

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202392298 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.11.22(51) Int. Cl. E21B 17/042 (2006.01)
F16L 15/06 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2022.03.21

(54) ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ РЕЗЬБОВОГО ОСЕВОГО ПРОМЕЖУТКА

(31) FR2103327

(72) Изобретатель:

(32) 2021.03.31

Матон Тибо, Буфлер Лоран, Лунго
Матью (FR)

(33) FR

(86) PCT/FR2022/050508

(74) Представитель:

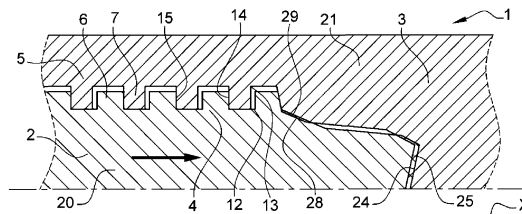
(87) WO 2022/207995 2022.10.06

Абильманова К.С. (KZ)

(71) Заявитель:

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

(57) Настоящее изобретение относится к трубчатому резьбовому соединению (1) для бурения, эксплуатации углеводородных скважин, транспортировки нефти и газа, улавливания углерода или геотермальной энергии, содержащему охватываемый трубчатый элемент (2) и охватывающий трубчатый элемент (3), причем каждый из указанных охватываемого трубчатого элемента (2) и охватывающего трубчатого элемента (3) содержит, соответственно, часть (4) с наружной резьбой и часть (5) с внутренней резьбой. При этом либо часть (4) с наружной резьбой, либо часть (5) с внутренней резьбой необязательно содержит антикоррозионное и/или смазывающее твердое покрытие (10), причем указанная часть (4) с наружной резьбой и часть (5) с внутренней резьбой содержат, соответственно, по меньшей мере один зубец (6) наружной резьбы или один зубец (5) внутренней резьбы и резьбовой осевой промежуток (8) TAG, обеспечивающий в смонтированном состоянии пространство между закладной стороной (14) указанного зубца наружной резьбы и опорной стороной (15) указанного зубца (7) внутренней резьбы, причем соединение характеризуется тем, что указанный резьбовой осевой промежуток (8) TAG больше минимального промежутка TAG_{min} или равен ему.



A1

202392298

202392298

A1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ РЕЗЬБОВОГО ОСЕВОГО ПРОМЕЖУТКА

Область техники

[1] Настоящее изобретение относится к стальным компонентам или трубам в области добычи нефти и газа, энергетики или хранения для таких целей, как эксплуатация скважин или транспортировка углеводородов, транспортировка или хранение водорода, геотермальная энергия или улавливание углерода.

Уровень техники

[2] В настоящем документе термин «компонент» означает любой элемент, приспособление или трубу, используемые для бурения или эксплуатации скважины и содержащие по меньшей мере одно соединение, или соединитель, или резьбовой конец и предназначенные для сборки путем навинчивания на другой компонент с образованием резьбового соединения с указанным другим компонентом. Компонент может представлять собой, например, трубу или трубчатый элемент относительно большой длины (в частности приблизительно десяти метров в длину), например трубу, или даже трубчатую соединительную муфту длиной в несколько десятков сантиметров, или приспособление для этих трубчатых элементов (подвесное устройство или «подвеска», сменная деталь секции или «переходник», предохранительный клапан, соединитель для буровой штанги или «бурильный замок», «переводник» и т. п.).

[3] Компоненты или трубы имеют резьбовые концы. Эти резьбовые концы являются взаимодополняющими, что позволяет соединить между собой два трубчатых элемента: охватываемый («ниппель») и охватывающий («муфта»). Таким образом, существует конец с наружной резьбой и конец с внутренней резьбой. Резьбовые концы, называемые резьбовыми концами премиум-класса или полупремиум-класса, обычно содержат по меньшей мере одну упорную поверхность. Первый упор может быть образован двумя поверхностями двух резьбовых концов, ориентированными по существу радиально и выполненными

с возможностью контакта друг с другом после привинчивания резьбовых концов друг к другу или при воздействии сжимающих напряжений. Упоры обычно имеют отрицательные углы относительно главной оси соединений. Также известны промежуточные упоры на соединениях, включающие по меньшей мере два этапа нарезания резьбы. Резьбовой конец, упорная поверхность, а также уплотнительная поверхность могут образовывать узел в сборе, называемый кромкой. Может быть кромка с резьбой, ориентированной наружу трубы, то есть охватываемая кромка, и кромка с резьбой, ориентированной внутрь трубы, то есть охватывающая кромка.

[4] Механическая обработка трубы для нарезания ее резьбы предполагает наличие шага резьбы. Понятие шага резьбы следует рассматривать с учетом стандарта ISO 5408:2009, в котором приведено определение резьбы. Шаг резьбы необходимо регулировать, чтобы избежать проблем при сборке и использования соединения между наружной резьбой и соответствующей внутренней резьбой.

[5] Возможно, что непредвиденное отклонение между шагом охватываемой части или шагом охватывающей части, с одной стороны, и расчетным шагом, с другой стороны, возникает из-за погрешности способа или резьбонарезных инструментов, используемых во время механической обработки. Это отклонение называется погрешностью шага. Существуют устройства, позволяющие измерить шаг резьбы и измерить погрешность шага или обнаружить недопустимую погрешность шага и перейти к браковке рассматриваемого резьбового компонента. Пример измерительного устройства описан в стандартной СПЕЦИФИКАЦИИ API 5B «ИЗМЕРЕНИЕ И ПРОВЕРКА РЕЗЬБЫ ОБСАДНЫХ ТРУБ, НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ И ТРУБОПРОВОДОВ».

[6] Однако возможно, что измерение будет неточным из-за самого измерительного прибора, который может допускать коэффициент несовершенства. В общем существуют стандарты безопасности и пределы погрешности, которые следует учитывать и для приборов этого типа.

[7] Проблемы могут возникать после свинчивания двух трубчатых элементов: охватываемого и охватывающего. Действительно, сложно измерять шаги в соединенном состоянии и таким образом, возможно, обнаруживать погрешности шага. Погрешность шага можно обнаружить, анализируя кривые свинчивания (см. фиг. 10), но на данном этапе делать это уже слишком поздно, и обе рассматриваемые трубы придется забраковать. Критерии браковки приведены в спецификациях поставщика, например, в «Сборнике документации VAM». Таким образом, во время механической обработки, несмотря на меры предосторожности и безопасности, временами имеют место некоторые небольшие погрешности шага, которые могут быть индивидуально допущены и включены в допустимый предел погрешности. Таким образом, труба может быть проверена, в то время как она содержит накопление небольших допустимых погрешностей шага, и продолжить свой производственный цикл. Заявителю удалось неожиданно обнаружить и установить, что накопление погрешностей шага, которые могут быть индивидуально допустимыми, может способствовать смещению боковых сторон резьбы по всей резьбе. Когда это накопление и/или это смещение превышают определенное пороговое значение и когда они расположены напротив охватываемого и охватывающего трубчатого элемента, они создают несоответствие шага, причем последнее приводит к возникновению осевого натяга или проблеме со стыковкой между боковыми сторонами резьбы. Указанный осевой натяг или проблема со стыковкой может вызвать слишком высокое напряжение в одном или более мест резьбы из-за сжатия двух зубцов с наружной резьбой и внутренней резьбой. Такое чрезмерное напряжение способно вызвать стыковку витков резьбы при слишком большом количестве оборотов завинчивания, в ущерб завинчиванию, для которого больше не может быть обеспечено правильное расположение охватываемой части относительно охватывающей части. Это может подразумевать как риск охрупчивания или пластификации соединения, так и риск потери герметичности, что может привести к утечке из соединения. Утечка может иметь значительные экономические и даже экологические последствия, например, когда происходит утечка в углеводородной скважине во время ее эксплуатации.

[8] Последствия из-за несоответствия шага и, следовательно, проблем с утечкой, еще более усугубляются при нанесении твердого покрытия с антикоррозионными или смазывающими свойствами.

