

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202290281** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.06.30

(51) Int. Cl. **F16L 15/04** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.08.20

(54) РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ

(31) **2019-172936**

(32) **2019.09.24**

(33) **JP**

(86) **PCT/JP2020/031453**

(87) **WO 2021/059807 2021.04.01**

(71) Заявитель:

**НИПОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН
(JP); ВАЛЛЮРЕК ОЙЛ ЭНД ГЭС
ФРАНС (FR)**

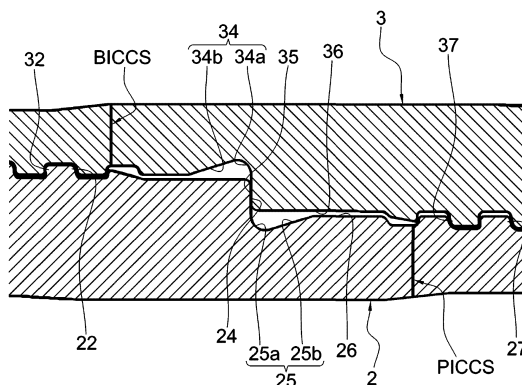
(72) Изобретатель:

**Оку Йоусуке, Марута Сатоси, Сугино
Масааки (JP), Фотергилл Алан (FR)**

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) В резьбовом соединении двухступенчатой резьбовой конструкции, включающем поверхности промежуточного заплечика, предотвращается разрыв в или рядом с промежуточными критическими сечениями при приложении растягивающей нагрузки, а площади промежуточного заплечика являются более легкими в создании, тем самым повышая производительность. Внешний периферийный участок ниппеля (2), расположенный между поверхностью (24) промежуточного заплечика ниппеля (2) и второй наружной резьбой (27), снабжен кольцевой канавкой (25), включающей криволинейную поверхность (25a), плавно прилегающую к поверхности (24) промежуточного заплечика, тем самым уменьшая пластические деформации, генерируемые около промежуточного критического сечения PICCS ниппеля. Внутренний периферийный участок муфты (3), расположенный между поверхностью (35) промежуточного заплечика муфты (3) и первой внутренней резьбой (32), снабжен кольцевой канавкой (34), включающей криволинейную поверхность (34a), плавно прилегающую к поверхности (35) промежуточного заплечика, тем самым уменьшая пластические деформации, генерируемые около промежуточного критического сечения BICCS муфты.



A1

202290281

202290281

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-571517EA/018

РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0001] Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению, используемому для соединения стальных труб.

ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0002] Добыча подземных ресурсов в нефтяных скважинах, скважинах природного газа и т.д. (далее в совокупности именуемые «нефтяные скважины» или тому подобное) включает использование обсадных труб, которые образуют многослойную стенку скважин или трубопроводы, расположенные внутри обсадной трубы для добычи нефти или газа. Такая обсадная труба или трубопровод изготавливается путем соединения большого количества стальных труб с использованием резьбового соединения. Стальная труба, используемая в нефтяной скважине, иногда называется трубой для нефтяной скважины.

[0003] Резьбовые соединения обычно классифицируются как интегрального типа и муфтового типа.

[0004] Интегральное соединение напрямую соединяет стальные трубы. Конкретно, внутренняя резьба предусмотрена на одном конце каждой трубы для нефтяной скважины, в то время как наружная резьба предусмотрена на другом конце каждой трубы для нефтяной скважины; при этом во внутреннюю резьбу на одной трубе для нефтяной скважины ввинчивается наружная резьба на другой трубе для нефтяной скважины, так что трубы нефтяной скважины соединяются.

[0005] В случае соединения муфтового типа, трубы для нефтяной скважины соединяются с использованием трубчатой соединительной муфты. Конкретно, внутренняя резьба предусмотрена на каждом из концов соединительной муфты, в то время как наружная резьба предусмотрена на каждом из концов каждой трубы для нефтяной скважины. Затем одна наружная резьба на одной трубе для нефтяной скважины ввинчивается в одну внутреннюю резьбу соединительной муфты, а одна наружная резьба другой трубы для нефтяной скважины ввинчивается в другую внутреннюю резьбу соединительной муфты, так что трубы для нефтяной скважины соединяются. То есть, соединение муфтового типа соединяет пару труб, одна из которых является трубой нефтяной скважины, в то время как другая является соединительной муфтой.

[0006] Конец трубы для нефтяной скважины, на котором предусмотрена наружная резьба, включает элемент, который должен быть вставлен во внутреннюю резьбу, предусмотренную на трубе для нефтяной скважины или соединительной муфте, и таким образом, обычно называется ниппелем. Конец трубы для нефтяной скважины или соединительной муфты, на котором предусмотрена внутренняя резьба, включает элемент для приема наружной резьбы, предусмотренной на трубе для нефтяной скважины, и таким образом, обычно называется муфтой.

[0007] В последние годы появились тенденции к бурению еще более глубоких

скважин при более высоких температурах и более высоких давлениях. В глубоких скважинах, где сложность распределения пластового давления по глубине требует увеличения слоев обсадной трубы, иногда используются резьбовые соединения тонкого типа, максимальный внешний диаметр которых в стыке, то есть внешний диаметр муфты, по существу, равен внешнему диаметру тела трубы, трубы для нефтяной скважины. Резьбовое соединение с внешним диаметром муфты, по существу, равным внешнему диаметру тела трубы для нефтяной скважины, часто называют резьбовым соединением утопленного типа. Резьбовое соединение с внешним диаметром муфты, меньшим, чем примерно 108% внешнего диаметра тела трубы, трубы для нефтяной скважины, часто называют резьбовым соединением полуутопленного типа. Такие резьбовые соединения утопленного типа и полуутопленного типа не только должны обладать высокой прочностью и герметичностью, но также должны иметь жесткие ограничения по размеру для их различных участков, чтобы позволить их резьбовым и уплотнительным структурам располагаться при ограниченной толщине стенки трубы.

[0008] В резьбовых соединениях утопленного типа и полуутопленного типа с жесткими ограничениями по размеру часто используется конструкция соединения, которая имеет наружную и внутреннюю резьбу, состоящую из двухступенчатых резьб с резьбовыми участками, расположенными впереди и сзади промежуточных заплечиков, предусмотренных средней части соединения, как определено вдоль осевого направления. Резьбовые соединения таких двухступенчатых резьбовых конструкций раскрыты, например, в Патентных Документах 1 и 2, перечисленных ниже. Дополнительно, резьбовые соединения двухступенчатых резьбовых конструкций, в которых поверхности промежуточных заплечиков заменены конструкциями промежуточных заплечиков крюкообразного типа с заплечиками, которые подходят друг к другу, раскрыты, например, в Патентных Документах 3 и 4, перечисленных ниже.

[0009] В таких резьбовых соединениях с двухступенчатыми резьбовыми конструкциями, присутствуют критические сечения (PICCS и BICCS) в средней части соединения, как раскрыто в Патентном Документе 1.

[0010] Критическое сечение (CCS) представляет собой поперечное сечение соединения, которое имеет наименьшую площадь для сопротивления растягивающим нагрузкам, когда соединение свинчено. При приложении чрезмерной осевой растягивающей нагрузки, вероятно, произойдет разрыв в критическом сечении или около него.

[0011] В типовом резьбовом соединении с конструкцией одноступенчатой резьбы, передача растягивающей нагрузки от ниппеля к муфте происходит в осевом направлении по всей области резьбового зацепления. Таким образом, сечения ниппеля, на которые действует вся растягивающая нагрузка, расположены дальше по направлению к телу трубы ниппеля, чем область зацепления, в то время как сечения муфты, на которые действует вся растягивающая нагрузка, расположены дальше по направлению к телу трубы муфты, чем область зацепления резьбы. Сечение, на которое действует вся

растягивающая нагрузка и которое имеет наименьшую площадь, является критическим сечением. То есть, когда соединение свинчено, то поперечное сечение муфты, которое содержит ту впадину резьбы внутренней резьбы, которая соответствует тому концу зацепления между наружной и внутренней резьбами, который находится ближе к кончику наружной резьбы, представляет собой критическое сечение муфты (BCCS). Дополнительно, когда соединение свинчено, то поперечное сечение ниппеля, которое содержит ту впадину резьбы наружной резьбы, которая соответствует тому концу зацепления между наружной и внутренней резьбой, который находится ближе к телу трубы наружной резьбы, представляет собой критическое сечение ниппеля (PCCS). Меньшая из площадей критических сечений муфты и ниппеля представляет собой критическое сечение (CCS) резьбового соединения. Отношение площади критического сечения к площади сечения тела трубы для трубы нефтяной скважины, является известным как эффективность соединения, и широко используется в качестве индикатора прочности на растяжение соединения относительно прочности на растяжение тела трубы для нефтяной скважины.

Такие критические сечения муфты и ниппеля также присутствуют в резьбовом соединении двухступенчатой резьбовой конструкцией. Дополнительно, как описано выше, резьбовое соединение с двухступенчатой конструкцией резьбы имеет положения с небольшими площадями сечения соединения для сопротивления растягивающим нагрузкам, причем эти положения находятся в осевой середине соединения. То есть, резьбовое соединение с двухступенчатой резьбовой конструкцией имеет участок без резьбового зацепления в осевой середине. В этом сечении без резьбового зацепления, растягивающая нагрузка, совместно воспринимаемая ниппелем и муфтой, передается в осевом направлении без увеличения или уменьшения. Таким образом, то сечение ниппеля внутри участка без резьбового зацепления, которое имеет наименьшую площадь, представляет собой промежуточное критическое сечение ниппеля (PICCS), в то время как то сечение муфты внутри участка без резьбового зацепления, которое имеет наименьшую площадь, представляет собой промежуточное критическое сечение муфты (BICCS). Для предотвращения разрыва в средних участках соединения, предпочтительно, максимизировать общую площадь промежуточных критических сечений ниппеля и муфты.

ДОКУМЕНТЫ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО УРОВНЯ ТЕХНИКИ

ПАТЕНТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

[0013] [Патентный документ 1] JP 2013-536339 A

[Патентный документ 2] JP 2002-357287 A

[Патентный документ 3] JP Hei7-504483 A

[Патентный документ 4] JP 2013-519854 A

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

ПРОБЛЕМЫ, РЕШАЕМЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЕМ

[0014] Однако, в резьбовом соединении с двухступенчатой резьбовой

конструкцией, при этом поверхности промежуточного заплечика предусмотрены в участке без резьбового зацепления. Чтобы улучшить сопротивление крутящему моменту, необходимо обеспечить определенный радиальный размер поверхностей промежуточного заплечика для обеспечения большей площади контакта между поверхностями промежуточного заплечика. В результате трудно обеспечить, чтобы промежуточные критические сечения ниппеля и муфты в резьбовых соединениях утопленного типа и полуутопленного типа двухступенчатых резьбовых конструкций имели большие площади сечения.

[0015] Промежуточные критические сечения ниппеля и муфты расположены вблизи поверхностей промежуточного заплечика. При измерении вдоль каждого ниппеля и муфты, площадь сечения быстро изменяется на поверхностях промежуточного заплечика; как таковые промежуточные критические сечения ниппеля и муфты, которые находятся рядом, могут легко создавать большие напряжения.

