

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202290195 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.04.01

(22) Дата подачи заявки
2020.07.02

(51) Int. Cl. *E21B 43/08* (2006.01)
B01D 29/46 (2006.01)
B01D 35/02 (2006.01)
B01D 39/20 (2006.01)
E03B 3/18 (2006.01)

(54) РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО
УСТРОЙСТВА

(31) 19184106.3

(32) 2019.07.03

(33) EP

(86) PCT/IB2020/056275

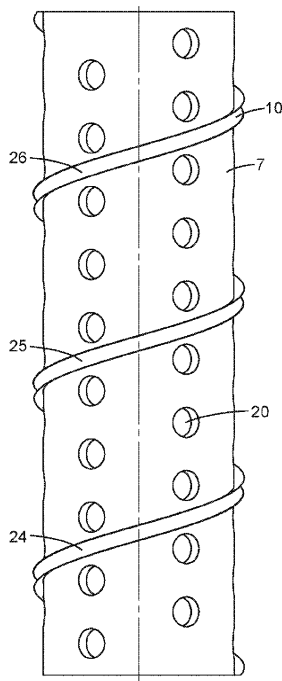
(87) WO 2021/001788 2021.01.07

(71) Заявитель:
ЗМ ИННОВЕЙТИВ ПРОПЕРТИЗ
КОМПАНИ (US)

(72) Изобретатель:
Мешке Франк А., Виктор
Георг П., Джоли Сэмюэл Ф., Раух
Вольфганг М., Уйбель Кришна Б.,
Барт Петер, Ланге Дитрих (DE)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) Изобретение относится к разделительному устройству для удаления твердых частиц из текучих сред и к применению указанного разделительного устройства для удаления твердых частиц из текучих сред.



202290195 A1

202290195

A1

РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Область техники, к которой относится изобретение

[001] Раскрытие настоящего изобретения относится к разделительному устройству для удаления твердых частиц из текучей среды.

Сведения о предшествующем уровне техники

[002] Такие разделительные устройства необходимы во многих скважинах для добычи нефти и газа. При этом нефть с минеральными веществами и природный газ хранятся во встречающихся в естественных условиях подземных коллекторах, причем нефть или газ распределены в более или менее пористых и проницаемых слоях с полезными ископаемыми. Цель каждой нефтяной или газовой буровой скважины состоит в том, чтобы достичь коллектора и использовать его таким образом, чтобы, насколько это возможно, извлекать только пригодные для продажи продукты, такие как нефть и газ, а извлечение нежелательных побочных продуктов минимизировать или даже полностью исключить. Нежелательные побочные продукты при добыче нефти и газа включают в себя твердые частицы, такие как пески и другие минеральные частицы, которые увлекаются из коллектора в ствол скважины потоком жидкости или газа.

[003] Поскольку минеральные пески часто являются абразивными, приток таких твердых веществ в эксплуатационную насосно-компрессорную трубу и насос вызывает значительный нежелательный абразивный и эрозионный износ всех технических внутренних элементов ствола скважины. Таким образом, предпринимаются попытки освободить продуктивный поток с помощью фильтрующих систем от нежелательных песков непосредственно после того, как продуктивный поток покидает коллектор, то есть в то время как он все еще находится в стволе скважины.

[004] Проблемы истирания и эрозии при удалении твердых частиц из жидких и газовых потоков не ограничиваются нефте- и газодобывающей промышленностью, но могут возникать также при добыче воды. Вода может быть извлечена с целью получения питьевой воды или для получения геотермальной энергии. Пористые, часто свободно слоистые коллекторы воды, как правило, вводят значительное количество абразивных

частиц в материал, извлечение которого производится. В этих применениях также существует потребность в износостойких и эрозионностойких фильтрах. Кроме того, при извлечении руды и многих других полезных ископаемых возникают проблемы истирания и эрозии при удалении твердых частиц из жидких и газовых потоков.

