

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042334**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.03

(51) Int. Cl. **F16L 15/06** (2006.01)
E21B 17/042 (2006.01)

(21) Номер заявки
202290155

(22) Дата подачи заявки
2020.08.20

(54) РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

(31) **2019-159375**

(56) WO-A1-2019076622
WO-A1-2017213048
JP-A-2012512347
WO-A1-2018052140
US-A-4822081
CN-U-205558826

(32) **2019.09.02**

(33) **JP**

(43) **2022.06.02**

(86) **PCT/JP2020/031462**

(87) **WO 2021/044862 2021.03.11**

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

(72) Изобретатель:
Оку Йоусуке, Доуги Садао (JP)

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

(57) Задачей настоящего изобретения является создание резьбового соединения для стальных труб большого диаметра, которое может показывать высокое сопротивление крутящему моменту и высокую герметичность и, одновременно, обеспечивать сопротивление сдвигу, которое подходит для размера стальной трубы, подлежащей соединению. Резьбовое соединение 1 для стальных труб содержит трубчатый ниппель 10, обеспеченный на оконечности стальной трубы 2 большого диаметра, и трубчатую муфту 20, выполненную с возможностью скрепления на ниппеле 10, когда ниппель 10 ввинчивается. Ниппель 10 содержит охватываемую форму 11 резьбы, выполненную с конической резьбой. Муфта 20 содержит охватывающая форма 21 резьбы, выполненную с конической резьбой. Каждая из форм 11 и 21 резьбы является клиновидной резьбой и имеет сечение в форме ласточкина хвоста. Охватываемая форма 11 резьбы выполнена с возможностью удовлетворять следующим выражениям (1) и (2), так что ширину резьбы в концевой области охватываемой формы резьбы ближе к оконечности устанавливают с размером, соответствующим размеру тела стальной трубы 2.

$$0.40 \leq \frac{\{(D_w + 2T_H)^2 - D_w^2\} \times W_{\min}}{\{(OD)^2 - (ID)^2\}} \leq 0.60 \dots (1)$$

$$W_{\min} \geq 3,0 \text{ мм} \dots (2)$$

042334 B1

042334 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению для стальных труб, применяемому для соединения стальных труб.

Уровень техники

Стальные трубы, называемые трубами для нефтяных скважин, применяют, например, для ведения разведки или добычи в нефтяных скважинах, газовых скважинах и т.д. (ниже в данном документе вместе называемых "нефтяными скважинами" или т.п.), разработке необычных запасов, таких как нефтяной песок или сланцевый газ, возврата или хранения двуокиси углерода (улавливания и захоронения углекислого газа (CCS), для получения геотермальной энергии или в источниках горячей воды. Для соединения стальных труб применяют резьбовое соединение.

Такие резьбовые соединения труб для нефтяных скважин в общем относят к категориям типа с соединительной муфтой и интегрального типа.

В соединении, относящемся к типу с соединительной муфтой, стальные трубы соединяют, применяя трубчатую соединительную муфту. Конкретно, охватывающую резьбу обеспечивают на внутренней периферии каждого из концов соединительной муфты, а охватываемую резьбу обеспечивают на наружной периферии каждого из концов стальной трубы. Затем, один конец одной стальной трубы свинчивают с одним концом соединительной муфты, и один конец другой стальной трубы свинчивают с другим концом соединительной муфты так, что данные стальные трубы соединяются. То есть, соединение типа с соединительной муфтой напрямую соединяет пару труб, одна из которых является стальной трубой, и другая является соединительной муфтой.

Интегральным соединением напрямую соединяют стальные трубы без применения отдельной соединительной муфты. Конкретно, охватывающую резьбу обеспечивают на внутренней периферии одного конца стальной трубы, а охватываемую резьбу обеспечивают на наружной периферии другого конца, и один конец одной стальной трубы, обеспеченный охватываемой резьбой, ввинчивают в другой конец другой стальной трубы, обеспеченной охватывающей резьбой так, что данные стальные трубы соединяются.

Соединительный участок конца стальной трубы, на котором обеспечена охватываемая резьба, содержит элемент, подлежащий установке в охватывающую резьбу, обеспеченную на стальной трубе или соединительной муфте, и обычно называемый "ниппелем". Концевой участок стальной трубы или соединительной муфты, на котором обеспечена охватывающая резьба, содержит элемент для приема охватываемой резьбы стальной трубы, и называемый "муфтой". Ниппель и муфта образуют концы труб и, следовательно, имеют трубчатую форму.

В последнее время стали широко распространенными такие методики строительства скважин, как DwC (бурение обсадной колонной) и горизонтальное бурение, что обуславливает быстро увеличивающуюся потребность в соединениях, рассчитанных на высокий крутящий момент. Заявители настоящей заявки изготовили соединения для высокого крутящего момента для стальных труб с наружными диаметрами до 9-5/8" (244,5 мм), представленные резьбовыми соединениями с применением конических резьб с сечениями в форме ласточкина хвоста, которые также известны, как клиновидные резьбы, такие как раскрытые патентным документом 1, идентифицированным ниже. С клиновидными резьбами ширина выступа резьбы охватываемой формы на ниппеле постепенно уменьшается по ходу вдоль спирали резьбы к оконечности, а ширина канавки резьбы охватывающей формы на противоположной муфте постепенно уменьшается аналогично. Дополнительно, обе, рабочие стороны и закладные стороны резьбы охватываемой и охватывающей форм имеют отрицательные углы бокового наклона; когда крепление ниппеля и муфты закончено, рабочие стороны соприкасаются друг с другом, и закладные стороны соприкасаются друг с другом, так что резьбы охватываемой и охватывающей форм являются плотно прилегающими. Данная конструкция обеспечивает резьбовому соединению с клиновидными резьбами высокое сопротивление крутящему моменту.

Документы предшествующего уровня техники

Патентные документы.

[Патентный Документ 1] публикация WO 2015/194193 A1.

Сущность изобретения

Проблемы, решаемые изобретением.

