

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **034128**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2019.12.30**

(51) Int. Cl. *E21B 17/042* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201890219**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.07.06**

---

(54) **РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ С ВЫСОКОЙ СТОЙКОСТЬЮ К ПОВЕРХНОСТНОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ РЕЗЬБЫ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

---

(31) **14/792,077**

(56) EP-A1-2028403  
WO-A1-0208566  
US-A-1817808

(32) **2015.07.06**

(33) **US**

(43) **2018.08.31**

(86) **PCT/IB2016/054051**

(87) **WO 2017/006262 2017.01.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПЕГАСУС С.Р.Л. (IT)**

(72) Изобретатель:  
**Алария Альберто, Канавера Анджело (IT)**

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

---

(57) В изобретении представлен способ обработки ниппеля с наружным резьбовым участком и муфты с внутренним резьбовым участком, где способ обеспечивает замок с резьбовым соединением, имеющий высокое сопротивление поверхностному повреждению резьбы. Один вариант осуществления настоящего изобретения включает в себя нанесение смазки на резьбовой участок по меньшей мере одного из ниппеля и муфты. Замок с резьбовым соединением скрепляют посредством свинчивания резьбовых участков ниппеля и муфты до рекомендуемого American Petroleum Institute крутящего момента, и затем раскрепляют резьбовое соединение. Этап скрепления и раскрепления со смазкой, нанесенной на резьбовой участок по меньшей мере одного из ниппеля и муфты, выполняют многократно. Один из резьбовых участков ниппеля и муфты затем подвергают поверхностному упрочнению. Замок с резьбовым соединением, выполненный данным способом, имеет высокую стойкость к поверхностному повреждению резьбы, не требуя какой-либо смазки.

**B1**

**034128**

**034128**

**B1**

### **Предпосылки изобретения**

#### **Область техники изобретения**

Настоящее изобретение относится в общем к стойкому к поверхностному повреждению резьбы резьбовому соединению, выполненному из охватываемой и охватывающей резьбовых соединительных деталей, и способу выполнения охватываемой и охватывающей резьбовых соединительных деталей и более конкретно относится к стойкому к поверхностному повреждению резьбы резьбовому замку для трубных компонентов для применения в соединении трубных компонентов, в частности трубных компонентов, применяемых для бурения и эксплуатации углеводородных скважин.

#### **Описание известного уровня техники**

Трубный компонент, который "применяют для бурения и эксплуатации углеводородных скважин", означает любой элемент, по существу, в форме трубы, который соединяется с другим однотипным элементом или элементом другого типа для создания в итоге либо колонны для бурения углеводородной скважины, или райзера для техобслуживания, такого как райзеры для капремонта, или для эксплуатации, такого как эксплуатационные райзеры, или для обсадной колонны или колонны насосно-компрессорных труб, применяемых в эксплуатации скважин. Изобретение также применимо для компонентов бурильной колонны, таких как бурильные трубы, толстостенные бурильные трубы, утяжеленные бурильные трубы и части соединений труб и толстостенных труб, известные как бурильные замки.

Бурильный замок является тяжелым соединительным элементом для трубы, обычно бурильной трубы, выполненным из специального стального сплава. Бурильные замки имеют крупную коническую резьбу и установочные заплечики, выполненные с возможностью нести вес бурильной колонны, выдерживать деформацию от частого соединения и отсоединения и обеспечивать герметичное уплотнение. Охватываемая часть замка, или ниппель, прикреплена к одному концу отрезка длины бурильной трубы, и охватывающая часть, или муфта, прикреплена к другому концу. Бурильный замок может быть приварен к концу трубы или навинчен на нее, также может быть выполнено то и другое. Звенья трубы соединяют вместе с помощью бурильных замков.

Замковый ниппель имеет охватываемую (наружную) резьбу, выполненную на нем, и замковая муфта имеет охватывающую (внутреннюю) резьбу, выполненную на ней. Соединительная муфта или соединение образуется посредством свинчивания замкового ниппеля одного трубного компонента с замковой муфтой второго трубного компонента. Для скрепления соединения один трубный компонент вращают относительно другого трубного компонента. Для раскрепления соединения направление относительного вращения меняют на обратное.

Сегодня несколько глубоких нефтяных скважин на морских нефтяных месторождениях достигли глубин 20000'-30000' (футов) (6-9 км). Многие из труб и обсадных труб, задействованных в скважине, являются трубными изделиями с резьбой, имеющими длину приблизительно 30' (9 м). Например, звено бурильной трубы, применяемое в бурении ствола скважины, обычно имеет длину приблизительно 30 футов (9 м) (30') или 45 футов (14 м) (45'). Таким образом, легко понять, что вся колонна бурильных труб может содержать сотни и, возможно, больше тысячи трубных звеньев, свинченных вместе, в некоторых глубоких скважинах.

Резьбовые замки трубных изделий нефтепромыслового сортамента подвергаются воздействию растягивающих сил в аксиальном направлении, обусловленных весом соединенной колонны из звеньев и самих индивидуальных звеньев. Дополнительно резьбовые замки подвергаются воздействию внутреннего и наружного давлений и аномально высоких температур. Обычно более глубокие скважины имеют более высокие температуры и более высокие давления, чем менее глубокие скважины. Резьбовые соединения трубы, установленной в стволе скважины, подвергающиеся воздействию данных более высоких температур и/или более высоких давлений, должны выдерживать такие тяжелые условия, сохраняя газонепроницаемость.

В процессе спуска насосно-компрессорной трубы или обсадной колонны в скважину в некоторых случаях необходимо раскрепить трубное звено, которое было скреплено с другим трубным элементом, чтобы поднять трубы из скважины, потом вновь скрепить соединение и затем повторно спустить трубу в скважину. Во время бурения скважины резьбовые трубные компоненты, скрепляющие бурильную колонну, могут претерпевать несколько циклов скрепления и раскрепления. Операции скрепления обычно осуществляют под высокой аксиальной нагрузкой. Например, вес трубного звена длиной 30 или 45 футов (9 или 14 м), подлежащего свинчиванию, может быть локализован с небольшим несопадением осей резьбовых элементов, подлежащих соединению. Указанное может создавать риск повреждений поверхности в резьбовых зонах.

Традиционно резьбовые зоны защищают от поверхностных повреждений резьбы во время операций скрепления и раскрепления в полевых условиях. Вначале резьбовые зоны очищают от консистентной смазки, которую могли ранее нанести, для защиты от коррозии. Контактные поверхности соединения очищают и освобождают от остатков бурового раствора и других загрязняющих веществ, поскольку твердые частицы, присутствующие в буровых и промывочных растворах, могут усугублять поверхностные повреждения резьбы и ухудшать показатели сопротивления поверхностному повреждению резьбы компаундированной консистентной смазки, которую впоследствии наносят.

Компаундированную консистентную смазку наносят на промысле на контактные поверхности резьбового соединения. Компаундированная консистентная смазка является вязким жидким смазывающим материалом, содержащим большие количества порошков тяжелых металлов, таких как цинк, свинец и медь. Компаундированную консистентную смазку обычно называют "пастой для уплотнения резьбовых соединений труб". Паста для уплотнения резьбовых соединений труб наносится обильно и равномерно на всю контактную поверхность ниппеля и муфты, набивается в канавки резьбы и полностью закрывает поверхности запечников. От компаундированной консистентной смазки, описанной в стандартах American Petroleum Institute, API Bulletin 5A2 или 5A3, требуется способность предотвращать ржавчину на контактной поверхности, на которую компаундированная консистентная смазка нанесена, а также улучшать уплотнение резьбы и обеспечивать смазку во время скрепления соединения.

Вместе с тем, когда выполняют скрепление резьбового замка для труб, компаундированная консистентная смазка, которая была нанесена, вымывается или переливается на наружную поверхность, и становится возможным ее вредное воздействие на окружающую среду и в особенности на морские организмы, в частности от вредоносных тяжелых металлов. Также процесс нанесения компаундированной консистентной смазки ухудшает рабочую окружающую среду, и имеется озабоченность от его вредного воздействия на персонал.