[9] Настоящее изобретение позволяет решить все ранее упомянутые проблемы. В частности, в настоящем изобретении предложена конфигурация, способная устранить последствия погрешностей шага и, в частности, их накопление на резьбе, обеспечивая при этом отсутствие осевых натягов или проблем со стыковкой, а также герметичность.

[10] В соответствии с одним вариантом осуществления в настоящем изобретении предложено трубчатое резьбовое соединение для бурения, эксплуатации углеводородных скважин, транспортировки нефти и газа, улавливания углерода или геотермальной энергии, содержащее охватываемый трубчатый элемент и охватывающий трубчатый элемент, причем каждый из указанных охватываемого или охватывающего трубчатых элементов содержит соответственно часть с наружной резьбой и часть с внутренней резьбой, причем одна или другая из частей с наружной или внутренней резьбой необязательно содержит антикоррозионное и/или смазывающее твердое покрытие, причем указанная часть с наружной резьбой и часть с внутренней резьбой содержат соответственно по меньшей мере один зубец наружной резьбы или один зубец внутренней резьбы и резьбовой осевой промежуток TAG, обеспечивающий в смонтированном состоянии пространство между закладной стороной указанного зубца наружной резьбы и опорной стороной указанного зубца внутренней резьбы, характеризующееся тем, что указанный резьбовой осевой промежуток TAG больше минимального промежутка TAG_{min} или равен ему таким образом, что:

[Расчет 1]

$$TAG_{min} = IT(min) * \left(\frac{1}{2} \frac{(LF_{pinmin})}{(D_{pinmin})} + \frac{1}{2} \frac{(LF_{boxmin})}{(D_{boxmin})} \right) + (4 * E_{pcoat})$$

где: $0 \leq E_{pcoat} \leq E_{pcoat\ max}$

где:

TAG_{min} – минимальное значение резьбового осевого промежутка в мм;

IT_{min} – минимальное значение допуска несоответствия шага в мм;

LF_{pinmin} – минимальное значение осевой длины наружной резьбы в мм;

LF_{boxmin} – минимальное значение осевой длины внутренней резьбы в мм;

D_{pinmin} – минимальное значение расстояния допуска наружного шага в мм;

D_{boxmin} – минимальное значение расстояния допуска внутреннего шага в мм;

E_{rscoat} – значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия в мм.

[11] Благодаря данному признаку соединение в соответствии с изобретением имеет резьбовой осевой промежуток (TAG), который соответствует минимальному пороговому значению, начиная с которого обеспечивается компенсация эффекта любого смещения резьбы, возникающего из-за накопления погрешности шага. Данное накопление также может возникать вследствие нескольких индивидуально допустимых погрешностей шага.

[12] Неожиданно было обнаружено, что при удовлетворении уравнения риски несоответствия шага, которые могут существовать в разных соединениях, поглощаются достаточно большим резьбовым осевым промежутком. Таким образом, полностью исключается любой риск осевого натяга и, следовательно, охрупчивания и пластификации из-за смещения, вызванного довольно значительным несоответствием шага.

[13] Термин «резьбовой осевой промежуток» (TAG) означает расстояние, разделяющее закладную сторону зубца наружной резьбы и закладную сторону зубца внутренней резьбы, обращенную к закладной стороне зубца наружной резьбы, которое может быть выражено в мм. Этот резьбовой осевой промежуток измеряют на половине высоты охватываемого зубца.

[14] Термин «погрешность шага» означает смещение, возникающее в результате сравнения фактического шага, то есть шага, измеренного на изготовленной детали, и шага в плоскости, то есть шага, первоначально определенного на чертеже изделия.

[15] Термин «индивидуально допустимая погрешность шага» означает любую погрешность шага резьбы, которая достаточно мала и допустима для проверки и подтверждения во время контроля резьбы после механической обработки, причем контрольные значения определяются чертежом и/или стандартом.

[16] Термин «несоответствие шага» означает разницу между накопленной погрешностью шага наружной резьбы и накоплением погрешности шага на внутренней резьбе.

[17] Параллельно данное уравнение также позволяет обеспечить контроль уровня завинчивания.

[18] В соответствии с одним вариантом осуществления значение допуска несоответствия шага составляет от 0,040 до 0,080 мм, предпочтительно от 0,048 до 0,072 мм.

[19] Благодаря этой функции погрешность шага можно измерить с помощью традиционного устройства контроля, например, описанного в API 5B1. Действительно, при значениях ниже допуска необходимо использовать более дорогостоящие устройства, результат измерения которых не обязательно гарантирован. Нежелательно иметь значение допуска более 0,080 мм.

[20] В соответствии с одним вариантом осуществления трубчатое резьбовое соединение отличается тем, что резьбовой осевой промежуток TAG меньше максимального промежутка TAGmax или равен ему таким образом, что:

[Расчет 2]

$$TAG_{max} = a * PinLipSurface + b + (4 * E_{pcoat})$$

где: $0 \leq E_{\text{rcoat}} \leq E_{\text{rcoat max}}$

$a = 0,00053$

$b = 0,14$

где:

PinLipSurface – значение площади поперечного сечения охватываемой кромки между уплотнительной поверхностью и упорной поверхностью в мм²

a – значение наклона корреляции

b – значение точки пересечения

E_{rcoat} – значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия в мм

[21] Благодаря этому признаку исключается риск потери уплотняющей характеристики из-за слишком большого резьбового осевого промежутка TAG.

[22] Термин «уплотняющая характеристика» означает устойчивость соединения к объединенным напряжениям, как внешнему/внутреннему давлению, так и растяжению/сжатию. Уплотнение может представлять собой жидкостное или газовое уплотнение.

[23] Благодаря этому признаку соединение в соответствии с изобретением является более прочным при напряжениях, требующих сжатия.

[24] Действительно, слишком большой резьбовой осевой промежуток может привести к перенапряжению кромки и, следовательно, пластификации, когда соединение испытывает напряжение при сжатии. Такое перенапряжение может привести к утечке.

[25] Таким образом, обеспечивается не только уплотнение соединения, когда удовлетворяется уравнение, но заявитель наблюдал улучшение уплотняющей

характеристики при использовании нескольких типов соединений в соответствии с изобретением.

[26] В соответствии с одним вариантом осуществления резьбовой осевой промежуток TAG находится между двумя значениями TAGmin и TAGmax таким образом, что: TAGmin < TAGmax.

[27] В соответствии с одним вариантом осуществления трубчатое резьбовое соединение (1) отличается тем, что по меньшей мере одно из частей (4) с наружной резьбой или частей (5) с внутренней резьбой содержит антикоррозионное и/или смазывающее покрытие, и тем, что значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия (10) Ercoat больше нуля.

[28] Благодаря данному признаку добавление твердого антикоррозионного и/или смазывающего покрытия к резьбе увеличивает риск нежелательного осевого натяга. Действительно, толщина твердого покрытия может способствовать увеличению контактного давления на боковых сторонах резьбы, увеличивая риск охрупчивания или пластификации. Таким образом, настоящее изобретение обеспечивает завинчивание без дополнительного риска охрупчивания или пластификации соединения из-за покрытия резьбы.

[29] В соответствии с одним вариантом осуществления трубчатое резьбовое соединение отличается тем, что максимальное значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия Ercoat max равно 0,0075 мм.

[30] Благодаря данному признаку в конфигурацию могут быть включены самые разнообразные антикоррозионные и/или смазочные твердые покрытия, что позволяет исключить риск, связанный с несоответствием шага максимальному значению 0,0075 мм.

[31] В соответствии с одним вариантом осуществления антикоррозионное и/или смазочное покрытие содержит слой, содержащий цинк и никель.

Краткое описание графических материалов

[32] Настоящее изобретение можно лучше понять, а другие его цели, подробности, признаки и преимущества станут более ясными при рассмотрении последующего описания нескольких конкретных вариантов осуществления изобретения, приведенных только для иллюстративных и неограничивающих целей, со ссылкой на прилагаемые графические материалы.