Заявители настоящей заявки разработали резьбовые соединения для высокого крутящего момента для стальных труб с большими диаметрами. При разработке резьбовых соединений с диаметрами больше 9-5/8" согласно конструктивным стандартам, по существу, одинаковым с обычными и проведении испытаний опытных изделий, согласно ISO 13679:2011, Series A с приложением комплексной нагрузки, возникло сдвиговое разрушение в резьбе охватываемой формы на ниппеле при приложении максимальной растягивающей нагрузки.

Задачей настоящего изобретения является создание резьбового соединения для стальных труб большого диаметра, которое может демонстрировать высокое сопротивление крутящему моменту и высокую герметичность и, одновременно, обеспечивать сопротивление сдвигу, подходящее размеру стальной трубы, подлежащей соединению.

Средство решения проблем.

Авторы провели обширные исследования для идентификации причин разрушения резьбы в охватываемой форме в резьбовом соединении для высокого крутящего момента для стальных труб большого диаметра и обнаружили, что ширина резьбы на конце охватываемой формы, который ближе к оконечности, слишком мала относительно прочности на растяжение или, другими словами, сопротивления сдвигу, требуемого от стальной трубы большого диаметра, и сдвиговое разрушение возникает вначале в первом витке формы резьбы, начинающемся от конца данной формы резьбы (ниже в данном документе также называется "первым витком резьбы"). Когда сдвиговое разрушение возникает в первом витке резьбы, нагрузки концентрируются на втором витке резьбы, которая является следующим витком резьбы расположенным в направлении внутрь, как видно в сечении во втором витке резьбы, обуславливая сдвиговое разрушение во втором витке резьбы, которое в свою очередь обуславливает концентрацию нагрузок на третьем витке резьбы, который является следующим витком резьбы расположенным в направлении внутрь, обуславливая здесь сдвиговое разрушение, и так далее; таким образом, принято, что сдвиговые разрушения возникают последовательно в витках охватываемой формы резьбы в большой области.

Если применяется обычная коническая резьба с трапецеидальным сечением, приложение чрезмерной растягивающей нагрузки не вызывает разрушений в резьбах в широком диапазоне, хотя ниппель и муфта могут деформироваться так, что охватываемая резьба выскакивает из охватывающей резьбы. С другой стороны, в резьбовом соединении для высокого крутящего момента, как рассмотрено выше, резьбы с сечением в форме ласточкина хвоста в охватываемой и охватывающей формах прочно сцеплены, и охватываемая и охватывающая формы резьбы никогда не расцепляются.

Соответственно, в резьбовом соединении для высокого крутящего момента с охватываемой и охватывающей формами резьбы, выполненными в форме ласточкина хвоста клиновидными резьбами, как видно в сечении, прочность первого витка резьбы, в котором сдвиговое разрушение возникает первым, является важным для обеспечения нужной прочности на растяжение. Как на индикаторе для оценки сопротивления сдвигу первого витка резьбы, авторы сосредоточили внимание на объеме цилиндра, $V = \pi/4 \cdot \{(D_w + 2T_H)^2 - D_w^2\} \times W_{min}$, где W_{min} - минимальная ширина резьбы в концевой области охватываемой формы резьбы, расположенной ближе к оконечности, измеренная на участке резьбы с наименьшей шириной резьбы (т.е. основании резьбы), к которой относятся, как к аксиальной длине; D_w - диаметр впадины профиля резьбы в такой зоне, к которой относятся, как к внутреннему диаметру цилиндра; и T_H - высота резьбы, к которой относятся, как к толщине стенки.

Дополнительно, сопротивление сдвигу, требуемое от резьбы, варьируется в зависимости от абсолютной величины растягивающей нагрузки, при которой тело стальной трубы переходит через предел текучести.

На основе всех данных исследований авторы обнаружили, что если резьбы в концевом участке охватываемой формы резьбы имеют сопротивление сдвигу, соответствующее размеру стальной трубы, резьбовое соединение для стальных труб большого диаметра демонстрирует высокое сопротивление крутящему моменту и высокую герметичность без сдвигового разрушения в резьбе.

Резьбовое соединение для стальных труб настоящего изобретения содержит трубчатый ниппель, обеспеченный на оконечности стальной трубы с наружным диаметром OD больше 240 мм, и трубчатую муфту, выполненную с возможностью скрепления на ниппеле, когда ниппель ввинчивается. Ниппель содержит охватываемую форму резьбы, выполненную с конической резьбой, образованной на наружной периферии ниппеля и имеющей сечение в форме ласточкина хвоста. Муфта содержит охватывающую форму резьбы, выполненную с конической резьбой, образованной на внутренней периферии муфты и имеющей сечение в форме ласточкина хвоста. Данная охватывающая форма резьбы имеет профиль резьбы, соответствующий охватываемой резьбе. Дополнительно, шаг закладных сторон для охватываемой формы резьбы и охватывающей формы резьбы меньше шага рабочих сторон для охватываемой формы резьбы и охватывающей формы резьбы.

Охватываемая форма резьбы удовлетворяет следующим выражениям (1) и (2):

$$0.40 \leq \frac{\{(D_w + 2T_H)^2 - D_w^2\} \times W_{min}}{\{(OD)^2 - (ID)^2\}} \leq 0.60 \dots (1)$$

, и

$$W_{min} \geq 3,0 \text{ мм} \dots (2)$$

В выражениях (1) и (2) OD - наружный диаметр стальной трубы, ID - внутренний диаметр стальной трубы, D_w - диаметр впадины профиля, смежной с рабочей стороной на конце охватываемой формы резьбы ближе к оконечности, T_H - высота резьбы охватываемой формы, и W_{min} - ширина резьбы, измеренная на основании резьбы, в концевой области охватываемой формы резьбы ближе к оконечности.

Преимущества изобретения

Настоящее изобретение обеспечивает резьбовое соединение для стальных труб большого диаметра, которое содержит охватываемую форму резьбы на ниппеле с сопротивлением сдвигу, которое подходит для размера стальной трубы большого диаметра и которое обеспечивает высокое сопротивление крутящему моменту и высокую герметичность.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показано продольное сечение резьбового соединения для стальных труб варианта осуществления по оси трубы.

