

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035498**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента

**2020.06.25**

(21) Номер заявки

**201791915**

(22) Дата подачи заявки

**2016.04.21**(51) Int. Cl. **C10M 171/00** (2006.01)**E21B 17/042** (2006.01)**F16L 57/00** (2006.01)**F16L 58/08** (2006.01)**C23C 28/00** (2006.01)**C10N 10/02** (2006.01)**C10N 10/04** (2006.01)**C10N 10/16** (2006.01)**C10N 10/12** (2006.01)**C10N 40/34** (2006.01)**C10N 50/08** (2006.01)**C10N 70/00** (2006.01)**C10N 80/00** (2006.01)**(54) РЕЗЬБОВОЕ ТРУБНОЕ СОЕДИНЕНИЕ, ОБЕСПЕЧЕННОЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ НА РЕЗЬБЕ И НА УПЛОТНЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**(31) **FR1553663**(32) **2015.04.23**(33) **FR**(43) **2018.01.31**(86) **PCT/EP2016/058866**(87) **WO 2016/170037 2016.10.27**

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

(72) Изобретатель:

**Верлен Арно, Боден Никола, Вог  
Седрик, Джаафар Адиль (FR)**

(74) Представитель:

**Носырева Е.Л. (RU)**

(56) **EP-A1-1411288****EP-A1-2128506**

**DATABASE WPI, Week 198247, Thomson  
Scientific, London, GB; AN 1982-01573J,  
XP002743650, & SU 896304 B (FEDORENKO Z.I.),  
7 January 1982 (1982-01-07), abstract**

**WO-A1-2006075774****US-A1-2007196632**

(57) Изобретение относится к резьбовому трубному соединению, предназначенному для бурения или эксплуатации углеводородных скважин, содержащему часть трубного элемента с охватываемым концом, имеющую ось вращения и обеспеченную первой резьбой, проходящей вокруг оси вращения, при этом указанная охватываемая концевая часть является комплементарной по отношению к части трубного элемента с охватывающим концом, имеющей ось вращения и обеспеченной второй резьбой, проходящей вокруг оси вращения, при этом указанные охватываемая и охватывающая концевые части выполнены с возможностью соединения посредством свинчивания, при этом каждая из охватываемой и охватывающей концевых частей дополнительно содержит уплотняющую поверхность, характеризующуюся натягом при контакте "металл-металл", причем резьба и уплотняющая поверхность одной из двух, охватываемой или охватывающей, концевых частей покрыты первым металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, при этом указанный первый металлический противокоррозионный и противозадирный слой покрыт первым пассивирующим слоем и комплементарная резьба и уплотняющая поверхность охватываемого или охватывающего конца покрыты вторым металлическим противозадирным слоем, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, при этом второй металлический противозадирный слой, по меньшей мере, частично покрыт слоем смазочного материала, содержащим смолу и порошок сухого твердого смазочного материала, диспергированный в указанной смоле.

**B1****035498****035498****B1**

### Область изобретения

Настоящее изобретение относится к трубному элементу для бурения и/или эксплуатации углеводородной скважины и, более конкретно, к резьбовому концу элемента данного типа. Данный конец может быть охватываемым или охватывающим по типу и выполнен с возможностью соединения с соответствующим концом аналогичного элемента с целью образования сочленения или соединения.

Настоящее изобретение также относится к резьбовому соединению, которое является результатом соединения двух трубных элементов посредством свинчивания, один из которых может представлять собой муфту с двумя охватывающими концами.

Термин "трубный элемент, предназначенный для бурения и эксплуатации углеводородной скважины" означает любой элемент с, по сути, трубчатой формой, который может быть соединен с другим элементом, который может представлять собой элемент такого же типа или может не являться элементом такого же типа, с конкретной целью образования либо бурильной колонны для углеводородной скважины, либо райзера для капитального ремонта скважины или эксплуатации данного типа колонны, такого как райзер, или обсадной или насосно-компрессорной колонны, применяемых при эксплуатации скважины. Настоящее изобретение также применимо к элементам, используемым в бурильной колонне, таким как, например, бурильные трубы, толстостенные бурильные трубы, утяжеленные бурильные трубы и замки для бурильных труб.

Каждый трубный элемент содержит концевую часть, снабженную зоной с охватываемой резьбой или зоной с охватывающей резьбой, которая предназначена для свинчивания с соответствующей концевой частью аналогичного элемента. При соединении элементы образуют то, что известно как сочленение или соединение.

Данные резьбовые трубные компоненты соединения соединяют при предварительно определенных нагрузках с целью соответствия требованиям по фиксации и герметичности, накладываемым условиями применения; более конкретно, предназначены для предварительно определенного крутящего момента. Кроме того, следует знать, что резьбовые трубные компоненты могут быть подвергнуты нескольким циклам свинчивания и развинчивания, в частности при эксплуатации.

Условия применения данных резьбовых трубных компонентов обуславливают различные типы нагрузок. Они были снижены, в том числе, посредством применения пленок или смазок на чувствительных частях данных компонентов, таких как резьбовые зоны, зоны опорного давления или же уплотняющие поверхности типа металл/металл.

Вынужденные ограничения, в частности, включают ограничения, связанные с хранением на складе, которое требует нанесения смазок для хранения (отличных от смазок для свинчивания, нанесенных до ввода в эксплуатацию). Тем не менее, существуют другие решения, заключающиеся в применении органических покрытий.

Таким образом, технологические операции свинчивания обычно осуществляют при высокой осевой нагрузке, например из-за веса трубы длиной несколько метров, подлежащей соединению посредством резьбового соединения, возможно, ухудшенного небольшим отклонением осей резьбовых элементов, подлежащих соединению. Это является причиной рисков задиранья в резьбовых зонах и/или на уплотняющих поверхностях типа металл/металл. Таким образом, резьбовые зоны, а также уплотняющие поверхности типа металл/металл обычно покрывают смазочными материалами.

Кроме того, резьбовые трубные компоненты зачастую хранят, а затем свинчивают в агрессивной среде. Это имеет место, например, при бурении в море в присутствии соленой влаги или при бурении на суше в присутствии песка, пыли и/или других загрязнителей. Таким образом, необходимо использовать различные типы покрытия от коррозии на поверхностях, которые подвергаются нагрузке в ходе свинчивания, что происходит в резьбовых зонах, или же в зонах, находящихся в прижимном соприкосновении, которое имеет место с уплотняющими поверхностями типа металл/металл и упорами.

Тем не менее, исходя из стандартов охраны окружающей среды, следует, что применение смазок, совместимых со стандартом API RP 5A3 (Американский институт нефти), не представляет собой долгосрочное решение, поскольку такие смазки подвергаются выдавливанию из трубных компонентов и высвобождаются в окружающую среду или в скважину, что приводит к образованию пробок, которые вызывают необходимость применения специальных технологических операций по очистке.

Для решения задач долговременной устойчивости к коррозии, задиранью и прерогатив, связанных с экологическими требованиями, была разработана альтернатива смазкам. Они не только обеспечивают решение для эффективности устойчивости к коррозии и эффективности от задиранья, но также для промышленных ограничений, связанных с изготовлением резьбовых концов.

С 1969 г. компания WHITFORD (зарегистрированная торговая марка) предлагает высокоэффективные покрытия, изготавливаемые из смеси полиамидимидной смолы и фторполимеров, для резьбовых крепежей, которые требуют адаптирования трения при быстрых технологических операциях свинчивания/развинчивания.

Кроме того, с 2002 г. в контексте резьбовых соединений, предлагаются покрытия на основе полиамидимидной смолы для смазывания и обеспечения устойчивости к задиранью в ходе свинчивания, как описано в документах EP 1378698 и EP 1959179.

В данных источниках из уровня техники преимущественно предлагается получение сухих пленок из предшественника полиамид-амидокислоты, растворенного в полярном растворителе или в смеси этанол/толуол. Сухую пленку, как правило, наносят с целью обеспечения смазывания в зависимости от значений давления в зоне контакта в резьбе. Доля наполнителей относительно высока, при этом весовое соотношение пигмент/связующее находится в диапазоне от 0,25 до 4, предпочтительно превышает 3. Таким образом, сухая пленка выполняет функцию жертвенного слоя и является достаточно устойчивой к износу в ходе функционирования твердого смазочного материала.