Таким образом, на этапе нанесения пасты для уплотнения резьбовых соединений труб на промысле на резьбовые участки тратится время, которое является ценным и дорогим, и трудовые ресурсы. Дополнительно применение таких компаундированных консистентных смазок, насыщенных тяжелыми и/или токсичными металлами, такими как свинец, имеет недостатки, заключающиеся в загрязнении скважин и окружающей среды, поскольку излишки консистентной смазки выбрасываются из резьбового соединения во время скрепления.

В прошлом предлагалось выполнение обработки поверхности разных типов, такое как азотирование, металлизация различных типов, в том числе металлизация цинком и нанесение композитного покрытия, а также фосфатирование с химическим преобразованием на контактной поверхности резьбового замка для труб для образования одного или нескольких слоев для увеличения удержания компаундированной консистентной смазки и улучшения свойств скольжения. Вместе с тем, как описано выше, применение компаундированной консистентной смазки создает угрозу вредного воздействия на окружающую среду и персонал.

В существующей технике принята процедура опробования, которая должна применяться для новых соединений на промысле. Обычно данная процедура содержит 2-3 скрепления соединения до спуска трубного звена. 2-3 скрепления могут быть скреплениями на малой скорости с крутящим моментом, составляющим 50-75% конечного крутящего момента свинчивания для спуска. Данная практика считается обеспечивающей шлифовку и нагартовывание поверхности соединения до приложения полного контактного напряжения для улучшения сопротивления поверхностному повреждению резьбы. Вместе с тем не установлено, что данная практика обеспечивает продолжительное сопротивление поверхностному повреждению резьбы.

Требуется создание соединения резьбового замка для труб, стойкого к поверхностному повреждению резьбы и остающегося стойким к поверхностному повреждению резьбы после многочисленных скреплений и раскреплений соединения. Требуется создание стойкого к поверхностному повреждению резьбового соединения, в котором не применяют компаундированную консистентную смазку или другие химреагенты, безвредного для окружающей среды и дающего экономию времени и трудозатрат во время операции скрепления соединения. Требуется создание стойкого к поверхностному повреждению резьбового соединения, которое может выдерживать воздействие высокой температуры.

#### **Сущность изобретения**

Предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения является соединение резьбового замка для труб, содержащего замковый ниппель и замковую муфту, каждого с контактной поверхностью, содержащей резьбовую и нерезьбовую контактные поверхности. Контактная поверхность одного из замкового ниппеля и замковой муфты имеет поверхностную твердость больше поверхностной твердости другого из замкового ниппеля или замковой муфты. При применении соединение резьбового замка скрепляется без смазки или компаундированной консистентной смазки и имеет высокую стойкость к поверхностному повреждению резьбы. В предпочтительном варианте осуществления не применяется смазка при скреплении соединения на промысле.

Одним аспектом настоящего изобретения является способ, применяемый для изготовления замкового ниппеля и замковой муфты соединения резьбового замка для труб. Внутреннюю резьбу замковой муфты и наружную резьбу замкового ниппеля вначале обрабатывают общепринятым в промышленности способом. Смазку, такую как компаундированная консистентная смазка, наносят на контактные поверхности одного или обоих, замкового ниппеля и замковой муфты, и резьбовое соединение скрепляют и затем раскрепляют. Резьбовое соединение скрепляют и раскрепляют многократно, наиболее предпочтительно около 6 - 10 раз. Во время каждого из скреплений и раскреплений компаундированная консистентная смазка присутствует на резьбе. После завершения нужного числа скреплений и раскреплений либо муфту, или замковый ниппель подвергают процессу поверхностного упрочнения, при этом про-

шедший поверхностное упрочнение элемент должен иметь твердость больше, чем не прошедший поверхностное упрочнение элемент. После реализации данного способа соединения резьбового замка для труб готово для скрепления без какой-либо компаундированной консистентной смазки или другой наносимой смазки.

#### **Краткое описание чертежей**

Лучшее понимание настоящего изобретения можно получить из приведенного ниже подробного описания раскрытых вариантов осуществления в соединении с чертежами, на которых показано следующее.

На фиг. 1 схематично показан пример замкового ниппеля и замковой муфты, в которых настоящее изобретение применено, замковая муфта и верхняя половина замкового ниппеля показаны в виде сечения.

На фиг. 2 показана блок-схема последовательности операций способа изготовления, стойкого к поверхностному повреждению резьбового соединения, согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения.

#### **Описание предпочтительных вариантов осуществления**

Одним вариантом осуществления настоящего изобретения является способ изготовления резьбовых компонентов резьбовой соединительной муфты или соединения с высокой стойкостью к поверхностному повреждению резьбы даже после многочисленных скреплений и раскреплений. Дополнительно способ изготовления предпочтительного варианта осуществления дает резьбовые элементы с высокой стойкостью к поверхностным повреждениям резьбы без применения смазки на промысле. Настоящее изобретение не ограничено резьбовыми соединениями для применения на нефтепромысле; вместе с тем предпочтительный вариант осуществления является особенно полезным в трубных компонентах, применяемых для бурения и/или эксплуатации углеводородных скважин. Поэтому предпочтительный вариант осуществления рассмотрен ниже со ссылкой на соединения резьбового замка для труб нефтепромыслового сортамента.

Способ включает в себя этап 100 обработки резьбы на концевых участках элементов, обычно трубных элементов. В предпочтительном варианте осуществления резьбу обрабатывают на замковом ниппеле 10 и замковой муфте 20 (показаны на фиг. 1). Наружную резьбу 12 обрабатывают на замковом ниппеле 10 и внутреннюю резьбу 22 - на замковой муфте 20. Резьбу можно обрабатывать любым способом, общепринятым в промышленности. Например, резьбу можно обрабатывать с помощью операций нарезания резьбы, в которых удаляют сталь при выполнении резьбы. Обычно бурильные замки имеют сужающуюся резьбу, полученную из сужающейся части бурильного замка. Даже если резьба нарезана с превосходным качеством, микровибрации и мелкие металлические гребни все равно присутствуют на рабочих сторонах резьбы, что увеличивает области локального напряжения и увеличивает риск поверхностного повреждения резьбы.

После того как резьба на бурильных замках 10 и 20 обработана, как рассмотрено выше, смазку, такую как компаундированная консистентная смазка (т.е. паста для уплотнения резьбовых соединений труб), наносят на резьбу 12, 22, и не имеющие резьбы контактные поверхности одного или обоих: замкового ниппеля и замковой муфты 10 и 20 и резьбовое соединение или соединительную муфту скрепляют и затем раскрепляют несколько раз или в нескольких циклах на этапе 200. Применяют стандартную процедуру скрепления и раскрепления. Резьбовое соединение скрепляют и раскрепляют многократно, предпочтительно 3-15 раз, более предпочтительно 5-12 раз и наиболее предпочтительно 6-10 раз или до возникновения большей части пластической деформации. Процедура скрепления и раскрепления вызывает пластическую деформацию на резьбе 12 и 22, при этом гребни, микровибрации и поверхностные дефекты, которые могли быть созданы при нарезке резьбы, удаляются или существенно минимизируются. После 6 циклов скрепления и раскрепления соединения проходит большая часть пластической деформации. Предпочтительно во время каждого из скреплений и раскреплений компаундированная консистентная смазка присутствует на резьбе 12 и 22. Полученные в результате поверхности являются поэтому более гладкими и значительно меньше подверженными поверхностному повреждению резьбы.

В предпочтительном варианте осуществления скрепления крутящий момент, приложенный во время данной фазы, определяется на основе American Petroleum Institute Recommended Practice (API RP). API предлагает рекомендации по крутящему моменту скрепления для резьбовых соединений различных типов, например API RP 7G-Addendum I рекомендует крутящий момент свинчивания 52059 фунтофутов (7200 кгм) для 5-1/2" (140 мм) FH (широкопроходное) соединения с размерами: наружный диаметр 7-1/2" (89 мм), внутренний диаметр 3" (76 мм), а для соединения NC50 с размерами: наружный диаметр 6-5/8" (170 мм), внутренний диаметр 2-3/4" (70 мм) рекомендует крутящий момент свинчивания 38036 фунтофутов (5240 кгм).