[005] При добыче нефти и газа отделение нежелательных частиц обычно на сегодняшний день достигается за счет использования фильтров, которые получают путем спиральной намотки и сварки стальных формующих проволок на перфорированную основную трубу. Такие фильтры называются "фильтрами с проволочной обмоткой". Другой широко используемый тип конструкции для фильтров при добыче нефти и газа состоит в обмотке перфорированной основной трубы металлическими сетками в виде сита. Эти фильтры называются "ситами с металлической сеткой". Оба способа обеспечивают фильтры с эффективными отверстиями сита, составляющими от 75 мкм до 350 мкм. В зависимости от типа строительства и планируемого предполагаемого использования обоих этих типов фильтра фильтрующие элементы дополнительно защищены посаженной снаружи сеткой с крупными отверстиями от механических повреждений во время транспортировки и их введения в ствол скважины. Недостатком этих типов фильтра является то, что под действием абразивных частиц, протекающих с высокой скоростью, металлические конструкции подвергаются быстрому абразивному износу, что быстро приводит к разрушению конструкций с тонкими ситами. Такие высокоскоростные абразивные потоки часто встречаются в скважинах для добычи нефти и/или газа, что приводит к значительным техническим и финансовым расходам, требующимся для замены фильтров. Существуют даже добывающие скважины, которыми вследствие этих потоков нельзя управлять, используя обычную технологию фильтрации, и, следовательно, их коммерческое использование невозможно. Обычные металлические фильтры подвергаются абразивному и эрозионному износу, поскольку стали, даже если они упрочнены, являются более мягкими, чем частицы в добывающих скважинах, которые иногда содержат кварц.

[006] Для противодействия абразивным потокам песка с помощью износостойких конструкций в виде сит в US 8893781 B2, US 8,833447 B2, US 8662167 B2 и WO 2016/018821 A1 предложены фильтрующие конструкции, в которых фильтровальные зазоры, то есть функциональные отверстия фильтра, создаются путем укладки в стопу специально сформированных плотно спеченных кольцевых дисков из хрупко-твердого

материала, предпочтительно керамического материала. При этом проставки расположены на верхней стороне кольцевых дисков, распределенных по окружности дисков.

[007] В разделительном устройстве по WO 2016/018821 A1 перфорированная труба расположена внутри стопы кольцевых дисков, и на эту трубу надеты с укладкой в стопу хрупко-жесткие кольцевые диски. По меньшей мере три ленты, предпочтительно выполненные из металлического материала, расположены в осевом направлении параллельно и равномерно разнесены на боковой поверхности перфорированной трубы. Кольцевые диски надеты на указанные по меньшей мере три ленты. Ленты могут быть выполнены с кривизной, причем выпуклая сторона изогнутой ленты ориентирована внутрь. Во время работы разделительного устройства, поток текучей среды неотфильтрованного материала, как правило, собирается и перемещается выше по потоку в лентах, вследствие чего большое количество потока текучей среды будет поступать в стопу кольцевых дисков с верхней стороны разделительного устройства. Это уменьшает максимальный поток текучей среды, который может быть отфильтрован разделительным устройством.

[008] Кроме того, за счет указанных по меньшей мере трех лент, выполненных в осевом направлении параллельно на боковой поверхности перфорированной трубы, перфорационные отверстия должны быть размещены в положениях между лентами. Как следствие, в одной и той же горизонтальной плоскости перфорированной трубы обеспечивается множество перфорационных отверстий, что снижает прочность на растяжение перфорированной трубы.

[009] Таким образом, все еще существует потребность в обеспечении улучшенного разделительного устройства для удаления твердых частиц из текучих сред, в частности из нефти, газа и воды. В частности, существует потребность в обеспечении разделительного устройства, имеющего улучшенную динамику потока и улучшенную прочность на растяжение.

[0010] Как использовано в настоящем документе, грамматические средства выражения единственного числа и категории определенности, выражения "по меньшей мере один" и "один или более" используются взаимозаменяемо. Термин "содержать/включать" также включает в себя термины "состоять по существу из" и "состоит из".

Сущность изобретения

[0011] В первом аспекте раскрытие настоящего изобретения относится к разделительному устройству для удаления твердых частиц из текучих сред, содержащему

- стопу из по меньшей мере трех кольцевых дисков, образующих центральную кольцевую область вдоль центральной оси, при этом каждый кольцевой диск имеет верхнюю сторону и нижнюю сторону, причем верхняя сторона каждого кольцевого диска имеет две или более проставок, и при этом верхняя сторона каждого кольцевого диска контактирует с нижней стороной соседнего кольцевого диска с образованием разделительного зазора,

- перфорированную трубу, которая расположена внутри концентрической стопы из по меньшей мере трех кольцевых дисков,

- концевой колпак на верхнем конце центральной кольцевой области и концевой колпак на нижнем конце центральной кольцевой области, и

- ленту, которая выполнена спирально в осевом направлении на внешней поверхности перфорированной трубы и вокруг которой размещены кольцевые диски, посредством чего кольцевые диски центрированы на перфорированной трубе.