[33] [Фиг. 1] На фиг. 1 схематически представлен вид в продольном сечении трубчатого резьбового соединения в соответствии с изобретением, с контактом опорных сторон.

[34] [Фиг. 2] На фиг. 2 схематически представлен вид в продольном сечении трубчатого резьбового соединения в соответствии с изобретением, с контактом закладных сторон.

[35] [Фиг. 3] На фиг. 3 схематически представлен вид в продольном сечении зубца внутренней и внешней резьбы трубчатого резьбового соединения в соответствии с изобретением.

[36] [Фиг. 4] На фиг. 4 схематически представлен вид в продольном сечении охватываемого конца в соответствии с изобретением.

[37] [Фиг. 5] На фиг. 5 схематически представлен вид в продольном сечении охватывающего конца в соответствии с изобретением.

[38] [Фиг. 6] На фиг. 6 схематически представлен вид в продольном сечении анализа методом конечных элементов трубчатого резьбового соединения в соответствии с уровнем техники.

[39] [Фиг. 7] На фиг. 7 схематически представлен вид в продольном сечении анализа методом конечных элементов трубчатого резьбового соединения в соответствии с изобретением.

[40] [Фиг. 8] На фиг. 8 схематически представлен вид в продольном сечении кромки трубчатого элемента с наружной резьбой.

[41] [Фиг. 9] На фиг. 9 схематически представлен вид в продольном сечении расположение наружной резьбы и внутренней резьбы в соответствии с изобретением после завинчивания.

[42] [Фиг. 10] На фиг. 10 представлена кривая завинчивания трубы в соответствии с уровнем техники, включающая накопление непоглощенной погрешности шага.

[43] [Фиг. 11] На фиг. 11 представлена кривая завинчивания в соответствии с изобретением, включающая накопление непоглощенной погрешности шага.

[44] [Фиг. 12] На фиг. 12 схематически представлен вид в продольном сечении трубчатого резьбового соединения, включающего накопление погрешности шага.

Описание вариантов осуществления

[45] В остальной части описания термины «продольный», «поперечный», «вертикальный», «передний», «задний», «левый» и «правый» определяются в соответствии с обычной ортогональной системой координат, как представлено в графических материалах, которая содержит:

[46] горизонтальную продольную ось X и виды в сечении слева направо.

[47] При этом в описании и формуле изобретения термины «наружный» или «внутренний», и «осевая», и «радиальная ориентации» будут использоваться для обозначения, в соответствии с определениями, приведенными в описании, элементов трубчатого резьбового соединения. Продольная ось X определяет «осевую» ориентацию. «Радиальная» ориентация направлена перпендикулярно продольной оси X.

[48] На фиг. 1 представлено трубчатое резьбовое соединение (1) в соответствии с изобретением, содержащее охватываемый трубчатый элемент (2),

содержащий часть (4) с наружной резьбой, охватываемую уплотнительную поверхность (28), а также охватываемый упор (24) и охватывающий трубчатый элемент (3), содержащий часть (5) с внутренней резьбой, охватывающую уплотнительную поверхность (29), а также охватывающий упор (25). Указанные части с наружной (4) и внутренней (5) резьбой содержат соответственно несколько зубцов наружной (6) и внутренней (7) резьбы, принадлежащих к одной и той же винтовой линии резьбы. Определение винтовой линии резьбы дано в ISO 5408. Зубец (6) наружной резьбы содержит наружную закладную сторону (14) и наружную опорную сторону (12). Зубец (7) внутренней резьбы содержит внутреннюю закладную сторону (15) и внутреннюю опорную сторону (13).

[49] Соединение, представленное на фиг. 1, показано во время его использования под действием силы растяжения, например, под действием веса колонны, находящейся в натяжении вертикально, в направлении стрелки. В этом случае штатного использования в контакте находятся наружная (12) и внутренняя (13) опорные стороны. Наружная (14) и внутренняя (15) закладные стороны не обязательно находятся в контакте и ограничивают пространство, состоящее из резьбы резьбового осевого промежутка TAG. Однако упоры и уплотнительные поверхности могут находиться в контакте.

[50] Другой способ определения резьбового осевого промежутка TAG заключается в разнице между шириной выемки (LCB) между двумя зубцами внутренней резьбы и шириной зубца наружной резьбы (LP), как показано на фиг. 3.

[51] На фиг. 2 представлено трубчатое резьбовое соединение (1) в соответствии с изобретением при использовании в ухудшенных условиях, например, когда существует разница температур, которая приводит к действию сил сжатия в резьбовом соединении. Соединение будет иметь тенденцию к деформации под действием указанных сил сжатия. В этом случае именно наружные закладные стороны (14) контактируют с внешними закладными сторонами (15). Увеличивается напряжение на охватываемой (28) и

охватывающей (29) уплотнительных поверхностях и охватываемом (24) и охватывающем (25) упорах, которые уже находились в контакте. Увеличивается натяг на охватываемой (28) и охватывающей (29) уплотнительных поверхностях, а также охватываемом (24) и охватывающем (25) упорах.

[52] На фиг. 2 показано, что сжатие на закладных сторонах не может увеличиваться или усиливаться бесконечно и что при превышении определенного предела может возникнуть нежелательный осевой натяг, приводящий к пластификации резьбы или даже к ее повреждению. Таким образом, к этому ухудшению приводит слишком маленький резьбовой осевой промежуток в смонтированном состоянии без напряжений между наружной (14) и внешней (15) закладными сторонами.

[53] На фиг. 3 показана деталь трубчатого резьбового соединения (1) в соответствии с изобретением и, в частности, зубцы наружной (6) и внешней (7) резьбы в смонтированном состоянии. Зубец (6) наружной резьбы содержит наружную опорную сторону (12) и наружную закладную сторону (14). Зубец (7) внутренней резьбы содержит внутреннюю опорную сторону (13) и внутреннюю закладную сторону (15). Обе наружная (14) и внутренняя (15) закладные стороны ограничивают пространство, осевой размер которого представляет собой резьбовой осевой промежуток TAG. Указанный резьбовой осевой промежуток TAG больше минимального промежутка TAGmin или равен ему таким образом, что:

[Расчет 3]

$$TAGmin = IT(min) * \left(\frac{1}{2} \frac{(LFpinmin)}{(Dpinmin)} + \frac{1}{2} \frac{(LFboxmin)}{(Dboxmin)} \right) + (4 * Epcosat)$$

где: $0 \leq Epcosat \leq Epcosat\ max$

где:

TAGmin – минимальное значение резьбового осевого промежутка в мм

IT_{min} – минимальное значение допуска несоответствия шага в мм

LF_{pinmin} – минимальное значение осевой длины наружной резьбы в мм

LF_{boxmin} – минимальное значение осевой длины внутренней резьбы в мм

D_{pinmin} – минимальное значение расстояния допуска наружного шага в мм

D_{boxmin} – минимальное значение расстояния допуска внутреннего шага в мм

E_{coat} – значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия в мм

[54] Другой способ определения резьбового осевого промежутка TAG заключается в разнице между шириной выемки (LCB) между двумя зубцами внутренней резьбы и шириной зубца наружной резьбы (LP), взятой на середине высоты наружной резьбы (6).

[55] TAG_{min} соответствует минимальному пороговому значению, начиная с которого эффект любого смещения резьбы, вызванный накоплением погрешностей шага, аннулируется; это накопление также может происходить от нескольких индивидуально допустимых погрешностей шага. Накопление погрешностей шага и возникающее в результате этого ухудшение проиллюстрировано на фиг. 12.

[56] Минимальный промежуток TAG_{min} определяют в зависимости от минимального значения допуска несоответствия шага IT_{min} , минимального значения осевой длины наружной резьбы LF_{pinmin} , минимального значения осевой длины внутренней резьбы LF_{boxmin} , минимального значения расстояния допуска наружного шага D_{pinmin} и, наконец, минимального значения расстояния допуска наружного шага D_{boxmin} .

