нефтяной скважины, изображенной на фиг. 2.

На фиг. 4 изображено сечение параллельно направлению оси металлической трубы для нефтяной скважины, показанной на фиг. 3, иллюстрирующий часть вблизи ниппеля металлической трубы для нефтяной скважины.

На фиг. 5 изображено сечение параллельно направлению оси металлической трубы для нефтяной скважины, показанной на фиг. 3, иллюстрирующий часть вблизи муфты металлической трубы для нефтяной скважины.

На фиг. 6 показан частичный вид в разрезе (продольном разрезе) вдоль направления оси трубы соединительной муфты металлической трубы для нефтяной скважины согласно данному изобретению для примера, отличающегося от фиг. 3.

На фиг. 7 показана схема, иллюстрирующая интегральный тип металлической трубы для нефтяной скважины согласно данному изобретению.

На фиг. 8 изображен увеличенный вид контактной поверхности ниппеля, изображенной на фиг. 4.

На фиг. 9 изображен увеличенный вид контактной поверхности муфты, изображенной на фиг. 5.

На фиг. 10 изображен увеличенный вид контактной поверхности ниппеля, структура которой отличается от структуры на фиг. 8.

На фиг. 11 изображен увеличенный вид контактной поверхности муфты, структура которой отличается от структуры на фиг. 9.

На фиг. 12 изображен увеличенный вид контактной поверхности ниппеля, структура которой отличается от структуры на фиг. 8 и фиг. 10.

На фиг. 13 изображен увеличенный вид контактной поверхности муфты, структура которой отличается от структуры на фиг. 9 и фиг. 11.

#### Описание примеров осуществления изобретения

Ниже данное изобретение подробно раскрыто со ссылками на чертежи. На чертежах будут исполь-

зоваться одинаковые ссылочные обозначения для одних и тех же или сходных деталей, и их описание не будет повторяться.

Авторы настоящего изобретения детально исследовали средства для увеличения адгезии металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, сформированного на контактной поверхности ниппеля и/или контактной поверхности муфты металлической трубы для нефтяной скважины. В результате авторы настоящего изобретения пришли к следующим выводам.

На физические и химические свойства металлического материала влияет кристаллографическая структура материала и тонкая структура, характерная для морфологии поверхности. Поэтому авторы настоящего изобретения сконцентрировали свое внимание на микроструктуре металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, представляющего собой металлический материал, и детально исследовали средства увеличения адгезии металлизированного слоя из сплава Zn-Ni. В результате авторы настоящего изобретения обнаружили, что адгезия зависит от ориентации кристаллов в металлизированном слое из сплава Zn-Ni. В настоящем описании состояние распределения ориентации кристаллов в металлизированном слое из сплава Zn-Ni также называется "ориентацией металлизированного слоя из сплава Zn-Ni". То есть авторы настоящего изобретения сочли, что соответствующее управление ориентацией металлизированного слоя из сплава Zn-Ni позволит увеличить адгезию металлизированного слоя из сплава Zn-Ni.

В связи с этим в качестве метода оценки ориентации металлического материала предложен рентгеновский дифракционный анализ (XRD). При рентгеновском дифракционном анализе анализируют дифракцию, возникающую в результате рассеяния и интерференции рентгеновских лучей, вызванных окружающими атомы электронами. Поэтому при рентгеновском дифракционном анализе получают отдельную дифракционную карту для каждого расположения атомов в материале. Другими словами, размер кристаллов и ориентацию материала можно оценить по дифракционной диаграмме, полученной при рентгеновском дифракционном анализе. Таким образом, авторы настоящего изобретения изготовили различные металлические трубы для нефтяной скважины, содержащие металлизированный слой из сплава Zn-Ni, сформированный на контактной поверхности, определили ориентацию каждого металлизированного слоя из сплава Zn-Ni методом рентгеновского дифракционного анализа и исследовали взаимосвязь между ориентацией металлизированного слоя из сплава Zn-Ni и адгезией. В результате было установлено, что, если интенсивность дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое из сплава Zn-Ni удовлетворяет следующей формуле (1), адгезия металлизированного слоя из сплава Zn-Ni заметно увеличивается.

$$I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}) \times 0,60 \quad (1).$$

В формуле (1)  $I_{18}$  в имп/с (импульсах в секунду, герцах (Гц)) представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {411} и {330}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 18;  $I_{36}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {442} и {600}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 36, и  $I_{54}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {552}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 54. Определено, что  $Fn1 = I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54})$ .  $Fn1$  представляет собой индекс, указывающий на тенденцию к ориентации {411} и {330}. То есть чем больше значение  $Fn1$ , тем в большей степени значение  $Fn1$  указывает на то, что {411} и {330} ориентированы в одном направлении. Дополнительные детальные исследования, проведенные авторами настоящего изобретения, показали, что, когда  $Fn1$  составляет 0,60 и более, адгезия металлизированного слоя из сплава Zn-Ni заметно увеличивается. Это будет подробно раскрыто ниже со ссылкой на чертежи.

На фиг. 1 изображена связь между  $Fn1 (=I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}))$  и оценкой адгезии, выражающей индекс адгезии в примерах настоящего изобретения. Фиг. 1 создана с использованием примеров, которые будут раскрыты ниже. Интенсивность дифракции рентгеновских лучей для определения  $Fn1$  и оценку адгезии определяли способами, раскрытыми ниже. Следует отметить, что в отношении оценки адгезии результат оценки равен "0" в случае наименьшего отслаивания и "5" в случае наибольшего отслаивания.

Как показано на фиг. 1, когда  $Fn1$  составляет 0,60 и более, оценка адгезии резко снижается. Таким образом, если  $Fn1$  составляет 0,60 и более, адгезия металлизированного слоя из сплава Zn-Ni заметно увеличивается. Поэтому в металлической трубе для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению  $Fn1$  в металлизированном слое из сплава Zn-Ni, сформированном на контактной поверхности, составляет 0,60 и более.

Следует отметить, что причина, по которой адгезия металлизированного слоя из сплава Zn-Ni увеличивается в случае, когда  $Fn1$  составляет 0,60 и более, детально не выяснена. Тем не менее, авторы настоящего изобретения предполагают, что причина заключается в следующем. Как было указано выше, на физические и химические свойства металлического материала влияет кристаллографическая структура материала. Другими словами, если ориентация металлизированных слоев из сплава Zn-Ni различается, существует вероятность, что степень сохранения деформации в кристаллической решетке также будет изменяться. В связи с этим, если {411} и {330} ориентированы в одном направлении, существует вероятность того, что сохранение напряжения в кристаллической решетке будет затруднено. Следовательно, авторы настоящего изобретения считают, что при увеличении  $Fn1$  до 0,60 и более можно снизить остаточное напряжение растяжения в металлизированном слое из сплава Zn-Ni и увеличить адгезию.

Авторы изобретения предполагают, что вышеуказанный механизм увеличивает адгезию металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, в котором  $F_{n1}$  составляет 0,60 и более. Следует отметить, что также существует вероятность увеличения адгезии металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, в котором  $F_{n1}$  составляет 0,60 и более, механизмом, отличающимся от раскрытого выше механизма. Тем не менее увеличение адгезии металлизированного слоя из сплава Zn-Ni при значении  $F_{n1}$  0,60 и более показано на описанных ниже примерах.

Металлическая труба для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению, выполненная на основании вышеприведенных результатов, выглядит следующим образом. [1].

Металлическая труба для нефтяной скважины, содержащая:

основной корпус трубы, содержащий первую концевую часть и вторую концевую часть, при этом основной корпус трубы содержит: ниппель, сформированный на первой концевой части; и муфту, сформированную на второй концевой части, ниппель содержит: контактную поверхность ниппеля, содержащую часть с наружной резьбой, и муфта содержит: контактную поверхность муфты, содержащую часть с внутренней резьбой, металлическая труба для нефтяной скважины дополнительно содержит: металлизированный слой из сплава Zn-Ni, сформированный на контактной поверхности ниппеля и/или контактной поверхности муфты, при этом интенсивность дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое из сплава Zn-Ni удовлетворяет формуле (1):

$$I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}) \geq 0,60 \quad (1),$$

при этом в формуле (1)  $I_{18}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {411} и {330}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 18;  $I_{36}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {442} и {600}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 36, и  $I_{54}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {552}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 54. [2].

Металлическая труба для нефтяной скважины по п. 1, в которой:

толщина металлизированного слоя из сплава Zn-Ni составляет от 5 до 25 мкм. [3].

Металлическая труба для нефтяной скважины по п. 1 или 2, содержащая смазывающее покрытие на или над металлизированным слоем из сплава Zn-Ni. Далее подробно раскрыта металлическая труба для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению. Конструкция металлической трубы для нефтяной скважины.

Сначала будет раскрыта конструкция металлической трубы для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению. Металлическая труба для нефтяной скважины имеет общеизвестную конструкцию. Доступными типами металлических труб для нефтяной скважины являются металлическая труба для нефтяной скважины с резьбой и соединительной муфтой и металлическая труба для нефтяной скважины интегрального типа. Ниже будет подробно раскрыт каждый тип металлической трубы для нефтяной скважины.

Вариант, где металлическая труба для нефтяной скважины относится к типу с резьбой и соединительной муфтой.

На фиг. 2 показана структурная схема, иллюстрирующая один пример металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно данному изобретению. На фиг. 2 показана структурная схема, иллюстрирующая металлическую трубу 1 для нефтяной скважины, относящуюся к так называемому типу с резьбой и соединительной муфтой. Как показано на фиг. 2, металлическая труба 1 для нефтяной скважины содержит основной корпус 10 трубы.