Заявка WO 2004/033951 относится к металлической трубе с резьбой, предназначенной для нефтедобывающей отрасли промышленности, обеспеченной резьбовой концевой частью, поверхность которой обработана и у которой металлическая поверхность характеризуется шероховатостью (Ra) поверхности в диапазоне от 2,0 до 6 мкм, при этом данная поверхность покрыта равномерным слоем сухого противокоррозионного покрытия и вторым равномерным слоем сухого смазочного покрытия. В качестве альтернативы два слоя могут быть объединены в один слой сухого противокоррозионного покрытия, содержащего дисперсию частиц сухого смазочного материала. Тем не менее, дисперсия частиц поверх противокоррозионного слоя, осажденного на подложку, обеспечивает некоторую степень неоднородности.

Кроме того, заявка EP 2128506 относится к резьбовому соединению охватываемого/охватывающего типа для стальных труб, имеющих поверхность контакта, содержащую резьбовую часть и нерезьбовую контактную часть типа "металл по металлу". Поверхность по меньшей мере одного из охватываемого или охватывающего элементов покрыта первым слоистым слоем, изготовленным из сплава Cu-Zn или сплава Cu-Zn-M1 (где M1 представляет собой по меньшей мере один элемент, выбранный из Sn, Bi и In). Несмотря на интересные результаты данных слоев, содержащих медь, было показано, что противокоррозионные свойства, связанные с ними, имеют ограничения, которые было бы желательно преодолеть.

Таким образом, эксплуатационное свойство в отношении коррозии и задиранья по данным раскрытиям может быть улучшено посредством предлагаемого, в дополнение к функциональным свойствам, заключающимся в эффективности против коррозии и хорошей устойчивости к задиранью, а также может быть улучшена герметичность по отношению к газу и жидкости для соединений по настоящему изобретению, раскрытому ниже. На основе данной концепции в настоящем изобретении предложено нанесение покрытия на резьбовой элемент или соединение, образованное путем соединения резьбовых элементов, предназначенных для бурения и/или эксплуатации углеводородных скважин.

#### **Раскрытие настоящего изобретения**

В первом аспекте настоящее изобретение относится к резьбовой части трубного элемента для резьбового трубного соединения, предназначенного для бурения или эксплуатации углеводородных скважин, имеющей ось вращения, при этом указанная часть содержит резьбу, проходящую по ее наружной или внутренней периферийной поверхности, и первую уплотняющую поверхность на указанной периферийной поверхности, при этом указанная первая уплотняющая поверхность выполнена с возможностью обеспечения натяга при контакте "металл-металл" с соответствующей второй уплотняющей поверхностью, принадлежащей комплементарной резьбовой части трубы, характеризующейся тем, что указанная резьба и указанная первая уплотняющая поверхность покрыты металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем, где цинк (Zn) является основным элементом по весу.

Предпочтительно металлический противокоррозионный и противозадирный слой осажден электролитическим способом.

Предпочтительно металлический противокоррозионный и противозадирный слой содержит по меньшей мере 50 вес.% цинка (Zn).

Предпочтительно металлический противокоррозионный и противозадирный слой имеет толщину в диапазоне от 4 до 20 мкм.

Предпочтительно металлический противокоррозионный и противозадирный слой содержит вещество, выбранное из группы, состоящей из чистого цинка (Zn) и бинарного сплава цинка (Zn) типа Zn-X, в котором X выбран из никеля (Ni), железа (Fe), магния (Mg) и марганца (Mn). Предпочтительно металлический противокоррозионный и противозадирный слой представляет собой сплав цинк-никель (Zn-Ni), где содержание никеля (Ni) находится в диапазоне 12-15 вес.% и причем микроструктура является однофазной и находится в гамма( $\gamma$ )-фазе.

Предпочтительно металлический противокоррозионный и противозадирный слой покрыт слоем смазочного материала, содержащим смолу и порошок сухого твердого смазочного материала, диспергированный в указанной смоле.

Предпочтительно металлический противокоррозионный и противозадирный слой покрыт пассивирующим слоем, содержащим трехвалентный хром (Cr(III)), при этом указанный пассивирующий слой образован между металлическим слоем и слоем смазочного материала.

Предпочтительно металлический противокоррозионный и противозадирный слой покрыт пассивирующим слоем, содержащим трехвалентный хром (Cr(III)).

Предпочтительно пассивирующий слой покрыт барьерным слоем, образованным слоем минеральной матрицы, содержащим частицы диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>).

Предпочтительно пассивирующий слой покрыт барьерным слоем, образованным слоем органи-

неральной матрицы, содержащим частицы диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ).

Предпочтительно часть дополнительно содержит первый упор, который выполнен с возможностью входа в соприкосновение в конце свинчивания с соответствующим вторым упором, принадлежащим комплементарной резьбовой части трубы.

Предпочтительно резьбовая часть изготовлена из стали.

В качестве альтернативы резьбовая часть является охватываемой по типу, с резьбой, проходящей по ее наружной периферийной поверхности, а также первой уплотняющей поверхностью на указанной наружной периферийной поверхности.

В качестве другой альтернативы резьбовая часть является охватываемой по типу, с резьбой, проходящей по ее внутренней периферийной поверхности, а также первой уплотняющей поверхностью на указанной внутренней периферийной поверхности.

Во втором аспекте настоящее изобретение относится к резьбовой части трубного элемента для резьбового трубного соединения, предназначенного для бурения или эксплуатации углеводородных скважин, имеющей ось вращения, при этом указанная часть содержит резьбу, проходящую по ее наружной или внутренней периферийной поверхности, и первую уплотняющую поверхность на указанной периферийной поверхности, при этом указанная первая уплотняющая поверхность выполнена с возможностью обеспечения натяга при контакте "металл-металл" с соответствующей второй уплотняющей поверхностью, принадлежащей комплементарной резьбовой части, характеризующейся тем, что указанная резьба и указанная первая уплотняющая поверхность покрыты металлическим противозадирным слоем, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, при этом указанный металлический противозадирный слой по меньшей мере частично покрыт слоем смазочного материала, содержащим смолу и порошок сухого твердого смазочного материала, диспергированный в указанной смоле.

В предпочтительном варианте металлический противозадирный слой в данной резьбовой части осажден электролитическим способом.

В предпочтительном варианте металлический противозадирный слой содержит по меньшей мере 50 вес.% цинка (Zn).

В предпочтительном варианте металлический противозадирный слой имеет толщину в диапазоне от 4 мкм до 20 мкм.

В предпочтительном варианте слой смазочного материала имеет толщину в диапазоне от 5 до 50 мкм.

В предпочтительном варианте металлический противозадирный слой содержит вещество, выбранное из группы, состоящей из чистого цинка (Zn) и бинарного сплава цинка (Zn) типа Zn-X, в котором X выбран из никеля (Ni), железа (Fe), магния (Mg) и марганца (Mn). В предпочтительном варианте металлический противозадирный слой представляет собой бинарный сплав цинк-никель (Zn-Ni), где содержание никеля (Ni) находится в диапазоне 12-15 вес.% и причем микроструктура является однофазной и находится в гамма( $\gamma$ )-фазе.

В предпочтительном варианте резьбовая часть по настоящему изобретению содержит пассивирующий слой, содержащий трехвалентный хром (Cr(III)), при этом указанный пассивирующий слой образован между металлическим противозадирным слоем и слоем смазочного материала.

В предпочтительном варианте порошок сухого твердого смазочного материала выбран из группы, состоящей из политетрафторэтиленов (PTFE), дитиокарбаматов молибдена (MoDTC), дисульфидов молибдена ( $\text{MoS}_2$ ), углеродных саж (C), фторидов графита ( $\text{CF}_x$ ) или их смеси.

В предпочтительном варианте смола выбрана из группы, состоящей из поливиниловых смол, эпоксидных смол, акриловых смол, полиуретановых смол и полиамидимидных смол.

В предпочтительном варианте смола представляет собой смолу акрилового типа и порошок сухого твердого смазочного материала содержит от 3 до 15% углеродных саж,  $\text{MoS}_2$  или дитиокарбаматов молибдена (MoDTC), отдельно или в комбинации.

В предпочтительном варианте резьбовая часть по настоящему изобретению дополнительно содержит первый упор, который выполнен с возможностью входа в соприкосновение в конце свинчивания с соответствующим вторым упором, принадлежащим комплементарной резьбовой части.