Предпочтительно во время данного этапа 200 циклов скрепления/раскрепления с пастой для уплотнения резьбовых соединений труб соединение затягивают приблизительно или, по меньшей мере, до крутящего момента, рекомендуемого API. Предпочтительно каждое звено при скреплении затягивают приблизительно или, по меньшей мере, до крутящего момента, рекомендуемого API. Предпочтительно стандартная процедура скрепления и раскрепления содержит затягивание соединения до величины, ре-

комендуемой API, затем раскрепление соединения до небольшого или нулевого крутящего момента, что содержит первый цикл, затем скрепление соединения до рекомендуемого API крутящего момента и затем раскрепление до небольшого или нулевого крутящего момента, что завершает второй цикл. Соединение вновь скрепляют до рекомендуемого API крутящего момента и затем раскрепляют полностью для завершения третьего цикла. В конце третьего цикла ниппель и муфту полностью развинчивают, и звенья проверяют на предмет поверхностного повреждения резьбы перед повторным нанесением пасты для уплотнения резьбовых соединений труб на резьбовые и нерезьбовые контактные поверхности.

После завершения циклов скрепления и раскрепления одно из замковой муфты и замкового ниппеля подвергают процессу поверхностного упрочнения на этапе 300, так что прошедший поверхностное упрочнение элемент должен иметь поверхностную твердость больше, чем не прошедший поверхностное упрочнение элемент. Альтернативно процесс поверхностного упрочнения может быть применен к замковому ниппелю 10 и замковой муфте 20, но с отличающейся интенсивностью на замковых элементах, для получения отличающейся поверхностной твердости. Предпочтительно процесс поверхностного упрочнения проводится только в выбранных зонах замкового ниппеля 10 и/или замковой муфты 20, предпочтительно в резьбовой зоне и нерезьбовой контактной поверхности.

Можно применять азотирование или другие средства поверхностного упрочнения. Азотирование является процессом поверхностного упрочнения, в котором азот вводится в поверхность материала при выдерживании материала в некотором температурном диапазоне в атмосфере азота. Поверхностное упрочнение можно также выполнять, например, посредством азотонауглероживания, науглероживания, индукционной закалки, лазерной закалки или других сходных методик, нацеленных на увеличение поверхностной твердости материала.

Поверхностное упрочнение части дает два эффекта. Первое, при нем замораживается уровень пластической деформации, достигнутый на предыдущем этапе 200, таким образом значительно затрудняя дополнительную модификацию, но сохраняя способность к пластической деформации небольших поверхностных дефектов, которые могли возникнуть на не прошедшей поверхностное упрочнение стыкующейся детали. Второе, создается разность твердости между двумя частями, что по имеющимся данным имеет положительное воздействие сопротивление материала поверхностному повреждению резьбы.

Предпочтительно минимальная разность твердости двух стыкуемых частей должна составлять около 200-260 единиц твердости по Бринеллю и более предпочтительно около 260 единиц твердости по Бринеллю. Например, прошедшая поверхностное упрочнение часть может иметь число твердости по Бринеллю около 570-580, а часть, не прошедшая поверхностное упрочнение, иметь число твердости по Бринеллю около 310-320.

После процесса поверхностного упрочнения соединение резьбового замка для труб готово к скреплению и раскреплению без какой-либо компаундированной консистентной смазки или другой наносимой смазки. Порядок указанных выше этапов, включенных в изготовление соединения резьбового замка важно для обеспечения соединения резьбового замка для труб, которое имеет высокую стойкость к поверхностному повреждению резьбы и который не требует смазки или компаундированной консистентной смазки при эксплуатации. Следует понимать, что порядок этапов не означает, что способ предпочтительного варианта осуществления изобретения ограничивает включение в состав других этапов и их размещение между описанными выше этапами. Например, замковый ниппель 10 и замковая муфта 20 могут быть подвергнуты фосфатированию на этапе между этапом 100 и этапом 200. Фосфатирование является процессом, хорошо известным в технике. Дополнительно или альтернативно этап фосфатирования можно также выполнить на замковом ниппеле 10 и замковой муфте 20 после этапа 300 поверхностного упрочнения. Фосфатирование обычно применяют для содействия предотвращению коррозии.

В предпочтительном способе изготовления поверхность и форму резьбы "совершенствуют" или "состаривают" перед поверхностным упрочнением посредством скрепления/раскрепления резьбового соединения наиболее предпочтительно 6-10 раз или до возникновения большей части пластической деформации. Пластическая деформация выглаживает поверхность резьбы благодаря срабатыванию дефектов. Одну "лишенную дефектов" часть поверхности резьбы подвергают поверхностному упрочнению для "замораживания" уровня пластической деформации, достигнутого ранее, и такого увеличения твердости части, что она имеет твердость больше ответной резьбовой части.

В альтернативном варианте осуществления этап 200 может быть минимизирован или исключен благодаря накатке резьбы и накатыванию резьбы на бурильных замках. Накатка резьбы является способом создания внутренней резьбы, а накатывание резьбы является способом создания наружной резьбы. В обоих данных способах резьбу выполняют в элементе, придавливая резьбонакатную плашку к элементу. Резьбу деформируют в холодную (т.е. в процессе холодной прокатки). В результате материалы ограничены дактильными материалами. Накатанная резьба прочнее нарезанной резьбы. В таких способах, как нарезание резьбы, шлифовка и фрезерование, удаляют материал для получения резьбы, а при накатывании резьбы материал смещают плашками из упрочненной стали. Результатом перемещения зерен материала в форму резьбы является уплотнение зерен на участках впадины профиля и рабочей стороны резьбы, являющихся ее критическими частями, что улучшает качество резьбы. Дополнительно шлифующее действие стальных плашек дает превосходную чистоту обработки поверхности, что улучшает зацепление

между внутренней и наружной резьбами.

Таким образом, в случаях, где резьба обработана с помощью накатки резьбы и накатывания резьбы, этап 200 скрепления и раскрепления, описанный выше, может быть исключен, поскольку резьба уже является гладкой, и пластическая деформация возникла во время накатки резьбы. Затем и/или под конец резьбовую поверхность и нерезьбовую контактную поверхность одного из двух стыкуемых элементов подвергают поверхностному упрочнению на этапе 300, как описано выше.

В другом альтернативном варианте осуществления на одном из элементов выполняют резьбу способом накатки резьбы или накатывания резьбы. Например, наружную резьбу 12 выполняют способом накатывания резьбы на охватываемом элементе 10, и внутреннюю резьбу 22 выполняют, например, способом нарезания резьбы на охватывающем элементе 20. В одном варианте осуществления пасту для уплотнения резьбовых соединений труб наносят на одну или обе из резьбовых поверхностей и нерезьбовых контактных поверхностей, и этап 200 скрепления и раскрепления выполняют, как описано выше. Затем или под конец резьбовую поверхность и нерезьбовую контактную поверхность одного из стыкуемых охватываемого и охватывающего элементов 10 и 20 соответственно подвергают поверхностному упрочнению на этапе 300, как описано выше. Альтернативно в данном примере этап 300 поверхностного упрочнения может быть выполнен до этапа 200 скрепления и раскрепления в случае, если поверхностное упрочнение применено к элементу, имеющему резьбу, выполненную способом накатки резьбы или накатывания резьбы (т.е. к охватываемому элементу 10 в приведенном выше примере).

В другом варианте осуществления резьбу можно выполнять шлифовкой, обычно выполняемой с помощью шлифовального круга на шлифовальном станке. Данный способ можно применять для получения точной резьбы или резьбы в твердых материалах. Если резьбу выполняют шлифовкой, циклы скрепления и раскрепления этапа 200 можно исключить. Другой способ, известный как доводка резьбы, можно применять после нарезания резьбы или шлифовки для достижения самой высокой возможной точности и чистоты обработки поверхности. Доводка резьбы должна также исключать необходимость этапа 200.