На фиг. 2 показано с увеличением продольное сечение охватываемый и охватывающей форм резьбы фиг. 1.

На фиг. 3 показано с увеличением продольное сечение концевой зоны охватываемой формы резьбы фиг. 1 ближе к оконечности.

На фиг. 4 показана графическая оценка результатов сопротивления крутящему моменту с применением анализа методом конечных элементов (далее анализа FEM).

На фиг. 5 показан путь нагружения, полученный из оценок герметичности с применением анализа FEM.

На фиг. 6 показаны результаты графической оценки герметичности с применением анализа FEM.

На фиг. 7 показаны результаты графической оценки сопротивления сдвигу с применением анализа FEM.

Варианты осуществления изобретения

Резьбовое соединение для стальных труб настоящего варианта осуществления содержит трубчатый ниппель, обеспеченный на оконечности стальной трубы с наружным диаметром OD больше 240 мм, и трубчатую муфту, выполненную с возможностью скрепления на ниппеле, когда ниппель ввинчивается. Ниппель содержит охватываемую форму резьбы, выполненную с конической резьбой, образованной на наружной периферии ниппеля и имеющей сечение в форме ласточкина хвоста. Муфта содержит охватывающую форму резьбы, выполненную с конической резьбой, образованной на внутренней периферии муфты и имеющей сечение в форме ласточкина хвоста. Данная охватывающая форма резьбы имеет профиль резьбы, соответствующий охватываемой форме резьбы.

Дополнительно, шаг закладных сторон для охватываемой формы резьбы и охватывающей формы резьбы меньше шага рабочих сторон для охватываемой формы резьбы и охватывающей формы резьбы. То есть, каждая из охватываемой и охватывающей форм резьбы представлена клиновидной резьбой, имеющей ширину резьбы, которая постепенно уменьшается или увеличивается к оконечности.

Охватываемая форма резьбы удовлетворяет следующим выражениям, (1) и (2):

$$0.40 \leq \frac{\{(D_w + 2T_H)^2 - D_w^2\} \times W_{min}}{\{(OD)^2 - (ID)^2\}} \leq 0.60 \dots (1)$$

, и

$$W_{min} \geq 3,0 \text{ мм} \dots (2).$$

В выражениях (1) и (2) OD - наружный диаметр стальной трубы, ID - внутренний диаметр стальной трубы, D_w - диаметр впадины профиля смежной с рабочей стороной на конце охватываемой формы резьбы ближе к оконечности, T_H - высота резьбы охватываемой формы и W_{min} - ширина резьбы, измеренная на основании резьбы, в концевой области охватываемой формы резьбы, ближе к оконечности. Высота резьбы охватываемой и охватывающей форм в общем одинаковая. Высота резьбы охватываемой формы и высота резьбы охватывающей формы является постоянной по всей длине участка винтовой полнопрофильной резьбы.

Более предпочтительно, охватываемая форма резьбы удовлетворяет следующему выражению (3):

$$0.45 \leq \frac{\{(D_w + 2T_H)^2 - D_w^2\} \times W_{min}}{\{(OD)^2 - (ID)^2\}} \leq 0.50 \dots (3)$$

В резьбовом соединении для стальных труб настоящего изобретения высота резьбы, T_H охватываемой формы предпочтительно не меньше 1,8 мм, для обеспечения достаточного сопротивление крутящему моменту. С другой стороны, если высота резьбы, T_H охватываемой формы слишком большая, это означает глубокие канавки резьбы на внутренней периферии муфты, которые уменьшают прочность на растяжение муфты; принимая это во внимание, высота резьбы, T_H охватываемой формы, предпочтительно, не больше 2,3 мм.

Формы в сечении вершин резьбы охватываемой и охватывающей форм резьбы и формы в сечении впадин профиля охватываемой и охватывающей форм резьбы могут быть отрезками прямой, параллельными оси стальной трубы, или могут быть отрезками прямой, наклоненными на угол конусности всей охватываемой и охватывающей резьбы.

"Охватываемая форма резьбы" и "охватывающая форма резьбы", как определено в формуле изобретения, может содержать область полнопрофильной резьбы, где диапазон в котором область полнопрофильной резьбы охватываемой формы и область полнопрофильной резьбы охватывающей формы являются плотно прилегающими, когда ниппель и муфта скреплены, может иметь длину по оси 40-60 мм. Можно обеспечить область неполнопрофильной резьбы, которая проходит сразу от конца, ближе к оконечности одной или каждой из областей полнопрофильной резьбы, представляющих охватываемую и охватывающую формы резьбы. Можно обеспечить область неполнопрофильной резьбы или другую область полнопрофильной резьбы с постоянной шириной резьбы, которая проходит сразу от конца, ближе к основанию одной или каждой из областей полнопрофильной резьбы, представляющих охватываемую и охватывающую форму резьбы, как определено в формуле изобретения (т.е. конец ближе к телу стальной

трубы). В контексте настоящего изобретения область полнопрофильной резьбы может быть областью имеющей последовательные витки резьбы с постоянной высотой резьбы, и область не полнопрофильной резьбы может быть областью с постепенно уменьшающейся высотой резьбы. Когда соединение скреплено, обе группы, рабочие стороны и закладные стороны резьб в области полнопрофильной резьбы и области неполнопрофильной резьбы охватываемой формы могут быть в контакте с рабочими сторонами и закладными сторонами резьбы охватывающей формы. Когда соединение скреплено, обе группы, рабочие стороны и закладные стороны витков резьбы в области полнопрофильной резьбы и области неполнопрофильной резьбы охватывающей формы могут соприкасаться с рабочими сторонами и закладными сторонами витков резьбы охватываемой формы.