[0016] В обычных резьбовых соединениях, диаметр скошенного участка в нижней части каждой поверхности промежуточного заплечика минимизирован, как показано в Патентных Документах 1 и 2, чтобы гарантировать определенную площадь контакта между поверхностями промежуточного заплечика и гарантировать определенную толщину стенки трубы на поверхностях промежуточного заплечика и вблизи них. В результате, процесс создания поверхностей промежуточного заплечика является затруднительным.

[0017] Патентный Документ 2 раскрывает резьбовое соединение, имеющее кольцевые рельефы, которые обеспечивают гибкость в отношении расширения или изгиба резьбового соединения. Эти кольцевые рельефы образованы кольцевыми канавками, предусмотренными на внешней периферии ниппеля и внутренней периферии муфты, расположенной рядом с промежуточными заплечиками. Эти кольцевые канавки расположены на расстоянии от поверхностей промежуточного заплечика и не влияют на возможность создания промежуточных заплечиков. Патентный Документ 2 также ничего не говорит о разрывах в промежуточных критических сечениях во время приложения растягивающей нагрузки.

[0018] Крюкообразные структуры промежуточного заплечика, раскрытые в Патентных Документах 3 и 4, имеют сложные конструкции, которые еще труднее создать.

[0019] Задачей настоящего изобретения является создание резьбового соединения двухступенчатой резьбовой конструкции, включающего поверхности промежуточного заплечика, где предотвращается разрыв в или рядом с участками промежуточного критического сечения ниппеля или муфты при приложении растягивающей нагрузки, а площади промежуточного заплечика являются более легкими в создании, таким образом, повышая производительность.

СРЕДСТВО ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

[0020] Резьбовое соединение согласно настоящему изобретению включает трубчатый ниппель и трубчатую муфту, при этом ниппель и муфта свинчиваются при ввинчивании ниппеля в муфту. На внешней периферии ниппеля предусмотрены: первая

наружная резьба; вторая наружная резьба, отстоящая от первой наружной резьбы и расположенная дальше к кончику, как определено вдоль осевого направления, причем вторая наружная резьба имеет меньший диаметр, чем первая наружная резьба; поверхность промежуточного заплечика, образованная ступенчатым участком, расположенным между первой наружной резьбой и второй наружной резьбой; и первая периферийная поверхность, образованная участком внешней периферии ниппеля, расположенным между поверхностью промежуточного заплечика и второй наружной резьбой. На внутренней периферии муфты предусмотрены: первая внутренняя резьба, входящая в зацепление с первой наружной резьбой, когда соединение свинчено; вторая внутренняя резьба, входящая в зацепление со второй наружной резьбой, когда соединение свинчено; поверхность промежуточного заплечика, образованная ступенчатым участком, расположенным между первой внутренней резьбой и второй внутренней резьбой, причем поверхность промежуточного заплечика находится в контакте с поверхностью промежуточного заплечика ниппеля, когда соединение свинчено; и вторая периферийная поверхность, образованная внутренним периферийным участком муфты, расположенным между поверхностью промежуточного заплечика и первой внутренней резьбой. Первая кольцевая канавка предусмотрена на одной из первой периферийной поверхности и второй периферийной поверхности, причем первая кольцевая канавка имеет криволинейную поверхность, плавно прилегающую к поверхности промежуточного заплечика, соответствующей с периферийной поверхностью, причем криволинейная поверхность является по меньшей мере участком поверхности внутри канавки первой кольцевой канавки.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0021] Настоящее изобретение обеспечивает резьбовое соединение двухступенчатой резьбовой конструкции, включающей поверхности промежуточного заплечика, где предотвращается разрыв в или рядом с участком промежуточного критического сечения ниппеля или муфты при приложении растягивающей нагрузки, а площади промежуточного заплечика являются более легкими в создании, тем самым повышая производительность.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0022] Фиг.1 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения для стальной трубы согласно варианту осуществления, которое свинчено.

Фиг.2 представляет собой увеличенный вид продольного сечения основных участков резьбового соединения для стальной трубы.

Фиг.3 представляет собой вид сечения резьбового соединения, иллюстрирующий профиль поверхностей промежуточного заплечика и близлежащих областей ниппеля и муфты.

Фиг.4 представляет собой вид сбоку режущей части кончика режущего инструмента для создания поверхности промежуточного заплечика.

Фиг.5 показывает процесс создания поверхности промежуточного заплечика.

Фиг.6А представляет собой график, показывающий эквивалентную пластическую деформацию, возникающую в промежуточном критическом сечении ниппеля и рядом с ним, когда к каждому из образцов №1 и №2 прикладывается простая растягивающая нагрузка.

Фиг.6В представляет собой график, показывающий эквивалентную пластическую деформацию, возникающую в промежуточном критическом сечении ниппеля и рядом с ним, когда повторяющаяся нагрузка прикладывается к каждому из образцов №1 и №2.

Фиг.6С представляет собой вид сечения впадины резьбы второй наружной резьбы в промежуточном критическом сечении ниппеля и рядом с ним, показывающий положения измерения деформации для различных точек на горизонтальных осях графиков по фигурам 6А и 6В.

Фиг.7А представляет собой график, показывающий эквивалентную пластическую деформацию, возникающую в промежуточном критическом сечении муфты и рядом с ним, когда к каждому из образцов №1 и №2 прикладывается простая растягивающая нагрузка.

Фиг.7В представляет собой график, показывающий эквивалентную пластическую деформацию, возникающую в промежуточном критическом сечении муфты и рядом с ним, когда повторяющаяся нагрузка прикладывается к каждому из образцов №1 и №2.

Фиг.7С представляет собой вид сечения впадины резьбы первой внутренней резьбы в промежуточном критическом сечении муфты и рядом с ним, показывающий положения измерения деформации для различных точек на горизонтальных осях графиков по фигурам 7А и 7В.

Фиг.8А представляет собой график, показывающий эквивалентную пластическую деформацию, возникающую в промежуточном критическом сечении ниппеля и рядом с ним, когда к каждому из образцов №3 и №4 прикладывается простая растягивающая нагрузка.

Фиг.8В представляет собой график, показывающий эквивалентную пластическую деформацию, возникающую в промежуточном критическом сечении ниппеля и рядом с ним, когда повторяющаяся нагрузка прикладывается к каждому из образцов №3 и №4.

Фиг.9А представляет собой график, показывающий эквивалентную пластическую деформацию, возникающую в промежуточном критическом сечении муфты и рядом с ним, когда к каждому из образцов №3 и №4 прикладывается простая растягивающая нагрузка.

Фиг.9В представляет собой график, показывающий эквивалентную пластическую деформацию, возникающую в промежуточном критическом сечении муфты и рядом с ним, когда повторяющаяся нагрузка прикладывается к каждому из образцов №3 и №4.

ВАРИАНТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0023] Резьбовое соединение согласно настоящему варианту осуществления включает трубчатый ниппель и трубчатую муфту. Ниппель и муфта свинчиваются при ввинчивании ниппеля в муфту. Ниппель может быть предусмотрен на конце стальной трубы, такой как труба для нефтяной скважины. Муфта может быть предусмотрена на конце соединительной муфты или на конце другой стальной трубы. Труба для нефтяной

скважины или соединительная муфта могут быть изготовлены из металла, такого как нержавеющая сталь или сплав на основе никеля.

[0024] На внешней периферии ниппеля предусмотрены: первая наружная резьба; вторая наружная резьба, отстоящая от первой наружной резьбы и расположенная дальше к кончику, как определено вдоль осевого направления, причем вторая наружная резьба имеет меньший диаметр, чем первая наружная резьба; поверхность промежуточного заплечика, образованная ступенчатым участком, расположенным между первой наружной резьбой и второй наружной резьбой; и первая периферийная поверхность, образованная участком внешней периферии ниппеля, расположенным между поверхностью промежуточного заплечика и второй наружной резьбой. Поверхность промежуточного заплечика может быть образована стороной ступенчатого участка (то есть торцевой поверхностью, обращенной к кончику, как определено в осевом направлении). Каждая из первой и второй наружной резьбы может быть образована сужающейся резьбой с диаметром, постепенно уменьшающимся по направлению к кончику ниппеля, как определено вдоль осевого направления. В таких вариантах реализации, вторая наружная резьба, имеющая меньший диаметр, чем первая наружная резьба, означает, что диаметр второго резьбового участка наружной резьбы по направлению к основанию меньше диаметра части первого резьбового участка наружной резьбы по направлению к кончику.

[0025] Кроме того, внешняя уплотняющая поверхность ниппеля может быть предусмотрена на внешней периферии штифта, расположенная дополнительно к основанию, чем первая наружная резьба, в то время как внутренняя уплотняющая поверхность ниппеля может быть предусмотрена на внешней периферии ниппеля, расположенной дополнительно к кончику, чем вторая наружная резьба. Промежуточная уплотняющая поверхность ниппеля может быть предусмотрена на внешней периферии ниппеля, расположенной между поверхностью промежуточного заплечика и первой наружной резьбой или между поверхностью промежуточного заплечика и второй наружной резьбой. В зависимости от требуемой герметичности и/или конструкции соединения могут быть предусмотрены одна или несколько таких уплотняющих поверхностей.

[0026] На внутренней периферии муфты предусмотрены: первая внутренняя резьба, входящая в зацепление с первой наружной резьбой, когда соединение свинчено; вторая внутренняя резьба, входящая в зацепление со второй наружной резьбой, когда соединение свинчено; поверхность промежуточного заплечика, образованная ступенчатым участком, расположенным между первой внутренней резьбой и второй внутренней резьбой; и вторая периферийная поверхность, образованная внутренним периферийным участком муфты, расположенным между поверхностью промежуточного заплечика и первой внутренней резьбой. Поверхность промежуточного заплечика муфты может быть образована боковой поверхностью ступенчатого участка. Поверхность промежуточного заплечика муфты находится в контакте с поверхностью промежуточного заплечика ниппеля, когда соединение свинчено. Первая и вторая внутренние резьбы могут иметь

профили резьбы, дополняющие профили резьбы первой и второй наружной резьб, соответственно, и каждая может состоять из сужающейся резьбы с диаметром, постепенно уменьшающимся к кончику муфты, как определено вдоль осевого направления (т.е. к основанию ниппеля, как определено вдоль осевого направления).

[0027] Каждая наружная и внутренняя резьбы могут быть упорной резьбой или клиновой резьбой с продольным сечением, имеющим форму ласточкина хвоста, и с шириной резьбы, постепенно уменьшающейся к кончику вдоль спирали резьбы, или любой другой подходящей резьбой.