[0012] В другом аспекте раскрытие настоящего изобретения также относится к разделительному устройству для удаления твердых частиц из текучих сред, содержащему

- стопу из по меньшей мере трех кольцевых дисков, образующих центральную кольцевую область вдоль центральной оси, при этом каждый кольцевой диск имеет верхнюю сторону и нижнюю сторону, причем каждая из верхней стороны и нижней стороны каждого второго кольцевого диска в стопе имеет две или более проставок, и при этом верхняя сторона и нижняя сторона соответственно соседних кольцевых дисков не содержат каких-либо проставок, и при этом верхняя сторона каждого кольцевого диска контактирует с нижней стороной соседнего кольцевого диска с образованием разделительного зазора,

- перфорированную трубу, которая расположена внутри концентрической стопы из по меньшей мере трех кольцевых дисков,

- концевой колпак на верхнем конце центральной кольцевой области и концевой колпак на нижнем конце центральной кольцевой области, и

- ленту, которая выполнена спирально в осевом направлении на внешней поверхности перфорированной трубы и вокруг которой размещены кольцевые диски, посредством чего кольцевые диски центрированы на перфорированной трубе.

[0013] Еще в одном аспекте раскрытие настоящего изобретения относится к применению разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе, для удаления твердых частиц из текучих сред

в процессе извлечения текучих сред из добывающих скважин или

в воде или в установках для хранения текучих сред, или

в процессе извлечения руд и полезных ископаемых.

[0014] Разделительное устройство, как раскрыто в настоящем документе, имеет улучшенную динамику потока. Приток текучей среды является более однородным по всей осевой длине разделительного устройства по сравнению с разделительным устройством по WO 2016/018821 A1, и, следовательно, максимальный поток текучей среды, который может быть отфильтрован разделительным устройством, увеличивается.

[0015] В некоторых вариантах осуществления перфорированная труба разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе, имеет улучшенную прочность на растяжение. Улучшенная прочность на растяжение важна для процедур развертывания сита.

Краткое описание чертежей

[0016] Раскрытие настоящего изобретения объясняется более подробно на основе чертежей, на которых

[0017] на ФИГ. 1 схематически показан общий вид разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе;

[0018] на ФИГ. 2 показан вид в разрезе разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе;

[0019] на ФИГ. 3A-3L показаны различные детали стопы кольцевых дисков разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе;

[0020] на ФИГ. 4A-4L показаны различные детали стопы кольцевых дисков разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе;

[0021] на ФИГ. 5А-5В показаны различные виды перфорированной трубы и ленты, которая выполнена спирально в осевом направлении на внешней поверхности перфорированной трубы разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе; и

[0022] на ФИГ. 6А-6В показаны различные виды перфорированной трубы и ленты, которая выполнена спирально в осевом направлении на внешней поверхности перфорированной трубы разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе.

Осуществление изобретения

[0023] Предпочтительные варианты осуществления и детали разделительного устройства по настоящему изобретению более подробно объяснены ниже со ссылкой на чертежи.

[0024] На ФИГ. 1 показан общий вид разделительного устройства согласно раскрытию настоящего изобретения. На ФИГ. 2 показан вид в разрезе разделительного устройства согласно раскрытию настоящего изобретения. Разделительное устройство согласно раскрытию настоящего изобретения содержит стопу из по меньшей мере трех кольцевых дисков, образующих центральную кольцевую область 1, 11 вдоль центральной оси. Разделительное устройство содержит перфорированную трубу 7, на которой уложены кольцевые диски с образованием стопы. Перфорированная труба 7 с перфорационными отверстиями 20 расположена внутри стопы 1, 11 кольцевых дисков, а также далее именуется базовой трубой. Обычно на обоих концах перфорированной трубы 7 имеются резьбы 21, посредством которых разделительное устройство может быть соединено с дополнительными компонентами либо с дополнительными разделительными устройствами, либо с дополнительными компонентами добывающего оборудования. Разделительное устройство содержит концевой колпак 8 на верхнем конце центральной кольцевой области и концевой колпак 9 на нижнем конце центральной кольцевой области 1, 11, при этом концевые колпаки прочно соединены с основной трубой 7. Разделительное устройство может дополнительно содержать трубчатый кожух 19 (см. ФИГ. 1), через который может свободно проходить поток. Кожух 19 защищает центральную кольцевую область от механических повреждений при погрузо-разгрузочных работах и установке в ствол скважины.