Каждая из рабочих и закладных сторон каждой резьбы, имеющей сечение в форме ласточкина хвоста, имеет отрицательный угол бокового наклона. Например, угол бокового наклона рабочих и закладных сторон может составлять от -10° до -1° . Угол бокового наклона рабочей стороны является углом, образованным между рабочей стороной и прямой линией перпендикулярной оси трубы, CL (см. фиг. 1) в продольном сечении. Угол бокового наклона закладной стороны является углом между закладной стороной и прямой линией перпендикулярной оси трубы, CL в продольном сечении. Если рабочая или закладная сторона параллельна прямой линии перпендикулярной оси трубы, CL, угол бокового наклона равен 0° . Если рабочая или закладная сторона охватываемой резьбы наклонена и обращена радиально наружу, угол бокового наклона данной стороны принимает положительное значение. Напротив, если рабочая или закладная сторона охватываемой резьбы наклонена и обращена радиально внутрь, угол бокового наклона данной стороны принимает отрицательное значение. Если рабочая или закладная сторона охватывающей резьбы наклонена и обращена радиально внутрь, угол бокового наклона данной стороны принимает положительное значение. Напротив, если рабочая или закладная сторона охватывающей резьбы наклонена и обращена радиально наружу, угол бокового наклона данной стороны принимает отрицательное значение.

Наружный диаметр тела стальной трубы может составлять, более предпочтительно, не меньше 245 мм и, еще более предпочтительно, не меньше 270 мм. Наружный диаметр тела стальной трубы, предпочтительно, не больше 400 мм, и еще более предпочтительно, не больше 350 мм и, наиболее предпочтительно, не больше 310 мм. Тело стальной трубы, предпочтительно, имеет толщину стенки, в общем постоянную по всей длине по оси. Тело стальной трубы, предпочтительно, имеет наружный и внутренний диаметры в общем постоянные по всей длине по оси. Ниппель обеспечен на конце тела стальной трубы.

Во время выполнения стальной трубы внутреннюю и наружную поверхности трубы прокатывают, при этом трубу вращает инструмент. Вместе с тем, на выполнение трубы влияют различные факторы, такие как положение инструмента во время прокатки, износ инструмента и температура прокатки, так что полученная стальная труба может не обязательно иметь строго кольцевое сечение, но может быть деформирована, иметь сечение не строго кольцевое, такое как эллиптическое. Независимо от того, имеет ли труба строго кольцевую или не строго кольцевую форму, наружный диаметр полученной стальной трубы измеряют в множестве точек в направлении по окружности, и трубу отгружают, как принятое изделие если максимальное значение данных измерений меньше значения, заданного API (American Petroleum Institute) (по действующему стандарту 101% номинального наружного диаметра стальной трубы). Наружный диаметр OD стальной трубы настоящего изобретения может быть номинальным наружным диаметром стальной трубы.

Также проверяют внутренний диаметр, при этом внутренний диаметр и внутреннюю поверхность выполненной стальной трубы измеряют, применяя оправочный калиброммер, как раскрыто в JP 2016-130668 A. Диаметр оправочного калиброммера также задан стандартами API: для стальных труб 10-3/4" 65.7# (наружный диаметр тела трубы: 273,05 мм; внутренний диаметр тела трубы: 242,82 мм), заданный диаметр оправки является номинальным внутренним диаметром стальной трубы минус 5/32 дюймов (4 мм); таким образом, выполненную стальную трубу можно отгружать, как принятое изделие, если минимальное значение внутреннего диаметра трубы не меньше $242,82 - 5/32 \times 25,4 = 238,851$ мм. Внутренний диаметр ID стальной трубы настоящего изобретения может быть номинальным внутренним диаметром стальной трубы.

Высота резьбы, T_H может также быть номинальной высотой резьбы стальной трубы. D_W и W_{min} в выражении (1), приведенном выше, можно вычислить на основе номинальных значений различных параметров, определяющих профиль конической резьбы, таких как длина резьбы, угол конусности резьбы, высота резьбы, шаг рабочих сторон и шаг закладных сторон.

Перечисленные выше номинальные значения в приложении к трубам для нефтяных скважин при удовлетворении требований стандартов API и размеров различных участков, можно считать номинальными значениями, если они соответствуют допускам, заданным стандартами API. Наружный диаметр OD, внутренний диаметр ID, высота резьбы, T_H , D_W и W_{min} могут быть измеренными значениями. Если стальная труба не имеет строго кольцевого сечения, предпочтительным является применение значения, полученного выпрямлением стальной трубы, в реальности или в моделировании для получения строго кольцевого сечения.

Резьбовое соединение для стальных труб настоящего варианта осуществления описано ниже со ссылкой на чертежи. В чертежах одинаковым и совпадающим элементам присвоены одинаковые обозначения, и одинаковые описания не повторяются.

Показанное на фиг. 1, резьбовое соединение 1 для стальных труб настоящего варианта осуществления содержит трубчатый ниппель 10 и трубчатую муфту 20. Ниппель 10 выполнен из концевой части стальной трубы 2. Муфта 20 выполнена из концевой части соединительной муфты, и выполнена с возможностью скрепления на ниппеле 10, когда ниппель 10 устанавливается в ней. Части стальной трубы 2 за исключением концевых участков могут также относиться в данном документе к "телу трубы". На фиг. 1 показана ось CL стальной трубы 2, наружный диаметр OD тела стальной трубы 2, т.е. диаметр наружной периферии, а также внутренний диаметр ID тела трубы, т.е. диаметр внутренней периферии. Стальная труба 2 настоящего варианта осуществления является стальной трубой большого диаметра, в которой наружный диаметр OD тела трубы больше 240 мм.

Ниппель 10 содержит охватываемую форму 11 резьбы и упорный выступ 12. Охватываемая форма 11 резьбы представлена резьбой, проходящей спирально на наружной периферии ниппеля 10. Охватываемая форма 11 резьбы представлена клиновидной резьбой, имеющей ширину резьбы, которая постепенно уменьшается к оконечности ниппеля 10. Каждый виток резьбы охватываемой формы 11 резьбы имеет сечение в форме ласточкина хвоста. Упорный выступ 12 проходит от конца ближнего к оконечности охватываемой формы 11 резьбы до оконечности. Участок 13 уплотнения ниппеля обеспечен на наружной периферии упорного выступа 12. В показанном варианте реализации участок 13 уплотнения ниппеля представлен цилиндрической уплотнительной поверхностью, выполненной по дуге, как видно в сечении; альтернативно, форма в сечении уплотнительного участка ниппеля 13 может быть прямолинейной или может быть образована комбинацией прямой линии и дуги.