[57] Резьбовое соединение может содержать резьбовое покрытие, и поэтому необходимо учитывать дополнительный параметр толщины покрытия E_{coat} . В случае фиг. 3 покрытие отсутствует, и поэтому значение E_{coat} равно 0.

[58] Термин «осевая наружная резьба наружной LFrinmin или внутренней LFboxmin» означает общую длину резьбы вдоль оси резьбы трубы. Указанную общую длину резьбы измеряют от впадины резьбы первого зубца до впадины резьбы последнего зубца, как проиллюстрировано на фиг. 4 и 5.

[59] Термин «расстояние допуска наружного шага Dpinmin или внутреннего шага Dboxmin» означает длину, на которой контролируют шаг, то есть общую длину полнопрофильной резьбы. Полнопрофильную резьбу можно определить в отличие от неполнопрофильной резьбы, то есть резьбы, высота которой не является полной. Ее также называют исчезающей резьбой, обозначающей неполнопрофильную резьбу.

[60] Термин «допуск погрешности шага» означает отклонения допустимой погрешности шага относительно номинальной плоскости.

[61] Термин «допуск несоответствия шага» означает разницу между допуском погрешности наружного шага и допуском погрешности внутреннего шага.

[62] Термин «шаг» означает расстояние между двумя следующими друг за другом опорными сторонами, как определено в ISO 5408.

[63] Значение допуска несоответствия шага ITmin может составлять от 0,040 до 0,080 мм, предпочтительно от 0,048 до 0,072 мм. Таким образом, погрешность шага можно измерить с помощью традиционного устройства контроля, например описанного в API 5B1. Действительно, при значении ниже минимального необходимо использовать более дорогостоящие устройства, результат измерения которых не обязательно гарантирован. При значении выше максимального минимальное значение резьбового осевого промежутка TAG min является слишком значимым.

[64] Следует отметить, что значение TAGmin косвенно зависит от осевой длины резьбы.

[65] Чтобы упростить подход, были определены эмпирические значения IT min и TAGmin, которые приведены в следующей таблице 1 для трубных соединений в соответствии с номинальным наружным диаметром трубы (OD):

Таблица 1

OD (в мм)	Толщина трубы (в мм)	TAGmin (в мм)	IT (мм)
114,30	12,7	0,126	0,052
139,70	12,09	0,114	0,041
244,48	13,84	0,165	0,068
355,60	20,62	0,231	0,065

[66] На фиг. 4 показан охватываемый конец (20) в соответствии с изобретением на виде в продольном сечении, содержащий охватываемую кромку (22) и металлическую основную часть (18). Указанная охватываемая кромка содержит часть (4) с наружной резьбой, охватываемую упорную поверхность (24), а также охватываемую уплотнительную поверхность (28). Часть (4) с наружной резьбой содержит несколько зубцов (6) наружной резьбы, которые последовательно проходят вдоль линии впадины резьбы Y. Ось резьбы параллельна оси X, которая проходит в продольном направлении.

[67] Расстояние допусков наружного или внутреннего шага соответствует длине, на которой контролируют шаг, то есть общей длине полнопрофильной резьбы. Полнопрофильную резьбу можно определить в отличие от неполнопрофильной резьбы, то есть резьбы, высота которой не является полной. Ее также называют исчезающей резьбой, обозначающей неполнопрофильную резьбу. Для конца (20) с наружной резьбой расстояние допуска шага определяют посредством D_{pinmin} .

[68] На фиг. 5 представлен охватывающий конец (21) в соответствии с изобретением на виде в продольном сечении, содержащий охватывающую кромку (23) и металлическую основную часть (18). Указанная охватывающая кромка содержит часть (5) с внутренней резьбой, охватывающую упорную поверхность (25), а также охватывающую уплотнительную поверхность (29). Часть (5) с внутренней резьбой содержит несколько зубцов (7) резьбы, которые последовательно проходят вдоль и от линии впадины резьбы Y. Ось резьбы параллельна оси X, которая проходит в продольном направлении.

[69] На фиг. 6 схематически показан вид в продольном сечении трубчатого резьбового соединения (61) в соответствии с уровнем техники с представлением напряжений с помощью анализа методом конечных элементов (FEA). Трубчатое резьбовое соединение (61) содержит охватываемый трубчатый элемент (62), содержащий часть (64) с наружной резьбой, охватываемую уплотнительную поверхность (28), а также охватываемый упор (24) и охватывающий трубчатый элемент (63), содержащий часть (65) с внутренней резьбой, охватывающую уплотнительную поверхность (29), а также охватывающий упор (25). В случае фиг. 6 соединение содержит резьбовой осевой промежуток, то есть TAG, 0,250 мм для соединения с наружным диаметром (OD) 139,7 мм. Со ссылкой на таблицу 2 ниже, промежуток 0,250 мм превышает значение TAG_{max}, указанное для соединения 139,7 мм номинального наружного диаметра.

[70] Темные области на фиг. 6 соответствуют областям пластификации в результате механических сжатий, что можно визуализировать с помощью анализа методом конечных элементов (FEA). На фиг. 6 можно наблюдать две отдельные области пластификации: первая представляет собой область охватываемой уплотнительной поверхности (28), а вторая представляет собой два упора: охватываемый (24) и охватывающий (25) упоры. Пластификацию упоров можно считать нормальной и ожидаемой. Однако пластификация охватываемой уплотнительной поверхности (28) в отличие от пластификации упоров недопустима и представляет собой серьезный риск утечки или поломки.

[71] На фиг. 7 схематически представлен вид в продольном сечении трубчатого резьбового соединения (1) в соответствии с изобретением, полученный в результате анализа методом конечных элементов. Трубчатое резьбовое соединение (1) содержит охватываемый трубчатый элемент (2), содержащий часть (4) с наружной резьбой, охватываемую уплотнительную поверхность (28), а также охватываемый упор (24) и охватывающий трубчатый элемент (3), содержащий часть (5) с внутренней резьбой, охватывающую уплотнительную поверхность (29), а также охватывающий упор (25). Соединение на фиг. 7 отличается от соединения на фиг. 6 на резьбе, расположенной таким образом, что резьбовой осевой промежуток TAG соединения, показанного на фиг. 7, составляет 0,120 мм, то есть меньше, чем TAGmax соединения. Анализ методом конечных элементов (FEA) выявил отсутствие пластификации охватываемой уплотнительной поверхности (28). В конфигурации в соответствии с изобретением резьбовой осевой промежуток TAG достаточно мал для того, чтобы закладная сторона зубца наружной резьбы и зубец внутренней резьбы контактировали друг с другом, не достигая стадии пластификации уплотнительных поверхностей. В этих условиях резьба находится в достаточном контакте, чтобы не мешать при замедлении или компенсации сил сжатия. Таким образом, улучшается уплотнение. Таким образом, резьба играет вспомогательную роль, не повреждаясь, и решает проблему ухудшения, представленную на фиг. 2.

[72] На фиг. 8 показан охватываемый трубчатый элемент (2) в соответствии с изобретением, имеющий продольную ось X, содержащий охватываемую кромку (22), часть (4) с наружной резьбой и охватываемый упор (24).

[73] Резьбовой осевой промежуток TAG определяют относительно площади поперечного сечения (A) охватываемой кромки (22) «PinLipSurface», другими словами, поперечного сечения охватываемого трубчатого элемента на охватываемой кромке между уплотнительной поверхностью и упорной поверхностью. Резьбовой осевой промежуток TAG меньше максимального промежутка TAGmax или равен ему таким образом, что:

[Расчет 4]

$$TAG_{max} = a * PinLipSurface + b + (4 * E_{pcoat})$$

где: $0 \leq E_{pcoat} \leq E_{pcoat\ max}$

$a = 0,00053$

$b = 0,14$

где:

$PinLipSurface$ – значение площади поперечного сечения охватываемой кромки между уплотнительной поверхностью и упорной поверхностью в mm^2

a – значение наклона корреляции

b – значение точки пересечения

E_{pcoat} – значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия в мм

[74] Термин «площадь поперечного сечения (A) охватываемой кромки (22)» означает поверхность, ограниченную охватываемым упором (24) с одной стороны, профиль (31) внешней поверхности или стороны резьбы, профиль (32) внутренней поверхности напротив внешней поверхности и, наконец, ограниченный радиально ориентированным сегментом (34) и проходящий через среднюю точку охватываемой уплотнительной поверхности (28).