В описанном ниже ряде испытаний замковый ниппель и замковая муфта были изготовлены на токарном станке с ЧПУ типа CNC с применением стандартных режущих вставок

	5½ FH	NC50	NC38
	Днар	Д нар	Днар
	7½" (190мм)	6⅝" (168мм)	5" (127мм) x
	x Двнутр	x Двнутр	Двнутр
	3" (76мм)	2¾" (70мм)	2⅝" (54мм)
замок №	муфт нипп	муфт нипп	муфт нипп
1	S H	S H	S H
2	H S	H S	H S
3	S H	S H	S H
4	S H	S H	S H
5	S H	S H	S H
6	S H	S H	S H
7	S H	S H	S H
8	S H	S H	S H
9	S H	S H	S H
10	S H	S H	S H

H означает прошедший поверхностное упрочнение;

S означает не прошедший поверхностное упрочнение.

Бурильные замки были выполнены из углеродистой стали типа AISI 4137H, классического материала для бурильных замков. Резьба замковых муфт и замковых ниппелей была выполнена по одинаковой методике для всех замковых деталей и каждого из трех соединений по типам API. Соединениями по типам API являются 5½FH, NC50 и NC38. 10 муфт и ниппелей каждого соединения по типу API были изготовлены согласно следующей процедуре для испытаний.

Ниппель и муфта замка каждого номера для каждого соединения по типу API были скреплены друг с другом и раскреплены 9 раз (т.е. в 9 циклах). Крутящий момент свинчивания для каждого цикла являлся рекомендуемым API крутящим моментом для соединения по типу API. Например, рекомендуемый API крутящий момент свинчивания для 5½FH (размеры: наружный диаметр 7½" (190 мм)×внутренний диаметр 3" (76 мм) составляет 52059 фунтофутов (7200 кгм). Крутящий момент свинчивания для каждого из девяти (9) циклов каждого из замков 5½FH составлял 52059 фунтофутов (7200 кгм). Рекомендуемый API крутящий момент свинчивания для NC50 (размеры: наружный диаметр 6⅝" (168 мм)×внутренний диаметр 2¾" (70 мм) составляет 38036 фунтофутов (5200 кгм). Крутящий момент свинчивания для каждого из 9 циклов каждого из замков NC50 составлял 38036 фунтофутов (5200 кгм). Наконец, рекомендуемый API крутящий момент свинчивания для NC38 (размеры: наружный диаметр 5"

(127мм)×внутренний диаметр 2<sup>1</sup>/<sub>8</sub>"(54 мм) составляет 15902 фунтофутов (2200 кгм). Крутящий момент свинчивания для каждого из 9 циклов каждого из замков NC38 составлял 15902 фунтофутов (2200 кгм).

Следующие 3 серии 9 тестов были проведены с применением замковых ниппелей и замковых муфт, изготовленных согласно описанному выше способу предпочтительного варианта осуществления настоящего изобретения. Каждая серия из 9 испытаний включала отличающееся соединение по типу API.

#### Определения

"Новый" означает соединительную деталь (замковый ниппель или замковую муфту), которую не скрепляли и не раскрепляли до начала испытания иного во время изготовления.

"Использованный (б.у.)" означает соединительную деталь (ниппель или замковую муфту), которую скрепляли и раскрепляли без какой-либо смазки или компаундированной консистентной смазки до начала испытания.

"Н" означает прошедший поверхностное упрочнение; и

"S" означает не прошедший поверхностного упрочнения.

А. Серия тестирования с соединением 5-1/2"FH.

Тип соединения: 5-1/2"FH (широкопроходное); размеры: наружный диаметр 7-1/2" (190 мм), внутренний диаметр 3" (76 мм). Рекомендуемый крутящий момент свинчивания по API RP 7G-Addendum I: 52059 фунтофутов (7200 кгм). Тесты были проведены в серии процедур скрепления и раскрепления согласно приведенным ниже таблицам. Испытания остановлены при 85000 фунтофутов (11700 кгм) по ограничению крутящего момента машины свинчивания и развинчивания.

Испытание 1А. Цель теста: подтвердить возникновение поверхностного повреждения резьбы.

Муфта #1 (новая - S) и ниппель #1 (новый - Н).

Целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
30000	5	< 30000	нет
35000	5	< 35000	нет
40000	5	< 40000	нет
45000	5	< 45000	нет
50000	5	< 50000	нет
52059	10	< 52059	нет
55000	10	< 55000	нет
60000	10	< 60000	нет
65000	10	< 65000	нет
70000	10	< 70000	нет
75000	20	< 75000	нет
80000	20	< 80000	нет
85000	35	< 85000	нет
общее число циклов	150		

В испытании 1А использовали новый прошедший поверхностное упрочнение замковый ниппель и новую замковую муфту. Замковый ниппель и замковая муфта (т.е. ниппель #1 и муфта #1) изначально были скреплены и раскреплены друг с другом с компаундированной консистентной смазкой в процессе изготовления бурильных замков. Вначале были проведены 5 циклов скрепления и раскрепления с целевым крутящим моментом свинчивания 30000 фунтофутов (4100 кгм). В каждом случае крутящий момент развинчивания был меньше целевого крутящего момента свинчивания в 30000 фунтофутов (4100 кгм). Резьбу замкового ниппеля и замковой муфты визуально обследовали после каждой группы циклов при целевом крутящем моменте свинчивания для обнаружения поверхностного повреждения резьбы, износа и повреждения резьбы, и результат записывали. Следующие 5 циклов были проведены с целевым крутящим моментом свинчивания 35000 фунтофутов (4800 кгм). И так далее до проведения завершающих 35 циклов с целевым крутящим моментом свинчивания 85000 фунтофутов (11700 кгм). После завершения циклов с общим числом 150, с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки, крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовой зоны бурильного замка.

Испытание 2А. Цель теста: подтвердить возникновение поверхностного повреждения резьбы.

Муфта #2 (новая - Н) и ниппель #2 (новый - S).

целевой момент свинчивания (фунтфут)	крутящий момент	число циклов	крутящий момент развинчивания (фунтфут)	поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
52059		15	< 52059	нет
55000		15	< 55000	нет
60000		15	< 60000	нет
65000		15	< 65000	нет
70000		25	< 70000	нет
75000		25	< 75000	нет
80000		25	< 80000	нет
85000		25	< 85000	нет
общее число циклов		160		

В испытании 2А и замковый ниппель, и замковая муфта опять были новыми, но бурильный замок прошел поверхностное упрочнение в отличие от замкового ниппеля. Аналогично испытанию 1А замковый ниппель и замковая муфта (т.е. ниппель #2 и муфта #2) изначально были скреплены и раскреплены друг с другом с компаундированной консистентной смазкой в процессе изготовления бурильных замков. Испытания начались с 15 циклов при рекомендуемом АРІ крутящем моменте свинчивания 52059 фунт-футов (7200 кгм), следовали практике, аналогичной испытанию 1А. После завершения 160 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков.

Испытание 3А. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с б.у. ниппелем.

Муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #4 (б.у. - Н).

целевой момент свинчивания (фунтфут)	крутящий момент	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
52059		5	< 52059	нет
55000		5	< 55000	нет
60000		5	< 60000	нет
65000		5	< 65000	нет
70000		5	< 70000	нет
75000		5	< 75000	нет
80000		5	< 80000	нет
85000		5	< 85000	нет
общее число циклов		40		

Хотя и муфта #3, и ниппель #4 "были б.у." в начале испытания 3А, их ранее не использовали друг с другом, в том числе во время изготовления. После завершения 40 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков.

Испытание 4А. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с б.у. ниппелем.

Испытание 3А повторяли, применяя муфту #4 (б.у. - S) и ниппель #3 (б.у. - Н). Хотя и муфта #4, и ниппель #3 "были б.у.", их ранее не использовали друг с другом, в том числе во время изготовления. Испытание 4А дало одинаковые результаты с испытанием 3А.