Муфта 20 содержит открытый конец для приема ниппеля 10. Муфта 20 содержит охватывающую форму 21 резьбы, обеспеченную на своей внутренней периферии, и уплотнительный участок 22 муфты. Охватывающая форма 21 резьбы является комплементарной охватываемой форме 11 резьбы, представлена резьбой, которая проходит спирально на внутренней периферии муфты 20. Охватывающая форма 21 резьбы представлена клиновидной резьбой, имеющей ширину резьбы, которая постепенно увеличивается от открытого конца к внутренней муфте 20. Каждый виток резьбы охватывающей формы 21 имеет сечение в форме ласточкина хвоста. Уплотнительный участок 22 муфты образован конической поверхностью, расположенной дальше к внутренней муфте 20, чем охватывающая форма 21 резьбы. Уплотнительный участок 22 муфты может быть представлен цилиндрической уплотнительной поверхностью, выполненной в виде дуги, как видно в сечении, или может быть выполнен, как комбинация прямой линии и дуги, как видно в сечении.

Как показано на фиг. 1 и 2, охватываемая форма 11 резьбы настоящего варианта осуществления содержит область полнопрофильной резьбы ниппеля и область неполнопрофильной резьбы ниппеля. Область полнопрофильной резьбы ниппеля является областью, содержащей витки резьбы, имеющие заданную высоту резьбы, T_H и расположенные с заданным шагом рабочих сторон, LP и шагом закладных сторон, SP. Область неполнопрофильной резьбы ниппеля является областью, где глубина выреза на наружной поверхности стальной трубы 2 не является достаточной для обеспечения заданной высоты витка резьбы, в результате того факта, что воображаемая коническая поверхность, образующая коническую форму конической резьбы, пересекает наружную поверхность стальной трубы 2. Охватывающая форма 21 резьбы содержит область полнопрофильной резьбы муфты и область неполнопрофильной резьбы муфты. Область полнопрофильной резьбы муфты проходит от точки вблизи открытого конца муфты 20 до точки вблизи второго витка резьбы охватываемой формы 11 на ниппеле 10. Витки резьбы в области неполнопрофильной резьбы муфты сцепляются с первым витком 11А резьбы охватываемой формы 11 резьбы на ниппеле 10, когда ниппель 10 и муфта 20 скреплены. Как показано на фиг. 2, когда соединение скреплено, высота резьбы в области полнопрофильной резьбы охватываемой формы 11 меньше высоты резьбы в области полнопрофильной резьбы охватывающей формы 21, так что небольшой зазор (около 0,1 мм, например) создается между вершиной резьбы охватываемой формы 11 и впадиной профиля резьбы охватывающей формы 21, когда вершина резьбы охватывающей формы 21 находится в контакте с впадиной профиля резьбы охватываемой формы 11. Предпочтительно, диапазон, в котором область полнопрофильной резьбы охватываемой формы 11 плотно прилегает к области полнопрофильной резьбы охватывающей формы 21, когда соединение скреплено, имеет длину по оси от 40 до 60 мм.

Как показано на фиг. 1 и 2, каждая из рабочих сторон 11L, 21L и закладных сторон 11S, 21S каждой резьбы охватываемой и охватывающей форм 11 и 21 имеет отрицательный угол бокового наклона, θ . Угол бокового наклона, θ рабочих сторон 11L и 21L и угол бокового наклона, θ закладных сторон 11S и 21S может быть одинаковым, или может быть разным.

Когда ниппель 10 и муфта 20 скреплены, закладная сторона 11S и рабочая сторона 11L резьбы охватываемой формы 11 соприкасаются с закладной стороной 21S и рабочей стороной 21L резьбы охватывающей формы 21 так, что ниппель 10 блокируется на муфте 20, при этом обеспечивается высокое сопротивление крутящему моменту, и когда участок 13 уплотнения ниппеля плотно прилегает к уплотни-

тельному участку 22 муфты, благодаря посадке с натягом, обеспечивается высокая герметичность.

В настоящем варианте осуществления, как показано на фиг. 1 и 3, профиль охватываемой формы 11 резьбы разработан таким, что виток 11А резьбы на конце, который ближе к оконечности, области полно-профильной резьбы охватываемой формы 11 удовлетворяет следующим выражениям, (1) и (2):

$$0.40 \leq \frac{\{(D_w + 2T_H)^2 - D_w^2\} \times W_{min}}{\{(OD)^2 - (ID)^2\}} \leq 0.60 \dots (1), \text{ и}$$

$$W_{min} \geq 3,0 \text{ мм} \dots (2)$$

В выражениях (1) и (2) OD - наружный диаметр стальной трубы 2, ID - внутренний диаметр стальной трубы, D_w - диаметр впадины профиля смежной с рабочей стороной витка 11А резьбы, T_H - высота витка 11А резьбы относительно канавки резьбы, смежной с его рабочей стороной, и W_{min} - ширина витка 11А резьбы, измеренная на основании резьбы.

Резбовое соединение 1 для стальных труб настоящего варианта осуществления обеспечивает сбалансированную комбинацию высокого сопротивления крутящему моменту, высокую герметичность и высокое сопротивление сдвигу на каждой из охватываемой и охватывающей форм 11 и 21 резьбы, представленных клиновидной резьбой, и охватываемая форма 11 резьбы сконструирована так, что минимальная ширина резьбы первого витка 11А резьбы, измеренная на ее основании, охватываемой формы 11 резьбы составляет по меньшей мере 3 мм, и выражение (1) выше удовлетворяется.

Настоящее изобретение можно применять не только для резьбовых соединений, относящихся к типу с соединительными муфтами, но также для интегральных резьбовых соединений. Настоящее изобретение не ограничено показанным выше вариантом осуществления, и являются возможными другие различные модификации, не выходящие за рамки сущности изобретения.

Примеры

Для подтверждения преимуществ резьбового соединения для стальных труб настоящего варианта осуществления проведены моделирования численного анализа посредством метода упругопластический конечных элементов для оценки сопротивления крутящему моменту, герметичности и сопротивления сдвигу.