[0025] Для лучшего понимания, и поскольку разделительное устройство согласно раскрытию настоящего изобретения обычно вводится в ствол добывающей скважины с вертикальным выравниванием, в настоящем документе используются термины "верхний" и "нижний", однако разделительное устройство также может быть расположено в горизонтальной ориентации в стволе добывающей скважины (в этом случае верхняя часть обычно будет относиться к самой верхней по потоку части, а нижняя будет относиться к самой нижней по потоку части разделительного устройства, когда оно находится в эксплуатации).

[0026] Разделительное устройство согласно раскрытию настоящего изобретения содержит стопу из по меньшей мере трех кольцевых дисков, образующих центральную кольцевую область 1, 11 (см. ФИГ. 2, 3Н, 4Н) вдоль центральной оси. Кольцевые диски 2, 12, 13 (см. ФИГ. 3А-3F и 4А-4J) имеют верхнюю сторону 3, 14, 16 и нижнюю сторону 4, 15, 17 (см. ФИГ. 3В, 4В, 4I -4J).

[0027] В некоторых вариантах осуществления каждая верхняя сторона 3 каждого кольцевого диска 2 имеет одну или более проставок 5 (см. ФИГ. 3А), а нижняя сторона 4 каждого кольцевого диска не содержит каких-либо проставок (см. ФИГ. 3В). Верхняя сторона 3 каждого кольцевого диска 2 контактирует с нижней стороной 4 соседнего кольцевого диска с образованием разделительного зазора 6 (см. ФИГ. 3Н-3J).

[0028] Контактная область 18 проставок 5 может быть плоской, так что проставки 5 имеют плоскую контактную область с соседним кольцевым диском (см. ФИГ. 3С и 3Е). Плоская контактная область 18 находится в контакте с соседней нижней стороной 4 соседнего кольцевого диска. Кольцевые диски уложены в стопу таким образом, что между отдельными дисками в каждом случае имеется разделительный зазор 6 для удаления твердых частиц.

[0029] Верхняя сторона 3 каждого кольцевого диска 2 может иметь только две проставки 5. В типичном случае, верхняя сторона 3 каждого кольцевого диска 2 имеет три или более проставок 5, которые распределены по окружности верхней стороны 3 кольцевых дисков 2.

[0030] Нижняя сторона 4 каждого кольцевого диска 2 может быть выполнена под прямыми углами к центральной оси.

[0031] В некоторых дополнительных вариантах осуществления каждая из верхней стороны 14 и нижней стороны 15 каждого второго кольцевого диска 12 в стопе имеет одну или более проставок 5 (см. ФИГ. 4А-4F). Верхняя сторона 16 и нижняя сторона 17 соответственно соседних кольцевых дисков 13 не содержат каких-либо проставок (см. ФИГ. 4Н-4J). Верхняя сторона 14, 16 каждого кольцевого диска 12, 13 контактирует с нижней стороной 15, 17 соседнего кольцевого диска с образованием разделительного зазора 6 (см. ФИГ. 4Н-4J).

[0032] Каждая из верхней стороны 14 и нижней стороны 15 каждого кольцевого диска 12 может иметь только две проставки 5. В типичном случае, каждая из верхней стороны 14 и нижней стороны 15 каждого кольцевого диска 12 имеет три или более проставок 5, которые распределены по окружности верхней стороны 14 и нижней стороны 15 кольцевых дисков 12.

[0033] Контактная область 18 проставок 5 может быть плоской, так что проставки 5 имеют плоскую контактную область с соседним кольцевым диском (см. ФИГ. 4С, 4Е). Плоская контактная область 18 проставок 5 верхней стороны 14 кольцевого диска 12 находится в контакте с нижней стороной 17 соседнего кольцевого диска 13, а плоская контактная область 18 проставок 5 нижней стороны 15 кольцевого диска 12 находится в контакте с верхней стороной 16 соседнего кольцевого диска 13. Кольцевые диски уложены в стопу таким образом, что между отдельными дисками в каждом случае имеется разделительный зазор 6 для удаления твердых частиц.