[0028] Уплотняющая поверхность также может быть предусмотрена на внутренней периферии муфты, которая соответствует уплотняющей поверхности, предусмотренной на внешней периферии ниппеля. То есть в реализациях, где предусмотрена внешняя уплотняющая поверхность ниппеля, может быть предусмотрена внешняя уплотняющая поверхность муфты, которая находится в контакте с внешней уплотняющей поверхностью ниппеля, когда соединение свинчено. В реализациях, где предусмотрена внутренняя уплотняющая поверхность ниппеля, может быть предусмотрена внутренняя уплотняющая поверхность муфты, которая находится в контакте с внутренней уплотняющей поверхностью ниппеля, когда соединение свинчено. В реализациях, где предусмотрена промежуточная уплотняющая поверхность ниппеля, может быть предусмотрена промежуточная уплотняющая поверхность муфты, которая находится в контакте с промежуточной уплотняющей поверхностью ниппеля, когда соединение свинчено. Для каждой пары уплотняющих поверхностей, находящихся в контакте друг с другом, заданная величина радиального взаимного влияния устанавливается между уплотняющими поверхностями, так что при соединении вместе каждая уплотняющая поверхность имеет силу упругого восстановления, благодаря которой пытается восстановить свой первоначальный диаметр. Сила упругого восстановления обеспечивает плотный контакт вдоль всей окружности, тем самым демонстрируя герметичность.

[0029] Каждая из поверхностей промежуточного заплечика ниппеля и муфты может быть плоской поверхностью, перпендикулярной оси трубы, или может быть сужающейся поверхностью, имеющей сужающуюся образующую, слегка наклоненную относительно прямой линии, перпендикулярной оси трубы, если смотреть на нее в поперечном сечении. Каждая из поверхностей промежуточного заплечика ниппеля и муфты может представлять собой единую поверхность, расширяющуюся, по существу, по всей радиальной ширине ступенчатого участка.

[0030] Первая кольцевая канавка может быть предусмотрена на одной из первой периферийной поверхности и второй периферийной поверхности, причем первая кольцевая канавка имеет криволинейную поверхность, плавно прилегающую к поверхности промежуточного заплечика, соответствующей с одной периферийной поверхностью, при этом криволинейная поверхность находится по меньшей мере на участке поверхности в канавке первой кольцевой канавки. Первая кольцевая канавка имеет радиальную глубину канавки. В обычных конструкциях без такой кольцевой канавки,

жесткость участков, включающих или вблизи каждой из поверхностей промежуточного заплечика ниппеля и муфты, является относительно высокой, в то время как жесткость каждого из промежуточных критических сечений ниппеля и муфты, расположенных вблизи поверхностей промежуточного заплечика является низкой, так что большие деформации, превышающие диапазон упругости, могут возникать в промежуточных критических сечениях ниппеля и муфты и вблизи них, что может легко привести к поломке. Напротив, в конструкции настоящего варианта осуществления, первая кольцевая канавка предусмотрена в месте, где присутствие ступенчатого участка, образующего поверхность промежуточного заплечика, приводит к быстрому уменьшению толщины стенки трубы, тем самым улучшая растяжимость, связанную с растягивающей нагрузкой в этом положении, таким образом, снижая величину деформации, возникающей в промежуточном критическом сечении ниппеля или муфты. Дополнительно, поскольку криволинейная поверхность, образующая часть первой кольцевой канавки, плавно прилегает к соответствующей поверхности промежуточного заплечика, концентрация напряжений в первой кольцевой канавке может быть уменьшена. Дополнительно, даже если радиус кривизны изогнутой поверхности является относительно большим, определенная область контакта между поверхностями промежуточного заплечика обеспечивается, поскольку вся или часть изогнутой поверхности размещается в глубине канавки. Дополнительно, по мере увеличения радиуса кривизны изогнутой поверхности, кончик режущего инструмента, используемого для процесса резания поверхностей промежуточного заплечика и различных резьб, может быть одним с острием резания, имеющим больший радиус кривизны, чем обычные кончики режущего инструмента, тем самым увеличивая осевое перемещение за один оборот во время токарной обработки. Это будет продлевать срок службы кончиков режущего инструмента и повысит производительность при изготовлении ниппелей и муфт.

[0031] Вторая кольцевая канавка предусмотрена на другой одной из первой периферийной поверхности и второй периферийной поверхности, причем вторая кольцевая канавка имеет криволинейную поверхность, плавно прилегающую к поверхности промежуточного заплечика, соответствующей с другой периферийной поверхностью, причем криволинейная поверхность является по меньшей мере участком поверхности внутри канавки второй кольцевой канавки. Вторая кольцевая канавка имеет радиальную глубину канавки. Поскольку предусмотрены кольцевые канавки, которые примыкают к поверхностям промежуточного заплечика как ниппеля, так и муфты, указанные выше преимущества могут быть получены как на промежуточных критических сечениях ниппеля, так и муфты. Вторая кольцевая канавка может иметь такую же форму и размер сечения, что и первая кольцевая канавка.

[0032] Предпочтительно, первая и/или вторая кольцевая канавка (канавки) может быть кольцевой канавкой, продолжающейся вдоль всей окружности ниппеля или муфты. Это будет дополнительно улучшать производительность.

[0033] Предпочтительно, радиус кривизны криволинейной поверхности первой

кольцевой канавки равен радиусу кривизны криволинейной поверхности второй кольцевой канавки. Таким образом, общий кончик режущего инструмента может быть использован для первой и второй кольцевых канавок.

[0034] Первая кольцевая канавка может быть предусмотрена на первой периферийной поверхности. Это будет предотвращать разрыв участка критического сечения ниппеля и, в тоже время, улучшать способность создания поверхности промежуточного заплечика ниппеля.

[0035] В реализациях, где на ниппеле предусмотрена первая кольцевая канавка, первая периферийная поверхность может дополнительно включать в себя участок без резьбы, расположенный между первой кольцевой канавкой и второй наружной резьбой и имеющий осевую длину. Этот участок без резьбы может иметь внешнюю периферийную поверхность с внешним диаметром, большим, чем диаметр впадины резьбы второй наружной резьбы, которая примыкает к участку без резьбы. В такой реализации, участок без резьбы обеспечивает жесткость участком ниппеля между первой кольцевой канавкой и промежуточным критическим сечением ниппеля, обеспечивая сопротивление нагрузкам сжатия и/или изгибающим нагрузкам.

[0036] Первая кольцевая канавка, предусмотренная на ниппеле, может дополнительно включать в себя сужающуюся поверхность, прилегающую к этому одному из концов криволинейной поверхности, как определено в осевом направлении, которое является противоположным направлению, связанному с поверхностью промежуточного заплечика, при этом сужающаяся поверхность является участком поверхности в канавке первой кольцевой канавки, а криволинейная поверхность и внешняя периферийная поверхность участка без резьбы могут быть соединены через эту сужающуюся поверхность. В таких реализациях, кончик режущей части режущего инструмента может быть вставлен в ниппель вдоль сужающейся поверхности до того положения на первой круговой канавке, в котором должен быть образован изогнутый участок, и может быть создана поверхность промежуточного заплечика сразу после создания изогнутой поверхности, что еще дополнительно повышает производительность. В описанной выше конструкции, первая периферийная поверхность включает в себя внешнюю периферийную поверхность участка без резьбы, а также изогнутую поверхность и сужающуюся поверхность первой кольцевой канавки, а первая кольцевая канавка определяется формой этой первой периферийной поверхности.

[0037] Ниппель включает промежуточное критическое сечение PICCS ниппеля (см. Фиг.3), расположенное рядом с тем одним из концов второй наружной резьбы, который находится ближе к поверхности промежуточного заплечика. Предпочтительно, площадь A_{p1} сечения того поперечного сечения ниппеля, которое содержит нижнюю часть первой кольцевой канавки, предусмотренной на ниппеле, больше, чем площадь A_{p2} сечения промежуточного критического сечения ниппеля. Это обеспечит прочность участка ниппеля, снабженного первой кольцевой канавкой.

[0038] Предпочтительно, край, соединяющий изогнутую поверхность первой

кольцевой канавки, предусмотренной на ниппеле, и поверхность P_1 промежуточного заплечика может быть расположена радиально внутри от радиально внутреннего края P_2 поверхности промежуточного заплечика муфты (см. фиг.3). В таких реализациях, может быть обеспечена большая площадь контакта между поверхностями промежуточного заплечика, даже когда радиус кривизны криволинейной поверхности является относительно большим. Радиально внутренний край P_2 поверхности промежуточного заплечика муфты определяется как внутренний конец прямого участка поверхности промежуточного заплечика, если смотреть в продольном сечении, за исключением закругленных участков на вершинах.

[0039] Первая кольцевая канавка может быть предусмотрена на второй периферийной поверхности. В таких реализациях, может быть предотвращен разрыв в промежуточном критическом поперечном сечении муфты, и в то же время может быть улучшена способность создавать поверхность промежуточного заплечика муфты.

[0040] В реализациях, где на муфте предусмотрена первая кольцевая канавка, вторая периферийная поверхность может дополнительно включать в себя участок без резьбы, расположенный между первой кольцевой канавкой и первой внутренней резьбой и имеющий продольную длину. Этот участок без резьбы может иметь внутреннюю периферийную поверхность с внутренним диаметром, меньшим, чем диаметр впадины резьбы первой внутренней резьбы, которая примыкает к участку без резьбы. В таких реализациях, участок без резьбы обеспечивает жесткость для участков муфты между первой кольцевой канавкой и промежуточным критическим сечением муфты, тем самым обеспечивая сопротивление против нагрузок сжатия и/или изгибающих нагрузок.

[0041] Первая кольцевая канавка, предусмотренная на муфте, может дополнительно включать в себя сужающуюся поверхность, прилегающую к этому одному из концов криволинейной поверхности, как определено вдоль осевого направления, которое является противоположным направлению, связанному с поверхностью промежуточного заплечика, при этом сужающаяся поверхность является участком поверхности в канавке первой кольцевой канавки, а криволинейная поверхность и внутренняя периферийная поверхность участка без резьбы могут быть соединены через эту сужающуюся поверхность. В таких реализациях, кончик режущей части режущего инструмента может быть вставлен в муфту вдоль сужающейся поверхности до того положения на первой круговой канавке, в котором должна быть образована криволинейная поверхность, и может быть создана поверхность промежуточного заплечика сразу после создания изогнутой поверхности, что еще дополнительно повышает производительность. В описанной выше конструкции, первая периферийная поверхность включает в себя внутреннюю периферийную поверхность участка без резьбы, а также криволинейную поверхность и сужающуюся поверхность первой кольцевой канавки, а первая кольцевая канавка определяется формой этой первой периферийной поверхности.

[0042] Муфта включает промежуточное критическое сечение муфты (см. Фиг.3), расположенное рядом с тем одним из концов первой внутренней резьбы, который

находится ближе к поверхности промежуточного заплечика. Предпочтительно, площадь A_{B1} сечения того поперечного сечения муфты, которое содержит нижнюю часть первой кольцевой канавки, предусмотренной на муфте, больше, чем площадь A_{B2} сечения промежуточного критического сечения BICCS муфты. Это обеспечит прочность участка муфты, снабженного первой кольцевой канавкой.