Условия испытаний.

Для анализа FEM было создано множество испытываемых образцов (моделей для анализа) с отличающимися профилями резьбы, и проводили упругопластический анализ методом конечных элементов для каждого испытываемого образца, сравнивая их показатели работы. Каждый испытываемый образец являлся резьбовым соединением с соединительной муфтой, имеющей базовую конструкцию, показанную на фиг. 1-3, в соединении со стальными трубами со следующими параметрами:

размеры стальных труб: 10-3/4" 65.7# (с телом трубы с наружным диаметром 273,05 мм и внутренним диаметром 242,82 мм);

материал: материал трубы для нефтяных скважин Q125 согласно стандартам API (номинальный предел текучести $YS=862$ МПа (125 тыс.фунт/кв.дюйм));

угол бокового наклона рабочих и закладных сторон резьбы: -5° .

В таблице показаны размеры и другие параметры резьбовых соединений, применявшихся для анализа в качестве испытываемых образцов.

испытательный образец	длина резбы, мм	конусность резбы, град	T, мм	LP, мм	SP, мм	W, мм	DW, мм	выражение (1)	MT, W фунт.	Fs, H/ми	Ps, %	испытание реальной трубы	
№1	115,80	5,72	2,0	9,36	9,00	2,55	263,7	0,35	189685	577	-18,69	сдвиговое разрушение	сравнительный пример
№2	115,80	5,72	2,0	9,74	9,37	2,73	263,7	0,37	182740	576	-19,16	не испытывали	сравнительный пример
№3	115,80	5,72	2,0	10,12	9,73	2,92	263,7	0,40	175813	574	-18,42	Не испытывали	сравнительный пример

													мер
№4	115,8 0	5,72	2, 0	10, 50	10,1 0	3,12	263, 8	0,4 3	1686 38	57 5	- 14,89	не испы тыва ли	при мер диза йна изоб рете ния
№5	115,8 0	5,72	2, 0	11, 60	11,1 6	3,64	263, 8	0,5 0	1550 92	58 2	- 11,78	не испы тыва ли	при мер диза йна изоб рете ния
№6	115,8 0	5,72	2, 0	12, 10	11,6 4	3,88	263, 8	0,5 3	1509 36	58 0	-9,42	не испы тыва ли	при мер диза йна изоб рете ния
№7	115,8 0	5,72	2, 0	12, 70	12,2 1	4,16	263, 9	0,5 7	1426 77	58 3	-8,27	не испы тыва ли	при мер диза йна изоб рете ния
№8	123,3 0	5,72	2, 2	10, 00	10,5 0	3,29	263, 1	0,4 9	2092 80	43 9	- 12,73	не испы тыва ли	при мер диза йна изоб рете
													ния
№9	136,0 0	4,78	2, 2	11, 00	10,5 0	3,30	263, 7	0,5 0	1959 79	46 6	-9,10	нет сдви говог о разру шени я	при мер диза йна изоб рете ния

В таблице испытываемый образец № 1 создали на основе правил конструирования, одинаковых с правилами для обычных трубных соединений от среднего до малого диаметра для стальных труб, хотя испытываемые образцы № 2-7 создавали посредством модификации дизайна испытываемого образца № 1 по отношению к шагу рабочих сторон, LP и шагу закладных сторон, SP. Испытываемый образец № 8 выполнен на основе испытываемого образца № 1, имеющим профиль резьбы с шагом рабочих сторон, LP 11,00 мм и шагом закладных сторон, SP 10,50 мм и с увеличенной высотой резьбы, T_H . Испытываемый образец № 9 выполнен на основе испытываемого образца № 8, имеющим профиль резьбы, созданный уменьшением конусности резьбы для увеличения длины резьбы. Значения выражения (1) и W_{\min} для каждого из испытываемых образцов № 1-9 были определены; оказалось, что испытываемые образцы № 1-3

имели значения за пределами диапазонов настоящего изобретения и следовательно рассматриваются, как сравнительные примеры, а значения испытываемых образцов № 4-9 имели значения в диапазонах настоящего изобретения. "Длина резьбы" в таблице означает всю длину резьбы, содержащую область полнопрофильной резьбы и область неполнопрофильной резьбы. "конусность резьбы" означает удвоенный угол между прямой линией, проходящий через середину, определенный вдоль направления высоты рабочей стороны, каждой резьбы, как видно в сечении охватываемой формы резьбы, с одной стороны, и осью трубы резьбы с другой.

Оценка сопротивления крутящему моменту.

Для оценки сопротивления крутящему моменту значение, при котором инициируется текучесть на диаграмме крутящего момента свинчивания MTV (значение максимального крутящего момента) обрабатывали как крутящий момент на пределе текучести и применяли для оценки. Результаты оценки показаны в таблице и на фиг. 4.

Оценка герметичности.

Для оценки герметичности прикладывали комплексную нагрузку, имитируя реальное испытание, как показано на фиг. 5, для вычисления контактной силы уплотнения, возникающей между участками 13 и 22 уплотнения. Самое низкое значение контактной силы на пути нагружения обрабатывали, как минимальную контактную силу F_s уплотнения, и герметичность оценивали на основе абсолютной величины данного значения. Результаты оценки показаны в таблице и на фиг. 6.

Сопротивление сдвигу.

Для оценки сопротивления сдвигу прикладывали нагрузку, составляющую 90% растягивающей нагрузки, при которой тело стальной трубы 2 переходит через предел текучести, и вычисляли пластическую деформацию сдвига, P_s на участке поверхности охватываемой формы 11 резьбы, который расположен вблизи впадины профиля резьбы смежной с рабочей стороной первого витка 11А резьбы, (участок поверхности вблизи круглого участка, соединяющего рабочую сторону и поверхность канавки резьбы смежную с рабочей стороной), на котором сдвиговое разрушение инициируется, и посчитали, что чем меньше абсолютное значение P_s , тем лучше сопротивление сдвигу. Результаты оценки показаны в таблице и на фиг. 7.