[75] Максимальный промежуток TAG_{max} определяют относительно размеров охватываемого трубчатого элемента (2) или его конца (20) с наружной резьбой, принимая во внимание, что охватывающий трубчатый элемент (3) или соответствующий его конец (21) с внутренней резьбой имеет такие размеры, что уплотнительные поверхности находятся в контакте после сборки конца (20) с наружной резьбой с концом (21) с внутренней резьбой.

[76] «а» представляет собой значение наклона корреляции, а «b» представляет собой значение точки пересечения прямой линии, представляющей TAGmax как функцию PinLipSurface.

[77] В целях упрощения заявитель рассчитал набор практических значений в соответствии с номинальным диаметром трубы для значений TAGmax.

Таблица 2

OD (в мм)	Толщина трубы (в мм)	TAGmax (в мм)	Поверхность кромки ниппеля (мм ²)
114,30	12,7	0,166	100,73704
139,70	12,09	0,154	94,9086502
244,48	13,84	0,255	120,720601
355,60	20,62	0,271	187,84287

[78] Как показано в примерах в таблицах 1 и 2, значения TAGmin и TAGmax могут различаться в зависимости от соединения.

[79] В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения резьбовой осевой промежуток TAG находится между двумя значениями TAGmin и TAGmax таким образом, что:

$$\text{TAGmin} < \text{TAGmax}$$

[80] Благодаря данному признаку для одного и того же типа соединения или размеров можно определить резьбовой осевой промежуток (TAG), соответствующий минимальному пороговому значению, начиная с которого гарантированно компенсируется эффект любого смещения резьбы, возникающий

из-за накопления погрешности шага, одновременно устраняя любой риск потери уплотняющей характеристики, вызванный накоплением погрешностей шага.

[81] На фиг. 9 представлен вариант осуществления, в котором настоящее изобретение содержит твердое или полутвердое покрытие. Указанное покрытие выполняет смазочную и/или антикоррозионную функцию. Этот тип соединений с покрытием получает все большее распространение во избежание использования смазочных веществ при завинчивании. На фиг. 9 представлено трубчатое резьбовое соединение (1) в соответствии с изобретением и, в частности, зубец (6) наружной резьбы и зубец (7) внутренней резьбы в собранном состоянии, вид в сечении вдоль продольной оси X. Зубец (6) наружной резьбы содержит наружную опорную сторону (12) и наружную закладную сторону (14). Зубец (7) внутренней резьбы содержит внутреннюю опорную сторону (13) и внутреннюю закладную сторону (15). Наружная (14) и внутренняя (15) закладные стороны, а также наружная (12) и внутренняя (14) опорные стороны содержат антикоррозионное и/или смазывающее твердое покрытие (10). Один из способов определения резьбового осевого промежутка TAG заключается в разнице между шириной выемки (LCB) между двумя зубцами внутренней резьбы и шириной зубца наружной резьбы (LP). Указанный резьбовой осевой промежуток TAG больше минимального промежутка TAGmin или равен ему таким образом, что:

[Расчет 5]

$$TAG_{min} = IT(\min) * \left(\frac{1}{2} \frac{(LF_{pinmin})}{(D_{pinmin})} + \frac{1}{2} \frac{(LF_{boxmin})}{(D_{boxmin})} \right) + (4 * E_{pcoat})$$

где: $0 < E_{pcoat} \leq E_{pcoat\ max}$

где:

TAGmin – минимальное значение резьбового осевого промежутка в мм

ITmin – минимальное значение допуска несоответствия шага в мм

LF_{pinmin} – минимальное значение осевой длины наружной резьбы в мм

LF_{boxmin} – минимальное значение осевой длины внутренней резьбы в мм

D_{pinmin} – минимальное значение расстояния допуска наружного шага в мм

D_{boxmin} – минимальное значение расстояния допуска внутреннего шага в мм

Ercoat – значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия в мм

[82] Разработки, показанные на фиг. 3, применимы к фиг. 9. В этой конфигурации толщину покрытия Ercoat умножают на множитель 4, который учитывает 4 толщины покрытия, присутствующие на двух наружной (14) и внутренней (15) закладных сторонах, а также двух наружной (12) и внутренней (13) опорных сторонах. Параметр $4 * Ercoat$ в уравнении способствует наличию большего TAG_{min}. В этом случае Ercoat представляет собой среднее толщин наружной (12) и внутренней (13) опорных сторон, а также наружной (14) и внутренней (15) закладных сторон, взятых в комбинации, но в настоящем изобретении также могут быть предложены разные толщины Ercoat в зависимости от рассматриваемых закладных или опорных сторон. Толщина покрытия Ercoat представляет собой среднюю толщину покрытий на сторонах резьбы.

[83] Толщина твердого покрытия может способствовать увеличению контактного давления на боковых сторонах резьбы, таким образом увеличивая риск охрупчивания или пластификации. Настоящее изобретение обеспечивает завинчивание без дополнительного риска охрупчивания или пластификации соединения ввиду наличия такого покрытия.

[84] В соответствии с дополняющим аспектом максимальное значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия Ercoat_{max} (10) равно 0,0075 мм. Предпочтительно покрытие (10) имеет толщину от 0,0010 до 0,0075 мм.

[85] Благодаря данному признаку в конфигурацию могут быть включены самые разнообразные твердые антикоррозионные и/или смазочные покрытия, что гарантирует поглощение любого риска несоответствия шага максимальной толщине 0,0075 мм.

[86] Антикоррозионное и/или смазочное покрытие (10) может содержать слой, содержащий цинк и никель, который обладает превосходными антикоррозионными и смазочными свойствами.

[87] Разработки, показанные на фиг. 9, применимы полностью или частично к части с наружной (4) и внутренней (5) резьбой, когда изобретение содержит покрытие (10).

[88] На фиг. 10 показана кривая завинчивания трубы в соответствии с уровнем техники, включающая накопление непоглощенной погрешности шага. Способ, используемый для обеспечения правильной сборки соединений, заключается в контроле крутящего момента, приложенного зажимом, в зависимости от количества оборотов. Термин «зажим» означает мощный самоблокирующийся ключ, используемый для захвата охватываемых и охватывающих компонентов соединения и приложения крутящего момента затяжки/ослабления. Подключив компьютер к тензодатчику на зажиме и электронному счетчику оборотов, можно построить график, показывающий крутящий момент по вертикальной оси и количество оборотов по горизонтальной оси, как представлено на фиг. 10.

[89] Первая часть «I» соответствует этапу затягивания, на котором происходит контакт между резьбами, более конкретно, по меньшей мере контакт между соответствующими закладными сторонами конца с наружной (20) и внутренней (21) резьбой. В этот момент сопротивление небольшое при первых нескольких оборотах, пока соответствующие резьбы не начнут задевать друг друга в радиальном направлении. Вторая часть «II» соответствует контакту охватываемой и охватывающей уплотнительных поверхностей, что приводит к первому резкому увеличению кривой. Наконец, последняя часть «III»

соответствует соединению упорных поверхностей трубчатых элементов с наружной и внутренней резьбой, что приводит к внезапному увеличению крутящего момента при небольших амплитудах относительного вращения охватываемого и охватывающего компонентов относительно друг друга.

[90] Поскольку невозможно достичь одинакового крутящего момента при каждом завинчивании двух трубчатых резьбовых элементов, существуют приемочные границы, представленные двумя сплошными кривыми завинчивания на фиг. 10 и 11. Таким образом, соединение, включающее накопление непоглощенной погрешности шага конфигурацией, представленное пунктирной кривой на фиг. 10, приведет к смещению фаз завинчивания, которое видно на графике с кривой, которая находится за пределами приемочных границ. Однако на данном этапе уже слишком поздно: трубу больше нельзя использовать или ремонтировать, и поэтому она, скорее всего, будет забракована, что приведет к потерям.