[0043] Предпочтительно, край, соединяющий криволинейную поверхность первой кольцевой канавки, предусмотренной на муфте, и поверхность P_3 промежуточного заплечика может быть расположена радиально наружу радиально внешнего края P_4 поверхности промежуточного заплечика ниппеля (см. фиг.3). В таких реализациях, может быть обеспечена большая площадь контакта между поверхностями промежуточного заплечика, даже когда радиус кривизны криволинейной поверхности является относительно большим. Радиально внутренний край P_3 поверхности промежуточного заплечика муфты определяется как внешний конец прямого участка поверхности промежуточного заплечика, если смотреть в продольном сечении, за исключением закругленных участков на вершинах.

[0044] Резьбовое соединение согласно настоящему варианту осуществления может быть подходящим образом реализовано как резьбовое соединение полуутопленного типа с муфтой, имеющей максимальный внешний диаметр менее 108% диаметра трубы стальной трубы, включая ниппель, и, в частности, подходящим образом реализован как интегральное резьбовое полуутопленное соединение с муфтой, предусмотренной на конце другой стальной трубы.

[0045] В контексте настоящего изобретения, различные критические сечения не включают в себя сечения резьб, а площадь сечения каждого критического сечения определяется как площадь сечения, исключая любую резьбу, независимо от того будь то участок с идеальной резьбой или участок с несовершенной резьбой, винта с сужающейся резьбой.

[0046] [Конструкция резьбового соединения для трубы нефтяной скважины]

Ссылаясь на фиг.1, резьбовое соединение для стальной трубы согласно настоящему варианту осуществления, обозначенное цифрой 1, представляет собой резьбовое соединение интегрального типа, включающее трубчатый ниппель 2 и трубчатую муфту 3, выполненную с возможностью навинчивания на ниппель 2, когда ниппель 2 вкручивается в нее. Ниппель 2 предусмотрен на конце одной из пары труб для нефтяной скважины, которые должны быть соединены вместе, в то время как муфта 3 предусмотрена на конце другой трубы для нефтяной скважины. Чтобы максимизировать толщину стенки трубы каждого из ниппеля 2 и муфты 3 в расположении, где ниппель 2, предусмотренный на конце одной трубы для нефтяной скважины, вставлен во внутреннюю часть муфты 3, расположенной на конце другой трубы для нефтяной скважины, ниппель 2 и муфта 3 образуются путем обработки конца трубы для нефтяной скважины, снабженного ниппелем 2 для получения уменьшенного диаметра, и обработки конца трубы для нефтяной скважины, снабженного муфтой 3 для получения увеличенного диаметра с последующей

обработкой каждого конца трубы, имеющего уменьшенный или увеличенный диаметр.

[0047] Ниппель 2 продолжается от конца тела одной трубы для нефтяной скважины вдоль оси трубы, где направление продолжения (т.е. направление вправо на фиг.1) может также называться как направление внешнего конца ниппеля. На внешней периферии ниппеля 2, начиная от тела трубы к внешнему концу, предусмотрены внешняя уплотняющая поверхность 21 ниппеля, первая наружная резьба 22, образованная винтом с сужающейся резьбой, участок 23 без резьбы, имеющий внешнюю периферийную поверхность, смежную с впадиной резьбы первой наружной резьбы 22, ступенчатый участок, включающий промежуточную поверхность 24 затяжки заплечика, кольцевая канавка 25, участок 26 без резьбы, имеющий внешнюю периферийную поверхность, прилегающую к вершине резьбы второй наружной резьбы 27, вторая наружная резьба 27, состоящая из винта с сужающейся резьбой с меньшим диаметром, чем первая наружная резьба 22, и внутренняя уплотняющая поверхность 28 ниппеля. Кольцевая канавка 25 предусмотрена на внешней периферийной поверхности ниппеля, расположенной между поверхностью 24 промежуточного заплечика и второй наружной резьбой 27.

[0048] Муфта 3 продолжается от конца тела другой трубы для нефтяной скважины вдоль оси трубы, где направление продолжения (т.е. направление влево на фиг.1) может также называться как направление внешнего конца муфты. На внешней периферии муфты 3, начиная от внешнего конца к телу трубы, предусмотрены внешняя уплотняющая поверхность 31 муфты, первая внутренняя резьба 32, образованная винтом с сужающейся резьбой, участок 33 без резьбы, имеющий внутреннюю периферийную поверхность, смежную с вершиной резьбы первой наружной резьбы 32, кольцевая канавка 34, ступенчатый участок, включающий промежуточную поверхность 35 затяжки заплечика, участок 36 без резьбы, прилегающий к впадине резьбы второй внутренней резьбы 37, вторая внутренняя резьба 37, состоящая из винта с сужающейся резьбой с меньшим диаметром, чем первая внутренняя резьба 32, и внутренняя уплотняющая поверхность 38 муфты. Кольцевая канавка 34 предусмотрена на внутренней периферийной поверхности муфты, расположенной между поверхностью 35 промежуточного заплечика и первой внутренней резьбой 32.

[0049] Как показано на Фиг.1, резьбовое соединение 1 с двухступенчатой резьбовой конструкцией по настоящему варианту осуществления имеет критическое сечение PCCS ниппеля, расположенное рядом с тем концом области зацепления между первой наружной и внутренней резьбами 22 и 32, который находится ближе к ниппелю тела трубы, и критическое сечение BCCS муфты, расположенное рядом с тем концом области зацепления между второй наружной и внутренней резьбами 27 и 37, который находится ближе к муфте тела трубы. Дополнительно, соединение имеет промежуточное критическое сечение VICCS муфты, расположенное рядом с тем концом области зацепления между первой наружной и внутренней резьбами 22 и 32, который находится ближе к поверхности промежуточного заплечика, и промежуточное критическое сечение PICCS ниппеля, расположенное рядом с тем концом области зацепления между второй наружной и

внутренней резьбами 27 и 37, который находится ближе к поверхности промежуточного заплечика.

[0050] Когда ниппель 2 и муфта 3 свинчены, внешняя уплотняющая поверхность 21 ниппеля и внешняя уплотняющая поверхность 31 муфты находятся в контакте вдоль всей окружности для образования уплотнения металл-металл, первая наружная резьба 22 зацепляет первую внутреннюю резьбу 32, поверхности 24 и 35 промежуточного заплечика находятся в контакте, чтобы выдерживать крутящий момент свинчивания, вторая наружная резьба 27 входит в зацепление со второй внутренней резьбой 37, а внутренняя уплотняющая поверхность 28 ниппеля находится в контакте с внутренней уплотняющей поверхностью 38 муфты вдоль всей окружности для образования уплотнения металл-металл.

[0051] Когда соединение свинчено, участок 23 без резьбы ниппеля 2 был вставлен в участок 33 без резьбы муфты 3, и участок 26 без резьбы ниппеля 2 был вставлен в участок 36 без резьбы муфты 3. Между участками 22 и 33 без резьбы образуется зазор, и между участками 26 и 36 без резьбы образуется зазор.

[0052] Каждая из кольцевых канавок 25 и 34 составлена кольцевой канавкой, которая является непрерывной вдоль всей окружности. Кольцевая канавка 25 ниппеля 2 включает в себя криволинейную поверхность 25а, плавно прилегающую к поверхности промежуточного заплечика ниппеля 2 и имеющую постоянный радиус кривизны, и сужающуюся поверхность 25b, прилегающую к одному из концов криволинейной поверхности 25а, которая определяется вдоль осевого направления, которое является противоположным концу, связанному с поверхностью 24 промежуточного заплечика, при этом криволинейная поверхность и сужающаяся поверхность образуют поверхность в канавке кольцевой канавки. Сужающаяся поверхность 25b соединяет криволинейную поверхность 25а с внешней периферийной поверхностью участка 26 без резьбы. Кольцевая канавка 34 муфты 3 включает в себя криволинейную поверхность 34а, плавно прилегающую к поверхности 35 промежуточного заплечика муфты 3 и имеющую постоянный радиус кривизны, и сужающуюся поверхность 34b, прилегающую к одному из концов криволинейной поверхности 34а, которая определяется вдоль осевого направления, которое является противоположным концу, связанному с поверхностью 35 промежуточного заплечика, при этом криволинейная поверхность и сужающаяся поверхность образуют поверхность в канавке кольцевой канавки. Сужающаяся поверхность 34b соединяет криволинейную поверхность 34а с внутренней периферийной поверхностью участка 33 без резьбы.

[0053] Глубина канавки кольцевой канавки 25, то есть ее глубина относительно внешней периферийной поверхности участка 26 без резьбы, может быть, по существу, равна глубине впадины около того одного из концов второй наружной резьбы 27, который расположен внутрь, как определено вдоль осевого направления (т.е. ближе к поверхности промежуточного заплечика). Ссылаясь на фиг.3, площадь поперечного сечения ниппеля 2, содержащая нижнюю часть периферийной канавки 25, называемая площадью A_{p1} сечения,

предпочтительно, больше, чем площадь промежуточного критического сечения PICCS ниппеля, называемая как площадь A_{P2} сечения. Дополнительно, чтобы позволить кольцевой канавке 25 в достаточной степени проявлять свои эффекты, глубина канавки может быть, предпочтительно, такой, чтобы площадь A_{P1} сечения была меньше 110% площади A_{P2} сечения. Более предпочтительно, глубина канавки кольцевой канавки 25 может быть такой, чтобы площадь A_{P1} сечения была меньше 105% площади A_{P2} сечения.

[0054] Глубина канавки кольцевой канавки 34, то есть ее глубина относительно внутренней периферийной поверхности участка 33 без резьбы, может быть, по существу, равна глубине впадины около того одного из концов первой внутренней резьбы 32, который расположен внутрь, как определено вдоль осевого направления (т.е. ближе к поверхности промежуточного заплечика). Ссылаясь на фиг.3, площадь поперечного сечения муфты 3, содержащая нижнюю часть периферийной канавки 34, называемая площадью A_{B1} сечения, предпочтительно, больше, чем площадь промежуточного критического сечения BICCS ниппеля, называемая как площадь A_{B2} сечения. Дополнительно, чтобы позволить кольцевой канавке 34 в достаточной степени проявлять свои эффекты, глубина канавки может быть, предпочтительно, такой, чтобы площадь A_{B1} сечения была меньше 110% площади A_{B2} сечения. Более предпочтительно, глубина канавки кольцевой канавки 34 может быть такой, чтобы площадь A_{P1} сечения была меньше 105% площади A_{P2} сечения.