Результаты оценки.

Как показано на фиг. 4, для испытываемых образцов № 1-7, MTV несколько уменьшается, когда шаг рабочих сторон, LP резьбы увеличивается; при этом, сопротивление крутящему моменту, требуемое от изделия, считается обеспеченным. Для испытываемых образцов № 8 и № 9, жесткость охватываемой формы резьбы увеличили и длину резьбы несколько увеличили, так что MTV несколько увеличилось. Данные результаты позволяют предположить, что резьбовое соединение, удовлетворяющее настоящему изобретению, демонстрирует сопротивление крутящему моменту, по существу, равное сопротивлению резьбового соединения, удовлетворяющего правилам конструирования, одинаковым с теми, что применяют для обычных соединений труб среднего-малого диаметра для стальных труб.

С другой стороны, как показано на фиг. 6, для испытываемых образцов № 1-7, минимальная контактная сила F_s уплотнения оставалась, по существу, на одном уровне, даже когда шаг 4 рабочих сторон витков резьбы варьировался. Для каждого из испытываемых образцов № 8 и № 9, герметичность была несколько ниже, чем герметичность для испытываемых образцов № 1-7. При этом, величина уменьшения оставалась в допустимом диапазоне, и герметичность, требуемую для изделия, считали обеспеченной. Для каждого испытываемого образца минимальная контактная сила F_s уплотнения возникала на этапе нагрузки с наружным давлением и сжатием, идентифицированными позициями (9), (17).

Для оценки сопротивления сдвигу, как показано на фиг. 7, для испытываемых образцов № 2 и № 3, которые не удовлетворяли требованиям настоящего изобретения, пластическая деформация сдвига, P_s лишь уменьшилась от уровня испытываемого образца № 1. Для № 4-9, которые удовлетворяли требованиям настоящего изобретения, можно видеть, что пластическая деформация сдвига, P_s значительно уменьшилась от уровня испытываемого образца № 1.

Данные результаты демонстрируют, что, для каждого из испытываемых образцов № 4-9, которые удовлетворяли требованиям настоящего изобретения, сопротивление крутящему моменту и герметичность находились в общем на уровнях, одинаковых с испытываемым образцом № 1, но сопротивление сдвигу кардинально увеличилось.

Испытание реальной трубы.

Для испытываемых образцов № 1 и № 9, изготовили экземпляры для оценки сопротивления сдвигу испытанием реальной трубы.

Для выполнения обработки поверхности на испытываемых экземплярах, никакой обработки поверхности не выполнялось на ниппеле после обработки резанием, а муфту подвергли обработке поверхности, применяя фосфат марганца. Во время скрепления ниппеля и муфты на соединении применяли смазку BOL 4010 NM, которая является экологически безопасно, и скрепление производили с заданным крутящим моментом до проведения испытания на растяжение/сжатие, в котором растягивающую нагрузку и сжимающую нагрузку прикладывали попеременно, каждая из данных нагрузок составляла 90% нагрузки растяжения/сжатия, при которой тело стальной трубы переходит через предел текучести, и опре-

деляли, возникает ли сдвиговое разрушение в охватываемой форме резьбы на ниппеле.

В данных испытаниях для испытываемого образца № 1 возникало сдвиговое разрушение в охватываемой форме резьбы во время пятнадцатого цикла растяжения, хотя для испытываемого образца № 9, сдвиговое разрушение не возникало даже после 25-го цикла повторяющихся нагрузок растяжения и сжатия. Это подтверждает, что резьбовое соединение настоящего изобретения имеет удовлетворительное сопротивление сдвигу.

Перечень ссылочных позиций

1: резьбовое соединение для стальных труб; 10: ниппель; 11: охватываемая форма резьбы; 20: муфта; 21: охватывающая форма резьбы; 2: стальная труба.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение для стальных труб, содержащее трубчатый ниппель, обеспеченный на оконечности стальной трубы с наружным диаметром OD больше 240 мм, и трубчатую муфту, выполненную с возможностью скрепления на ниппеле при ввинчивании ниппеля, при этом ниппель содержит охватываемую форму резьбы, выполненную с конической резьбой, образованной на наружной периферии ниппеля, муфта содержит охватывающую форму резьбы, выполненную с конической резьбой, образованной на внутренней периферии муфты, каждая из охватываемой и охватывающей форм резьбы имеет сечение в форме ласточкина хвоста, и шаг закладных сторон для охватываемой формы резьбы и охватывающей формы резьбы меньше шага рабочих сторон для охватываемой формы резьбы и охватывающей формы резьбы, и при этом охватываемая форма резьбы удовлетворяет следующим выражениям (1) и (2):

$$0.40 \leq \frac{\{(D_w + 2T_H)^2 - D_w^2\} \times W_{min}}{\{(OD)^2 - (ID)^2\}} \leq 0.60 \dots (1)$$

$$W_{min} \geq 3,0 \text{ мм} \dots (2)$$

где OD - наружный диаметр стальной трубы, ID - внутренний диаметр стальной трубы, D_w - диаметр впадины профиля смежной с рабочей стороной на конце охватываемой формы резьбы ближе к оконечности, T_H - высота резьбы охватываемой формы, и W_{min} - ширина резьбы, измеренная на основании резьбы, в концевой области охватываемой формы резьбы ближе к оконечности.