В предпочтительном варианте резьбовая часть изготовлена из стали.

В одном случае резьбовая часть является охватываемой по типу, с резьбой, проходящей по ее наружной периферийной поверхности, а также первой уплотняющей поверхностью на указанной наружной периферийной поверхности.

В другом случае резьбовая часть по настоящему изобретению является охватываемой по типу, с резьбой, проходящей по ее внутренней периферийной поверхности, а также первой уплотняющей поверхностью на указанной внутренней периферийной поверхности.

В третьем аспекте настоящее изобретение относится к резьбовому трубному соединению, предназначенному для бурения или эксплуатации углеводородных скважин, содержащему часть трубного элемента с охватываемым концом, имеющую ось вращения и обеспеченную первой резьбой, проходящей вокруг оси вращения, при этом указанная охватываемая концевая часть является комплементарной по отношению к части трубного элемента с охватывающим концом, имеющей ось вращения и обеспеченной

второй резьбой, проходящей вокруг оси вращения, при этом указанные охватываемая и охватывающая концевые части выполнены с возможностью соединения посредством свинчивания, при этом каждая из охватываемой и охватывающей концевых частей дополнительно содержит уплотняющую поверхность, характеризующуюся натягом при контакте "металл-металл", характеризующемуся тем, что резьба и уплотняющая поверхность одной из двух, охватываемой или охватывающей, концевых частей покрыты первым металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, при этом указанный первый металлический противокоррозионный и противозадирный слой покрыт первым пассивирующим слоем, резьба и уплотняющая поверхность охватываемой или охватывающей комплементарной части покрыта вторым металлическим противозадирным слоем, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, при этом указанный второй металлический противозадирный слой, по меньшей мере, частично покрыт слоем смазочного материала, содержащим смолу и порошок сухого твердого смазочного материала, диспергированный в указанной смоле.

Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что по меньшей мере один из первого и второго металлических слоев осажден электролитическим способом.

Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что по меньшей мере один из первого и второго металлических слоев содержит по меньшей мере 50% по весу цинка (Zn).

Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что по меньшей мере один из первого и второго металлических слоев имеет толщину в диапазоне от 4 до 20 мкм.

Предпочтительно слой смазочного материала имеет толщину в диапазоне от 5 до 50 мкм.

Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что по меньшей мере один из первого и второго металлических слоев содержит вещество, выбранное из группы, состоящей из чистого цинка (Zn) и бинарного сплава цинка (Zn) типа Zn-X, в котором X выбран из никеля (Ni), железа (Fe), магния (Mg) и марганца (Mn). Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что по меньшей мере один из первого и второго металлических слоев представляет собой бинарный сплав цинк-никель (Zn-Ni), где содержание никеля (Ni) находится в диапазоне 12-15 вес.% и причем микроструктура является однофазной и находится в гамма( $\gamma$ )-фазе.

Предпочтительно первый пассивирующий слой содержит трехвалентный хром (Cr(III)).

Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что второй пассивирующий слой, содержащий трехвалентный хром (Cr(III)), образован между вторым металлическим противозадирным слоем и слоем смазочного материала.

Предпочтительно порошок сухого твердого смазочного материала выбран из группы, состоящей из политетрафторэтиленов (PTFE), дисульфидов молибдена ( $\text{MoS}_2$ ), дитиокарбаматов молибдена (MoDTC), углеродных саж (C), фторидов графита ( $\text{CF}_x$ ) или их смеси.

Предпочтительно резьбовое трубное соединение в соответствии с настоящим изобретением является таким, что смола выбрана из группы, состоящей из поливиниловых смол, эпоксидных смол, акриловых смол, полиуретановых смол и полиамидимидных смол.

Предпочтительно смола представляет собой смолу акрилового типа, и порошок сухого твердого смазочного материала содержит от 3 до 15% углеродных саж,  $\text{MoS}_2$  или дитиокарбаматов молибдена (MoDTC), отдельно или в комбинации.

Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что по меньшей мере один из первого и второго пассивирующих слоев покрыт барьерным слоем, образованным слоем минеральной матрицы, содержащим частицы диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ).

Предпочтительно слой минеральной матрицы дополнительно содержит оксид калия.

Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что по меньшей мере один из первого и второго пассивирующих слоев покрыт барьерным слоем, образованным слоем органоминеральной матрицы, содержащим частицы диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ).

Предпочтительно резьбовое трубное соединение по настоящему изобретению является таким, что по меньшей мере один из первого и второго пассивирующих слоев покрыт слоем сухого смазочного материала.

Предпочтительно охватываемая концевая часть в соответствии с настоящим изобретением дополнительно содержит первый упор и охватывающая концевая часть дополнительно содержит второй упор, при этом первый и второй упоры выполнены с возможностью входа в соприкосновение друг с другом в конце свинчивания.

Предпочтительно резьбовое трубное соединение в соответствии с настоящим изобретением является таким, что охватываемая и охватывающая концевые части изготовлены из стали.

#### **Описание графических материалов**

На фиг. 1 представлен вид в крупном масштабе покрытой поверхности резьбового конца трубы в разрезе вдоль продольной оси согласно первому варианту осуществления в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2 представлен вид в крупном масштабе покрытой поверхности резьбового конца трубы в разрезе вдоль продольной оси согласно второму варианту осуществления в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 3 представлен вид в крупном масштабе покрытой поверхности резьбового конца трубы в разрезе вдоль продольной оси согласно третьему варианту осуществления в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 4 представлен вид в крупном масштабе покрытой поверхности резьбового конца трубы в разрезе вдоль продольной оси согласно четвертому варианту осуществления в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 5 представлен вид в крупном масштабе покрытой поверхности резьбового конца трубы в разрезе вдоль продольной оси согласно пятому варианту осуществления в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 6 показаны сравнительные фотографии резьбового элемента в соответствии с настоящим изобретением и резьбового элемента из уровня техники.

На фиг. 7 показана фотография резьбового элемента в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

### Варианты осуществления

Настоящее изобретение станет понятнее из следующего описания, в котором предоставлены неограничивающие объяснения. Следует отметить, что подложка, на которую осаждены различные слои в соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно выполнена из стали, и что настоящее изобретение можно выполнять в равной степени по отношению как к охватываемому, так и охватываемому концу.

Резьбовая часть по настоящему изобретению систематически содержит резьбу, которая проходит по ее наружной или внутренней периферийной поверхности в зависимости от того, является ли резьбовая часть соответственно охватываемой или охватывающей, и первую уплотняющую поверхность на указанной периферийной поверхности, при этом указанная первая уплотняющая поверхность выполнена с возможностью обеспечения натяга при контакте "металл-металл" с соответствующей второй уплотняющей поверхностью, принадлежащей комплементарной резьбовой части. Уплотняющая поверхность важна для резьбовой части в соответствии с настоящим изобретением, поскольку, если она покрыта в соответствии с настоящим изобретением, она обеспечивает герметичность по отношению к газу и жидкости при контакте металл/металл. Предпочтительно контакт металл/металл обеспечивается с натягом.

В описании, представленном ниже, слои осаждены, по меньшей мере, на резьбе резьбовой части в соответствии с настоящим изобретением и на уплотняющей поверхности.

В соответствии с настоящим изобретением металлический слой, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, будет осаждаться на подложку трубной резьбовой части, предпочтительно выполненной из стали. Металлический слой в соответствии с настоящим изобретением в идеальном варианте осажден электролитическим способом. Принцип данного типа электролитического покрытия приведен ниже. Помимо его механической прочности, основным преимуществом металлического слоя является его микроструктурная однородность. В данном случае следует понимать, что "микроструктурная однородность" не обязательно подразумевает однофазную кристаллическую структуру; напротив, верным является обратное.

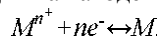
В контексте настоящего изобретения термин "металлический слой" означает слой, состоящий из металла. Очевидно, что примеси могут присутствовать, но предпочтительно слой является исключительно металлическим. Исключительно металлический слой по настоящему изобретению имеет преимущество, заключающееся в наличии микроструктурной однородности. По сути, под оптическим микроскопом при увеличении, составляющем  $\times 500$ , наблюдаемая микроструктура имеет однородный внешний вид.