[0034] Каждая верхняя сторона 16 кольцевого диска 13, которая не содержит каких-либо проставок, может быть образована под прямыми углами к центральной оси, а каждая нижняя сторона 17 кольцевого диска 13, которая не содержит каких-либо проставок, может быть образована под прямыми углами к центральной оси.

[0035] Разделительное устройство дополнительно содержит перфорированную трубу 7, расположенную в центральной кольцевой области 1, 11 (см. ФИГ. 1 и 2). Перфорированная труба или основная труба имеет общий центр с центральной кольцевой областью.

[0036] Основная труба выполнена перфорированной, т.е. с отверстиями, в области центральной кольцевой области, она не перфорирована вне области центральной кольцевой области. Перфорационные отверстия 20 служат для направления отфильтрованной текучей среды, т.е. потока текучей среды, освобожденного от твердых частиц, таких как, например, газ, нефть или их смеси, во внутреннюю часть основной трубы, откуда ее можно транспортировать или откачивать.

[0037] На обоих концах основной трубы 7 обычно нарезаны резьбы 21, которые могут быть использованы для свинчивания основных труб вместе с получением длинных колонн.

[0038] Основная труба может состоять из металлического материала, полимерного или керамического материала. Основная труба может состоять из металлического материала, такого как сталь, например сталь L80. Сталь L80 относится к стали, имеющей предел текучести 80000 фунтов на квадратный дюйм (соответствующий примерно 550 МПа). В качестве альтернативы стали L80 также могут быть использованы стали, которые упоминаются в нефтяной и газовой промышленности как J55, N80, C90, T95, P110 и L80Cr13 (см. Handbook Data Handbook, 8-е издание, IFP Publications, издательство Editions Technip, Париж, Франция). В качестве материала для основной трубы могут быть использованы и другие стали, в частности коррозионно-стойкий сплав и высоколегированные стали. Для специальных применений в коррозионных условиях также могут быть использованы основные трубы из сплавов на основе никеля или дуплексных нержавеющих сталей. Также возможно использование алюминиевых материалов в качестве материала для основной трубы, чтобы сэкономить вес. Кроме того, могут быть использованы основные трубы из титана или титановых сплавов.

[0039] Внутренний диаметр кольцевых дисков должен быть больше наружного диаметра основной трубы. Это необходимо для учета различий в отношении теплового расширения между металлической основной трубой и материалом, из которого выполнены кольцевые диски, а также по техническим причинам, относящимся к потоку. Было обнаружено, что благоприятным в этом отношении является то, когда внутренний диаметр кольцевых дисков по меньшей мере на 0,5 мм и по большей мере на 10 мм больше наружного диаметра основной трубы. В конкретных вариантах осуществления внутренний диаметр кольцевых дисков по меньшей мере на 1,5 мм и по большей мере 5 мм больше наружного диаметра основной трубы.

[0040] Наружный диаметр основной трубы обычно составляет от 1 до 10 дюймов (2,54-25,4 см).

[0041] Разделительное устройство дополнительно содержит два концевых колпака 8, 9 (см. ФИГ. 1 и 2) на верхнем и нижнем концах центральной кольцевой области 1, 11. Концевые колпаки выполнены из металла, обычно стали, и обычно из того же материала, что и основная труба.

[0042] Концевые колпаки 8, 9 могут быть прочно соединены с основной трубой 7. Концевые колпаки могут быть прикреплены к основной трубе посредством сварки, зажима, клепки или свинчивания. Во время сборки концевые колпаки надвигают на основную трубу после центральной кольцевой области и затем закрепляют на основной трубе. В вариантах осуществления разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе, которое показано на ФИГ. 1 и 2, концевые колпаки прикреплены посредством сварки.

[0043] Разделительное устройство согласно раскрытию настоящего изобретения дополнительно содержит ленту (10), которая выполнена спирально в осевом направлении на внешней поверхности перфорированной трубы (см. ФИГ. 5а, 6А). Лента, которая выполнена в осевом направлении на внешней поверхности перфорированной трубы, также может называться спиральной лентой. Кольцевые диски размещены вокруг спиральной ленты, посредством чего кольцевые диски центрированы на перфорированной трубе.