Основной корпус 10 трубы ориентирован в направлении оси трубы. Поперечное сечение, перпендикулярное направлению оси трубы основного корпуса 10 трубы, имеет круглую форму. Основной корпус 10 трубы содержит первую концевую часть 10А и вторую концевую часть 10В. Первая концевая часть 10А является концевой частью на стороне, противоположной второй концевой части 10В. В металлической трубе 1 для нефтяной скважины типа с резьбой и соединительной муфтой, изображенной на фиг. 2, основной корпус 10 трубы содержит трубчатый корпус ниппеля 11 и соединительную муфту 12. Соединительная муфта 12 присоединена к одному концу трубчатого корпуса ниппеля 11. В частности, соединительная муфта 12 навинчена на резьбу на одном конце трубчатого корпуса ниппеля 11.

На фиг. 3 показан частичный вид в разрезе (продольном разрезе), параллельном направлению оси трубы соединительной муфты 12 металлической трубы 1 для нефтяной скважины, показанной на фиг. 2. Как показано на фиг. 2 и 3, основной корпус 10 трубы содержит ниппель 40 и муфту 50. Ниппель 40 сформирован на первой концевой части 10А основного корпуса 10 трубы. При свинчивании ниппель 40 вставляют в муфту 50 другой металлической трубы для нефтяной скважины (не показана ни фигурах) и навинчивают в муфту 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины.

Муфта 50 сформирована на второй концевой части 10В основного корпуса 10 трубы. При свинчивании ниппель 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины вставляют в муфту 50, и муфту 50 навинчивают на ниппель 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины.

Конструкция ниппеля.

На фиг. 4 изображено сечение части вблизи ниппеля 40 металлической трубы 1 для нефтяной скважины, показанной на фиг. 3, на которой изображен разрез параллельно направлению оси металлической

трубы 1 для нефтяной скважины. Пунктирная линия на фиг. 4 обозначает конструкцию муфты 50 другой металлической трубы для нефтяной скважины в случае свинчивания металлической трубы 1 для нефтяной скважины с другой металлической трубой 1 для нефтяной скважины. Как показано на фиг. 4, ниппель 40 содержит контактную поверхность 400 ниппеля на внешней периферийной поверхности первой концевой части 10А основного корпуса 10 трубы. Контактная поверхность 400 ниппеля вступает в контакт с муфтой 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины при свинчивании с другой металлической трубой 1 для нефтяной скважины.

Контактная поверхность 400 ниппеля содержит по меньшей мере часть 41 с наружной резьбой, сформированную на наружной периферийной поверхности первой концевой части 10А. Контактная поверхность 400 ниппеля может дополнительно содержать уплотнительную поверхность 42 ниппеля и упорную поверхность 43 ниппеля. На фиг. 4 на внешней периферийной поверхности первой концевой части 10А уплотнительная поверхность 42 ниппеля расположена дальше на передней торцевой стороне первой концевой части 10А, чем часть 41 с наружной резьбой. Другими словами, уплотнительная поверхность 42 ниппеля расположена между частью 41 с наружной резьбой и упорной поверхностью 43 ниппеля. Уплотнительная поверхность 42 ниппеля имеет конусную форму. В частности, наружный диаметр уплотнительной поверхности 42 ниппеля постепенно уменьшается от части 41 с наружной резьбой к упорной поверхности 43 ниппеля в продольном направлении (направление оси трубы) первой концевой части 10А.

При свинчивании с другой металлической трубой 1 для нефтяной скважины уплотнительная поверхность 42 ниппеля вступает в контакт с уплотнительной поверхностью 52 (будет раскрыта ниже) муфты 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины. Точнее говоря, во время свинчивания, когда ниппель 40 вставляют в муфту 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины, уплотнительная поверхность 42 ниппеля вступает в контакт с уплотнительной поверхностью 52 муфты. Следовательно, когда ниппель 40 продолжают ввинчивать в муфту 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины, уплотнительная поверхность 42 ниппеля вступает в плотный контакт с уплотнительной поверхностью 52 муфты. За счет этого во время свинчивания уплотнительная поверхность 42 ниппеля вступает в плотный контакт с уплотнительной поверхностью 52 муфты, тем самым формируя уплотнение, основанное на непосредственном контакте металлов. Таким образом, можно повысить газонепроницаемость в каждой металлической трубе 1 для нефтяной скважины, свинчиваемой с другой трубой.

На фиг. 4 упорная поверхность 43 ниппеля расположена на передней торцевой поверхности первой концевой части 10А. Другими словами, в ниппеле 40, изображенном на фиг. 4, часть 41с наружной резьбой, уплотнительная поверхность 42 ниппеля и упорная поверхность 43 ниппеля последовательно расположены в указанном порядке от центра основного корпуса 10 трубы по направлению к переднему концу первой концевой части 10А. При свинчивании с другой металлической трубой 1 для нефтяной скважины упорная поверхность 43 ниппеля расположена напротив упорной поверхности 53 (будет раскрыта ниже) муфты 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины и контактирует с ней. Точнее говоря, во время свинчивания упорная поверхность 43 ниппеля вступает в контакт с упорной поверхностью 53 муфты в результате введения ниппеля 40 в муфту 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины. Это позволяет получить высокий крутящий момент во время свинчивания. Кроме того, может быть стабилизирована позиционная взаимосвязь между ниппелем 40 и муфтой 50 в свинченном состоянии.

Следует учитывать, что контактная поверхность 400 ниппеля 40 содержит по меньшей мере часть 41с наружной резьбой. Другими словами, контактная поверхность 400 ниппеля может содержать часть 41с наружной резьбой и не обязательно содержит уплотнительную поверхность 42 ниппеля и упорную поверхность 43 ниппеля. Контактная поверхность 400 ниппеля может содержать часть 41 с наружной резьбой и упорную поверхность 43 ниппеля и не обязательно содержит уплотнительную поверхность 42 ниппеля. Контактная поверхность 400 ниппеля может содержать часть 41 с наружной резьбой и уплотнительную поверхность 42 ниппеля и не обязательно содержит упорную поверхность 43 ниппеля. Конструкция муфты

На фиг. 5 изображено сечение части вблизи муфты 50 металлической трубы 1 для нефтяной скважины, показанной на фиг. 3, на которой изображен разрез параллельно направлению оси металлической трубы 1 для нефтяной скважины. Пунктирная линия на фиг. 5 обозначает конструкцию ниппеля 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины в случае свинчивания металлической трубы 1 для нефтяной скважины с другой металлической трубой 1 для нефтяной скважины. Как показано на фиг. 5, муфта 50 содержит контактную поверхность 500 муфты на внутренней периферийной поверхности второй концевой части 10В основного корпуса 10 трубы. При свинчивании с другой металлической трубой 1 для нефтяной скважины контактная поверхность 500 муфты вступает в контакт с контактной поверхностью 400 ниппеля 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины, когда ниппель 40 вворачивают в муфту 50.

Контактная поверхность 500 муфты содержит по меньшей мере часть 51 с внутренней резьбой, сформированную на внутренней периферийной поверхности второй концевой части 10В. При свинчива-

нии часть 51с внутренней резьбой входит в зацепление с частью 41с наружной резьбой ниппеля 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины.

Контактная поверхность 500 муфты может дополнительно содержать уплотнительную поверхность 52 муфты и упорную поверхность 53 муфты. На фиг. 5 на внутренней периферийной поверхности второй концевой части 10В уплотнительная поверхность 52 муфты расположена дальше на стороне основного корпуса 10 трубы, чем часть 51с внутренней резьбой. Другими словами, уплотнительная поверхность 52 муфты расположена между частью 51с внутренней резьбой и упорной поверхностью 53 муфты. Уплотнительная поверхность 52 муфты имеет конусную форму. В частности, внутренний диаметр уплотнительной поверхности 52 муфты постепенно уменьшается от части 51 с внутренней резьбой к упорной поверхности 53 муфты в продольном направлении (направлении оси трубы) второй концевой части 10В.

При свинчивании с другой металлической трубой 1 для нефтяной скважины уплотнительная поверхность 52 муфты вступает в контакт с уплотнительной поверхностью 42 ниппеля 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины. Точнее говоря, во время свинчивания, когда ниппель 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины ввинчивают в муфту 50, уплотнительная поверхность 52 муфты вступает в контакт с уплотнительной поверхностью 42 ниппеля, а когда ниппель 40 продолжают ввинчивать, уплотнительная поверхность 52 муфты вступает в плотный контакт с уплотнительной поверхностью 42 ниппеля. За счет этого во время свинчивания уплотнительная поверхность 52 муфты вступает в плотный контакт с уплотнительной поверхностью 42 ниппеля, тем самым формируя уплотнение, основанное на непосредственном контакте металлов. Таким образом, можно повысить газонепроницаемость в каждой металлической трубе 1 для нефтяной скважины, свинчиваемой с другой трубой.

Упорная поверхность 53 муфты расположена дальше на стороне основного корпуса 10 трубы, чем уплотнительная поверхность 52 муфты. Другими словами, в муфте 50 упорная поверхность 53 муфты, уплотнительная поверхность 52 муфты и часть 51 с внутренней резьбой расположены последовательно в порядке от центра основного корпуса 10 трубы к переднему торцу второй концевой части 10В. При свинчивании с другой металлической трубой 1 для нефтяной скважины упорная поверхность 53 муфты расположена напротив упорной поверхности 43 ниппеля 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины и контактирует с ней. Точнее говоря, во время свинчивания упорная поверхность 53 муфты вступает в контакт с упорной поверхностью 43 ниппеля в результате введения ниппеля 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины в муфту 50. Это позволяет получить высокий крутящий момент во время свинчивания. Кроме того, может быть стабилизирована позиционная взаимосвязь между ниппелем 40 и муфтой 50 в свинченном состоянии.