[0055] В показанном варианте осуществления, каждая из поверхностей 24 и 35 промежуточного заплечика образована плоской поверхностью, перпендикулярной оси трубы. Как подробно показано на фиг.3, радиально внутренний край P_1 поверхности 24 промежуточного заплечика ниппеля 2, в целом, находится в том же радиальном положении, что и внешняя периферийная поверхность участка 26 без резьбы, а радиально внешний край P_4 поверхности 24 промежуточного заплечика, в целом, находится в том же радиальном положении, что и внешняя периферийная поверхность участка 23 без резьбы. Радиально внутренний край P_2 поверхности 35 промежуточного заплечика муфты 3, в целом, находится в том же радиальном положении, что и внутренняя периферийная поверхность участка 36 без резьбы, а радиально внешний край P_3 поверхности 35 промежуточного заплечика, в целом, находится в том же радиальном положении, что и внутренняя периферийная поверхность участка 33 без резьбы. Внутренний край поверхности 24 промежуточного заплечика ниппеля 2, то есть край, соединяющий поверхность 24 промежуточного заплечика и криволинейную поверхность 25а периферийной канавки 25, обозначенный P_1 , расположен радиально внутри от радиально внутреннего края P_2 промежуточного заплечика 35 муфты. Внешний край поверхности 35 промежуточного заплечика муфты 3, то есть край, соединяющий поверхность 35 промежуточного заплечика и криволинейную поверхность 34а кольцевой канавки 34, обозначенный P_3 , расположен радиально наружу от радиально внешнего края поверхности 24 промежуточного заплечика ниппеля, обозначенного P_4 . Поскольку криволинейные поверхности 25а и 34а соединяются с поверхностями 24 и 35 промежуточного заплечика,

радиусы кривизны криволинейных поверхностей 25а и 34а могут быть увеличены без уменьшения площади контакта между промежуточными поверхностями 24 и 35 промежуточного заплечика.

[0056] [Способ обработки для создания кольцевой канавки]

Фиг.4 представляет собой увеличенный вид сбоку заостренной режущей части 4 кончика режущего инструмента (резьбонарезной пластины) для обработки с целью создания резьбы 22, 27, 32 и 37 и кольцевых канавок 25 и 34. Режущая часть 4 имеет закругленный кончик 41 с заданным радиусом R кривизны, а также левый и правый боковые края 42 и 43. Левый и правый боковые края 42 и 43 расположены под углом α режущей пластины, с тем, чтобы постепенно расширяться по мере удаления от закругленного кончика 41.

Режущая часть 4 имеет задние углы K' и K'' относительно обрабатываемой поверхности, которые необходимы во время обработки. То есть, как показано на фиг.5, механическая обработка невозможна, если углы θ' и θ'' между левым и правым боковыми краями 42 и 43 и обрабатываемой поверхностью больше, чем задние углы K' и K'' . Таким образом, во время обработки для создания поверхности 24 промежуточного заплечика ниппеля и кольцевой канавки 25Ю режущая часть 4 может быть вставлена в заготовку под углом, который удовлетворяет соотношению $\theta' > K'$ и соотношению $\theta'' > K''$, как показано на фиг.5, чтобы обеспечить последовательную механическую обработку для создания кольцевой канавки 25 и поверхности 24 промежуточного заплечика. Дополнительно, поскольку кольцевая канавка 25 включает в себя сужающуюся поверхность 25b, можно вставить режущую часть 4, сохраняя задний угол K' . Дополнительно, ввиду необходимости использования закругленного кончика 41 с радиусом R кривизны, меньшим, чем радиус кривизны криволинейной поверхности 25а, которая должна быть создана, кольцевая канавка 25 настоящего изобретения имеет глубину, которая позволяет обеспечивать относительно большой радиус R' кривизны для криволинейной поверхности 25а без ущерба для площади контакта между поверхностями промежуточного заплечика, что позволяет использовать кончик режущего инструмента с закругленным кончиком 41, имеющим большой радиус R кривизны. То же самое относится к процессу для кольцевой канавки 34 и поверхности 35 промежуточного заплечика муфты.

[0058] Настоящее изобретение является не только применимым к резьбовым соединениям интегрального типа, но также и к резьбовым соединениям муфтового типа. Дополнительно, каждая из резьб может быть трапецевидной резьбой, закругленной кромкой API, упорной резьбой API или клиновидной резьбой. В противном случае, настоящее изобретение не ограничено иллюстрированными выше вариантами осуществления, и возможны различные модификации без отклонения от духа настоящего изобретения.

ПРИМЕРЫ

[0059] Для подтверждения эффектов резьбового соединения для стальной трубы согласно настоящему варианту осуществления, численный имитационный анализ

проводился с использованием упругопластического метода конечных элементов.

[0060] <Условия испытания>

Образцы (модели для анализа) интегрального резьбового соединения для трубы нефтяной скважины, показанного на фигурах 1-3, из двух (большого и малого) диаметров трубы, где образцы №2 и №4 имели кольцевые канавки 25 и 34, а образцы №1 и №3 не имели ни одной кольцевой канавки, и был проведен упругопластический анализ с использованием метода конечных элементов для каждого образца, и было проведено сравнение между различными значениями эквивалентной пластической деформации, создаваемой во впадине резьбы второй наружной резьбы, включая промежуточное критическое сечение ниппеля, и эквивалентной пластической деформации, создаваемой во впадине резьбы первой внутренней резьбы, включая промежуточное критическое сечение муфты.

[0061] <Размер труб для нефтяной скважины>

Трубы для нефтяной скважины образцов №1 и №2 имели размер 9 5/8" 47,0# (внешний диаметр тела трубы: 244,48 мм; внутренний диаметр тела трубы: 220,50 мм), а эффективность соединения (то есть отношение площади критического сечения BCCS муфты к площади сечения тела трубы) 67,3%.

[0062] Трубы для нефтяной скважины образцов №3 и №4 имели размер, описанный как 13 3/8" 72,0# (внешний диаметр тела трубы: 339,73 мм; внутренний диаметр тела трубы: 313,60 мм), и эффективность соединения 70,5%.

[0063] Для каждого образца каждая резьба имела единый размер, описанный как угол сужения резьбы 1,591°, высоту резьбы 1,3 мм и шаг резьбы 5,08 мм.

[0064] Дополнительно, каждая из кольцевых канавок 25 и 34 каждого образца имела единую форму, где радиус кривизны криволинейной поверхности 25a, 34a составлял 1,7 мм, глубина канавки составляла 1,2 мм и угол между образующей сужения сужающейся поверхности 25b, 34b и оси трубы составляла 15°.

[0065] <Материал труб для нефтяной скважины>

Материал труб для нефтяной скважины Q125 в соответствии со стандартами API (номинальный предел текучести $YS=862$ МПа (125 тыс. Фунтов на кв. Дюйм))

[0066] <Способ вычисления>

Сначала каждый образец в том виде, в котором он был изготовлен, был смоделирован и проанализирован, перед повторными сложными нагрузками, имитирующими испытания серии А, определенные в API 5C5: 2017 CAL IV, были применены к собранным моделям, а значения для различных образцов эквивалентной пластической деформации непосредственно после приложения простого растягивающего нагружения на более ранней стадии, сложного нагружения, и эквивалентная пластическая деформация после завершения всего процесса многократного сложного нагружения, сравнивались.

[0067] <Результаты вычисления>

Результаты сравнения между образцами №1 и №2 с малым диаметром показаны на

графиках на фигурах 6А, 6В, 7А и 7В.

Фиг.6А показывает эквивалентное распределение пластической деформации в промежуточном критическом сечении ниппеля и рядом с ним непосредственно после приложения простой растягивающей нагрузки; фиг.6В показывает эквивалентное распределение пластической деформации в промежуточном критическом сечении ниппеля и рядом с ним после завершения всего процесса многократного сложного нагружения; фиг.7А показывает эквивалентное распределение пластической деформации в промежуточном критическом сечении муфты и рядом с ней непосредственно после приложения простой растягивающей нагрузки; и фиг.7В показывает эквивалентное распределение пластической деформации в промежуточном критическом сечении муфты и рядом с ней после завершения всего процесса многократного сложного нагружения. Горизонтальная ось, обозначенная «осевая координата», указывает расстояние от поверхности промежуточного заплечика, измеренное в направлении оси трубы, где положительное значение означает расстояние от поверхности промежуточного заплечика в направлении к телу трубы от ниппеля, а отрицательное значение означает расстояние от поверхности промежуточного заплечика в направлении к кончику ниппеля. Места, в которых была измерена эквивалентная пластическая деформация, обозначены точками на фигурах 6С и 7С.

[0068] Как будет очевидно из этих графиков, было подтверждено, что эквивалентная пластическая деформация была ниже в образце №2, включая кольцевые канавки 25 и 34, чем в образце №1 без кольцевой канавки, во всем диапазоне на и около промежуточного критического сечения ниппеля, а также на и около промежуточного критического сечения муфты. В графиках по фигурам 6А и 6В, правый пик соответствует закругленному участку нижней части опорной стороны второй наружной резьбы 27, в то время как левый пик соответствует закругленному участку нижней части закладной стороны.

[0069] Различия между образцами №1 и №2 более значительны непосредственно после приложения простой растягивающей нагрузки, чем после завершения всего процесса, предположительно из-за того, что пластические деформации в различных положениях накапливались при повторении сложных нагрузок.

[0070] Аналогичным образом, результаты сравнений между образцами №3 и №4 большого диаметра показаны на графиках фигур 8А, 8В, 9А и 9В. Как будет очевидно из этих графиков, образцы большого диаметра продемонстрировали тенденции, аналогичные таковым для образцов малого диаметра, подтверждая, что обеспечение кольцевых канавок снижает пластические деформации, возникающие во впадине резьбы на промежуточных критических сечениях и вблизи них, независимо от диаметра трубы.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОЧНЫХ ПОЗИЦИЙ

[0071] 1: резьбовое соединение;

2: ниппель;

22: первая наружная резьба;

- 24: поверхность промежуточного заплечика;
- 25: кольцевая канавка;
- 25a: криволинейная поверхность;
- 25b: сужающаяся поверхность;
- 26: участок без резьбы;
- 27: вторая наружная резьба;
- 3: муфта;
- 32: первая внутренняя резьба;
- 33: участок без резьбы;
- 34: кольцевая канавка;
- 34a: криволинейная поверхность;
- 34b: сужающаяся поверхность;
- 35: поверхность промежуточного заплечика;
- 37: вторая внутренняя резьба;
- PICCS: промежуточное критическое сечение ниппеля;
- BICCS: промежуточное критическое сечение муфты.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение, содержащее трубчатый ниппель и трубчатую муфту, при этом ниппель и муфта свинчиваются при ввинчивании ниппеля в муфту,

причем, на внешней периферии ниппеля предусмотрены: первая наружная резьба; вторая наружная резьба, отстоящая от первой наружной резьбы и расположенная дальше к кончику, как определено вдоль осевого направления, причем вторая наружная резьба имеет меньший диаметр, чем первая наружная резьба; поверхность промежуточного заплечика, образованная ступенчатым участком, расположенным между первой наружной резьбой и второй наружной резьбой; и первая периферийная поверхность, образованная участком внешней периферии ниппеля, расположенным между поверхностью промежуточного заплечика и второй наружной резьбой,

на внутренней периферии муфты предусмотрены: первая внутренняя резьба, входящая в зацепление с первой наружной резьбой, когда соединение свинчено; вторая внутренняя резьба, входящая в зацепление со второй наружной резьбой, когда соединение свинчено; поверхность промежуточного заплечика, образованная ступенчатым участком, расположенным между первой внутренней резьбой и второй внутренней резьбой, причем поверхность промежуточного заплечика находится в контакте с поверхностью промежуточного заплечика ниппеля, когда соединение свинчено; и вторая периферийная поверхность, образованная внутренним периферийным участком муфты, расположенным между поверхностью промежуточного заплечика и первой внутренней резьбой, и

первая кольцевая канавка предусмотрена на одной из первой периферийной поверхности и второй периферийной поверхности, причем первая кольцевая канавка имеет криволинейную поверхность, плавно прилегающую к соответствующей поверхности промежуточного заплечика, при этом криволинейная поверхность является по меньшей мере участком поверхности внутри канавки первой кольцевой канавки.