По сути, как механическая прочность, так и микроструктурная однородность металлического слоя являются значительно повышенными по сравнению с таковыми для органических покрытий, которые, кроме того, характеризуются более низкой устойчивостью к температурному воздействию.

Осаждение посредством электролиза является методикой, применяемой в данном случае для восстановления ионов или оксидов металлов до чистых металлов путем применения электрического тока с плотностью, которая может составлять от 1 до 100 А/дм<sup>2</sup> в контексте настоящего изобретения. Электролитическая ванна находится при температуре в диапазоне от 18 до 50°C. Ниже 18°C эффективность ванны является недостаточной. Выше 50°C химические компоненты (например, добавки) ванны будут разлагаться. В качестве примера способ осаждения металлического покрытия, известный как электролиз с помощью буфера, может требовать очень высоких значений тока, находящихся у верхней границы диапазона, приведенного выше.

Электролиты необходимы для обеспечения электропроводности и могут представлять собой водные растворы или расплавленные соли. Металлический слой, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, можно осаждать электролитическим способом; данную методику применяют в настоящем изобретении. Другие металлы, такие как медь или даже никель, также можно осаждать электролитическим способом.

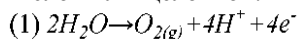
Электролиз в водной среде осуществляют с помощью системы из двух электродов, состоящей из анода и катода. Восстановление ионов происходит на катоде и определяется следующим выражением:



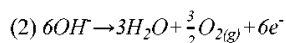
где М представляет собой металл и n представляет собой целое число.

В случае электроосаждения катодом является подложка, на которую происходит осаждение. По сути, в идеальном варианте подложкой является сталь в случае настоящего изобретения.

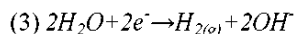
На аноде полученная реакция представляет собой окисление воды с образованием газообразного молекулярного кислорода в соответствии с двумя уравнениями, представленными ниже, в зависимости от того, является ли среда соответственно кислой или щелочной:



или



Одной из основных трудностей с электролизом в водной среде является конкуренция, которая возникает между восстановлением ионов металлов и восстановлением растворителя на катоде, определенной реакцией:



В теории реакции, которые должны происходить, зависят от потенциалов электродов, которые в свою очередь зависят от каждого выбранного материала, но эксперименты, проводимые в контексте настоящего изобретения, обеспечивают результаты, которые трудно предсказать. По сути, кинетика реакций является сложной.

В работе Modern Electroplating, John Wiley & Sons, Inc. 5<sup>th</sup> edition, p. 285-307, section 10: Electrodeposition of zinc and zinc alloys, R. Winand, 2010 предоставлено больше подробностей, относящихся к электролитическому осаждению цинка или сплава цинка на подложки.

Осаждение металлического слоя, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, в соответствии с настоящим изобретением на подложку, предпочтительно сталь, означает, что как эксплуатационное свойство в отношении коррозии, так и устойчивость к задиранию и механическую прочность узла можно изменять одновременно. Присутствие электролитического покрытия в виде сплава с элементом, отличным от цинка (Zn), присутствующим в качестве основного элемента, т.е. характеризующимся самым высоким значением содержания по весу из элементов сплава, является нежелательным, поскольку показатели эффективности эксплуатационного свойства в отношении коррозии являются таковыми, которые не обеспечивают необходимого эффекта. Толщина металлического слоя, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, предпочтительно находится в диапазоне от 4 до 20 мкм. Если толщина составляет менее 4 мкм, противокоррозионный эффект снижается, поскольку слой подвергается риску проявления недостаточности эксплуатационного свойства в отношении коррозии. Если толщина составляет более 20 мкм, существует высокий риск накопления H<sub>2</sub> из-за объединения H в соответствии с уравнением (1). Чем толще слой, тем значительнее данное накопление. При этом существует опасность того, что газообразный H<sub>2</sub> будет скапливаться в структуре, которая станет более хрупкой из-за образования внутренних напряжений. Еще более предпочтительно толщина металлического слоя находится в диапазоне от 6 до 15 мкм.

Металлический слой, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, осажденный электролитическим способом, может быть дополнен посредством дополнительных обработок, таких как образование пассивирующего слоя на металлическом слое. В одном варианте поверх всего металлического слоя или поверх его части также можно осаждают слой смазочного материала, содержащий смолу и порошок сухого твердого смазочного материала, диспергированный в данной смоле. В дополнение к своей функции смазывания, данный слой может способствовать противокоррозионной функции. В контексте настоящего изобретения вполне возможным является осаждение слоя смазочного материала данного типа на пассивирующий слой. Слой смазочного материала имеет толщину в диапазоне от 5 до 50 мкм. Если толщина составляет менее 5 мкм, эффект смазывания не является удовлетворительным. Если толщина составляет более 50 мкм, максимальный момент свинчивания может стать слишком высоким. Кроме того, если толщина составляет более 50 мкм, существует опасность того, что может образовываться крошка, происходящая из поврежденного покрытия. Крошка данного типа может опускаться на дно нефтяной скважины и, следовательно, приводить к ухудшению условий эксплуатации. Предпочтительно слой смазочного материала имеет толщину в диапазоне от 10 до 30 мкм.

Другие варианты включают осаждение барьерного слоя, как правило, известного как уплотнитель, на образованный пассивирующий слой.

Другой вариант также включает осаждение слоя смазочного материала на весь пассивирующий слой, который был образован, или только на его часть.

Также вполне возможным является осаждение слоя смазочного материала, обладающего или не обладающего противокоррозионной функцией, на металлический слой в целом или только на его часть без образования пассивирующего слоя.

Различные слои в различных конфигурациях настоящего изобретения осаждают посредством по-

следовательных технологических операций, осуществляемых предпочтительно по отношению к металлической подложке или еще более предпочтительно по отношению к стали. Осуществляют следующие технологические операции: химическое или электрохимическое обезжиривание подложки с применением растворителей и/или щелочных растворов с последующей промывкой. Затем осуществляют химическое или электрохимическое растворение поверхности подложки предпочтительно посредством погружения подложки в кислый раствор с целью устранения поверхностных оксидов.

Поверхность можно активировать путем применения следующих продуктов: хлористоводородной кислоты, серной кислоты, фосфорной кислоты, азотной кислоты, фтористоводородной кислоты или смеси данных кислот.

В соответствии с настоящим изобретением металлический слой, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, осажден на резьбовую концевую часть, содержащую резьбу и первую уплотняющую поверхность. Это означает, что покрытие в виде металлического слоя, в идеальном варианте выполненное с помощью электролиза, может представлять собой цинк (Zn) отдельно или бинарный сплав цинка (Zn) типа Zn-X, в котором X выбран из никеля (Ni), железа (Fe), магния (Mg) и марганца (Mn).

Чистый Zn будет применяться из-за его противокоррозионных и противозадирных характеристик. В соответствии с настоящим изобретением применяют металлический слой, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, поскольку по сравнению с железом, с учетом подложки стального типа цинк характеризуется более отрицательным значением стандартного потенциала. Иными словами, в данном случае Zn обеспечивает эффективную катодную защиту от коррозии.

С учетом подложки стального типа применение чистого Zn, таким образом, не является проблематичным, но Zn-Ni предпочтителен, поскольку чистый Zn потребляется (химически разрушается) с большей скоростью. Таким образом, может потребоваться особенно толстый слой, который не является предпочтительным на резьбе и на уплотняющей поверхности. По сути, толстый слой может привести к более мелкому зазору на витках резьбы, что может ухудшить оптимизацию поверхностей контакта, которая может предпочтительно быть выполнена в зависимости от типа соединения. Необходимо применять Zn-Ni, не только из-за его противокоррозионных характеристик, но также из-за его противозадирных характеристик.

Zn-Fe также является протекторной защитой по отношению к предпочтительной подложке стального типа. Слой Zn-Fe является хорошим усилителем адгезии. Zn-Fe обеспечивает более низкую скорость коррозии по сравнению с чистым Zn.

Zn-Mg представляет интерес, поскольку данный сплав замедляет скорость коррозии благодаря присутствию Mg в случае предпочтительной подложки, т.е. стали.

С учетом подложки стального типа Zn-Mn обеспечивает барьерную защиту. Тем не менее, функция барьерной защиты является преимущественной с точки зрения противокоррозионной устойчивости, поскольку она не будет подвергаться коррозии и останется неповрежденной. Кроме того, она характеризуется очень хорошим эксплуатационным свойством в отношении коррозии при естественном воздействии.