Контактная поверхность 500 муфты содержит по меньшей мере часть 51 с внутренней резьбой. При свинчивании часть 51 с внутренней резьбой контактной поверхности 500 муфты 50 вступает в контакт с частью 41 с наружной резьбой контактной поверхности 400 ниппеля 40 таким образом, чтобы часть 51с внутренней резьбой соответствовала части 41с наружной резьбой. Уплотнительная поверхность 52 муфты вступает в контакт с уплотнительной поверхностью 42 ниппеля таким образом, чтобы уплотнительная поверхность 52 муфты соответствовала уплотнительной поверхности 42 ниппеля. Упорная поверхность 53 муфты вступает в контакт с упорной поверхностью 43 ниппеля таким образом, чтобы упорная поверхность 53 муфты соответствовала упорной поверхности 43 ниппеля.

Если контактная поверхность 400 ниппеля содержит часть 41с наружной резьбой и не содержит уплотнительную поверхность 42 ниппеля и упорную поверхность 43 ниппеля, контактная поверхность 500 муфты содержит часть 51с внутренней резьбой и не содержит уплотнительную поверхность 52 муфты и упорную поверхность 53 муфты. Если контактная поверхность 400 ниппеля содержит часть 41 с наружной резьбой и упорную поверхность 43 ниппеля и не содержит уплотнительную поверхность 42 ниппеля, контактная поверхность 500 муфты содержит часть 51с внутренней резьбой и упорную поверхность 53 муфты и не содержит уплотнительную поверхность 52 муфты. Если контактная поверхность 400 ниппеля содержит часть 41 с наружной резьбой и уплотнительную поверхность 42 ниппеля и не содержит упорную поверхность 43 ниппеля, контактная поверхность 500 муфты содержит часть 51с внутренней резьбой и уплотнительную поверхность 52 муфты и не содержит упорную поверхность 53 муфты. Контактная поверхность 400 ниппеля может содержать несколько частей 41 с наружной резьбой, несколько уплотнительных поверхностей 42 ниппеля и несколько упорных поверхностей 43 ниппеля. Например, упорная поверхность 43 ниппеля, уплотнительная поверхность 42 ниппеля, часть 41с наружной резьбой, уплотнительная поверхность 42 ниппеля, упорная поверхность 43 ниппеля, уплотнительная поверхность 42 ниппеля и часть 41 с наружной резьбой могут быть расположены в указанном порядке на контактной поверхности 400 ниппеля 40 от переднего конца первой концевой части 10А к центру основного корпуса 10 трубы. В этом случае часть 51с внутренней резьбой, уплотнительная поверхность 52 муфты, упорная поверхность 53 муфты, уплотнительная поверхность 52 муфты, часть 51 с внутренней резьбой, уплотнительная поверхность 52 муфты и упорная поверхность 53 муфты будут расположены в указанном порядке на контактной поверхности 500 муфты 50 от переднего конца второй концевой части 10В к центру основного корпуса 10 трубы. На фиг. 4 и 5 изображено так называемое "наилучшее соединение", в котором ниппель 40 содержит часть 41 с наружной резьбой, уплотнительную поверхность 42 ниппеля и упорную поверхность 43 ниппеля, а муфта 50 содержит часть 51 с внутренней резьбой, уплотнительную

поверхность 52 муфты и упорную поверхность 53 муфты. Тем не менее согласно раскрытому выше ниппель 40 может содержать часть 41 с наружной резьбой и не обязательно содержит уплотнительную поверхность 42 ниппеля и упорную поверхность 43 ниппеля. В этом случае муфта 50 содержит часть 51с внутренней резьбой и не содержит уплотнительную поверхность 52 муфты и упорную поверхность 53 муфты. На фиг. 6 представлен вид, иллюстрирующий один пример металлической трубы 1 для нефтяной скважины, в которой ниппель 40 содержит часть 41 с наружной резьбой и не содержит уплотнительную поверхность ниппеля и упорную поверхность ниппеля, а муфта 50 содержит часть 51с внутренней резьбой и не содержит уплотнительную поверхность муфты и упорную поверхность муфты. Металлическая труба 1 для нефтяной скважины согласно настоящему примеру осуществления изобретения может иметь конструкцию, изображенную на фиг. 6.

Вариант, в котором металлическая труба для нефтяной скважины относится к интегральному типу.

Металлическая труба 1 для нефтяной скважины, изображенная на фиг. 2, фиг. 3 и фиг. 6, представляет собой металлическую трубу 1 для нефтяной скважины с резьбой и соединительной муфтой, в которой основной корпус 10 трубы содержит трубчатый корпус ниппеля 11 и соединительную муфту 12. Тем не менее металлическая труба 1 для нефтяной скважины согласно данному изобретению может быть интегрального типа вместо типа с резьбой и соединительной муфтой.

На фиг. 7 показана структурная схема, иллюстрирующая интегральный тип металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно данному изобретению. Как показано на фиг. 7, металлическая труба 1 для нефтяной скважины интегрального типа содержит основной корпус 10 трубы. Основной корпус 10 трубы содержит первую концевую часть 10А и вторую концевую часть 10В. Первая концевая часть 10А расположена на стороне, противоположной второй концевой части 10В. Согласно раскрытому выше, в металлической трубе 1 для нефтяной скважины типа с резьбой и соединительной муфтой основной корпус 10 трубы содержит трубчатый корпус 11 ниппеля и соединительную муфту 12. Другими словами, в металлической трубе 1 для нефтяной скважины типа с резьбой и соединительной муфтой основной корпус 10 трубы образован свинчиванием двух отдельных элементов (трубчатого корпуса ниппеля 11 и соединительной муфты 12). Наоборот, в металлической трубе 1 для нефтяной скважины интегрального типа основной корпус 10 трубы сформирован неразъемным способом.

Ниппель 40 сформирован на первой концевой части 10А основного корпуса 10 трубы. При свинчивании ниппель 40 вставляют и винчивают в муфту 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины интегрального типа и таким образом свинчивают с муфтой 50 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины интегрального типа. Муфта 50 сформирована на второй концевой части 10В основного корпуса 10 трубы. При свинчивании ниппель 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины интегрального типа вставляют и винчивают в муфту 50, чтобы таким образом свинтить муфту 50 с ниппелем 40 другой металлической трубы 1 для нефтяной скважины интегрального типа.

Конструкция ниппеля 40 металлической трубы 1 для нефтяной скважины интегрального типа аналогична конструкции ниппеля 40 металлической трубы 1 для нефтяной скважины типа с резьбой и соединительной муфтой, показанной на фиг. 4. Аналогично, конструкция муфты 50 металлической трубы 1 для нефтяной скважины интегрального типа такая же, как конструкция муфты 50 металлической трубы 1 для нефтяной скважины типа с резьбой и соединительной муфтой, показанной на фиг. 5. Следует отметить, что на фиг. 7, упорная поверхность ниппеля, уплотнительная поверхность ниппеля и часть 41 с наружной резьбой в ниппеле 40 расположены в указанном порядке от переднего конца первой концевой части 10А в сторону центра основного корпуса 10 трубы. Таким образом, часть 51 с внутренней резьбой, уплотнительная поверхность муфты и упорная поверхность муфты в муфте 50 расположены в указанном порядке от переднего конца второй концевой части 10В в сторону центра основного корпуса 10 трубы. Тем не менее, аналогично фиг. 4, достаточно, чтобы контактная поверхность 400 ниппеля 40 металлической трубы 1 для нефтяной скважины интегрального типа содержала по меньшей мере часть 41 с наружной резьбой. Кроме того, аналогично фиг. 5, достаточно, чтобы контактная поверхность 500 муфты 50 металлической трубы 1 для нефтяной скважины интегрального типа содержала по меньшей мере часть 51с внутренней резьбой. Точнее, металлическая труба 1 для нефтяной скважины согласно данному изобретению может относиться к типу с резьбой и соединительной муфтой или к интегральному типу.

Химический состав основного корпуса трубы.

Химический состав основного корпуса 10 металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно данному изобретению, по существу, не ограничен. Основной корпус 10 трубы может иметь химический состав, соответствующий углеродистой стали, или химический состав, соответствующий нержавеющей стали.

Металлизированный слой из сплава Zn-Ni.

В металлической трубе 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению металлизированный слой из сплава Zn-Ni формируют на контактной поверхности 400 ниппеля и/или контактной поверхности 500 муфты. Другими словами, металлизированный слой из сплава Zn-Ni может быть сформирован на контактной поверхности 400 ниппеля и не обязательно должен быть сформирован на контактной поверхности 500 муфты. В альтернативном варианте металлизированный слой из сплава Zn-Ni может быть сформирован на контактной поверхности 500 муфты и не обязательно должен быть сформиро-

ван на контактной поверхности 400 ниппеля. Кроме того, металлизированный слой из сплава Zn-Ni может быть сформирован на контактной поверхности 400 ниппеля и контактной поверхности 500 муфты.

Ниже раскрыта структура на контактной поверхности 400 ниппеля в случае, когда металлизированный слой из сплава Zn-Ni сформирован на контактной поверхности 400 ниппеля, и структура на контактной поверхности 500 муфты в случае, когда металлизированный слой из сплава Zn-Ni сформирован на контактной поверхности 500 муфты.

Структура на контактной поверхности ниппеля в случае, когда на контактной поверхности ниппеля сформирован металлизированный слой из сплава Zn-Ni.