[91] На фиг. 11 показана пунктирная кривая завинчивания для сборки соединения в соответствии с изобретением, включающая накопление поглощенной погрешности шага. Резьбовой осевой промежуток достаточно велик, чтобы поглотить любое накопление погрешности шага. Таким образом, смещение отсутствует, и, следовательно, кривая хорошо укладывается в допустимые границы, представленные двумя сплошными кривыми завинчивания.

[92] На фиг. 12 показаны наложенные друг на друга первый конец (20) с наружной резьбой и второй конец (40) с наружной резьбой, каждый из которых содержит часть (4a) и (4b) с наружной резьбой. Каждый зубец (6) наружной резьбы содержит опорную (12) и закладную (14) наружные стороны. Часть (4a) первого конца (20) с наружной резьбой, представленная сплошными линиями, не содержит погрешность шага, соответствующую значению в плоскости или теоретическому значению минимального значения расстояния допуска наружного шага в мм D_{pmin} . Часть (4b) второго конца (40) с наружной резьбой,

выделенная пунктирными линиями, таким образом показывая смещение опорных сторон, включает накопление погрешности шага и соответствует действительному значению V_r .

[93] Каждый из первого (20) и второго (40) концов с наружной резьбой содержит несколько «шагов» резьбы, соответствующих возрастающему или уменьшающемуся уровню положения « n », представленному на фиг. 12 позициями « $n-1$ », « n », « $n+1$ » и т. д.

[94] Термин «шаг» означает расстояние между двумя последовательными наружной или внутренней опорными сторонами, как определено в ISO 5408.

[95] В контексте фиг. 12 шаги определяют последовательными наружными опорными сторонами. Теоретическое значение D_{pinmin} соответствует значению в плоскости рассматриваемого общего шага. Сравнивая теоретическое значение D_{pinmin} и действительное значение V_r , можно отметить разницу, возникающую из-за смещения, вызванного накоплением погрешности шага. Данная разница соответствует минимальному значению допуска несоответствия шага IT_{min} .

[96] Иллюстративный вариант осуществления конфигурации в соответствии с изобретением может быть получен в соответствии со следующими этапами:

[97] Механическая обработка элемента с наружной резьбой и конца с внутренней резьбой на токарном станке с числовым программным управлением. Механическую обработку выполняют на конце с наружной резьбой общей длиной 96,94 мм. Погрешность шага контролируют вдоль длины $D_{pinmin} = 55,88$ мм на конце с наружной резьбой. Механическую обработку осуществляют с использованием профилированной вставки для механической обработки, причем эта профилированная форма является обратной стороной выемки с наружной резьбой. Ширина вставки составляет 2,567 мм, шаг механической обработки составляет 5,08 мм. Механическую обработку выполняют на конце с внутренней резьбой вдоль длины 82,98 мм, а погрешность шага контролируют вдоль длины 76,20 мм. Механическую обработку осуществляют с помощью

профилированной вставки шириной 2,647 мм и шагом механической обработки 5,08 мм.

[98] Необязательно настоящее изобретение может включать в себя следующие этапы:

[99] Пескоструйная обработка указанных резьбовых элементов коричневым корундом F80.

[100] Нанесение ZnNi путем электроосаждения на 2 резьбовых элемента.

[101] Нанесение пассивации хромом III путем погружения 2 резьбовых элементов.

[102] Нанесение смазочного покрытия путем пневматического распыления на 2 резьбовых элемента.

Формула изобретения

1. Трубчатое резьбовое соединение (1) для бурения, эксплуатации углеводородных скважин, транспортировки нефти и газа, транспортировки или хранения водорода, улавливания углерода или геотермальной энергии, содержащее охватываемый трубчатый элемент (2) и охватывающий трубчатый элемент (3), причем каждый из указанных охватываемого (2) или охватывающего (3) трубчатых элементов содержит, соответственно, часть (4) с наружной резьбой и часть (5) с внутренней резьбой, причем одна или другая из части (4) с наружной резьбой или части (5) с внутренней резьбой необязательно содержит антикоррозионное и/или смазывающее твердое покрытие (10), причем указанная часть (4) с наружной резьбой и часть (5) с внутренней резьбой содержат, соответственно, по меньшей мере один зубец (6) наружной резьбы и один зубец (5) внутренней резьбы и резьбовой осевой промежуток (8) TAG, обеспечивающий в смонтированном состоянии пространство между закладной стороной (14) указанного зубца наружной резьбы и опорной стороной (15) указанного зубца (7) внутренней резьбы, отличающееся тем, что указанный резьбовой осевой промежуток TAG больше минимального промежутка TAGmin или равен ему таким образом, что:

[Расчет 6]

$$TAGmin = IT(min) * \left(1/2 \frac{(LFpinmin)}{(Dpinmin)} + 1/2 \frac{(LFboxmin)}{(Dboxmin)}\right) + (4 * Epccoat)$$

где: $0 \leq Epccoat \leq Epccoat\ max$

где:

TAGmin – минимальное значение резьбового осевого промежутка в мм;

ITmin – минимальное значение допуска несоответствия шага в мм;

LFpinmin – минимальное значение осевой длины наружной резьбы в мм;

LFboxmin – минимальное значение осевой длины внутренней резьбы в мм;

D_{pinmin} – минимальное значение расстояния допуска наружного шага в мм;

D_{boxmin} – минимальное значение расстояния допуска внутреннего шага в мм;

E_{rcoat} – значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия в мм;

$E_{rcoat max}$ – максимальное значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия.

2. Трубчатое резьбовое соединение (1) по п. 1, отличающееся тем, что значение допуска несоответствия шага составляет от 0,040 до 0,080 мм, предпочтительно от 0,048 до 0,072 мм.

3. Трубчатое резьбовое соединение (1) по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что резьбовой осевой промежуток TAG меньше максимального промежутка TAGmax или равен ему таким образом, что:

[Расчет 7]

$$TAG_{max} = a * PinLipSurface + b + (4 * E_{rcoat})$$

где: $0 \leq E_{rcoat} \leq E_{rcoat max}$

$a = 0,00053$

$b = 0,14$

где:

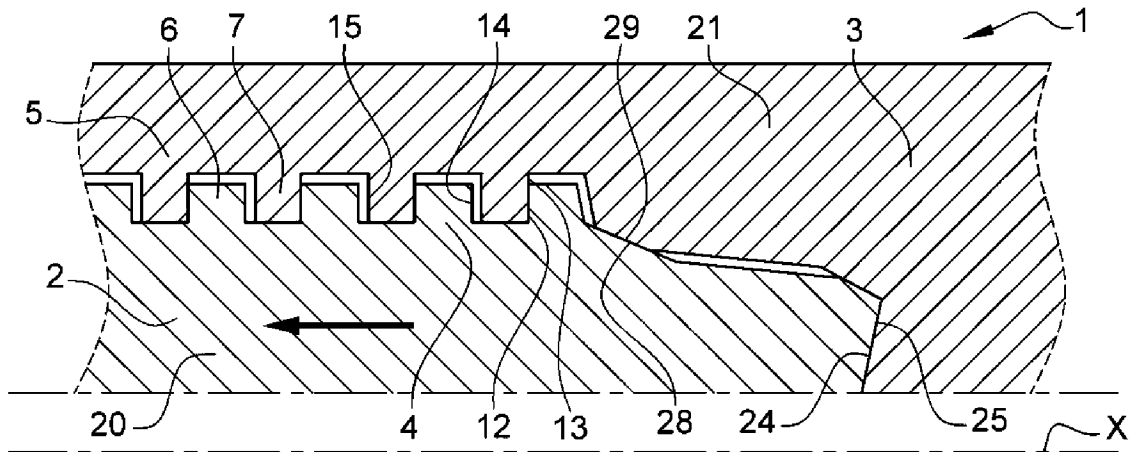
$PinLipSurface$ – значение площади поперечного сечения охватываемой кромки между уплотнительной поверхностью и упорной поверхностью в мм²;

a – значение наклона корреляции;