Следует напомнить, что электролитическое осаждение можно применять для улучшения однородности осаждения с точки зрения микроструктуры. Очевидно, существуют другие способы осаждения металлического покрытия, такие как гальваническое покрытие металлом, напыление или даже диффузионное цинкование.

Альтернатива, состоящая в образовании пассивирующего слоя на металлическом слое, означает, что устойчивость к коррозии можно дополнительно улучшить.

Альтернатива, состоящая в осаждении слоя смазочного материала, содержащего смолу и порошок сухого твердого смазочного материала, диспергированный в указанной смоле, поверх по меньшей мере участка части, означает, что момент свинчивания соединения можно лучше контролировать и можно избежать задира.

Порошок сухого твердого смазочного материала предпочтительно выбран из группы, состоящей из политетрафторэтиленов (PTFE), дисульфидов молибдена (MoS<sub>2</sub>), углеродных саж (C), фторидов графита (CF<sub>x</sub>) или их смеси.

PTFE (политетрафторэтилены) обеспечивают смазывающие свойства с коэффициентом трения, который стабилен при давлении в зоне контакта. Таким образом, лучше контролируется момент свинчивания. Средний размер частиц PTFE по настоящему изобретению составляет менее 15 мкм. Если размер частиц составляет более 15 мкм, дисперсия в смоле может быть гетерогенной, поскольку частицы будут иметь слишком большую толщину по сравнению с общей толщиной слоя смазочного материала.

Смола выбрана из группы, состоящей из поливиниловых смол, эпоксидных смол, акриловых смол, полиуретановых смол и полиамидимидных смол.

Поливиниловые смолы, эпоксидные смолы и акриловые смолы удовлетворительным образом приклеиваются к металлическому слою, содержащему Zn, или к пассивирующему слою.

Полиуретановые смолы имеют преимущество, заключающееся в том, что они являются, в частности, химически устойчивыми и их легко использовать посредством отверждения.

Полиамидимидные смолы являются, в частности, устойчивыми к износу.

В предпочтительном варианте осуществления смола является акриловой по типу и порошок сухого



твердого смазочного материала, диспергированный в указанной смоле, содержит от 3 до 15% углеродных саж, MoS<sub>2</sub> или дитиокарбаматов молибдена (MoDTC), отдельно или в комбинации. Данная комбинация проявляет синергический эффект относительно защиты от задираания, адгезии и контроля момента свинчивания.

Дисульфиды молибдена (MoS<sub>2</sub>), дитиокарбаматы молибдена (MoDTC), углеродные сажи (C), фториды графита (CF<sub>x</sub>) или их смесь обеспечивают смазывающие свойства с коэффициентом трения, который стабилен при давлении в зоне контакта. Таким образом, лучше контролируется момент свинчивания.

Производные MoS<sub>2</sub> также обладают всеми смазывающими свойствами, упомянутыми выше.

В предпочтительном варианте осуществления осажденные слои металла, содержащие Zn, представляют собой бинарный сплав Zn-Ni, содержащий от 12 до 15% Ni, остаток, очевидно, представляет собой Zn и неизбежные примеси, причем сумма количеств составляет строго менее 3 вес.%. По сути, при содержании Ni менее 12% устойчивость к коррозии не оптимизирована, при этом при содержании никеля более 15% структура покрытия больше не является однофазной, а является многофазной, и присутствующие фазы вызывают внутренние напряжения и делают покрытие хрупким.

Наконец, микроструктура данного предпочтительного металлического покрытия в виде Zn-Ni, содержащего от 12 до 15% никеля, предпочтительно представляет собой микроструктуру однофазного типа, и фаза, которая присутствует, является гамма-фазой по типу. Данная кристаллическая структура гамма-типа обеспечивает лучшую устойчивость к коррозии.

Предпочтительно пассивирующий слой содержит трехвалентный хром Cr(III). Данный трехвалентный хром является более устойчивым, по сравнению с Cr(II) и не вреден для здоровья, в отличие от Cr(VI).

Предпочтительно пассивирующий слой, если он присутствует, покрыт барьерным слоем, образованным слоем минеральной матрицы, содержащим частицы диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>). Данный барьерный слой улучшает противокоррозионную устойчивость.

Альтернатива состоит в применении пассивирующего слоя, покрытого барьерным слоем, образованным слоем органоминеральной матрицы, содержащим частицы диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>). Данный барьерный слой улучшает противокоррозионную устойчивость.

Один вариант осуществления включает осаждение слоя смазочного материала на пассивирующий слой с целью лучшего контроля момента свинчивания соединения и во избежание задираания.

Контакт металл/металл резьбовых частей по настоящему изобретению выполняется с натягом. "Натяг" между охватываемым и охватывающими элементами по настоящему изобретению соответствует диаметальному натягу между сопряженными точками двух поверхностей вращения. В частности, данный диаметальный натяг определяется разностью в диаметре постоянного разреза поверхностей в сопряженных точках двух поверхностей вращения. Данную разность можно измерять перед сборкой указанных элементов, затем можно оценивать на поверхности контакта, когда два элемента находятся в сборе друг относительно друга. На практике обычным делом является обеспечение того, чтобы один диаметр части наружной периферийной поверхности охватываемого элемента был немного больше диаметра части внутренней периферийной поверхности охватывающего элемента. Это приводит к обмену материалом в зоне контакта данных поверхностей. Таким образом, высокое давление в зоне контакта обеспечивается между указанными сопряженными точками.

### Примеры

Неограничивающие примеры резьбовых частей (либо охватываемых, либо охватывающих или как охватываемых, так и охватывающих), выполненных из стали, описанных ниже, обрабатывали электролитическим способом с помощью бинарного сплава цинк-никель. Бинарный сплав цинк-никель, применяемый в примерах, доступен от компании ELECTROPOLI (зарегистрированная торговая марка) под коммерческим названием ZELTEC 2.4 (зарегистрированная торговая марка).

Параметры электролитической обработки были следующими:

температура электролитической ванны: Temp. = 36°C;

pH электролитической ванны: pH = 5,4;

плотность применяемого тока: J = 2 A/дм<sup>2</sup>;

время пребывания в электролитической ванне: t = 20 мин.

Таким образом, электролитическую обработку осуществляли в кислой среде.

Посредством этого получали металлический слой, содержащий цинк (Zn). Толщина металлического слоя находилась в диапазоне от 4,0 до 12,5 мкм (крайние значения), обычно от 6 до приблизительно 8 мкм. Содержание никеля (Ni) находилось, как правило, в диапазоне от 12 до 15% (крайние значения). Следовательно, содержание цинка (Zn) находилось, как правило, в диапазоне от 85 до 88% (крайние значения). Металлический слой обладал как противозадирными, так и противокоррозионными свойствами.

Если присутствовал барьерный слой, он представлял собой, в частности, продукт, продаваемый под названием FINIGARD 460 от компании COVENTYA (зарегистрированная торговая марка).

Если присутствовал пассивирующий слой, он представлял собой, в частности, продукт, продаваемый под названием FINIDIP 128 CF (не содержащий кобальт) от компании COVENTYA (зарегистрированная торговая марка). Также он может представлять собой продукт, продаваемый под названием Eсо-

Tgi (зарегистрированная торговая марка) NoCo от компании ATOTECН (зарегистрированная торговая марка) Deutschland GmbH. Данные два продукта обладают особым преимуществом, заключающимся в отсутствии шестивалентного хрома (Cr(VI)).

В иллюстративных вариантах осуществления, описанных ниже, каждая резьбовая часть предназначена для образования части резьбового трубного соединения. Каждая резьбовая часть имеет ось вращения и содержит резьбу. Резьба проходит по наружной периферийной поверхности резьбовой части, если это охватываемый элемент; напротив, резьба проходит по внутренней периферийной поверхности резьбовой части, если это охватывающий элемент. Каждая резьбовая часть также содержит первую уплотняющую поверхность на периферийной поверхности, которая расположена для обеспечения натяга при контакте "металл-металл" с соответствующей второй уплотняющей поверхностью, принадлежащей комплементарной резьбовой части трубы. Комплементарная резьбовая часть по отношению к охватываемой части представляет собой охватывающую резьбовую часть. Комплементарная резьбовая часть по отношению к охватывающей части представляет собой охватываемую резьбовую часть.