2. Резьбовое соединение по п.1, в котором вторая кольцевая канавка предусмотрена на другой одной из первой периферийной поверхности и второй периферийной поверхности, причем вторая кольцевая канавка имеет криволинейную поверхность, плавно прилегающую к соответствующей поверхности промежуточного заплечика, при этом криволинейная поверхность является по меньшей мере участком поверхности внутри канавки второй кольцевой канавки.

3. Резьбовое соединение по п.2, в котором радиус кривизны криволинейной поверхности первой кольцевой канавки равен радиусу кривизны криволинейной поверхности второй кольцевой канавки.

4. Резьбовое соединение по пп. 1, 2 или 3, в котором первая кольцевая канавка предусмотрена на первой периферийной поверхности.

5. Резьбовое соединение по п.4, в котором первая периферийная поверхность дополнительно включает в себя участок без резьбы, расположенный между первой кольцевой канавкой и второй наружной резьбой и имеющий осевую длину, причем участок без резьбы имеет внешнюю периферийную поверхность с внешним диаметром больше,

чем диаметр впадины второй наружной резьбы, прилегающей к участку без резьбы, и

первая кольцевая канавка дополнительно включает сужающуюся поверхность, прилегающую к этому одному из концов криволинейной поверхности, как определено вдоль осевого направления, которое является противоположным направлению, связанному с поверхностью промежуточного заплечика, при этом сужающаяся поверхность является участком поверхности в канавке первой кольцевой канавки, и криволинейная поверхность и внешняя периферийная поверхность участка без резьбы соединены через эту сужающуюся поверхность.

6. Резьбовое соединение по пп. 4 или 5, в котором ниппель включает промежуточное критическое сечение ниппеля, расположенное рядом с тем одним из концов второй наружной резьбы, который находится ближе к поверхности промежуточного заплечика, и площадь сечения этого поперечного сечения ниппеля, которое содержит нижнюю часть первой кольцевой канавки, больше площади сечения промежуточного критического сечения ниппеля.

7. Резьбовое соединение по пп. 4, 5 или 6, в котором край, соединяющий криволинейную поверхность первой кольцевой канавки и поверхность промежуточного заплечика, расположен радиально внутри от радиально внутреннего края поверхности промежуточного заплечика муфты.

8. Резьбовое соединение по пп. 1, 2 или 3, в котором первая кольцевая канавка предусмотрена на второй периферийной поверхности.

9. Резьбовое соединение по п.8, в котором вторая периферийная поверхность дополнительно включает в себя участок без резьбы, расположенный между первой кольцевой канавкой и первой внутренней резьбой и имеющий продольную длину, причем участок без резьбы имеет внутреннюю периферийную поверхность с внутренним диаметром меньше, чем диаметр впадины резьбы первой внутренней резьбы, прилегающей к участку без резьбы, и

первая кольцевая канавка дополнительно включает в себя сужающуюся поверхность, прилегающую к этому одному из концов криволинейной поверхности, как определено вдоль осевого направления, которое является противоположным направлению, связанному с поверхностью промежуточного заплечика, при этом сужающаяся поверхность является участком поверхности в канавке первой кольцевой канавки, а криволинейная поверхность и внутренняя периферийная поверхность участка без резьбы соединены через эту сужающуюся поверхность.

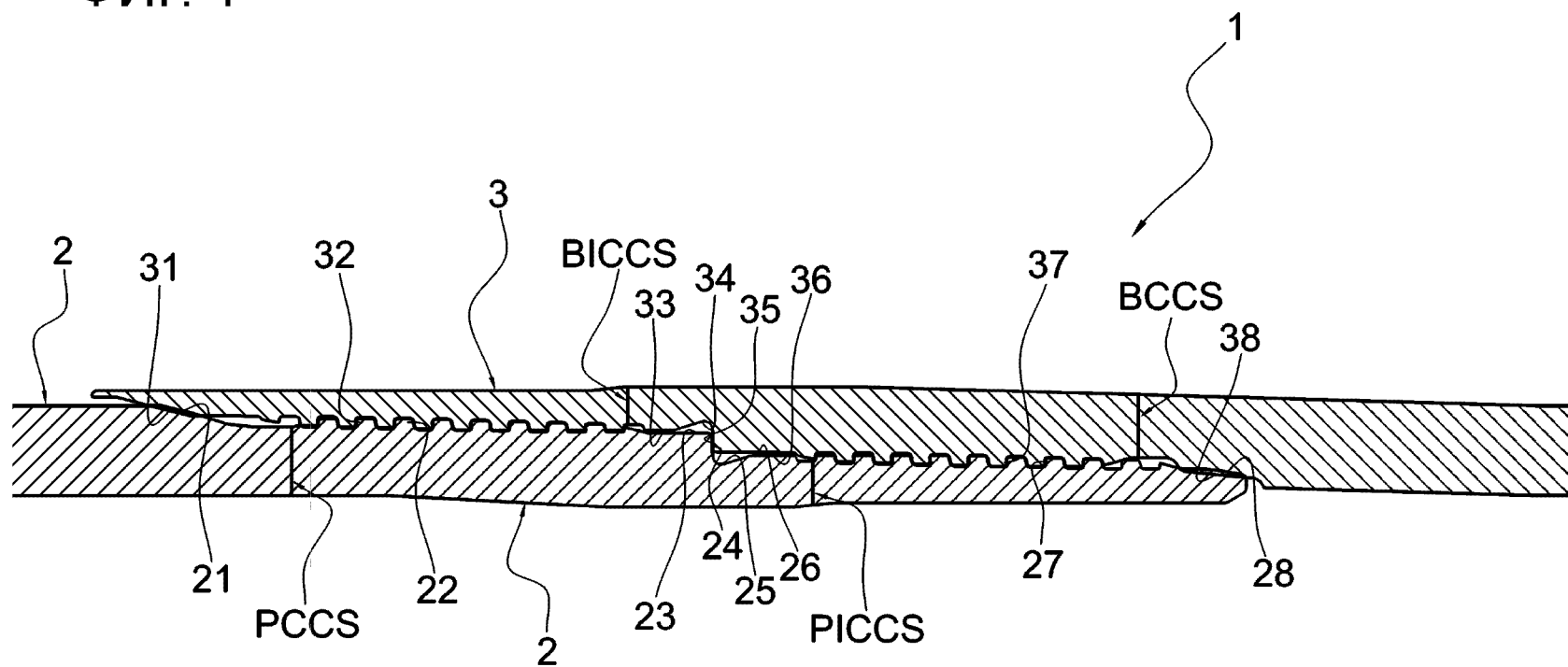
10. Резьбовое соединение по пп. 8 или 9, в котором муфта включает промежуточное критическое сечение муфты, расположенное рядом с тем одним из концов второй внутренней резьбы, который находится ближе к поверхности промежуточного заплечика, и площадь сечения этого поперечного сечения муфты, которое содержит нижнюю часть первой кольцевой канавки, больше площади сечения промежуточного критического сечения муфты.

11. Резьбовое соединение по пп. 8, 9 или 10, в котором край, соединяющий

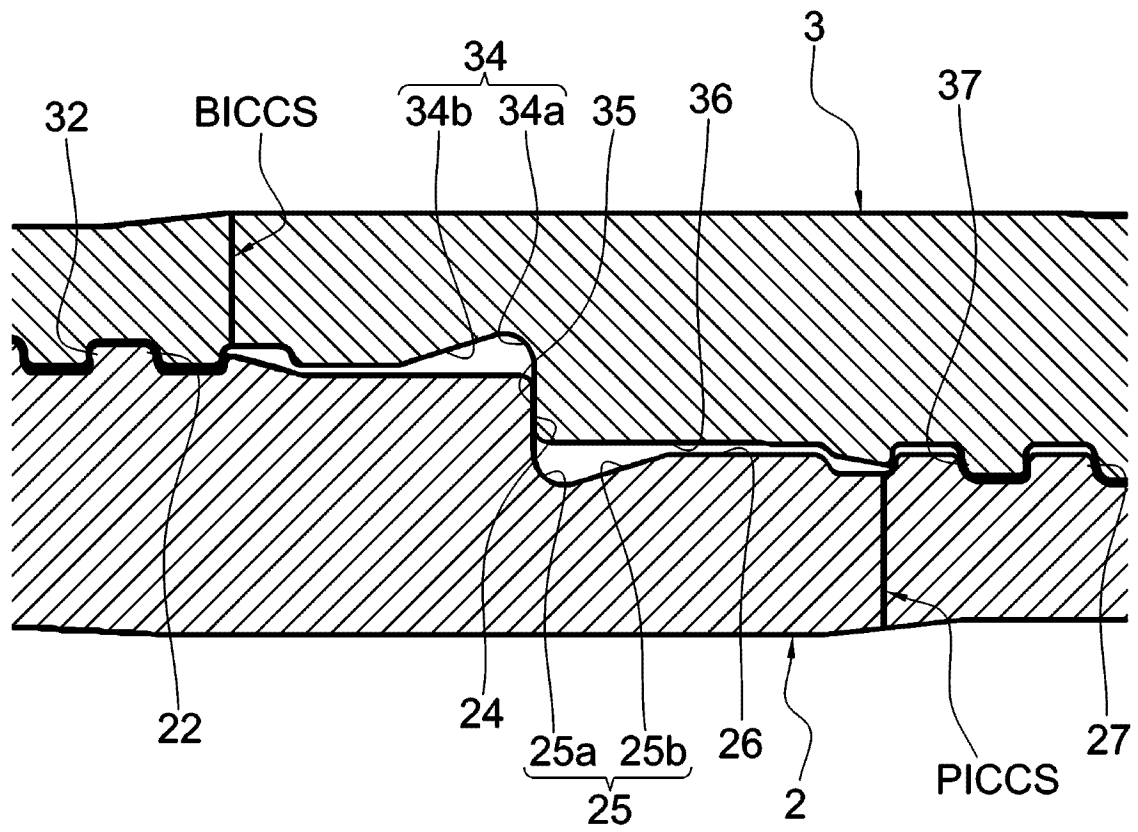
криволинейную поверхность и поверхность промежуточного заплечика первой кольцевой канавки, расположен радиально наружу от радиально внешнего края поверхности промежуточного заплечика ниппеля.