[0044] Спиральная лента также позволяет компенсировать различия в тепловом расширении между основной трубой и кольцевой стопой в радиальном направлении. Кроме того, спиральной лентой также могут быть компенсированы допуски, связанные с производством, по диаметру основной трубы и кольцевых дисков. Центрирование стопы кольцевых элементов на основной трубе также служит для целей установки кольцевого зазора равномерной ширины между основной трубой и стопой кольцевых элементов. Это обеспечивает равномерное течение фильтрата в основную трубу через ряд отверстий перфорации.

[0045] Длина винтовой ленты соответствует по меньшей мере длине стопы кольцевых элементов, что обеспечивает центрирование всех кольцевых дисков стопы кольцевых элементов, в том числе первого и последнего кольцевых дисков.

[0046] Спиральная лента может иметь упругие свойства в направлении, перпендикулярном центральной оси центральной кольцевой области. За счет упругих свойств спиральная лента способна упруго деформироваться в радиальном направлении. В некоторых вариантах осуществления спиральная лента может иметь полую сжимаемую конструкцию. В некоторых вариантах осуществления спиральная лента может иметь волокнистую сжимаемую конструкцию. В некоторых вариантах осуществления спиральная лента может иметь компактную сжимаемую конструкцию. В некоторых вариантах осуществления спиральная лента может иметь сжимаемую профилированную конструкцию.

[0047] Спиральная лента также может иметь плоскую конфигурацию. Спиральная лента также может иметь профилированную конфигурацию в осевом направлении ленты.

[0048] Если спиральная лента имеет профилированную конфигурацию, профилированная конфигурация может представлять собой кривизну, имеющую искривленную наружу сторону. Искривленная наружу сторона кривизны может быть ориентирована в направлении перфорированной трубы, т.е. внутрь, или в направлении центральной кольцевой области, т.е. наружу. В предпочтительном варианте искривленная наружу сторона кривизны ориентирована в направлении центральной кольцевой области, т.е. внутрь.

[0049] Спиральная лента может иметь только один виток вокруг внешней поверхности перфорированной трубы. Спиральная лента также может иметь множество витков вокруг внешней поверхности перфорированной трубы.

[0050] Если спиральная лента имеет множество витков вокруг внешней поверхности перфорированной трубы, расстояние между соседними витками может быть постоянным, что означает, что имеется постоянный наклон витков спиральной ленты, а также то, что длина витков является постоянной.

[0051] Расстояние между соседними витками спиральной ленты также может быть переменным в осевом направлении. Если расстояние между соседними витками является переменным в осевом направлении, расстояние между соседними витками предпочтительно уменьшается в осевом направлении к верхнему концу разделительного устройства, что означает, что наклон витков уменьшается в осевом направлении к верхнему концу разделительного устройства, а также то, что длина витков уменьшается.

[0052] В некоторых вариантах осуществления спиральная лента состоит из одной единственной непрерывной спиральной ленты, проходящей от нижнего конца к верхнему концу перфорированной трубы. В некоторых других вариантах осуществления спиральная лента из двух или более частей, которые вместе образуют прерывистую спиральную ленту, проходящую от нижнего конца к верхнему концу перфорированной трубы. В некоторых вариантах осуществления две или более спиральных лент могут проходить от нижнего конца к верхнему концу перфорированной трубы.

[0053] Материал спиральной ленты предпочтительно должен быть выбран таким образом, чтобы он не подвергался коррозии в условиях эксплуатации, и он должен быть масло-, водо- и термостойким. В качестве материала для спиральной ленты подходящим является металл или пластик, предпочтительно металлические сплавы на основе железа, никеля и кобальта, более предпочтительно стали, более предпочтительно пружинной полосовой стали. Например, пружинная полосовая сталь с материалом 1.4310 с пружинно-жесткой конфигурацией может быть использована в качестве материала для спиральной ленты. Ширина спиральной ленты может составлять, например, от 2 до 30 мм, а толщина может составлять, например, от 0,1 до 0,5 мм.

[0054] Если в качестве материала для спиральной ленты используется сталь, при выборе материала необходимо обеспечить, чтобы не возникали нежелательные электрохимические реакции при контакте с другими металлическими конструктивными элементами разделительного устройства.