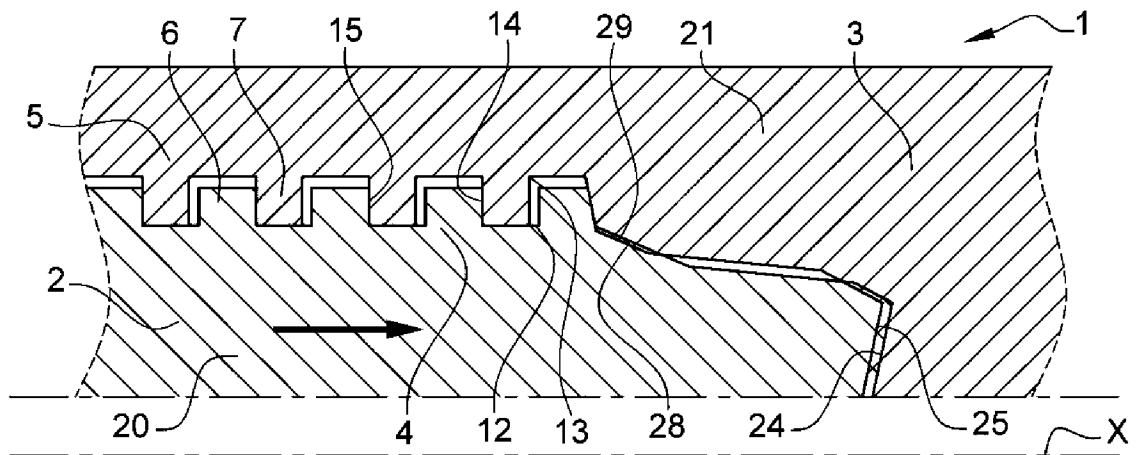
b – значение точки пересечения.

4. Трубочатое резьбовое соединение (1) по п. 3, отличающееся тем, что резьбовой осевой промежуток (8) TAG находится между двумя значениями TAGmin и TAGmax таким образом, что: TAGmin < TAGmax.
5. Трубочатое резьбовое соединение (1) по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что по меньшей мере одна из частей (4) с наружной резьбой или частей (5) с внутренней резьбой содержит антикоррозионное и/или смазывающее покрытие, и тем, что значение толщины антикоррозионного и/или смазывающего покрытия (10) Ercoat больше нуля.
6. Трубочатое резьбовое соединение (1) по п. 5, отличающееся тем, что антикоррозионное и/или смазывающее покрытие имеет толщину с максимальным значением Ercoat max, равным 0,0075 мм.
7. Трубочатое резьбовое соединение (1) по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что антикоррозионное и/или смазывающее покрытие (10) содержит слой, содержащий цинк и никель.

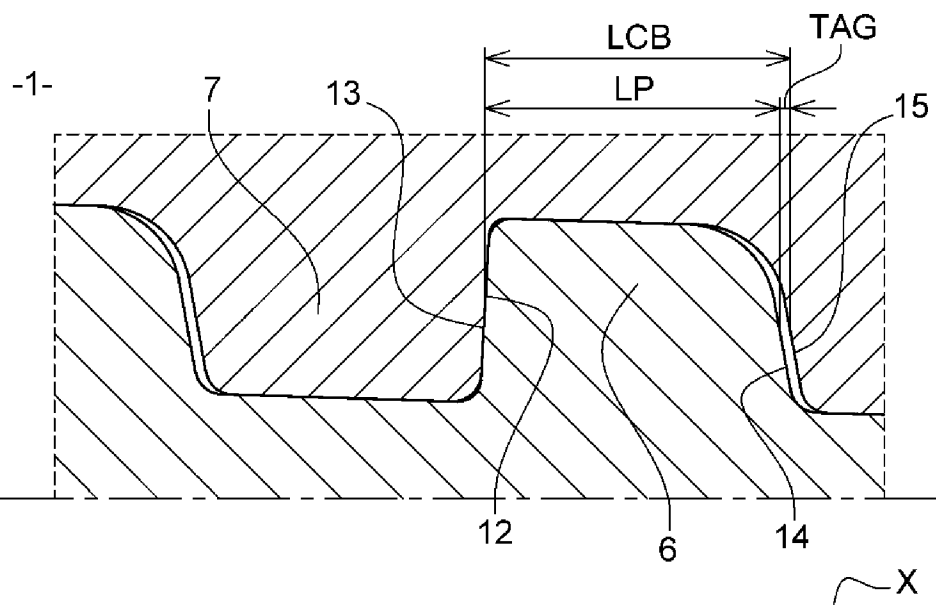
[Фиг. 1]



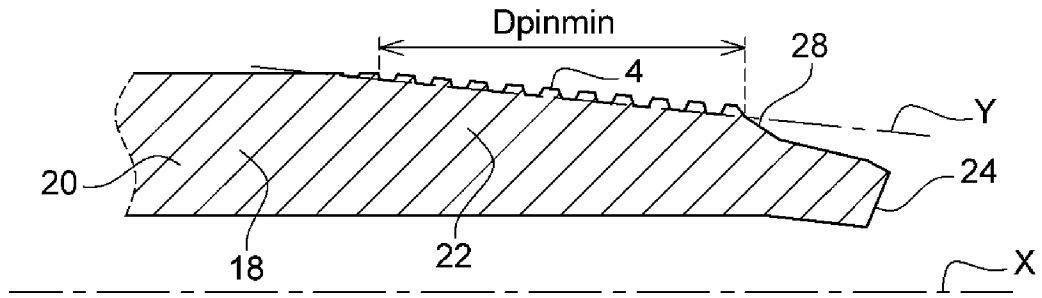
[Фиг. 2]



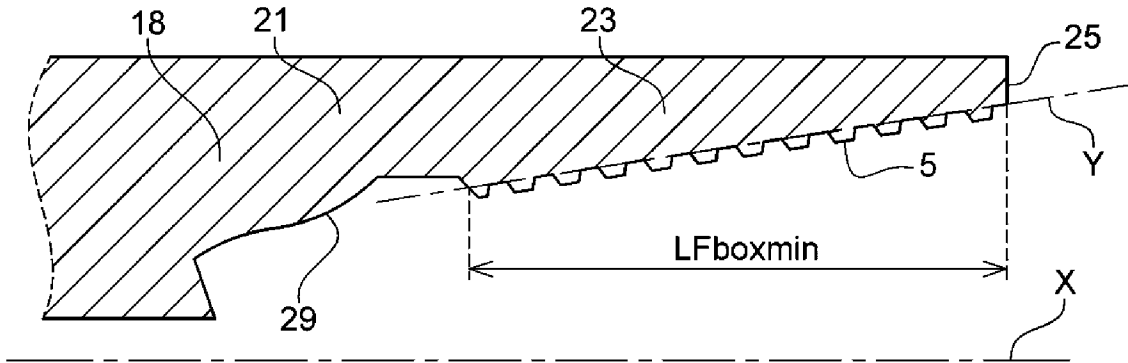
[Фиг. 3]



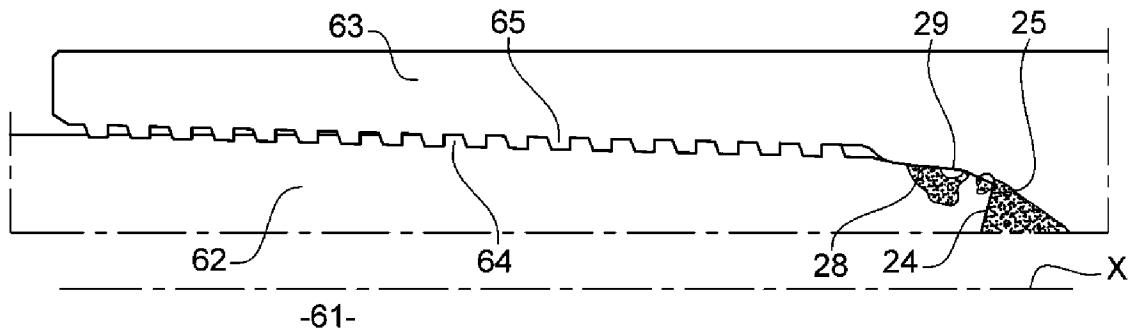
[Фиг. 4]