Испытания 3А и 4А показали взаимозаменяемость замкового ниппеля и замковой муфты в варианте применения бурильных замков с обеими использованными частями.

Испытание 5А. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с новыми ниппелями.

Муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #5 (новый - Н);  
муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #6 (новый - Н) и  
муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #7 (новый - Н).



	целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
Муфта#3/Ниппель#5	52059	10	< 52059	нет
Муфта#3/Ниппель#6	52059	10	< 52059	нет
Муфта#3/Ниппель#7	52059	10	< 52059	нет

В испытании 5А замковую муфту б.у. применяли с тремя новыми прошедшими поверхностное упрочнение замковыми ниппелями. Каждый цикл включал в себя рекомендуемый АРІ крутящий момент свинчивания, как целевой крутящий момент свинчивания. После завершения 10 циклов с каждым новым замковым ниппелем без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовой зоны каких-либо бурильных замков.

Испытание 6А. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с новыми ниппелями.

Муфта #4 (б.у. - S) и ниппель #8 (новый - Н);  
муфта #4 (б.у. - S) и ниппель #9 (новый - Н) и  
муфта #4 (б.у. - S) и ниппель #10 (новый - Н).

Испытание 5А повторяли, применяя муфту #4 (б.у. - S) и ниппель ##8, 9 и 10 (новый - Н). Выполнили аналогичную испытанию 5А последовательность скрепления, раскрепления и циклов. Испытание 6А дало одинаковые результаты с испытанием 5А.

Испытания 5А и 6А показали возможность применения б.у. замковой муфты с новыми замковыми ниппелями.

Испытание 7А. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. ниппеля с новыми муфтами.

Ниппель #3 (б.у. - Н) и муфта #5 (новая - S);  
ниппель #3 (б.у. - Н) и муфта #6 (новая - S) и  
ниппель #3 (б.у. - Н) и муфта #7 (новая - S).

	целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
Ниппель #3/Муфта#5	52059	10	< 52059	нет
Ниппель #3/Муфта#6	52059	10	< 52059	нет
Ниппель #3/Муфта#7	52059	10	< 52059	нет

В испытании 7А применяли б.у., прошедший поверхностное упрочнение замковый ниппель с тремя новыми замковыми муфтами. Каждый цикл включал в себя рекомендуемый АРІ крутящий момент свинчивания, как целевой крутящий момент свинчивания. После завершения 10 циклов с каждой новой замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовой зоны каких-либо бурильных замков.

Испытание 8А. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. ниппеля с новыми муфтами.

Ниппель #4 (б.у. - Н) и муфта #8 (новая - S);  
ниппель #4 (б.у. - Н) и муфта #9 (новая - S) и  
ниппель #4 (б.у. - Н) и Муфта #10 (новая - S).

Испытание 7А повторяли, применяя ниппель #4 (б.у. - Н) и муфту ##8, 9 и 10 (новая - S). Выполнили последовательность скрепления, раскрепления и циклов аналогично испытанию 7А. Испытание 8А дало одинаковые результаты с испытанием 7А.

Испытания 7А и 8А показали возможность применения использованного замкового ниппеля с новыми замковыми муфтами.

Испытание 9А. Цель теста: общая взаимозаменяемость бурильных замков (вне зависимости от прошедших скреплений и раскреплений).

Ниппель #6 (б.у. - Н) и Муфта #7 (б.у. - S).

целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
52059	5	< 52059	нет
55000	5	< 55000	нет
60000	5	< 60000	нет
65000	5	< 65000	нет
70000	5	< 70000	нет
75000	5	< 75000	нет
80000	5	< 80000	нет
85000	5	< 85000	нет
общее число циклов	40		

В испытании 9А, хотя и муфта #7, и ниппель #6 были "б.у." на начало испытания 9А, их ранее не использовали друг с другом, в том числе во время изготовления.

После завершения 40 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков. Испытание 9А показало взаимозаменяемость в применении б.у. замковых ниппелей и замковых муфт вне зависимости от их предыдущих процедур скрепления и раскрепления.

В. Серия испытаний с соединением NC50.

Тип соединения: NC50. Размеры: наружный диаметр 6-5/8" (178 мм), внутренний диаметр 2-3/4" (70 мм). Рекомендуемый крутящий момент свинчивания по API RP 7G-Addendum I:38036 фунтофут (5200 кгм). Испытания были проведены в серии процедур свинчивания и развинчивания по приведенным ниже таблицам. Испытания остановили при 85000 фунтофутах (11700 кгм) вследствие пределов крутящего момента машины свинчивания и развинчивания.

Испытание 1В. Цель теста: подтвердить возникновение поверхностного повреждения резьбы.

Муфта #1 (новая - S) и ниппель #1 (новый - Н).

целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
15000	5	< 15000	нет
20000	5	< 20000	нет
25000	5	< 25000	нет
30000	5	< 30000	нет
35000	5	< 35000	нет
38036	10	< 38036	нет
40000	10	< 40000	нет
50000	10	< 50000	нет
65000	10	< 65000	нет
70000	10	< 70000	нет
75000	20	< 75000	нет
80000	20	< 80000	нет
85000	35	< 85000	нет
общее число циклов	150		

В испытании 1В применяли новый прошедший поверхностное упрочнение замковый ниппель и новую замковую муфту. Замковый ниппель и замковая муфта (т.е. ниппель #1 и муфта #1) изначально были скреплены и раскреплены друг с другом с компаундированной консистентной смазкой в процессе изготовления бурильных замков. Вначале были проведены 5 циклов скрепления и раскрепления с целевым крутящим моментом свинчивания 15000 фунтофутах (2100 кгм). В каждом случае крутящий момент развинчивания был меньше целевого крутящего момента свинчивания 15000 фунтофутах (2100 кгм). Резьбу замкового ниппеля и замковой муфты визуально обследовали после каждой группы циклов при целевом

крутящем моменте свинчивания для обнаружения поверхностного повреждения резьбы, износа и повреждения резьбы, и результат записывали. Следующие 5 циклов были проведены с целевым крутящим моментом свинчивания 20000 фунтофут (2800 кгм). И так далее до проведения финальных 35 циклов с целевым крутящим моментом свинчивания 85000 фунтофут (11700 кгм). После завершения 150 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков.

Испытание 2В. Цель теста: подтвердить возникновение поверхностного повреждения резьбы.

Муфта #2 (новая - Н) и ниппель #2 (новый - S).

целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
38036	15	< 38036	нет
40000	15	< 40000	нет
45000	15	< 45000	нет
50000	15	< 50000	нет
60000	25	< 60000	нет
70000	25	< 70000	нет
80000	25	< 80000	нет
85000	25	< 85000	нет
общее число циклов	160		

В испытании 2В и замковый ниппель, и замковая муфта опять были новыми, но бурильный замок прошел поверхностное упрочнение в отличие от замкового ниппеля. Аналогично испытанию 2А замковый ниппель и замковая муфта (т.е. ниппель #2 и муфта #2) изначально были скреплены и раскреплены друг с другом с компаундированной консистентной смазкой в процессе изготовления бурильных замков. Испытания начались с 15 циклов при рекомендуемом API крутящем моменте свинчивания 38036 фунтофут (5200 кгм), следуя практике, аналогичной испытанию 2А. После завершения 160 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков.

Испытание 3В. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с б.у. ниппелем.

Муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #4 (б.у. - Н).

целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
38036	5	< 38036	нет
40000	5	< 40000	нет
45000	5	< 45000	нет
50000	5	< 50000	нет
60000	5	< 60000	нет
70000	5	< 70000	нет
80000	5	< 80000	нет
85000	5	< 85000	нет
общее число циклов	40		

Хотя и муфта #3, и ниппель #4 были "б.у.", в начале испытания 3В их ранее не использовали друг с другом, в том числе во время изготовления. После завершения 40 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков.

Испытание 4В. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с б.у. ниппелем.