[0055] В некоторых вариантах осуществления спиральная лента закреплена на внешней поверхности перфорированной трубы. Спиральная лента закреплена на внешней поверхности перфорированной трубы сваркой, пайкой твердым припоем или склеиванием.

[0056] В некоторых вариантах осуществления спиральная лента закреплена не постоянно на внешней поверхности перфорированной трубы.

[0057] Толщина и ширина центрирующих лент должны быть выбраны таким образом, что кольцевые диски могут быть смещены в осевом направлении на основной трубе со "скользящей посадкой". Это означает, что в вертикальном положении кольцевые диски не смещаются в осевом направлении под действием собственного веса. В общем случае это имеет место, если усилие для смещения кольцевых дисков на основной трубе в горизонтальном направлении, иными словами, без влияния силы тяжести, находится в диапазоне от 0,1 Н до 10 Н, предпочтительно от 0,5 Н до 5 Н.

[0058] В некоторых вариантах осуществления разделительного устройства настоящего изобретения в качестве основной трубы могут быть использованы трубы, такие как те, которые используются в нефтегазовой промышленности для металлических фильтров (фильтр с проволоочной обмоткой, сито с металлической сеткой). Перфорация может быть обеспечена в соответствии с конфигурациями, общепринятыми в промышленности, например, 30 отверстий диаметром 9,52 мм могут быть введены по основной трубе на длину, составляющую 0,3048 м (соответствующую 1 футу).

[0059] В некоторых вариантах осуществления разделительного устройства по настоящему изобретению перфорированная труба имеет перфорационные отверстия, расположенные спирально в осевом направлении перфорированной трубы. При таком расположении перфорационных отверстий предпочтительно имеется только одно перфорационное отверстие на окружной линии на внешней поверхности перфорированной трубы. Спиральная лента расположена параллельно спиральному расположению перфорационных отверстий, так что спиральная лента не закрывает перфорационные отверстия.

[0060] Разделительное устройство, как раскрыто в настоящем документе, может дополнительно содержать термокомпенсатор (22) на верхнем конце или на нижнем конце или на обоих концах центральной кольцевой области. Термокомпенсатор служит для компенсации различных тепловых расширений основной трубы и центральной кольцевой области, от температуры окружающей среды до рабочей температуры. Термокомпенсатор может, например, содержать одну или более пружин или компенсирующую втулку, состоящую из материала на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), или трубчатую

двустенную емкость с жидкостью, наружные стенки которой выполнены гофрированными в осевом направлении.

[0061] Центральная кольцевая область разделительного устройства, раскрытая в настоящем документе, может содержать и, как правило, содержит более 3 кольцевых дисков. Количество кольцевых дисков в центральной кольцевой области может составлять от 3 до 500, однако также возможно большее количество кольцевых дисков. Например, центральная кольцевая область может содержать 50, 100, 250 или 500 кольцевых дисков.

[0062] Кольцевые диски 2 и кольцевые диски 12, 13, соответственно, центральной кольцевой области 1, 11 уложены друг на друга, образуя стопу кольцевых дисков. Кольцевые диски 2 и кольцевые диски 12, 13 соответственно уложены в стопу и закреплены таким образом, что между отдельными дисками в каждом случае имеется разделительный зазор 6 для удаления твердых частиц.

[0063] Каждая верхняя сторона 3, 14 кольцевого диска 2, 12, которая имеет одну или более проставок, может быть наклонена внутрь или наружу, предпочтительно внутрь, в областях между проставками (см. ФИГ. 3D, 4D), и каждая нижняя сторона 15 кольцевого диска 12, которая имеет одну или более проставок, может быть наклонена внутрь или наружу, предпочтительно внутрь, в областях между проставками (см. ФИГ. 4D).

[0064] Если верхняя сторона, либо верхняя сторона и нижняя сторона, соответственно, кольцевых дисков, которые имеют одну или более проставок, наклонена внутрь или наружу в областях между проставками, в простейшем случае линия сечения на верхней стороне поперечного сечения кольца кольцевых дисков является прямой, а поперечное сечение кольца кольцевых дисков на участках между проставками является трапецевидным (см. ФИГ. 3D, 4D), причем более широкая сторона поперечного сечения кольца должна находиться на соответствующей входной стороне для потока, который необходимо отфильтровать. Если поток, который необходимо отфильтровать, выходит с направления наружной периферийной поверхности центральной кольцевой области, то самое широкое место трапецевидного сечения должно лежать на наружной стороне, а верхняя сторона кольцевых дисков наклонена внутрь. Если поток, который необходимо отфильтровать, выходит с направления внутренней периферийной поверхности кольцевого диска, то самое широкое место трапецевидного сечения должно лежать на

внутренней стороне, а верхняя сторона кольцевых дисков наклонена наружу.