На фиг. 8 изображено сечение области вблизи контактной поверхности 400 ниппеля в случае, в котором металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni сформирован на контактной поверхности 400 ниппеля. Как показано на фиг. 8, металлическая труба 1 для нефтяной скважины дополнительно содержит металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni, сформированный на контактной поверхности 400 ниппеля. Металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni может быть сформирован на одной части контактной поверхности 400 ниппеля или на всей контактной поверхности 400 ниппеля. Давление между поверхностями увеличивается, в частности, на заключительной стадии свинчивания на уплотнительной поверхности 42 ниппеля. Поэтому, если металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni сформирован на части контактной поверхности 400 ниппеля, металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni, предпочтительно, формируют по меньшей мере на уплотнительной поверхности 42 ниппеля. Как было отмечено выше, металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni может быть сформирован на всей контактной поверхности 400 ниппеля.

Структура на контактной поверхности муфты в случае, когда на контактной поверхности муфты сформирован металлизированный слой из сплава Zn-Ni.

На фиг. 9 изображено сечение области вблизи контактной поверхности 500 муфты в случае, когда металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni сформирован на контактной поверхности 500 муфты. Как показано на фиг. 9, в этом случае на контактной поверхности 500 муфты формируют металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni. Металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni может быть сформирован на одной части контактной поверхности 500 муфты или на всей контактной поверхности 500 муфты. Давление между поверхностями увеличивается, в частности, на заключительном этапе свинчивания на уплотнительной поверхности 52 муфты. Поэтому, если металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni сформирован на части контактной поверхности 500 муфты, металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni, предпочтительно, формируют по меньшей мере на уплотнительной поверхности 52 муфты.

Состав металлизированного слоя из сплава Zn-Ni.

Как было раскрыто выше, металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni формируют на контактной поверхности 400 ниппеля и/или контактной поверхности 500 муфты. В данном случае металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni содержит сплав Zn-Ni. В частности, сплав Zn-Ni содержит цинк (Zn) и никель (Ni). В некоторых случаях сплав Zn-Ni также содержит примеси. В данном случае под "примесями" в сплаве Zn-Ni понимают вещества, отличающиеся от цинка и никеля и содержащиеся в металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni во время изготовления и других подобных операций обработки металлической трубы 1 для нефтяной скважины, и содержание в которых находятся в диапазоне, не влияющем на эффекты настоящего изобретения. В данном случае металлизированный слой (100) из сплава Zn-Ni содержит Zn. Zn является основным металлом по сравнению с Fe. Таким образом, металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni подвергается коррозии ранее стального материала (протекторная защита). Это позволяет повысить коррозионную стойкость металлической трубы 1 для нефтяной скважины.

Химический состав металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni можно измерить следующим способом. Образец, содержащий металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni (образец, содержащий контактную поверхность, на которой сформирован металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni), берут из металлической трубы 1 для нефтяной скважины. Металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni полученного образца растворяют в 10 % соляной кислоте для получения жидкого раствора. Полученный жидкий раствор подвергают элементному анализу методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и определяют содержание Ni (масс. %) и содержание Zn (мас.%) в металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni. Толщина металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni.

Толщина металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni, по существу, не ограничена. Толщина металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni составляет, например, от 1 до 20 мкм. Если толщина металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni составляет 1 мкм и более, можно дополнительно повысить стойкость к образованию задигов. Даже если толщина металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni превышает 20 мкм, вышеупомянутые эффекты достигнут предела. Нижний предел толщины металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni предпочтительно составляет 3 мкм, более предпочтительно - 5 мкм. Верхний предел толщины металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni предпочтительно составляет 18 мкм, более предпочтительно - 15 мкм. Толщину металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni согласно настоящему изобретению можно измерять следующим способом. Толщину металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni измеряют в четырех произвольных положениях на контактной поверхности 400 ниппеля или контактной поверхности 500 муфты, на которой сформирован металлизированный слой 100 из спла-

ва Zn-Ni, с помощью PHASCOPE PMP10, фазочувствительного вихретокового толщиномера компании Helmut Fischer GmbH. Измерения выполняются способом, соответствующим стандарту ISO (Международная организация по стандартизации) 21968(2005). Положения измерения представляют собой четыре положения (четыре положения на 0°, 90°, 180° и 270°) в окружном направлении металлической трубы 1 для нефтяной скважины. Среднее арифметическое значение результатов измерения принимают за толщину металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni. Микроструктура металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni.

Металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni содержит  $\gamma$  фазу. В связи с этим в сплав Zn-Ni, полученный в процессе электроосаждения, входит  $\eta$  фаза,  $\gamma$  фаза и  $\alpha$  фаза.  $\eta$  фаза представляет собой фазу с химической формулой Zn, имеющую гексагональную кристаллическую структуру,  $\gamma$  фаза представляет собой фазу с химической формулой Ni<sub>5</sub>Zn<sub>21</sub>, имеющую объемно-центрированную кубическую кристаллическую структуру,  $\alpha$  фаза представляет собой фазу с химической формулой Ni, имеющую гранецентрированную кубическую кристаллическую структуру. Металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni согласно настоящему изобретению может представлять собой смешанную фазу, содержащую  $\eta$  фазу,  $\gamma$  фазу и  $\alpha$  фазу. Предпочтительно, металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni выполняют  $\gamma$  монофазным. В настоящем описании термин " $\gamma$  монофазный" означает, что фазы, отличные от  $\gamma$  фазы (то есть  $\eta$  фаза и  $\alpha$  фаза), достаточно малы, чтобы ими можно было пренебречь. Ориентация металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni.

Интенсивность дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni согласно настоящему изобретению удовлетворяет следующей формуле (1):

$$I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}) \geq 0,60 \quad (1).$$

В данном случае в формуле (1)  $I_{18}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {411} и {330}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 18;  $I_{36}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {442} и {600}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 36, и  $I_{54}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {552}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 54.  $Fn1 (=I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}))$  представляет собой индекс, указывающий на тенденцию к ориентации {411} и {330}. То есть чем больше значение  $Fn1$ , тем в большей степени  $Fn1$  указывает на то, что {411} и {330} ориентированы в одном направлении. Кроме того, если  $Fn1$  составляет 0,60 и более, адгезия металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni значительно увеличивается. Соответственно, в настоящем изобретении  $Fn1$ , определяемый по интенсивности дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni, составляет 0,60 и более.

Предпочтительный нижний предел  $Fn1$  составляет 0,65, более предпочтительно 0,70, еще более предпочтительно 0,75, более предпочтительно 0,80, еще более предпочтительно 0,85, еще более предпочтительно 0,90. Отметим, что верхний предел  $Fn1$  по существу не ограничен.  $Fn1$  может быть равно 1,00. Тем не менее в металлической трубе 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению верхний предел  $Fn1$  практически составляет 0,99.

Как было указано выше, в настоящем описании под "ориентацией металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni" понимают состояние распределения ориентации кристаллов в металлизированном слое из сплава Zn-Ni. Кроме того, ориентацию материала можно оценить способом рентгеновского дифракционного анализа. С другой стороны, при рентгеновском дифракционном анализе возможны случаи, в которых некоторые плоскости не могут быть разделены. В частности, индексы Миллера произвольной плоскости записываются в виде (hkl). При этом одну дифракционную линию получают не для каждой плоскости (hkl), а для каждого значения суммы квадратов s индексов Миллера (=h+k+l). То есть дифракционные линии от плоскостей с одинаковым значением суммы квадратов s индексов Миллера будут получены в виде единой дифракционной линии.

Кроме того, плоскости (411), (141) и (114), находящиеся в симметричном соотношении, совместно называются и обозначаются как {411}. Аналогичным образом, плоскости (330), (303) и (033), находящиеся в симметричном соотношении, совместно называются и обозначаются как {330}. Для каждой совокупности плоскостей из {411} и {330} s=18. Следовательно, дифракционная линия, для которой s=18, будет представлять собой линию, относительно которой накладываются друг на друга дифракционная линия от {411} и дифракционная линия от {330}. Далее, для плоскостей (442), (424) и (244), находящихся в симметричном соотношении и совместно называемых {442}, и плоскостей (600), (060) и (006), находящихся в симметричном соотношении и совместно называемых {600}, s=36. Следовательно, дифракционная линия, для которой s=36, будет представлять собой линию, относительно которой накладываются друг на друга дифракционная линия от {442} и дифракционная линия от {600}.

Таким образом,  $I_{18}$  в Формуле (1) представляет собой сумму интенсивностей дифракции рентгеновских лучей для {411} и {330}. Аналогичным образом,  $I_{36}$  в Формуле (1) представляет собой сумму интенсивностей дифракции рентгеновских лучей для {442} и {600}. Кроме того,  $I_{54}$  в Формуле (1) представляет собой сумму интенсивности дифракции рентгеновских лучей для плоскостей (552), (525) и (255), находящихся в симметричном соотношении и совместно называемых {552}. В настоящем изобретении

F<sub>n1</sub> можно определить следующим способом. Испытательный образец получают из контактной поверхности 400 ниппеля или контактной поверхности 500 муфты, на которой в металлической трубе 1 для нефтяной скважины в соответствии с настоящим изобретением сформирован металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni. Размер испытательного образца, по существу, не ограничен и составляет, например, 15 мм × 15 мм при толщине 2 мм. Поверхность металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni испытательного образца подвергают измерениям по дифракции рентгеновских лучей с использованием рентгеновского дифрактометра. Измерение по дифракции рентгеновских лучей может быть выполнено известным способом. Выбор рентгеновского дифрактометра, по существу, не ограничен, и можно использовать, например, RINT-2500 производства Rigaku Corporation. Кроме того, в настоящем изобретении выбор мишени рентгеновского дифрактометра, по существу, не ограничен. Например, в качестве мишени рентгеновского дифрактометра можно принять Co (Co-K $\alpha$  излучение). Дифракционные пики, соответствующие s=18, 36 и 54, идентифицированы из спектров дифракции рентгеновских лучей, полученных при измерении по дифракции рентгеновских лучей. Интенсивность идентифицированных дифракционных пиков определяют и обозначают как I<sub>18</sub>, I<sub>36</sub> и I<sub>54</sub>. F<sub>n1</sub> можно определить на основании полученных I<sub>18</sub>, I<sub>36</sub> и I<sub>54</sub>.