По доверенности

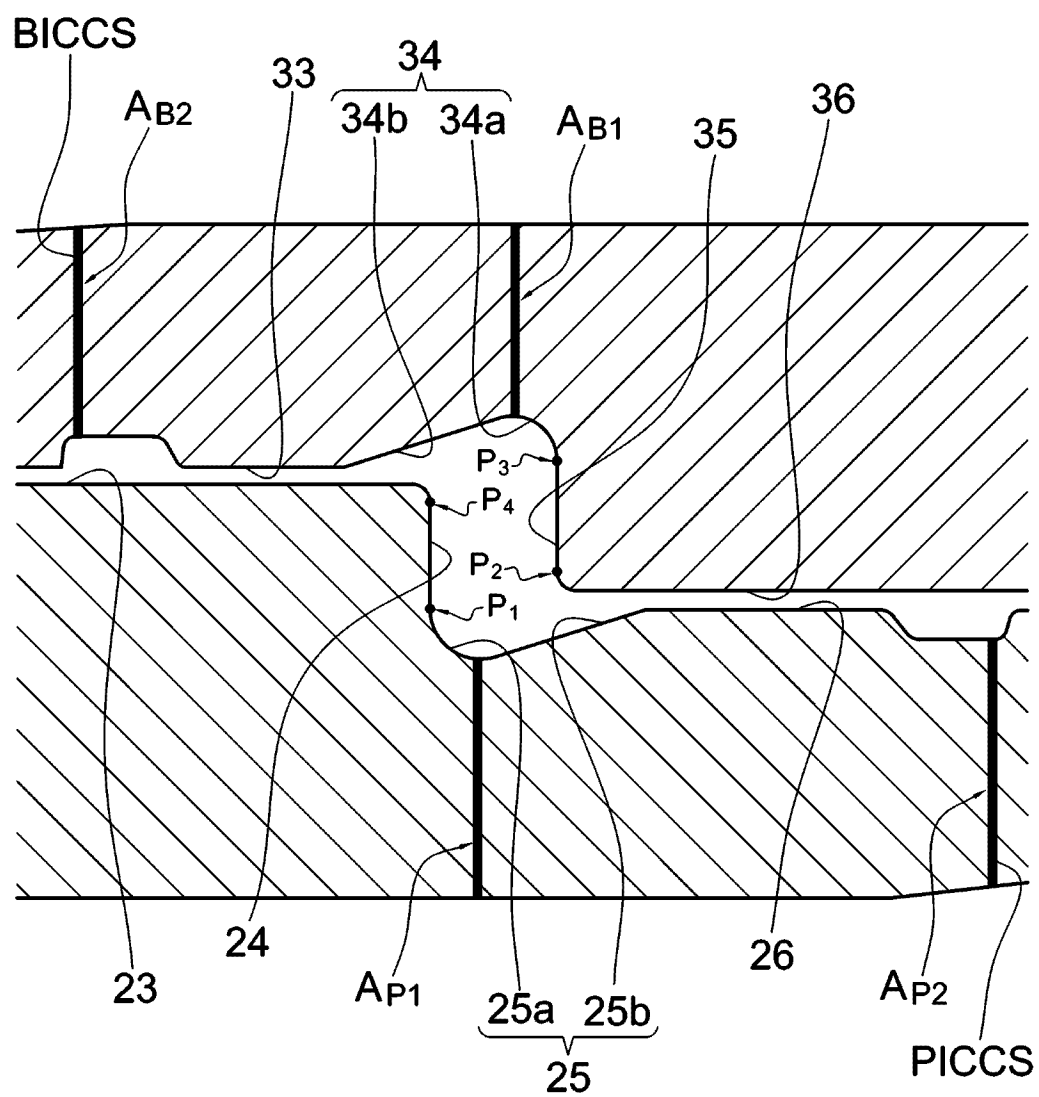
ФИГ. 1



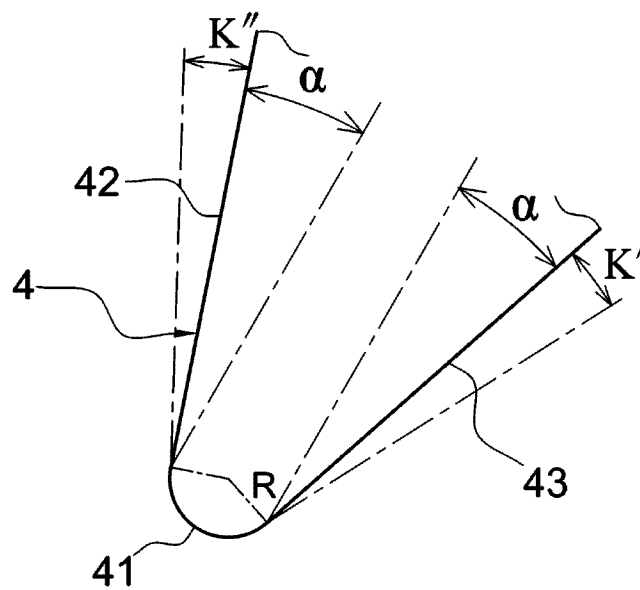
ФИГ. 2



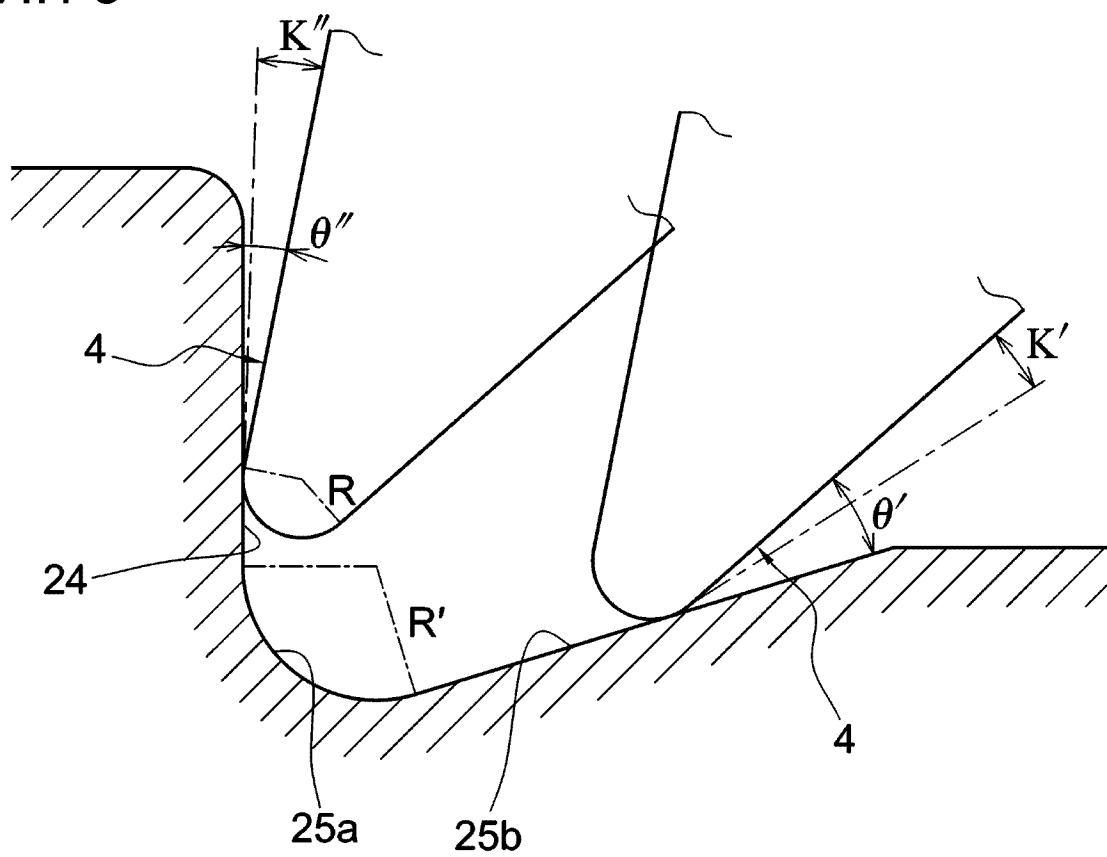
ФИГ. 3



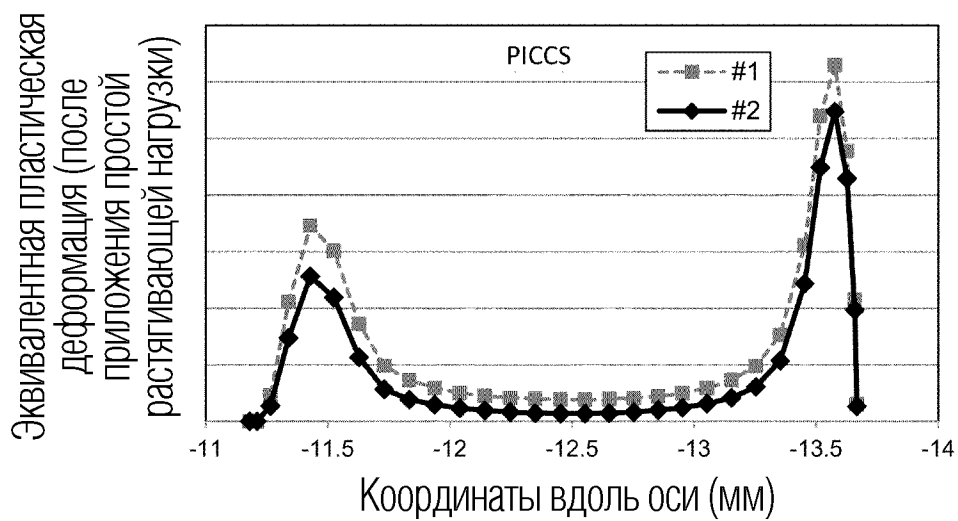
ФИГ. 4



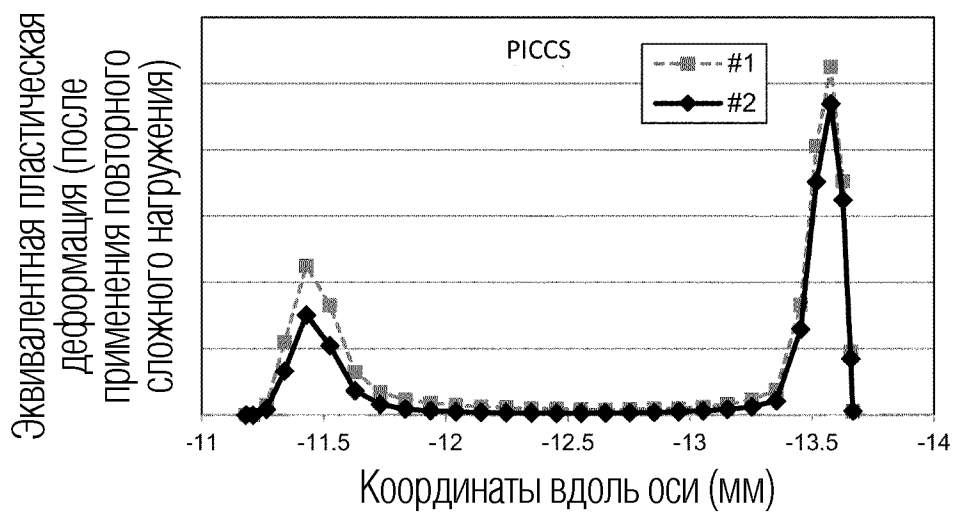
ФИГ. 5



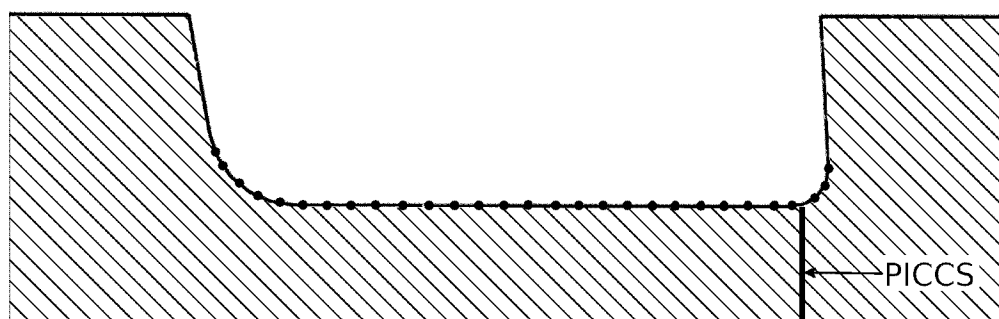
ФИГ. 6А