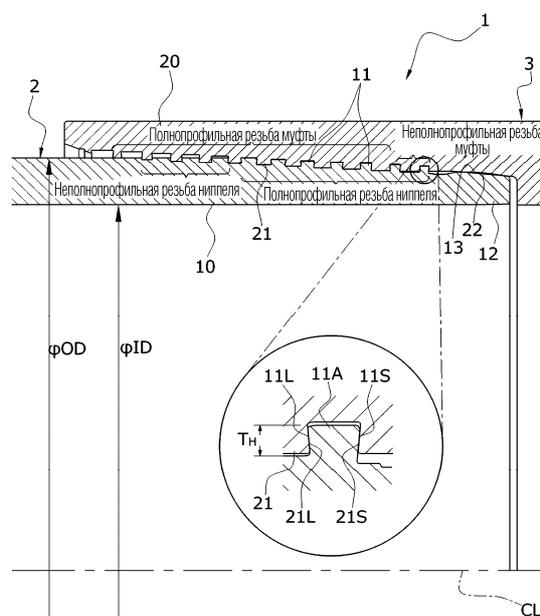
2. Резьбовое соединение для стальных труб по п.1, в котором охватываемая форма резьбы удовлетворяет следующему выражению (3):

$$0.45 \leq \frac{\{(D_w + 2T_H)^2 - D_w^2\} \times W_{min}}{\{(OD)^2 - (ID)^2\}} \leq 0.50 \dots (3)$$

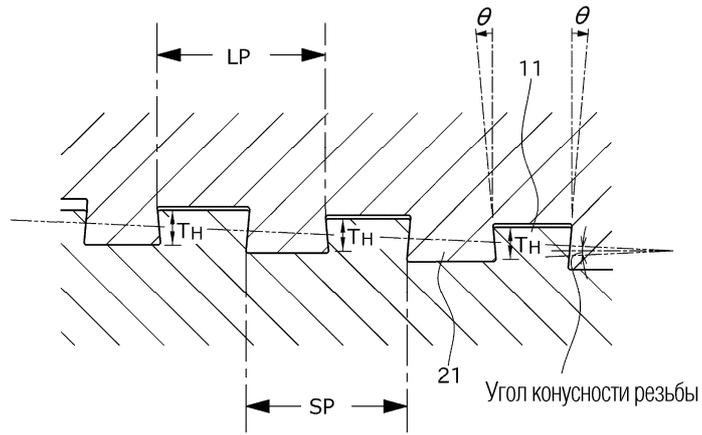
3. Резьбовое соединение для стальных труб по п.1 или 2, в котором высота резьбы (T_H) охватываемой формы резьбы не меньше 1,8 мм.

4. Резьбовое соединение для стальных труб по пп.1, 2 или 3, в котором высота резьбы (T_H) охватываемой формы резьбы не больше 2,3 мм.

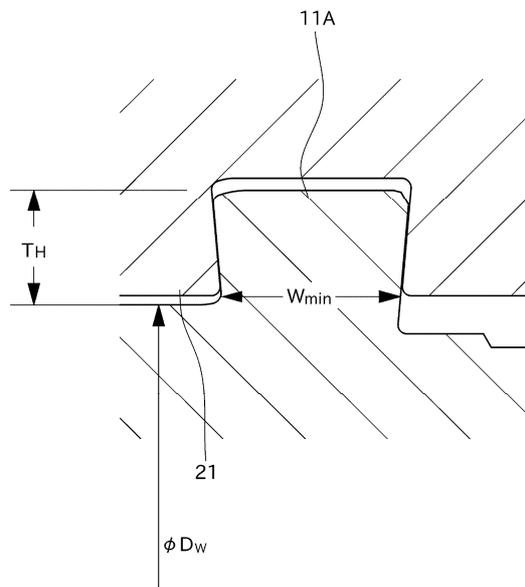
5. Резьбовое соединение для стальных труб по любому из пп.1-4, в котором угол конусности охватываемой формы резьбы не больше $5,72^\circ$.



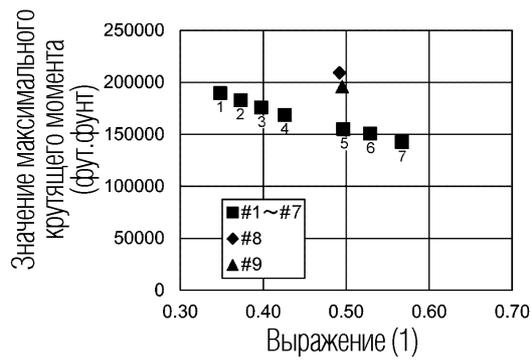
Фиг. 1



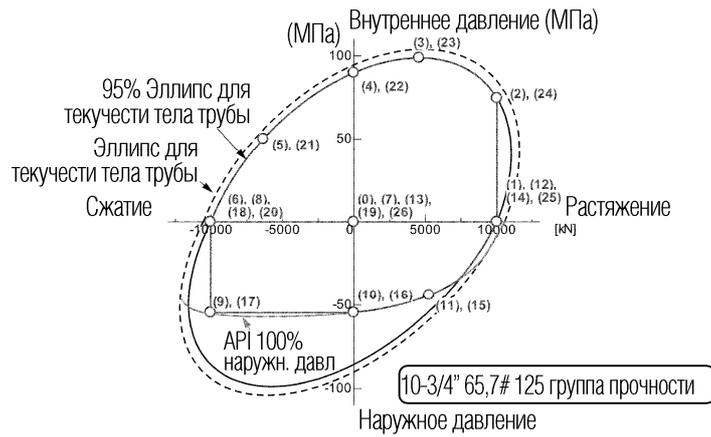
Фиг. 2



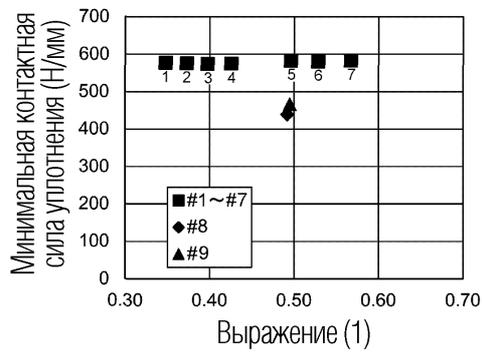
Фиг. 3



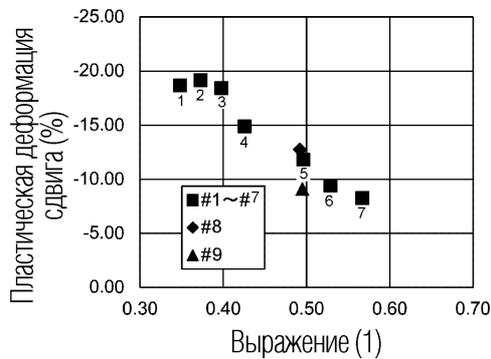
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7