В иллюстративных вариантах осуществления, представленных ниже, систематически делается ссылка на сборку двух комплементарных резьбовых частей, которая может образовывать трубное соединение, когда их ввинчивают одну в другую. Следует понимать, что обработки поверхности, слои и окончательные обработки можно применять по отношению к охватываемой резьбовой части или к охватывающей резьбовой части. Соответственно, когда в варианте осуществления делается ссылка на охватываемую часть, содержащую определенное конкретное первое покрытие (совокупность слоев), и делается ссылка на охватывающую часть, содержащую определенное конкретное второе покрытие (другую совокупность слоев), следует понимать, что можно поменять конкретные первое и второе покрытия резьбовых частей, т.е. нанести первое конкретное покрытие на охватывающую часть и нанести второе конкретное покрытие на охватываемую часть.

Пример 1.

На фиг. 1 показана подложка 100, выполненная из стали. Подложке 100 придана форма для того, чтобы образовывать охватывающую резьбовую часть 102 и охватываемую резьбовую часть 104.

Охватываемая резьбовая часть 104 покрыта первым противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Первый металлический слой 108 осажден электролитическим способом, как описано выше. Первый металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 85,7%. Первый металлический слой 108 имеет среднюю толщину 8,3 мкм. Кроме того, первый металлический слой характеризуется однофазной микроструктурой гамма-типа.

Первый металлический слой 108 покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Необязательно пассивирующий слой 110 покрыт барьерным слоем 114, описанным выше, который также обладает противокоррозионными свойствами.

Охватывающая резьбовая часть 102 покрыта вторым металлическим противозадирным слоем 106. Второй металлический слой 106 состоит из бинарного сплава Zn-Ni.

Второй металлический слой 106 осажден электролитическим способом. Второй металлический слой 106 содержит преимущественно цинк (Zn) по весу. Кроме того, второй металлический слой характеризуется однофазной микроструктурой гамма-типа.

Второй металлический слой 106 покрыт слоем 112 смазочного материала. В варианте осуществления по фиг. 1 слой 112 смазочного материала имеет тип расплава, обладающего как смазывающими свойствами, так и противокоррозионными свойствами.

Расплавленный слой смазочного материала характеризуется следующей композицией по весу: матрица от 70 до 95%, твердый смазочный материал от 5 до 30%.

Матрица характеризуется следующей композицией:

гомополимерный полиэтилен от 8 до 90%,

карнаубский воск от 5 до 30%,

стеарат цинка от 5 до 30%,

производное сульфоната кальция от 0 до 50%,

алкилполиметакрилат от 0 до 15%,

краситель от 0 до 1%,

противоокислитель от 0 до 1%,

силикон (компонент на основе поверхностно-активного вещества) от 0 до 2%.

Пример 2.

На фиг. 2 показана подложка 100, выполненная из стали. Подложке 100 придана форма для того, чтобы образовывать охватывающую резьбовую часть 102 и охватываемую резьбовую часть 104.

Охватываемая резьбовая часть 104 покрыта металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Металлический слой 108 осажден электролитическим способом, как описано выше. Металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 86,5%. Первый металлический слой 108 имеет среднюю толщину

6,7 мкм.

Металлический слой 108 охватываемой резьбовой части 104 покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Пассивирующий слой 110 охватываемой резьбовой части 104 покрыт барьерным слоем 114, описанным выше, который также обладает противокоррозионными свойствами.

Охватываемая резьбовая часть 102 покрыта металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Металлический слой 108 осажден электролитическим способом, как описано выше. Металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 86,4%. Металлический слой 108 имеет среднюю толщину 7,4 мкм.

Металлический слой 108 охватываемой резьбовой части 102 покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Пассивирующий слой 110 охватываемой резьбовой части 102 покрыт слоем 112 смазочного материала. В варианте осуществления по фиг. 2 слой 112 смазочного материала имеет тип расплава, обладающего как смазывающими свойствами, так и противокоррозионными свойствами.

Пример 3.

На фиг. 3 показана подложка 100, выполненная из стали. Подложке 100 придана форма для того, чтобы образовывать охватываемую резьбовую часть 102 и охватываемую резьбовую часть 104.

Охватываемая резьбовая часть 104 покрыта металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Металлический слой 108 был осажден электролитическим способом, как описано выше. Металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 86,5%. Первый металлический слой 108 имеет среднюю толщину 7 мкм.

Металлический слой 108 охватываемой резьбовой части 104 покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Пассивирующий слой 110 охватываемой резьбовой части 104 покрыт барьерным слоем 114, описанным выше, который также обладает противокоррозионными свойствами.

Подложка 100 охватываемой резьбовой части 102 характеризуется шероховатостью поверхности. Шероховатость поверхности была получена с помощью способа пескоструйной обработки. Способ пескоструйной обработки, в частности, обеспечивал шероховатость (Ra) поверхности в диапазоне от 1,0 до 10 мкм. В иллюстративном варианте осуществления по фиг. 3 шероховатость (Ra) поверхности составляет приблизительно 2 мкм.

Охватываемая резьбовая часть 102 покрыта металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Металлический слой 108 был осажден электролитическим способом, как описано выше. Металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 85,6%. Металлический слой 108 имеет среднюю толщину 7 мкм.

Металлический слой 108 охватываемой резьбовой части 102 покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Пассивирующий слой 110 охватываемой резьбовой части 102 покрыт слоем 112 смазочного материала. В варианте осуществления по фиг. 3 слой 112 смазочного материала содержит смолу и сухой твердый смазочный материал, диспергированный в данной смоле. В данном случае слой 112 смазочного материала состоит из полиуретановой смолы (типа PU2K), в которой были диспергированы частицы углеродной сажи.

Пример 4.

На фиг. 4 показана подложка 100, выполненная из стали. Подложке 100 придана форма для того, чтобы образовывать охватываемую резьбовую часть 102 и охватываемую резьбовую часть 104.

Охватываемая резьбовая часть 104 покрыта металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Металлический слой 108 был осажден электролитическим способом, как описано выше. Металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 86,3%. Первый металлический слой 108 имеет среднюю толщину 7,3 мкм.

Металлический слой 108 охватываемой резьбовой части 104 покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Необязательно пассивирующий слой 110 охватываемой резьбовой части 104 покрыт барьерным слоем 114, описанным выше, который также обладает противокоррозионными свойствами.

Подложка 100 охватываемой резьбовой части 102 характеризуется шероховатостью поверхности. Шероховатость поверхности была получена с помощью способа пескоструйной обработки. В иллюстративном варианте осуществления по фиг. 4 шероховатость (Ra) поверхности составляет приблизительно 2 мкм. В одном варианте способ пескоструйной обработки можно осуществлять по отношению к металлическому противокоррозионному и противозадирному слою 108 охватываемой резьбовой части 102, описанной ниже.

Охватывающая резьбовая часть 102 покрыта металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Металлический слой 108 был осажден электролитическим способом, как описано выше. Металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 86,8%. Металлический слой 108 имеет среднюю толщину 7,7 мкм.

Как упоминалось выше, способ пескоструйной обработки можно осуществлять по отношению к металлическому слою 108 охватывающей резьбовой части 102. В одном варианте осуществления настоящего изобретения металлический слой 108 характеризуется шероховатостью (Ra) поверхности, составляющей приблизительно 2 мкм. Данное означает, что пассивирующий слой или слой 112 смазочного материала, описанный ниже, может хорошо приклеиваться.

Металлический слой 108 охватывающей резьбовой части 102 необязательно покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Пассивирующий слой 110 охватывающей резьбовой части 102 покрыт слоем 112 смазочного материала. В варианте осуществления по фиг. 4 слой смазочного материала состоит из эпоксидной смолы и MoS<sub>2</sub>.

В одном варианте возможно отсутствие пассивирующего слоя 110 и нанесение слоя 112 смазочного материала непосредственно на металлический слой 108 охватывающей резьбовой части 102 (или непосредственно на металлический слой 108 охватываемой резьбовой части при необходимости).

Пример 5.