Испытание 3В повторяли, применяя муфту #4 (б.у. - S) и ниппель #3 (б.у. - Н). Хотя и муфта #4, и ниппель #3 были "б.у.", их ранее не использовали друг с другом. Испытание 4В дало одинаковые результаты с испытанием 3В.

Испытания 3В и 4В показали взаимозаменяемость замкового ниппеля и замковой муфты в варианте применения бурильных замков с обеими б.у. частями.

Испытание 5В. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с новыми ниппелями.

Муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #5 (новый - Н);

муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #6 (новый - Н) и

муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #7 (новый - Н).

	целевой крутящий момент (фунтфут)	число цикло	Крутящий момент развинчива ния (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
муфта#3/ниппель #5	38036	10	< 38036	нет
муфта#3/ниппель #6	38036	10	< 38036	нет
муфта#3/ниппель #7	38036	10	< 38036	нет

В испытании 5В замковую муфту б.у. применяли с тремя новыми прошедшими поверхностное упрочнение замковыми ниппелями. Каждый цикл включал в себя рекомендуемый API крутящий момент свинчивания как целевой крутящий момент свинчивания. После завершения 10 циклов с каждым новым замковым ниппелем без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовой зоны каких-либо бурильных замков.

Испытание 6В. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с новыми ниппелями.

Муфта #4 (б.у. - S) и ниппель #8 (новый - Н);

муфта #4 (б.у. - S) и ниппель #9 (новый - Н) и

муфта #4 (б.у. - S) и Ниппель #10 (новый - Н).

Испытание 5В повторяли, применяя муфту #4 (б.у. - S) и ниппель ##8, 9 и 10 (новый - Н). Выполнили последовательность скрепления, раскрепления и циклов, аналогично испытанию 5В. Испытание 6В дало одинаковые результаты с испытанием 5В.

Испытания 5В и 6В показали возможность применения б.у. замковой муфты с новыми замковыми ниппелями.

Испытание 7В. Цель теста: Взаимозаменяемость б.у. ниппеля с новыми муфтами.

Ниппель #3 (б.у. - Н) и муфта #5 (новая - S);

ниппель #3 (б.у. - Н) и муфта #6 (новая - S) и

ниппель #3 (б.у. - Н) и муфта #7 (новая - S).

	целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
ниппель #3/муфта #5	38036	10	< 38036	нет
ниппель #3/муфта #6	38036	10	< 38036	нет
ниппель #3/муфта #7	38036	10	< 38036	нет

В испытании 7В применяли б.у., прошедший поверхностное упрочнение замковый ниппель с тремя

новыми замковыми муфтами. Каждый цикл включал в себя рекомендуемый API крутящий момент свинчивания как целевой крутящий момент свинчивания. После завершения 10 циклов с каждой новой замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовой зоны каких-либо бурильных замков.

Испытание 8В. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. ниппеля с новыми муфтами.

Ниппель #4 (б.у. - Н) и муфта #8 (новая - S);  
 ниппель #4 (б.у. - Н) и муфта #9 (новая - S) и  
 ниппель #4 (б.у. - Н) и муфта #10 (новая - S).

Испытание 7В повторяли, применяя ниппель #4 (б.у. - Н) и муфты ##8, 9 и 10 (новая - S). Выполняли последовательность скрепления, раскрепления и циклов аналогично испытанию 7В.

Испытание 8В дало одинаковые результаты с испытанием 7В.

Испытания 7В и 8В показали возможность применения использованного замкового ниппеля с новыми замковыми муфтами.

Испытание 9В. Цель теста: общая взаимозаменяемость бурильных замков (вне зависимости от прошедших скреплений и раскреплений).

Ниппель #5 (б.у. - Н) и муфта #9 (б.у. - S).

целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
38036	5	< 38036	нет
40000	5	< 40000	нет
45000	5	< 45000	нет
50000	5	< 50000	нет
60000	5	< 60000	нет
70000	5	< 70000	нет
80000	5	< 80000	нет
85000	5	< 85000	нет
общее число циклов	40		

В испытании 9В, хотя и муфта #9 и ниппель #5 были "б.у." в начале испытания 9В, их ранее не использовали друг с другом, в том числе во время изготовления.

После завершения 40 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков. Испытание 9А показало взаимозаменяемость в применении б.у. замковых ниппелей и замковых муфт вне зависимости от их предыдущих процедур скрепления и раскрепления.

С. Серия тестирования с соединением NC38.

Тип соединения: NC38. Размеры: наружный диаметр 5" (127 мм), внутренний диаметр 2-1/8" (54 мм). Рекомендуемый крутящий момент свинчивания по API RP 7G-Addendum I:15902 фунтофутов (2200 кгм). Тесты были проведены в серии процедур свинчивания и развинчивания по приведенным ниже таблицам.

Испытание 1С. Цель теста: подтвердить возникновение поверхностного повреждения резьбы.

Муфта #1 (новая - S) и ниппель #1 (новый - Н).

целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
10000	5	< 10000	нет
15000	10	< 15000	нет
15902	15	< 15902	нет
20000	15	< 20000	нет
25000	15	< 25000	нет
30000	15	< 30000	нет
35000	15	< 35000	нет
40000	15	< 40000	нет
45000	15	< 45000	нет
50000	15	< 50000	нет
53275*	1	нет данных	нет данных
общее число циклов	136		

\* - отказ ниппеля возник при скреплении до 55000 фунтофутов (7600 кгм).

В испытании 1С применяли новый прошедший поверхностное упрочнение замковый ниппель и новую замковую муфту. Замковый ниппель и замковая муфта (т.е. ниппель #1 и муфта #1) изначально были скреплены и раскреплены друг с другом с компаундированной консистентной смазкой в процессе изготовления бурильных замков. Вначале были проведены 5 циклов скрепления и раскрепления с целевым крутящим моментом свинчивания 10000 фунтофутов (1400 кгм). В каждом случае крутящий момент развинчивания был меньше целевого крутящего момента свинчивания 10000 фунтофутов (1400 кгм). Резьбу замкового ниппеля и замковой муфты визуально обследовали после каждой группы циклов при целевом крутящем моменте свинчивания для обнаружения поверхностного повреждения резьбы, износа и повреждения резьбы и результат записывали. Следующие 10 циклов были проведены с целевым крутящим моментом свинчивания 15000 фунтофутов (2100 кгм). И так далее до отказа ниппеля при 53275 фунтофутов (7400 кгм) при скреплении до 55000 фунтофутов (7600 кгм). Ниппель #1 с поверхностным упрочнением был срезан на высоте третьего витка резьбы вследствие чрезмерного растяжения выше предельной прочности на растяжение сечения резьбы. После завершения 135 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков. Дополнительно поверхностное повреждение резьбы не возникало даже при достижении предела прочности материала.

Испытание 2С. Цель теста: подтвердить возникновение поверхностного повреждения резьбы. Муфта #2 (новая - Н) и ниппель #2 (новый - S).

целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
15902	15	< 15902	нет
20000	15	< 20000	нет
25000	15	< 25000	нет
30000	15	< 30000	нет
35000	25	< 35000	нет
40000	25	< 40000	нет
45000	25	< 45000	нет
50000	15	< 50000	нет
общее число циклов	150		

В испытании 2С, оба, замковый ниппель и замковая муфта опять были новыми, но бурильный замок прошел поверхностное упрочнение в отличие от замкового ниппеля. Аналогично испытанию 1С замковый ниппель и замковая муфта (т.е. ниппель #2 и муфта #2) изначально были скреплены и раскреплены друг с другом с компаундированной консистентной смазкой в процессе изготовления бурильных замков. Испытания начались с 15 циклов при рекомендуемом API крутящем моменте свинчивания 15902

фунтофут (2200 кгм). Следовали практике, аналогичной испытанию 1С. Приняли решение не прикладывать крутящий момент выше 50000 фунтофут (6900 кгм) для предотвращения отказа ниппеля. После завершения 150 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков.

Испытание 3С. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с б.у. ниппелем.

Муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #4 (б.у. - Н).

целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
15902	5	< 15902	нет
20000	5	< 20000	нет
25000	5	< 25000	нет
30000	5	< 30000	нет
35000	5	< 35000	нет
40000	5	< 40000	нет
45000	5	< 45000	нет
50000	5	< 50000	нет
общее число циклов	40		

Хотя и муфта #3, и ниппель #4 были "б.у." в начале испытания 3С, их ранее не использовали друг с другом, в том числе во время изготовления. После завершения 40 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков.

Испытание 4С. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с б.у. ниппелем.

Испытание 3С повторяли, применяя муфту #4 (б.у. - S) и ниппель #3 (б.у. - Н). Хотя и муфта #4, и ниппель #3 были "б.у.", их ранее не использовали друг с другом. Испытание 4С дало одинаковые результаты с испытанием 3С.

Испытания 3С и 4С показали взаимозаменяемость замкового ниппеля и замковой муфты в варианте применения бурильных замков с обеими б.у. частями.

Испытание 5С. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с новыми ниппелями.

Муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #5 (новый - Н);

муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #6 (новый - Н) и

муфта #3 (б.у. - S) и ниппель #7 (новый - Н).

	целевой крутящий момент свинчивания (фунтфут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
муфта	15902	10	< 15902	нет
#3/ниппель #5				
муфта	15902	10	< 15902	нет
#3/ниппель #6				
муфта	15902	10	< 15902	нет
#3/ниппель #7				

В испытании 5С замковую муфту б.у. применяли с тремя новыми прошедшими поверхностное упрочнение замковыми ниппелями. Каждый цикл включал в себя рекомендуемый API крутящий момент свинчивания как целевой крутящий момент свинчивания. После завершения 10 циклов с каждым новым замковым ниппелем без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовой зоны каких-либо бурильных замков.

Испытание 6С. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. муфты с новыми ниппелями.

Муфта #4 (б.у. - S) и ниппель #8 (новый - H);

муфта #4 (б.у. - S) и ниппель #9 (новый - H) и

муфта #4 (б.у. - S) и ниппель #10 (новый - H).

Испытание 5С повторяли, применяя муфту #4 (б.у. - S) и ниппель ##8, 9 и 10 (новый - H). Выполнили последовательность скрепления, раскрепления и циклов аналогично испытанию 5С. Испытание 6С дало одинаковые результаты с испытанием 5С.

Испытания 5С и 6С показали возможность применения б.у. замковой муфты с новыми замковыми ниппелями.

Испытание 7С. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. ниппеля с новыми муфтами.

Ниппель #3 (б.у. - H) и муфта #5 (новая - S);

ниппель #3 (б.у. - H) и муфта #6 (новая - S) и

ниппель #3 (б.у. - H) и муфта #7 (новая - S).

	целевой крутящий момент свинчивания	число циклов	Крутящий момент развинчивания	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ
	(фунтфут)		(фунтфут)	или повреждение резьбы
ниппель #3/муфта #5	15902	10	< 15902	нет
ниппель #3/муфта #6	15902	10	< 15902	нет
ниппель #3/муфта #7	15902	10	< 15902	нет

В испытании 7С применяли использованный прошедший поверхностное упрочнение замковый ниппель с тремя новыми замковыми муфтами. Каждый цикл включал в себя рекомендуемый API крутящий момент свинчивания как целевой крутящий момент свинчивания. После завершения 10 циклов с каждой новой замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовой зоны каких-либо бурильных замков.

Испытание 8С. Цель теста: взаимозаменяемость б.у. ниппеля с новыми муфтами.

Ниппель #4 (б.у. - H) и муфта #8 (новая - S);

ниппель #4 (б.у. - H) и муфта #9 (новая - S) и

ниппель #4 (б.у. - H) и муфта #10 (новая - S).

Испытание 7С повторяли, применяя ниппель #4 (б.у. - H) и муфты ##8, 9 и 10 (новая - S). Выполнили последовательность скрепления, раскрепления и циклов аналогично испытанию 7С. Испытание 8С дало одинаковые результаты с испытанием 7С.

Испытания 7С и 8С показали возможность применения использованного замкового ниппеля с новыми замковыми муфтами.

Испытание 9С. Цель теста: общая взаимозаменяемость бурильных замков (вне зависимости от прошедших скреплений и раскреплений).

Ниппель #8 (б.у. - H) и муфта #10 (б.у. - S).

целевой крутящий момент свинчивания (фунт фут)	число циклов	Крутящий момент развинчивания (фунтфут)	Поверхностное повреждение резьбы или видимый износ или повреждение резьбы
15902	5	< 15902	нет
20000	5	< 20000	нет
25000	5	< 25000	нет
30000	5	< 30000	нет
35000	5	< 35000	нет
40000	5	< 40000	нет
45000	5	< 45000	нет
50000	5	< 50000	нет
общее число циклов	40		



В испытании 9С, хотя и муфта #10 и ниппель #8 были "б.у." в начале испытания 9С, их ранее не использовали друг с другом, в том числе во время изготовления.

После завершения 40 циклов с теми же замковым ниппелем и замковой муфтой без применения какой-либо компаундированной консистентной смазки крутящий момент развинчивания был всегда меньше целевого крутящего момента свинчивания, и визуально не было обнаружено поверхностного повреждения резьбы, износа резьбы или повреждения резьбовых зон бурильных замков. Испытание 9С показало взаимозаменяемость в применении б.у. замковых ниппелей и замковых муфт вне зависимости от их предыдущих процедур скрепления и раскрепления.

Предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения несколько выгод и преимуществ в сравнении с существующей техникой, в том числе но без ограничения этим

- отсутствие поверхностного повреждения резьбы;
- чрезвычайно долговечное при отсутствии смазки (химреагента) покрытие/слой на резьбе;
- отсутствие вреда для окружающей среды;
- лишено химреагентов;
- лишено уплотняющей смазки;
- выдерживает воздействие высоких температур;
- отсутствуют значительные отложения на резьбе, минимизированы этапы способа выполнения резьбовой соединительной детали;
- тепловая устойчивость;
- увеличенный коэффициент трения вследствие контакта металла с металлом;
- не требуется трудозатрат на буровом полу для нанесения пасты для уплотнения резьбовых соединений, что обеспечивает работу "автоматической буровой установки";
- отсутствие потерь времени в скреплении/раскреплении и применимо для резьбового соединения любого типа.

Хотя изобретение описано подробно выше для конкретных вариантов осуществления, понятно, что модификации и изменения в раскрытых вариантах осуществления специалисты могут выполнять без отхода от сущности и объема изобретения. Все такие модификации и изменения в сущности охвачены. В дополнение все публикации, противопоставленные в данном документе, указывают на уровень квалификации в технике и включены в виде ссылки полностью в данном документе, как если каждое индивидуально включено в виде ссылки и полностью изложено.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления трубных компонентов, включающих в себя ниппель с наружным резьбовым участком и муфту с внутренним резьбовым участком, причем изготовленные трубные компоненты, включающие в себя ниппель и муфту, способны образовывать резьбовое соединение без пасты для уплотнения резьбовых трубных соединений с эффективным сопротивлением поверхностному повреждению без применения смазки, этапы способа изготовления содержат

присоединение ниппеля и муфты к противоположным концам отрезка трубы для создания трубного компонента;

нанесение смазки на резьбовой участок по меньшей мере одного из ниппеля и муфты, прошедшего станочную обработку резьбовых участков;

скрепление резьбового соединения посредством свинчивания резьбового участка ниппеля одного трубного компонента с резьбовым участком муфты другого трубного компонента до крутящего момента свинчивания для резьбового соединения, рекомендуемого Американским нефтяным институтом, и раскрепление резьбового соединения, при этом этап скрепления и раскрепления со смазкой, нанесенной на резьбовой участок по меньшей мере одного из ниппеля и муфты, выполняют многократно, создавая пластическую деформацию; и

поверхностное упрочнение резьбового участка одного из ниппеля и муфты после многократного выполнения этапа скрепления и раскрепления.

2. Способ изготовления по п.1, в котором смазка является компаундированной консистентной смазкой.