Другие дополнительные конструкции металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению.

Слой, полученный посредством химической конверсии.

Металлическая труба 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению может дополнительно содержать слой 110, полученный посредством химической конверсии, на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni. Как показано на фиг. 10, если металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni формируют на контактной поверхности 400 ниппеля, слой 110, полученный посредством химической конверсии, может быть сформирован на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni. Далее, как показано на фиг. 11, если металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni формируют на контактной поверхности 500 муфты, слой 110, полученный посредством химической конверсии, может быть сформирован на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni.

Слой 110, полученный посредством химической конверсии, по существу, не ограничен и может представлять собой известный слой, полученный посредством химической конверсии. Слой 110, полученный посредством химической конверсии, в качестве примера может быть выбран из группы, состоящей из слоев, полученных посредством химической конверсии оксалатов, фосфатов и боратов, и хроматного покрытия. Если слой 110, полученный посредством химической конверсии, представляет собой слой хромата, предпочтительно, слой хромата не содержит шестивалентного хрома.

В некоторых случаях металлическую трубу 1 для нефтяной скважины будут хранить на открытом воздухе в течение длительного периода времени до фактического использования на площадке для бурения нефтяной скважины. Если металлическая труба 1 для нефтяной скважины подвергается воздействию атмосферных явлений в течение длительного периода хранения на открытом воздухе, слой 110, полученный посредством химической конверсии, повышает коррозионную стойкость контактной поверхности 400 ниппеля и может предотвращать возникновение ржавчины (белой ржавчины) на контактной поверхности 400 ниппеля. Толщина пленки слоя 110, полученного посредством химической конверсии, по существу, не ограничена. Толщина пленки слоя 110, полученного посредством химической конверсии, например, составляет от 10 до 200 нм.

Смазывающее покрытие.

Металлическая труба 1 для нефтяной скважины может дополнительно содержать смазывающее покрытие 120 на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni, на слое 110, полученном посредством химической конверсии, или на контактной поверхности, на которой отсутствует металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni (на контактной поверхности 400 ниппеля или на контактной поверхности 500 муфты). Смазывающее покрытие 120 дополнительно повышает смазывающую способность металлической трубы 1 для нефтяной скважины.

Как показано на фиг. 12, если металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni формируют на контактной поверхности 400 ниппеля, смазывающее покрытие 120 может быть сформировано на слое 110, полученном посредством химической конверсии и сформированном на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni. Другими словами, смазывающее покрытие 120 может быть сформировано поверх металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni. Далее, как показано на фиг. 13, если металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni формируют на контактной поверхности 500 муфты, смазывающее покрытие 120 может быть сформировано на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni. Другими словами, смазывающее покрытие 120 может быть сформировано на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni.

Следует отметить, что расположение смазывающего покрытия 120 не ограничивается формой на фиг. 12 и фиг. 13. Другими словами, смазывающее покрытие 120 может быть сформировано на или над контактной поверхностью 400 ниппеля, где отсутствует металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni, смазывающее покрытие 120 может быть сформировано на или над контактной поверхностью 500 муфты, где отсутствует металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni, смазывающее покрытие 120 может быть

сформировано на или над металлизированным слоем 100 из сплава Zn-Ni, сформированным на контактной поверхности 400 ниппеля, и смазывающее покрытие 120 может быть сформировано на или над металлизированным слоем 100 из сплава Zn-Ni, сформированным на контактной поверхности 500 муфты. Смазывающее покрытие может быть твердым, полутвердым или жидким. В качестве смазывающего покрытия может быть использована доступная на рынке консистентная смазка. Смазывающее покрытие содержит, например, смазывающие частицы и связующее. Смазывающее покрытие может содержать растворитель и другие компоненты, при необходимости. Выбор смазывающих частиц, по существу, не ограничен при условии, что они обладают смазывающими свойствами. Смазывающие частицы представляют собой, например, частицы графита, и/или MoS<sub>2</sub> (дисульфид молибдена), и/или WS<sub>2</sub> (дисульфид вольфрама), и/или BN (нитрид бора), и/или PTFE (политетрафторэтилен), и/или CF<sub>x</sub> (фторид графита), и/или CaCO<sub>3</sub> (карбонат кальция). Примерами связующего служит органическое связующее и/или неорганическое связующее. Органическое связующее представляет собой, например, терморезистивную смолу и/или термопластичную смолу. Терморезистивная смола представляет собой, например, один и более тип, отобранный из группы, включающей полиэтиленовую смолу, и/или полиимидную смолу и/или полиамид-имидную смолу. Неорганическое связующее представляет собой соединение, содержащее алкоксисилановую связь и/или силосановую связь. Примером доступной на рынке смазки служит Seal-GUARD ECF (торговое название), производимая компанией JET-LUBE LLC. В других примерах смазывающее покрытие может содержать канифоль, металлическое мыло, воск или смазывающий порошок.

Способ изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины.

Способ изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению раскрыт ниже. Следует отметить, что при условии, что металлическая труба 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению имеет раскрытую выше структуру, способ изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины не ограничивается следующим примером. Тем не менее раскрытый способ изготовления является предпочтительным примером изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению. Способ изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины содержит этап (S1) подготовки полой оболочки, в которой формируют ниппель 40 или муфту 50, и этап (S2) формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni. Далее будет подробно раскрыт каждый этап способа изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению.

Этап (S1) подготовки.

На этапе (S1) подготовки подготавливают полую оболочку, в которой сформирован ниппель 40 или муфта 50. В настоящем описании под "полой оболочкой, в которой сформирован ниппель или муфта" понимают основной корпус 10 трубы или трубчатый корпус 11 ниппеля в металлической трубе 1 для нефтяной скважины с резьбой и соединительной муфтой или основной корпус 10 трубы в металлической трубе 1 для нефтяной скважины интегрального типа.

Полоую оболочку, в которой сформирован ниппель 40 или муфта 50, изготавливают, например, следующим способом. Для получения исходного материала используют расплавленную сталь. В частности, литую деталь (сляб, блюм или заготовку) производят в этапе непрерывного литья с использованием расплавленной стали. Слиток также может быть получен с помощью процесса изготовления слитков с использованием расплавленной стали. При необходимости сляб, блюм или слиток может быть подвергнут блюмингу для получения заготовки. Исходный материал (сляб, блюм или заготовку) производят вышеописанным способом. Подготовленный исходный материал подвергают горячей обработке для получения полой оболочки. Способ горячей обработки может представлять собой прошивной прокат в соответствии с процессом Маннесмана, или процесс горячей экструзии. Полоую оболочку после горячей обработки подвергают известным процессам закалки и отпуска для регулирования прочности полой оболочки. Полоую оболочку получают вышеописанным способом. Отметим, что, если металлическая труба 1 для нефтяной скважины относится к типу с резьбой и соединительной муфтой, также получают полую оболочку для соединительной муфты 12. Способ изготовления полой оболочки для соединительной муфты 12 аналогичен раскрытому выше способу изготовления полой оболочки. Если металлическая труба 1 для нефтяной скважины относится к типу с резьбой и соединительной муфтой, резьбу нарезают на наружной поверхности обеих концевых частей полой оболочки для трубчатого корпуса 11 ниппеля, чтобы получить ниппель 40 с контактной поверхностью 400 ниппеля. С помощью вышеописанного этапа подготавливают полую оболочку (трубчатый корпус 11 ниппеля), в которой сформирован ниппель 40, если металлическая труба 1 для нефтяной скважины относится к типу с резьбой и соединительной муфтой. Отметим, что, если металлическая труба 1 для нефтяной скважины относится к типу с резьбой и соединительной муфтой, также может быть подготовлена соединительная муфта 12. В частности, резьбу нарезают на внутренней поверхности обеих концевых частей полой оболочки для соединительной муфты 12, чтобы получить муфту 50 с контактной поверхностью 500 муфты. Соединительную муфту 12 изготавливают вышеописанным способом.

Если металлическая труба 1 для нефтяной скважины относится к интегральному типу, на наружной поверхности первой концевой части 10А полой оболочки нарезают резьбу для образования ниппеля 40, содержащего контактную поверхность 400 ниппеля. Кроме того, резьбу нарезают на наружной поверх-

ности второй концевой части 10В полый оболочка для образования муфты 50, содержащего контактную поверхность 500 муфты. Если металлическая труба 1 для нефтяной скважины относится к интегральному типу, с помощью вышеописанного процесса подготавливают полую оболочку (основной корпус 10 трубы), в которой сформированы ниппель 40 и муфта 50.

Другие дополнительные этапы.

Этап (S1) подготовки согласно настоящему изобретению может дополнительно содержать, по меньшей мере, этап шлифования и/или этап нанесения никелевого покрытия.