На фиг. 5 показана подложка 100, выполненная из стали. Подложке 100 придана форма для того, чтобы образовывать охватывающую резьбовую часть 102 и охватываемую резьбовую часть 104.

Подложка 100 охватываемой резьбовой части 104 характеризуется шероховатостью поверхности. Шероховатость поверхности была получена с помощью способа пескоструйной обработки. В иллюстративном варианте осуществления по фиг. 5 шероховатость (Ra) поверхности составляет приблизительно 2 мкм. В одном варианте способ пескоструйной обработки можно осуществлять по отношению к металлическому противокоррозионному и противозадирному слою 108 охватывающей резьбовой части 102, описанной ниже.

Охватываемая резьбовая часть 104 покрыта металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Металлический слой 108 был осажден электролитическим способом, как описано выше. Металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 86,7%. Металлический слой 108 имеет среднюю толщину 7,2 мкм.

Как упоминалось выше, способ пескоструйной обработки можно осуществлять по отношению к металлическому слою 108 охватываемой резьбовой части 104. В одном варианте осуществления настоящего изобретения металлический слой 108 характеризуется шероховатостью (Ra) поверхности, составляющей приблизительно 2 мкм. Данное означает, что пассивирующий слой или слой 112 смазочного материала, описанный ниже, может хорошо приклеиваться.

Металлический слой 108 охватываемой резьбовой части 104 необязательно покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Пассивирующий слой 110 охватываемой резьбовой части 104 покрыт слоем 112 смазочного материала. В варианте осуществления по фиг. 5 слой 112 смазочного материала состоит из акриловой смолы и углеродной сажи.

В одном варианте возможно отсутствие пассивирующего слоя 110 и нанесение слоя 112 смазочного материала непосредственно на металлический слой 108 охватываемой резьбовой части 104.

Подложка 100 охватывающей резьбовой части 102 характеризуется шероховатостью поверхности. Шероховатость поверхности была получена с помощью способа пескоструйной обработки. В иллюстративном варианте осуществления по фиг. 5 шероховатость (Ra) поверхности составляет приблизительно 2 мкм. В одном варианте способ пескоструйной обработки можно осуществлять по отношению к металлическому противокоррозионному и противозадирному слою 108 охватывающей резьбовой части 102, описанной ниже.

Охватывающая резьбовая часть 102 покрыта металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем 108. Металлический слой 108 был осажден электролитическим способом, как описано выше. Металлический слой 108 состоит из бинарного сплава цинк-никель (Zn-Ni) и содержит цинк (Zn), а именно в среднем количестве, составляющем 86,2 вес.%. Металлический слой 108 имеет среднюю толщину 6,7 мкм.

Как упоминалось выше, способ пескоструйной обработки можно осуществлять по отношению к металлическому слою 108 охватывающей резьбовой части 102. В одном варианте осуществления настоящего изобретения металлический слой 108 характеризуется шероховатостью (Ra) поверхности, составляющей приблизительно 2 мкм. Данное означает, что пассивирующий слой или слой 112 смазочного материала, описанный ниже, может хорошо приклеиваться.

Металлический слой 108 охватывающей резьбовой части 102 необязательно покрыт пассивирующим слоем 110, описанным выше. По определению пассивирующий слой обладает противокоррозионными свойствами.

Пассивирующий слой 110 охватывающей резьбовой части 102 покрыт слоем 112 смазочного материала. В варианте осуществления по фиг. 5 слой 112 смазочного материала состоит из акриловой смолы и дисперсии углеродной сажи в данной смоле.

В одном варианте возможно отсутствие пассивирующего слоя 110 и нанесение слоя 112 смазочного материала непосредственно на металлический слой 108 охватывающей резьбовой части 102 (или непосредственно на металлический слой 108 охватываемой резьбовой части при необходимости).

В конкретных вариантах осуществления, по меньшей мере, некоторые из слоев могут проходить поверх других элементов резьбовой части. В качестве примера, если на резьбовой части присутствует упор, слои могут проходить поверх него.

Заявитель провел сравнительные тесты на шероховатость между резьбовыми частями до электролитического осаждения металлического слоя в соответствии с настоящим изобретением и после электролитического осаждения металлического слоя в соответствии с настоящим изобретением. Шероховатость измеряли в направлении, параллельном направлению механической обработки указанных частей. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение значений шероховатости

Шероховатость		До электролитического осаждения ZnNi			После электролитического осаждения ZnNi		
		Ra (мкм)	Rz (мкм)	Rt (мкм)	Ra (мкм)	Rz (мкм)	Rt (мкм)
Без пескоструйной обработки	Среднее значение	0,458	2,453	2,453	0,330	2,023	4,316
	Среднекв. откл.	н. п.	н. п.	н. п.	0,166	0,569	3,895
Пескоструйная обработка	Среднее значение	3,254	21,243	21,243	1,495	9,918	11,561
	Среднекв. откл.	0,171	1,271	1,271	0,166	1,127	2,060

Среднекв. откл. = среднеквадратическое отклонение  
н.п. = не применимо

Ra представляет собой среднее отклонение профиля шероховатости, которое представляет собой среднее арифметическое значение абсолютных величин расстояний между выступами и впадинами, измеренных на профиле шероховатости. Rz известна как средняя максимальная шероховатость, которая представляет собой среднее значение максимальных значений высоты, измеренных в пределах нескольких (например, 5) выбранных частей на профиле шероховатости. Rt известна как общая шероховатость, которая представляет собой максимальную высоту, измеренную в пределах всего профиля шероховатости.

В табл. 1 показано, что образцы резьбовых частей после электролитического осаждения характеризуются сниженным значением шероховатости в направлении, параллельном направлению механической обработки, по сравнению с образцами резьбовых частей до электролитического осаждения. В частности, электролитическое осаждение в соответствии с настоящим изобретением характеризуется эффектом уравнивания.

На фиг. 6 показаны фотографии резьбовых элементов, сделанные с помощью оптического микроскопа. В частности, на фиг. 6 показаны две выбранные части резьбового элемента из уровня техники в сравнении с двумя аналогичными выбранными частями резьбового элемента в соответствии с настоящим изобретением.

Используемый микроскоп был оптическим. Увеличение составляло  $\times 500$ . Масштаб, указанный на каждой фотографии, составляет 50 мкм.

Резьбовой элемент из уровня техники показан на фотографиях 200a и 200b. Подложка 202 из уровня техники, выполненная из стали, покрыта слоем 204, содержащим частицы цинка в виде чешуек, диспергированные в эпоксидной смоле. Слой 204 наносили с применением способа, который известен из уровня техники. Способ из уровня техники включает пневматическое распыление слоя 204 на подложку 202 при температуре окружающей среды с последующим горячим отверждением подложки/совокупности слоев. В ходе фазы распыления композиция слоя 204 содержит растворитель. Фазу обеспечения отверждения применяют для устранения растворителя и сшивания слоя 204. На фотографиях 200a и 200b показано, что слой 204 является гетерогенным. По сути, слой 204 резьбового элемента из уровня техники

характеризуется неоднородной микроструктурой.

Резьбовой элемент по настоящему изобретению показан на фотографиях 300a и 300b. Подложка 100 покрыта первым металлическим слоем 108, состоящим из бинарного сплава Zn-Ni типа, описанного в примере 1 выше. Бинарный сплав наносили электролитическим способом с целью образования гомогенного слоя. По сути, на фотографиях 300a и 300b по фиг. 6 показано, что первый металлический слой 108 резьбового элемента по настоящему изобретению характеризуется однородной микроструктурой. В представленном случае она представляет собой однофазную микроструктуру гамма( $\gamma$ )-типа.

На фиг. 7 показана фотография 400 резьбового элемента в соответствии с настоящим изобретением, сделанная с помощью оптического микроскопа. Увеличение составляло  $\times 500$ . Масштаб, указанный на каждой фотографии, составляет 50 мкм.

Подложку 100 покрывали вторым металлическим слоем 106, состоящим из бинарного сплава Zn-Ni типа, описанного в примере 1 выше. Бинарный сплав наносили электролитическим способом с целью образования гомогенного слоя. Металлический слой характеризовался толщиной от приблизительно 4 мкм до приблизительно 6 мкм (среднее значение толщины - приблизительно 5 мкм). Металлический слой покрывали слоем 112 смазочного материала типа расплава HMS-3, как описано в примере 1. Слой смазочного материала имеет толщину от приблизительно 40 до приблизительно 43 мкм.