3. Способ изготовления по п.1, в котором резьбовой участок муфты является нарезанной резьбой.

4. Способ изготовления по п.1, в котором резьбовой участок ниппеля является нарезанной резьбой.

5. Способ изготовления по п.1, в котором резьбовой участок только одного из ниппеля и муфты подвергают поверхностному упрочнению.

6. Способ изготовления по п.1, в котором подвергнутый поверхностному упрочнению резьбовой участок имеет поверхностную твердость, которая как минимум на около 200-260 единиц твердости по Бринеллю больше поверхностной твердости резьбового участка других стыкуемых ниппеля или муфты.

7. Способ изготовления по п.1, в котором на этапе скрепления и раскрепления резьбовое соединение скрепляют и раскрепляют со смазкой от 3 до 15 раз.

8. Способ изготовления по п.1, в котором на этапе скрепления и раскрепления резьбовое соедине-

ние скрепляют и раскрепляют со смазкой от 5 до 12 раз.

9. Способ изготовления по п.1, в котором на этапе скрепления и раскрепления резьбовое соединение скрепляют и раскрепляют со смазкой от 6 до 10 раз.

10. Способ изготовления по п.1, в котором рекомендуемый крутящий момент свинчивания соответствует применяемой Американским нефтяным институтом рекомендованной практике 7G (API RP 7G) для конкретного резьбового соединения.

11. Способ изготовления по п.1, в котором рекомендуемый крутящий момент свинчивания соответствует применяемой Американским нефтяным институтом рекомендованной практике 7G (API RP 7G), действующему с 6 июля 2015 г., для конкретного резьбового соединения.

12. Эффективно-стойкий к поверхностному повреждению трубный компонент, включающий в себя ниппель с наружным резьбовым участком и муфту с внутренним резьбовым участком, полученный в соответствии со способом п.1.

13. Способ изготовления стойких к поверхностному повреждению трубных компонентов с резьбой для бурения углеводородных скважин, содержащий этапы

станочной обработки резьбовой зоны на наружной периферийной поверхности на конце ниппеля;

станочной обработки резьбовой зоны на внутренней периферийной поверхности на конце муфты;

нанесения смазки на резьбовой зоне по меньшей мере одного из ниппеля и муфты;

скрепления резьбового соединения посредством свинчивания резьбовой зоны ниппеля с резьбовой зоной муфты до, по существу, обычного рекомендуемого Американским нефтяным институтом крутящего момента свинчивания, и раскрепления резьбового соединения, при этом этап скрепления и раскрепления со смазкой, нанесенной на резьбовой зоне по меньшей мере одного из ниппеля и муфты, выполняют многократно, создавая пластическую деформацию; и

поверхностного упрочнения резьбовой зоны одного из ниппеля и муфты после многократного выполнения этапа скрепления и раскрепления,

при этом способом изготовления получают трубные компоненты с резьбой для последующего применения на промысле в бурении углеводородных скважин, причем трубные компоненты с резьбой выполнены с возможностью формирования резьбового соединения на промысле с эффективным сопротивлением поверхностному повреждению без применения смазки.

14. Способ изготовления по п.13, в котором смазка является компаундированной консистентной смазкой.

15. Способ изготовления по п.13, в котором этап изготовления резьбовой зоны муфты выполняют нарезанием резьбы.

16. Способ изготовления по п.13, в котором этап изготовления резьбовой зоны ниппеля выполняют нарезанием резьбы.

17. Способ изготовления по п.13, в котором резьбовую зону только одного из ниппеля и муфты подвергают поверхностному упрочнению.

18. Способ изготовления по п.17, в котором подвергнутая поверхностному упрочнению резьбовая зона имеет поверхностную твердость, которая как минимум на около 200-260 единиц твердости по Бриггеллю больше поверхностной твердости резьбовой зоны другого стыкующегося ниппеля или муфты.

19. Способ изготовления по п.13, в котором на этапе скрепления и раскрепления резьбовое соединение скрепляют и раскрепляют со смазкой от 5 до 12 раз.

20. Способ изготовления по п.13, в котором на этапе скрепления и раскрепления резьбовое соединение скрепляют и раскрепляют со смазкой от 6 до 10 раз.

21. Стойкий к поверхностному повреждению трубный компонент с резьбой для бурения углеводородных скважин, причем трубный компонент с резьбой содержит резьбовую зону на наружной периферийной поверхности на конце ниппеля и резьбовую зону на внутренней периферийной поверхности на конце муфты, трубный компонент с резьбой изготовлен в соответствии со способом по п.13, при этом трубный компонент с резьбой для последующего применения на промысле в бурении углеводородных скважин выполнен с возможностью образования резьбового соединения с другим трубным компонентом с резьбой на промысле с эффективным сопротивлением поверхностному повреждению без применения смазки.

22. Способ изготовления стойких к поверхностному повреждению трубных компонентов с резьбой для применения в качестве бурильной трубы для бурения углеводородных скважин, содержащий следующие этапы:

формирования ниппеля с наружным резьбовым участком и муфты с внутренним резьбовым участком;

нанесения смазки на резьбовой участок по меньшей мере одного из ниппеля и муфты;

выполнения резьбового соединения посредством скрепления резьбовых участков ниппеля и муфты до рекомендуемого Американским нефтяным институтом (АНИ) крутящего момента свинчивания, и раскрепления резьбового соединения множеством раз, при этом этап скрепления и раскрепления включает в себя нанесение смазки на резьбовой участок по меньшей мере одного из ниппеля и муфты, и причем этап скрепления и раскрепления со смазкой, нанесенной на резьбовой зоне, выполняют многократно,

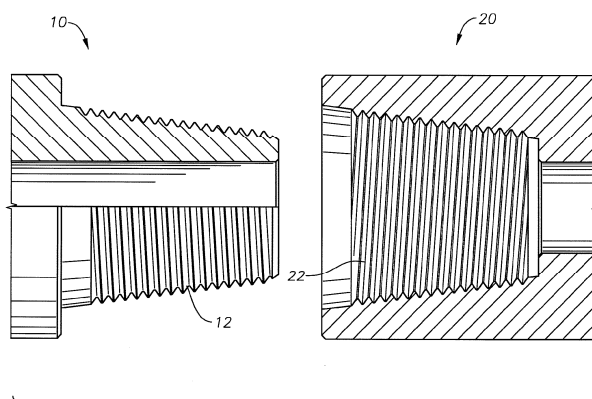
создавая пластическую деформацию;

поверхностного упрочнения резьбового участка одного из ниппеля и муфты после многократного выполнения этапа скрепления и раскрепления; и

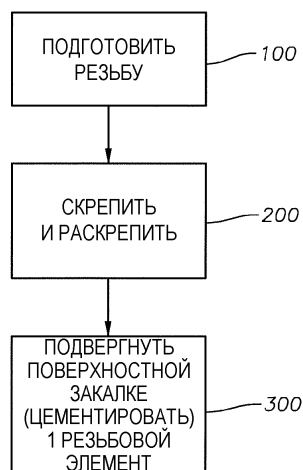
присоединения одного ниппеля и одной муфты к отрезку трубы для создания трубного компонента, при этом многочисленные трубные компоненты с резьбой, изготовленные согласно предыдущим этапам, можно собирать торец к торцу для получения колонны трубных компонентов, в которой каждое соединение ниппеля с муфтой выполнено без пасты для уплотнения резьбовых трубных соединений или других покрытий или пленок, размещаемых между резьбовыми участками или на резьбовых участках соединенных ниппелей и муфт.

23. Способ изготовления по п.22, в котором рекомендуемый крутящий момент свинчивания соответствует применяемой Американским нефтяным институтом рекомендованной практике 7G (API RP 7G) для конкретного резьбового соединения.

24. Способ изготовления по п.22, в котором рекомендуемый крутящий момент свинчивания соответствует применяемой Американским нефтяным институтом рекомендованной практике 7G (API RP 7G), действующему с 6 июля 2015 г., для конкретного резьбового соединения.



Фиг. 1



Фиг. 2