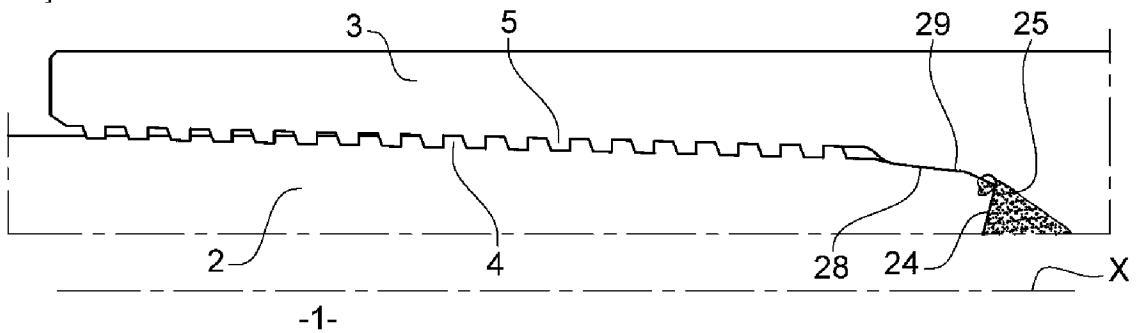
[Фиг. 5]



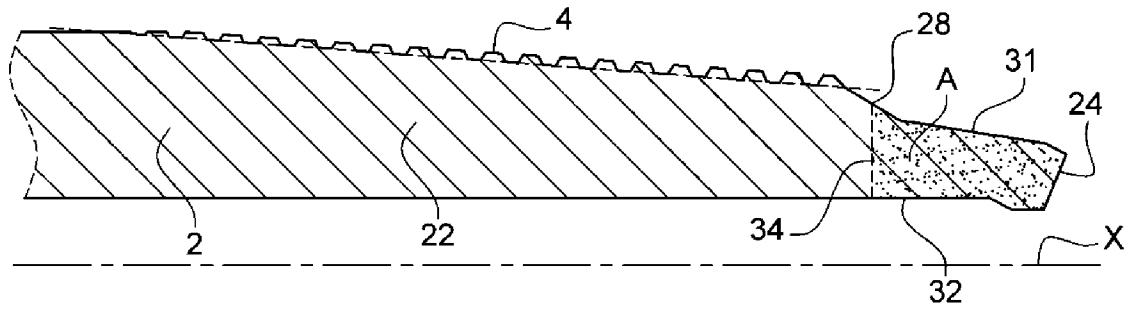
[Фиг. 6]



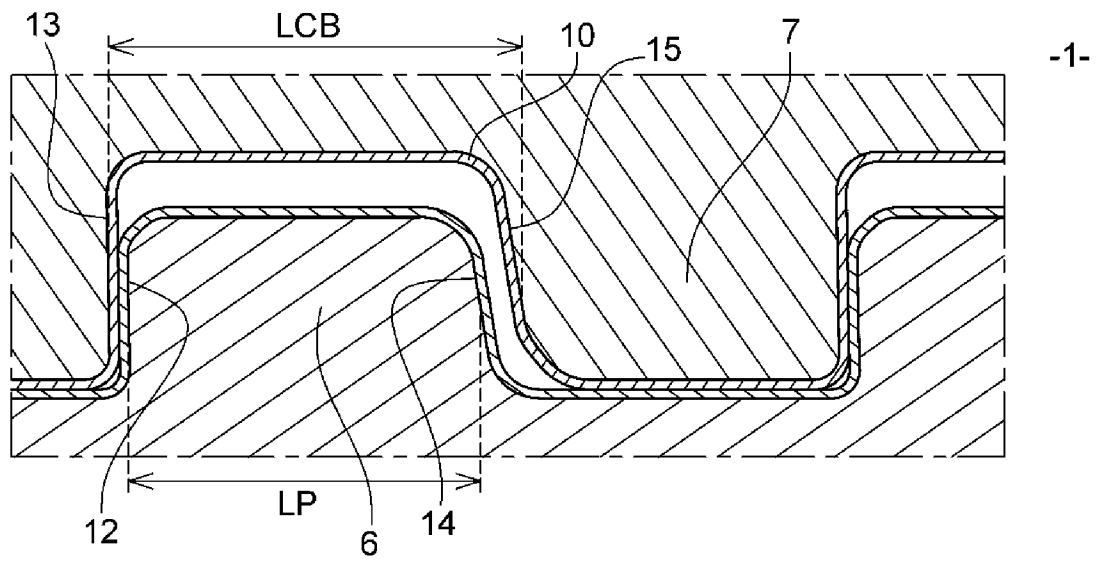
[Фиг. 7]



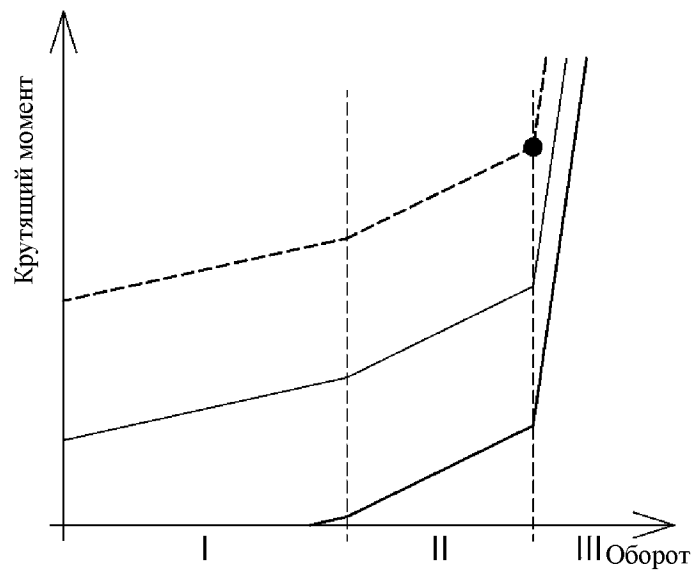
[Фиг. 8]



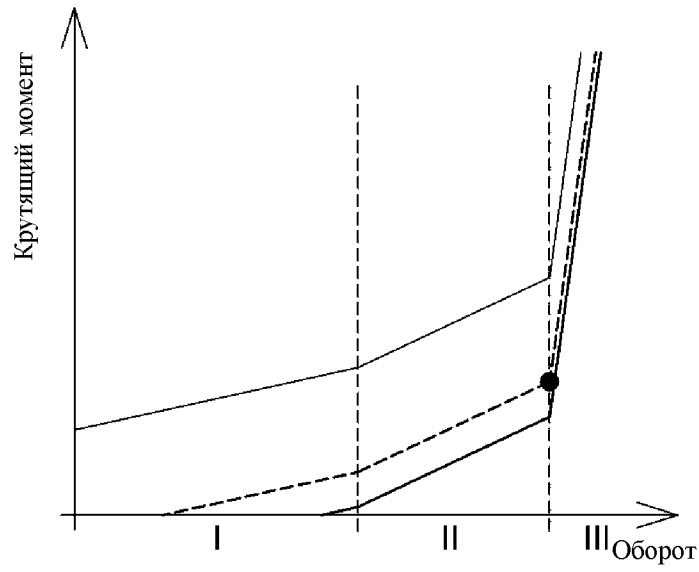
[Фиг. 9]



[Фиг. 10]



[Фиг. 11]



[Фиг. 12]