Второй металлический слой 106 характеризуется однородной микроструктурой. По сути, второй металлический слой, состоящий из бинарного сплава Zn-Ni, также характеризуется однофазной микроструктурой гамма( $\gamma$ )-типа.

Таким образом, на фиг. 6 и 7 продемонстрировано, что металлический слой по настоящему изобретению характеризуется однородной микроструктурой.

Элементы труб по настоящему изобретению, а именно охватываемая или охватывающая резьбовые части, а также соединения, получаемые с помощью данных частей, соответствуют условиям международного стандарта API RP 5C5 (3-е издание, июль 2003 г.). В частности, элементы труб выдерживали 15 процедур свинчивания/развинчивания и полностью удовлетворяли условиям герметичности.

Элементы труб по настоящему изобретению, а именно охватываемая или охватывающая резьбовые части, а также соединения, получаемые с помощью данных частей, полностью соответствовали условиям Европейского стандарта NF EN ISO 9227, относящегося к тестам с использованием аэрозоля солевого раствора. В частности, элементы труб положительно реагировали в отношении устойчивости к коррозии через 1000 ч. подвергания воздействию агрессивной среды.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое трубное соединение, предназначенное для бурения или эксплуатации углеводородных скважин, содержащее часть трубного элемента с охватываемым концом, имеющую ось вращения и обеспеченную первой резьбой, проходящей вокруг оси вращения, при этом указанная охватываемая концевая часть является комплементарной по отношению к части трубного элемента с охватывающим концом, имеющей ось вращения и обеспеченной второй резьбой, проходящей вокруг оси вращения, при этом указанные охватываемая и охватывающая концевые части выполнены с возможностью соединения посредством свинчивания, при этом каждая из охватываемой и охватывающей концевых частей дополнительно содержит уплотняющую поверхность, характеризующуюся натягом при контакте "металл-металл", отличающееся тем, что

резьба и уплотняющая поверхность одной из двух, охватываемой или охватывающей, концевых частей покрыты первым металлическим противокоррозионным и противозадирным слоем, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, при этом указанный первый металлический противокоррозионный и противозадирный слой покрыт первым пассивирующим слоем;

комплементарная резьба и уплотняющая поверхность охватываемого или охватывающего конца покрыты вторым металлическим противозадирным слоем, где цинк (Zn) является основным элементом по весу, при этом указанный второй металлический противозадирный слой, по меньшей мере, частично покрыт слоем смазочного материала, содержащим смолу и порошок сухого твердого смазочного материала, диспергированный в указанной смоле;

по меньшей мере один из указанных первого и второго металлических слоев осажден электролитическим способом;

и тем, что по меньшей мере один из указанных первого и второго металлических слоев содержит бинарный сплав цинка (Zn) типа Zn-X, в котором X выбран из никеля (Ni), железа (Fe), магния (Mg) и марганца (Mn).

2. Резьбовое трубное соединение по п.1, отличающееся тем, что по меньшей мере один из указанных первого и второго металлических слоев содержит по меньшей мере 50 вес.% цинка (Zn).

3. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что по меньшей мере один из указанных первого и второго металлических слоев имеет толщину в диапазоне от 4 до 20 мкм.

4. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что слой

смазочного материала имеет толщину в диапазоне от 5 до 50 мкм.

5. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что по меньшей мере один из указанных первого и второго металлических слоев представляет собой бинарный сплав цинк-никель (Zn-Ni), где содержание никеля (Ni) находится в диапазоне от 12 до 15 вес.%, и причем микроструктура является однофазной и находится в гамма( $\gamma$ )-фазе.

6. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что первый пассивирующий слой содержит трехвалентный хром (Cr(III)).

7. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что второй пассивирующий слой, содержащий трехвалентный хром (Cr(III)), образован между вторым металлическим противозадирным слоем и слоем смазочного материала.

8. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что порошок сухого твердого смазочного материала выбран из группы, состоящей из политетрафторэтиленов (PTFE), дисульфидов молибдена ( $\text{MoS}_2$ ), дитиокарбаматов молибдена (MoDTC), углеродных саж (C), фторидов графита ( $\text{CF}_x$ ) или их смеси.

9. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что смола выбрана из группы, состоящей из поливиниловых смол, эпоксидных смол, акриловых смол, полиуретановых смол и полиамидимидных смол.

10. Резьбовое трубное соединение по п.9 или 10, отличающееся тем, что смола представляет собой смолу акрилового типа и порошок сухого твердого смазочного материала содержит от 3 до 15% углеродных саж, дисульфидов молибдена ( $\text{MoS}_2$ ) или дитиокарбаматов молибдена (MoDTC), отдельно или в комбинации.

11. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что по меньшей мере один из указанных первого и второго пассивирующих слоев покрыт барьерным слоем, образованным слоем минеральной матрицы, содержащим частицы диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ).

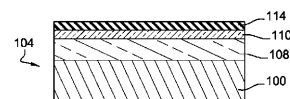
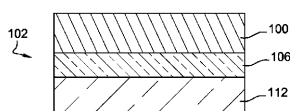
12. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что слой минеральной матрицы дополнительно содержит оксид калия.

13. Резьбовое трубное соединение по любому из пп.1-11, отличающееся тем, что по меньшей мере один из первого и второго пассивирующих слоев покрыт барьерным слоем, образованным слоем органической минеральной матрицы, содержащим частицы диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ).

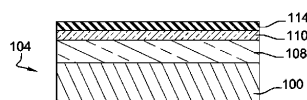
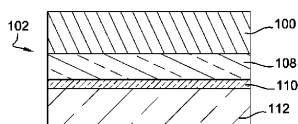
14. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что по меньшей мере один из указанных первого и второго пассивирующих слоев покрыт слоем сухого смазочного материала.

15. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что охватываемая концевая часть дополнительно содержит первый упор и охватываемая концевая часть дополнительно содержит второй упор, при этом первый и второй упоры выполнены с возможностью входа в соприкосновение друг с другом в конце свинчивания.

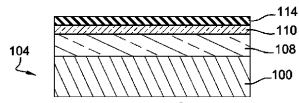
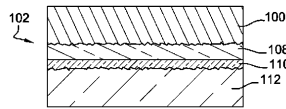
16. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что охватываемая и охватываемая концевые части изготовлены из стали.



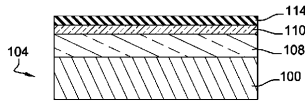
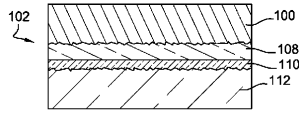
Фиг. 1



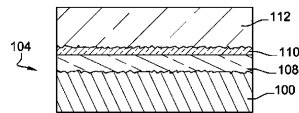
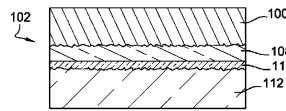
Фиг. 2



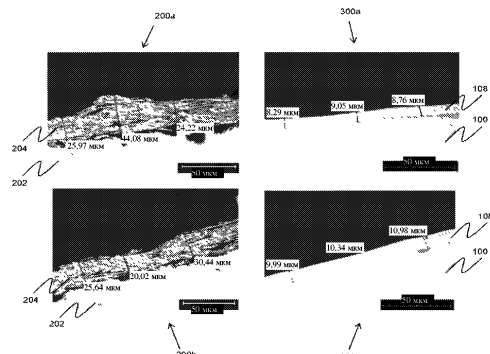
Фиг. 3



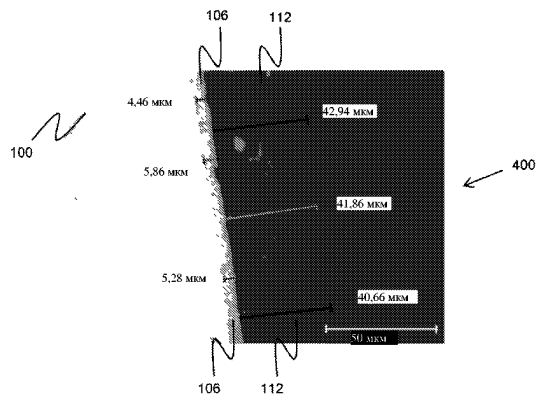
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7