В случае шлифования в рамках этапа (S1) подготовки согласно настоящему изобретению, например, в процессе шлифования, выполняют пескоструйную обработку и финишную обработку машинным шлифованием. Пескоструйная обработка представляет собой обработку, при которой абразивный материал (абразив) смешивают со сжатым воздухом, и полученную смесь подают на контактные поверхности. К примерам абразивного материала относится материал в виде сферической дроби и угловатых мелких частиц. Шероховатость контактной поверхности может быть увеличена пескоструйной обработкой. Пескоструйная обработка может быть выполнена известным способом. Например, воздух сжимают компрессором, и абразивный материал смешивают со сжатым воздухом. В качестве абразивного материала можно использовать, например, нержавеющую сталь, алюминий, керамический материал или оксид алюминия. Условия пескоструйной обработки, такие как скорость подачи, по существу, не ограничены и могут быть соответствующим образом скорректированы в соответствии с известными условиями.

В процессе нанесения никелевого покрытия на поверхности полый оболочка формируют металлизированный слой никеля. Металлизированный слой никеля представляет собой чрезвычайно тонкий металлизированный подстилающий слой и увеличивает адгезию металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni, который будет раскрыт ниже. Следует отметить, что выбор гальванической ванны, используемой в процессе нанесения никелевого покрытия, по существу, не ограничен, и можно использовать известную ванну. Кроме того, условия формирования металлизированного слоя никеля, по существу, не ограничены и могут быть соответствующим образом скорректированы и заданы.

Отметим, что в случае нанесения никелевого покрытия металлизированный слой никеля формируют между основным корпусом 10 трубы и металлизированным слоем 100 из сплава Zn-Ni. С другой стороны, толщина сформированного металлизированного слоя никеля пренебрежимо мала по сравнению с толщиной металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni. Другими словами, в металлической трубе 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению металлизированный слой никеля может входить в состав металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni.

Этап (S2) формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni.

На этапе (S2) формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni формируют путем электроосаждения на контактной поверхности 400 ниппеля полый оболочка, на которой сформирован ниппель 40, и/или на контактной поверхности 500 муфты полый оболочка, на которой сформирована муфта 50, после этапа (S1) подготовки.

На этапе (S2) формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni формируют с использованием гальванической ванны, содержащей ионы цинка и ионы никеля. Виды контранионов к ионам цинка и никеля, по существу, не ограничены. Например, в качестве контранионов можно использовать ионы хлоридов или ионы сульфатов. То есть на этапе (S2) формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, согласно настоящему изобретению, в качестве гальванической ванны можно использовать хлоридную или сульфатную ванну.

Ниже, в частности, будет раскрыт случай использования хлоридной ванны в качестве примера гальванической ванны. При использовании хлоридной ванны предпочтительно, чтобы ванна для нанесения металлизированного слоя не содержала осветлителя. Кроме того, в этом случае предпочтительна высокая концентрация ионов металла в гальванической ванне. То есть, в частности, при использовании хлоридной ванны, предпочтительно, чтобы суммарная концентрация ионов цинка и ионов никеля составляла 30 г/л и более, а концентрация (г/л) ионов цинка превышала концентрацию (г/л) ионов никеля, и чтобы гальваническая ванна не содержала осветлителя. В этом случае в сформированном металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni значение  $F_{n1}$  может составлять 0,60 и более.

В частности, на этапе (S2) формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni согласно настоящему изобретению можно использовать, например, гальваническую ванну, содержащую ионы цинка: 40 г/л, ионы никеля: 30 г/л, и хлорид аммония: 240 г/л, и не содержащую осветлителя. Следует отметить, что, как было указано выше, на этапе (S2) формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni в соответствии с настоящим изобретением гальваническая ванна не ограничивается хлоридной ванной, и можно использовать сульфатную ванну или другой вид гальванической ванны. Условия электроосаждения на этапе (S2) формирования металлизированного слоя из сплава Zn-Ni, по существу, не ограничены и могут быть соответствующим образом отрегулированы в соответствии с известными условиями. Условиями электроосаждения являются, например, pH гальванической ванны в диапазоне от 1 до 10, температура гальванической ванны в диапазоне от 10 до 60°C, плотность тока в диапазоне от 1 до 100 А/дм<sup>2</sup> и время обработки в диапазоне от 0,1 до 30 мин. В случае формирования металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni на контактной поверхности 400 ниппеля контактную поверхность 400 ниппеля погружают в

вышеупомянутую гальваническую ванну и выполняют электроосаждение. С другой стороны, в случае формирования металлизированного слоя 100 из сплава Zn-Ni на контактной поверхности 500 муфты контактную поверхность 500 муфты погружают в вышеупомянутую ванну для нанесения металлизированного слоя, и выполняют электроосаждение.

Металлическую трубу 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению, имеющую раскрытую выше структуру, изготавливают с помощью раскрытых выше производственных процессов. Следует отметить, что вышеупомянутые производственные процессы являются одним из примеров процессов изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины в соответствии с настоящим изобретением, и способ изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины в соответствии с настоящим изобретением не ограничивается раскрытым выше способом изготовления.

Другие дополнительные этапы.

Способ изготовления металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению может содержать, по меньшей мере, один процесс из процесса обработки посредством химической конверсии и процесса формирования пленки. Эти процессы опциональны. Соответственно, эти процессы не обязательны к выполнению.

Процесс обработки посредством химической конверсии.

Способ изготовления согласно настоящему изобретению при необходимости может предусматривать процесс обработки посредством химической конверсии. То есть процесс обработки посредством химической конверсии опционален. В случае выполнения процесса обработки посредством химической конверсии слой 110, полученный посредством химической конверсии, формируют на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni. В процессе обработки посредством химической конверсии достаточно выполнить известную обработку посредством химической конверсии. Процесс химической конверсии представляет собой, например, процесс обработки посредством химической конверсии оксалатов, фосфатов или боратов. Например, в случае обработки посредством химической конверсии фосфатов может быть выполнена обработка посредством химической конверсии с использованием фосфата цинка, обработка посредством химической конверсии с использованием фосфата марганца или обработка посредством химической конверсии с использованием фосфата кальция и цинка.

В частности, в случае обработки посредством химической конверсии с фосфатом цинка в качестве обрабатываемого раствора могут использовать, например, раствор для обработки химической конверсией, содержащий от 1 до 150 г/л ионов фосфата, от 3 до 70 г/л ионов цинка, от 1 до 100 г/л ионов нитрата и от 0 до 30 г/л ионов никеля. В этом случае температура раствора, полученного посредством химической конверсии, составляет, например, от 20 до 100°C. Слой 110, полученный посредством химической конверсии, может быть сформирован путем соответствующего задания известных условий и выполнения обработки посредством химической конверсии в соответствии с ними.

Процесс формирования пленки.

При необходимости способ изготовления согласно настоящему изобретению может содержать этап выполнения процесса формирования пленки. Другими словами, процесс формирования пленки опционален. В процессе формирования пленки смазывающее покрытие формируют на металлизированном слое 100 из сплава Zn-Ni и/или на слое 110, полученном посредством химической конверсии, и/или на контактной поверхности (контактной поверхности 400 ниппеля или контактной поверхности 500 муфты), на которой отсутствует металлизированный слой 100 из сплава Zn-Ni.

В процессе формирования пленки наносят смазку или композицию, содержащую компоненты вышеупомянутого смазывающего покрытия. В результате образуется смазывающее покрытие. Способ нанесения, по существу, не ограничен. Способ нанесения может представлять собой распыление, нанесение кистью и погружение. При использовании распыления в качестве способа нанесения композицию или смазочный материал можно нагреть, а затем распылить в состоянии повышенной текучести. Затем композицию или смазку просушивают с образованием смазывающего покрытия. Металлическая труба 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению более подробно раскрыта ниже на примерах. Условия в нижеследующих примерах представляют собой один из примеров условий, используемых для подтверждения технологичности и преимуществ металлической трубы 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению. Соответственно, металлическая труба 1 для нефтяной скважины согласно настоящему изобретению не ограничивается этим примером условий.

#### Примеры

В настоящих примерах металлизированные слои из сплава Zn-Ni формировали на стальных листах, имитирующих контактную поверхность, после чего оценивали адгезию каждого металлизированного слоя из сплава Zn-Ni. В частности, стальной лист представлял собой холоднокатаный стальной лист со следующим химическим составом: C ≤ 0,15 %, Mn ≤ 0,60 %, P ≤ 0,100 % и S ≤ 0,050 %, остальное Fe и примеси. В качестве предварительной обработки на стальном листе в каждом номере испытания выполняли следующие операции: электролитическое обезжиривание, травление соляной кислотой и нанесение подслоя никеля. Время нанесения подслоя никеля показано в колонке "Предварительная подготовка (минуты)" в таблице. Следует отметить, что символ "-" в колонке "Предварительная подготовка (минуты)" в

таблице означает, что нанесение подслоя никеля не выполнялось.

Испытание №	Предварительная подготовка (минуты)	Гальваническая ванна	Интенсивность дифракции рентгеновских лучей (имп/с)			Fn1	Оценка адгезии
			I <sub>18</sub>	I <sub>36</sub>	I <sub>54</sub>		
1	-	A	11 961	178	588	0,94	2
2	3,0	A	18 832	128	475	0,97	0
3	0,5	A	27 574	130	425	0,98	1
4	-	A	14 190	169	545	0,95	2
5	3,0	A	22 229	138	503	0,97	0
6	0,5	A	15 095	169	542	0,96	2
7	-	B	3 059	4 494	376	0,39	4
8	3,0	B	2 099	7 598	312	0,21	5
9	0,5	B	2 377	4 921	352	0,31	4

Металлизированный слой из сплава Zn-Ni сформирован на стальном листе в каждом номере испытания с использованием гальванической ванны, раскрытой в таблице. Следует отметить, что толщина металлизированного слоя из сплава Zn-Ni составила примерно 10 мкм для каждой из использованных гальванических ванн. Кроме того, содержание Ni в металлизированном слое из сплава Zn-Ni составило от 12 до 16 мас.%. В частности, гальванические ванны "А" и "В" соответствовали раскрытому ниже.