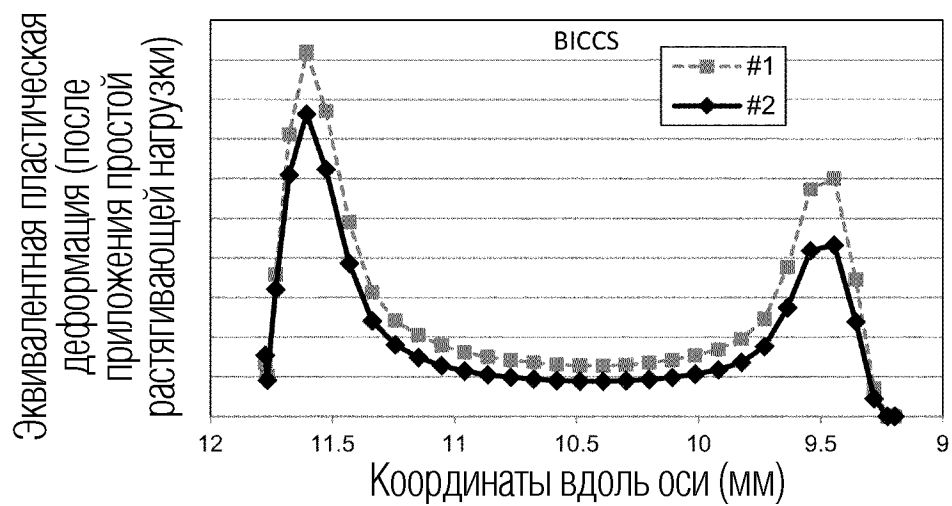
ФИГ. 6В



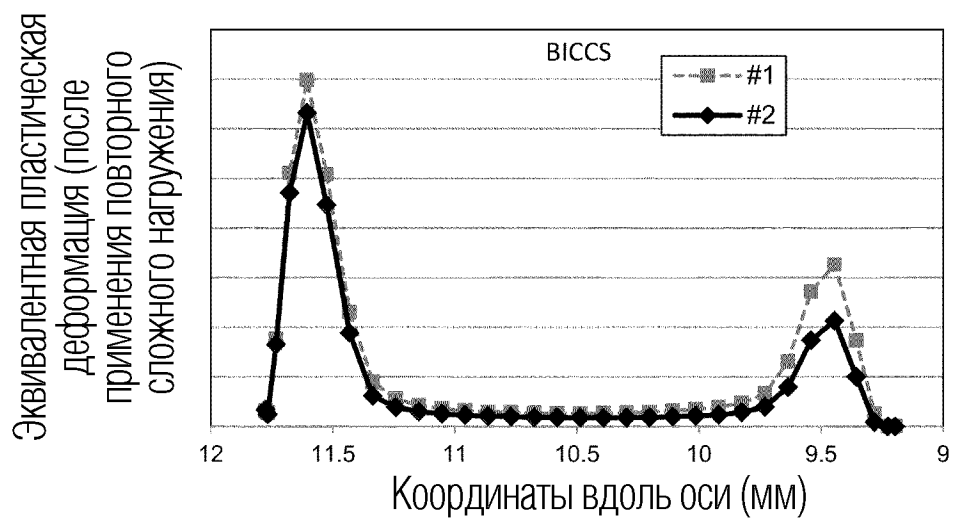
ФИГ. 6С



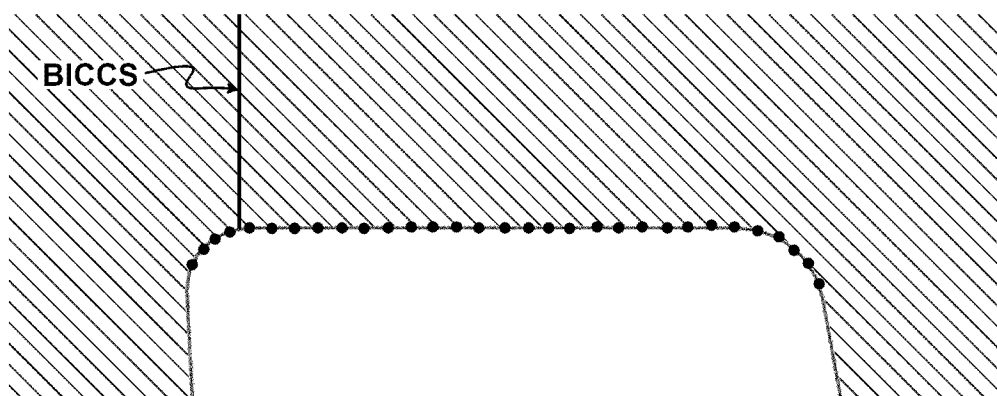
ФИГ. 7А



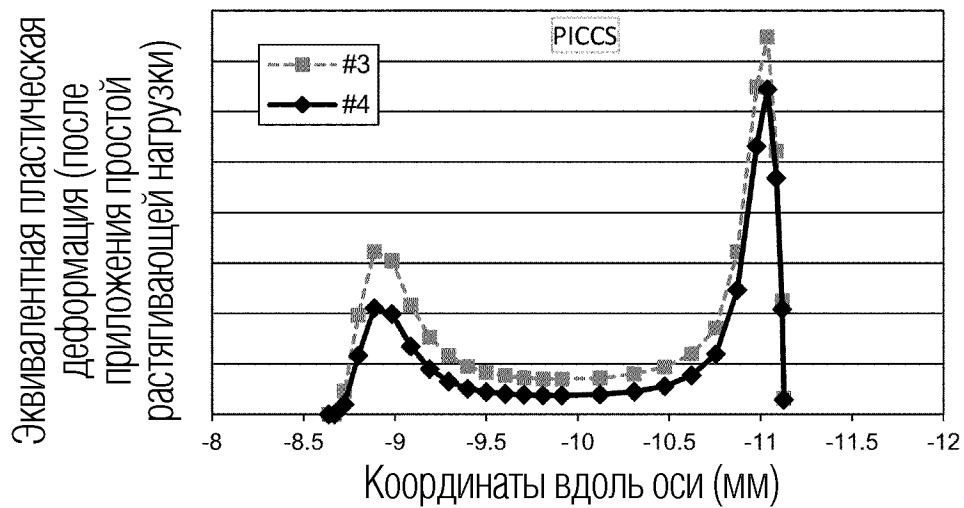
ФИГ. 7В



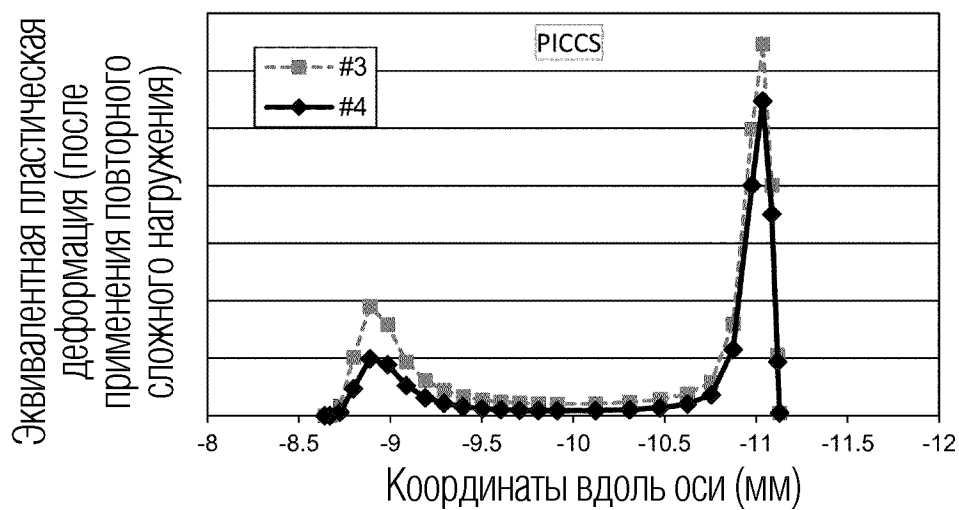
ФИГ. 7С



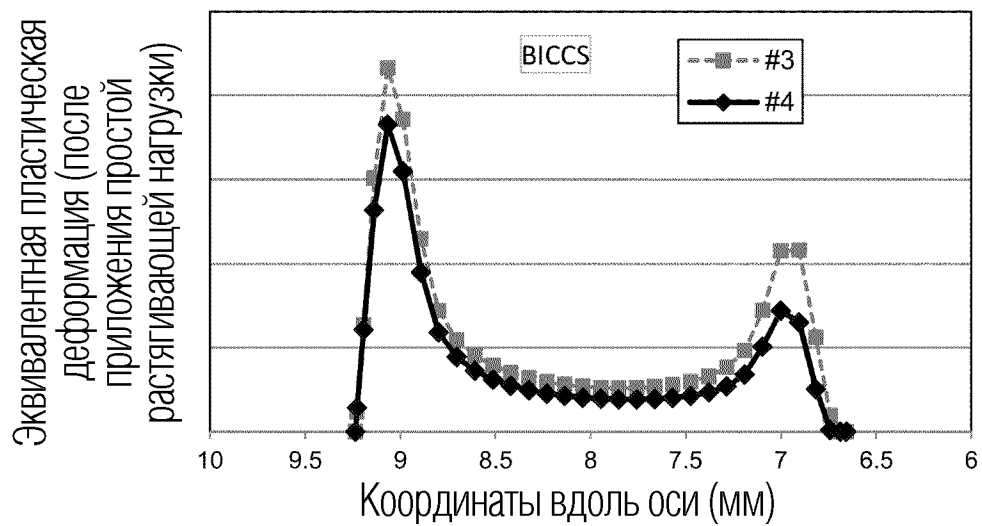
ФИГ. 8А



ФИГ. 8В



ФИГ. 9А



ФИГ. 9В