Гальваническая ванна А.

Гальваническую ванну "DAIN ZINALLOY N2-PL" (название продукта) производства Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. (Laboratory) использовали в качестве гальванической ванны А. Гальваническая ванна А представляла собой хлоридную ванну и не содержала осветлителя. Кроме того, в гальванической ванне А суммарная концентрация ионов цинка и ионов никеля составляла 30 г/л и более, а концентрация (г/л) ионов цинка превышала концентрацию (г/л) ионов никеля. Отметим, что условия электроосаждения в случае использования гальванической ванны А были установлены следующим образом: рН гальванической ванны: 5,8, температура в гальванической ванне 40°C, плотность тока 6 А/дм<sup>2</sup>, продолжительность обработки 8 минут.

Гальваническая ванна В.

Гальваническую ванну "DAIN ZINALLOY N-PL" (название продукта) производства Daiwa Fine Chemicals Co., Ltd. (Laboratory) использовали в качестве гальванической ванны В. Гальваническая ванна В представляла собой хлоридную ванну с содержанием осветлителя. Кроме того, в гальванической ванне В, хотя суммарная концентрация ионов цинка и ионов никеля составляла 30 г/л и более, концентрация (г/л) ионов цинка была ниже концентрации (г/л) ионов никеля. Отметим, что условия электроосаждения в случае использования гальванической ванны В были установлены следующим образом: рН гальванической ванны 6,4, температура в гальванической ванне 25°C; плотность тока 2 А/дм<sup>2</sup>; продолжительность обработки 20 мин.

Стальной лист в каждом номере испытания, на котором описанным выше образом был сформирован металлизированный слой из сплава Zn-Ni, подвергли испытанию на измерение интенсивности дифракции рентгеновских лучей с применением рентгеновского дифракционного анализа и испытанию на адгезию.

Испытание на измерение интенсивности дифракции рентгеновских лучей.

Стальной лист в каждом номере испытания подвергли измерению интенсивности дифракции рентгеновских лучей в соответствии с описанным выше способом, и определили Fn1. В частности, стальной лист в каждом номере испытания подвергли измерению по дифракции рентгеновских лучей с использованием рентгеновского дифрактометра. В качестве рентгеновского дифрактометра использовали RINT-2500 производства Rigaku Corporation. Далее, Co было принято за мишень (Co-K $\alpha$  излучение) при измерении дифракции рентгеновских лучей. Дифракционные пики, соответствующие s=18, 36 и 54, были идентифицированы из спектров дифракции рентгеновских лучей, полученных при измерении по дифракции рентгеновских лучей. Интенсивность идентифицированных дифракционных пиков была определена и обозначена как I<sub>18</sub>, I<sub>36</sub> и I<sub>54</sub>. Fn1 определяли на основании полученных I<sub>18</sub>, I<sub>36</sub> и I<sub>54</sub>. Полученные значения I<sub>18</sub>, I<sub>36</sub>, I<sub>54</sub> и Fn1 для стального листа в каждом номере испытания приведены в таблице. Испытание на адгезию

Испытание на адгезию методом поперечных надрезов согласно JIS K 5600-5-6 (1999) выполняли на стальном листе для каждого номера испытания. В частности, использовали резец для выполнения надре-

зов в металлизированном слое из сплава Zn-Ni на стальном листе для каждого номера испытания в перпендикулярном направлении. После выполнения шести параллельных надрезов с интервалом примерно 1 мм направление изменили на 90° и выполнили шесть надрезов, перпендикулярных вышеупомянутым шести надрезам, с интервалом примерно 1 мм. К участку, на котором были выполнены надрезы, прикрепили прозрачную клейкую ленту, после чего клейкую ленту снимали с вышеупомянутого участка в течение 5 минут. Поверхность стального листа в каждом номере испытания визуально наблюдали после отсоединения клейкой ленты, и результаты испытания классифицировали по 6 уровням от 0 до 5 в соответствии с критериями JIS K 5600-5-6 (1999). Следует учитывать, что наименьшее отслаивание классифицируется как "0", а наибольшее отслаивание - как "5".

Полученные результаты испытания приведены в столбце "Оценка адгезии" в таблице.

Результаты оценки.

Как показано в таблице, на стальных листах в испытаниях № 1-6 интенсивность дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое из сплава Zn-Ni удовлетворяет формуле (1). Следовательно, соответствующие оценки адгезии при испытании на адгезию составили от 0 до 2. Таким образом, металлизированные слои из сплава Zn-Ni в испытаниях № 1-6 имели высокую адгезию.

Напротив, в стальных листах в испытаниях № 7-9 интенсивность дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое из сплава Zn-Ni не удовлетворяет формуле (1). Следовательно, соответствующие оценки адгезии при испытании на адгезию составили 4 или 5. То есть металлизированные слои из сплава Zn-Ni в испытаниях № 7-9 не имели высокой адгезии.

Выше был раскрыт пример настоящего изобретения. Тем не менее вышеизложенный пример изобретения является одним из примеров настоящего изобретения. Соответственно, настоящее изобретение не ограничено вышеописанным примером, и описанный пример изобретения может быть соответствующим образом изменен в пределах объема охраны без отклонения от сущности настоящего изобретения.

#### Перечень ссылочных обозначений

- 1 - металлическая труба для нефтяной скважины,
- 10 - основной корпус трубы,
- 10A - первая концевая часть,
- 10B - вторая концевая часть,
- 40 - ниппель,
- 41 - часть с наружной резьбой,
- 50 - муфта,
- 51 - часть с внутренней резьбой,
- 100 - металлизированный слой из сплава Zn-Ni,
- 110 - слой, полученный посредством химической конверсии,
- 120 - смазывающее покрытие,
- 400 - контактная поверхность ниппеля,
- 500 - контактная поверхность муфты.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

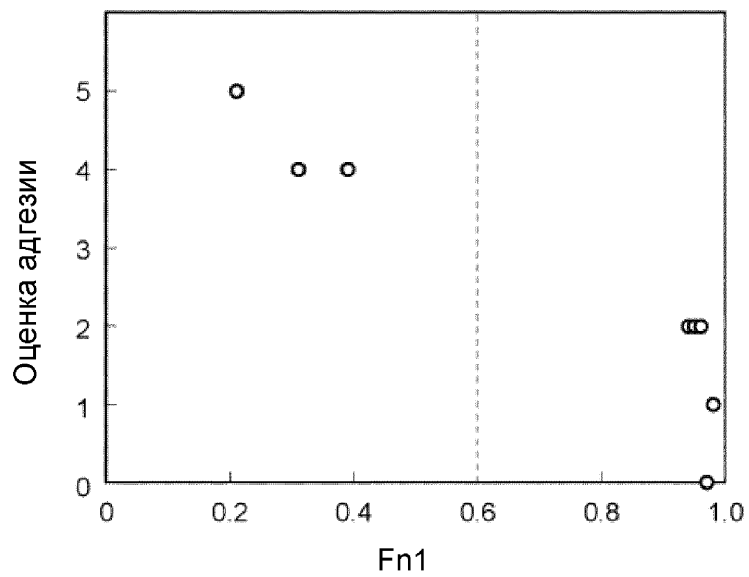
1. Металлическая труба для нефтяной скважины, содержащая:  
 основной корпус трубы, содержащий первую концевую часть и вторую концевую часть,  
 при этом основной корпус трубы содержит:  
 ниппель, сформированный на первой концевой части; и  
 муфту, сформированную на второй концевой части,  
 ниппель содержит:  
 контактную поверхность ниппеля, содержащую часть с наружной резьбой, и  
 муфта содержит:  
 контактную поверхность муфты, содержащую часть с внутренней резьбой,  
 металлическая труба для нефтяной скважины дополнительно содержит:  
 металлизированный слой из сплава Zn-Ni, сформированный на контактной поверхности ниппеля  
 и/или контактной поверхности муфты,  
 при этом интенсивность дифракции рентгеновских лучей на металлизированном слое из сплава Zn-Ni удовлетворяет формуле (1):

$$I_{18}/(I_{18}+I_{36}+I_{54}) \geq 0,60 \quad (1),$$

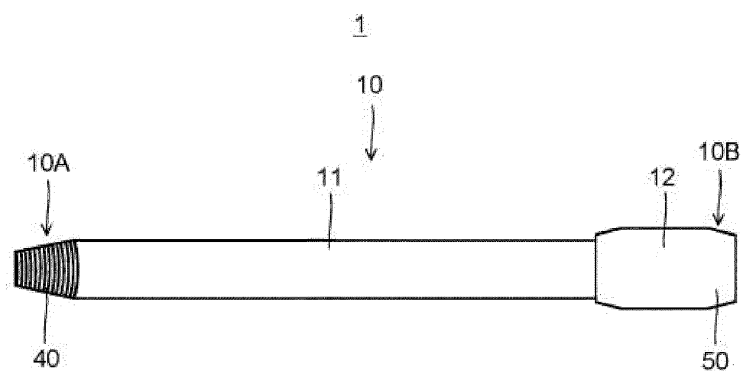
при этом в формуле (1)  $I_{18}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {411} и {330}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 18;  $I_{36}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {442} и {600}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 36, и  $I_{54}$  в имп/с представляет собой интенсивность дифракции рентгеновских лучей {552}, у которых сумма квадратов индексов Миллера равна 54.

2. Металлическая труба для нефтяной скважины по п.1, в которой толщина металлизированного слоя из сплава Zn-Ni составляет от 5 до 25 мкм.

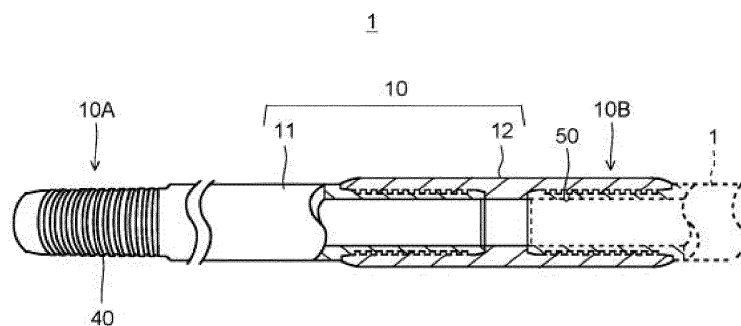
3. Металлическая труба для нефтяной скважины по п. 1 или 2, дополнительно содержащая: смазывающее покрытие на или над металлизированным слоем из сплава Zn-Ni.



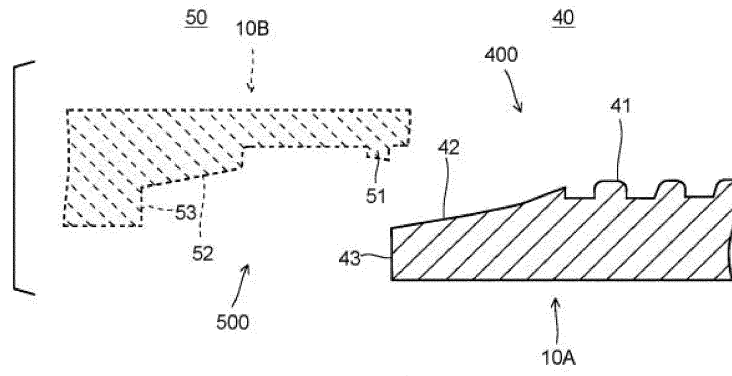
Фиг. 1



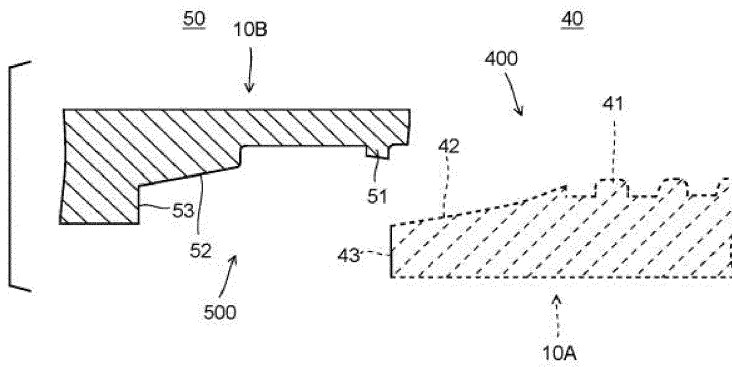
Фиг. 2



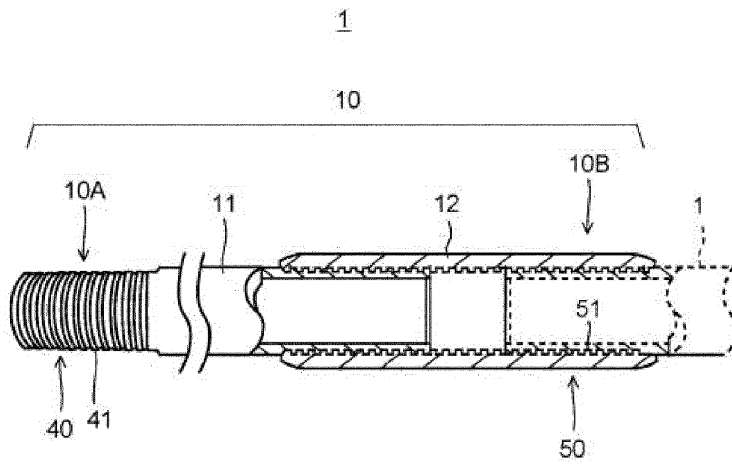
Фиг. 3



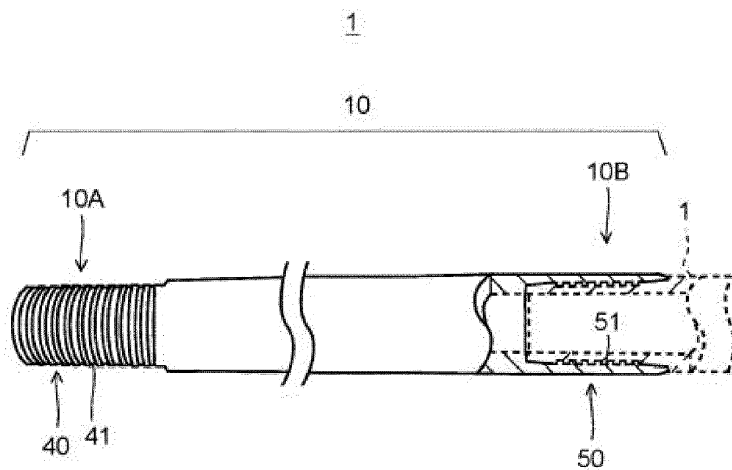
Фиг. 4



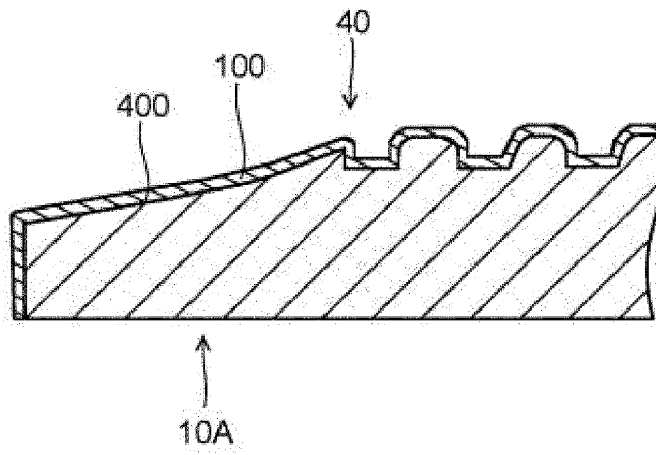
Фиг. 5



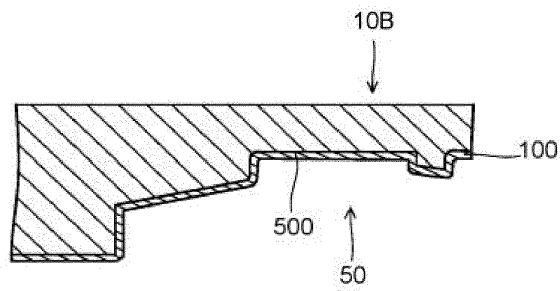
Фиг. 6



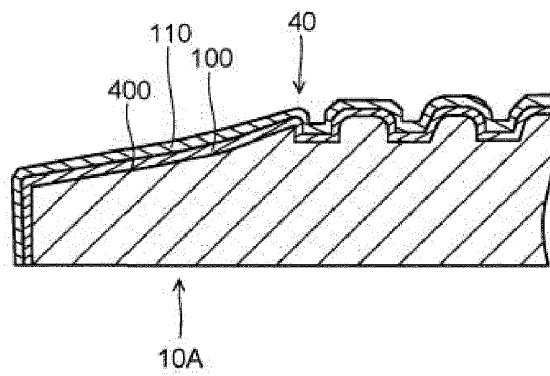
Фиг. 7



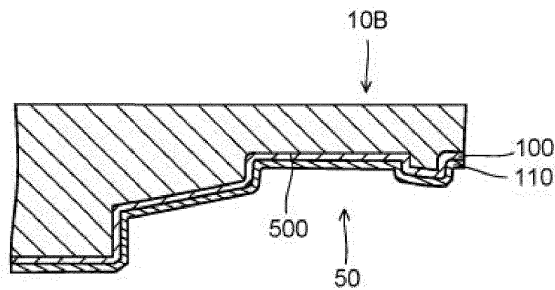
Фиг. 8



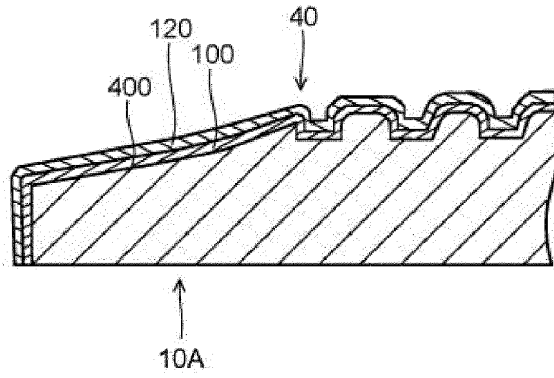
Фиг. 9



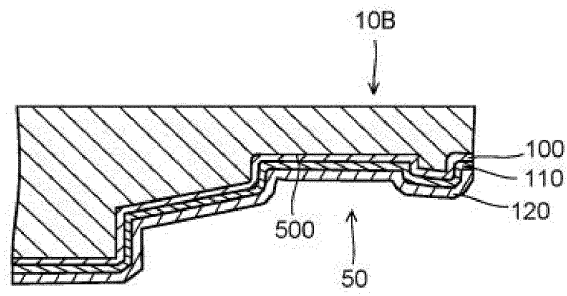
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13