Формирование поперечного сечения кольца трапецевидной формы и, следовательно, формирование разделительного зазора, который расходится в направлении потока, имеет преимущество, заключающееся в том, что после прохождения самого узкого места фильтровального зазора, частицы неправильной формы, т.е. несферические частицы, как правило, намного меньше застревают в фильтровальном зазоре, например, вследствие вращения частиц в результате потока в данном зазоре. Следовательно, для разделительного устройства с расходящимся фильтром, выполненного таким образом, имеется меньшая вероятность забития и засорения, чем для разделительного устройства, в котором разделительные зазоры имеют фильтровальное раскрытие, являющееся постоянным по поперечному сечению кольца.

[0065] Высота разделительного зазора, т.е. ширина фильтра, может составлять от 50 до 1000 мкм. Высоту разделительного зазора измеряют в положении наименьшего расстояния между двумя соседними кольцевыми дисками.

[0066] Кольцевые диски 2, 12, 13 могут иметь высоту от 1 до 12 мм. В частности, высота кольцевых дисков может составлять от 2 до 7 мм. Высота кольцевых дисков является толщиной кольцевых дисков в осевом направлении.

[0067] В некоторых вариантах осуществления кольцевые диски 12, имеющие одну или более проставок на верхней стороне 14 и нижней стороне 15, имеют высоту от 1 до 12 мм, и кольцевые диски 13, которые не содержат каких-либо проставок, могут иметь такую же высоту, что и кольцевые диски 12 с проставками, или могут быть тоньше, чем кольцевые диски 12 с проставками. Кольцевые диски 13 могут, например, иметь высоту от 2 до 7 мм. При уменьшенной высоте кольцевых дисков 13, не содержащих каких-либо проставок, площадь проходного сечения может быть увеличена.

[0068] Толщина основания кольцевых дисков измеряется в области между проставками и, в случае трапецевидного сечения, на более толстой стороне в области между проставками. Осевая толщина или высота кольцевых дисков в области проставок соответствует сумме толщины основания и ширины фильтра.

[0069] Высота проставок определяет ширину фильтра разделительного устройства, то есть высоту разделительного зазора между отдельными кольцевыми дисками. Ширина

фильтра дополнительно определяет, какие размеры частиц твердых частиц, которые необходимо удалить, таких как, например, песок и частицы породы, позволяют частицам пройти через разделительное устройство, и какие размеры частиц не позволяют им пройти через него. Высота проставок специально устанавливается при производстве кольцевых дисков.

[0070] Для любого конкретного разделительного устройства кольцевые диски могут иметь равномерную толщину основания и ширину фильтра, или толщина основания и/или ширина фильтра могут изменяться вдоль длины разделительного устройства (например, для учета изменяющихся давлений, температур, геометрических параметров, размеров частиц, материалов и т.п.).

[0071] Внешние контуры кольцевых дисков могут быть выполнены с конфигурацией со скосом 24, как показано на ФИГ. 3C- 3D и 4C- 4D. Также возможно выполнение кольцевых дисков с конфигурацией с закругленными кромками. Для некоторых применений это может обеспечивать даже лучшую защиту кромок (по сравнению с прямой кромкой) от нагрузки на кромку, которая является критической для материалов, из которых производятся кольцевые диски.

[0072] Периферийные поверхности (боковые поверхности) кольцевых дисков могут быть выполнены цилиндрическими. Однако также можно выполнить периферийные поверхности выпуклыми наружу для достижения лучшего набегающего потока.

[0073] На практике предполагается, что кольцевые диски выполняются с внешним диаметром, который адаптирован к стволу добывающей скважины, предусмотренной в рассматриваемой заявке, так что разделительное устройство согласно раскрытию настоящего изобретения может быть введено в ствол скважины с небольшим люфтом, с тем чтобы по возможности лучше использовать поперечное сечение добывающей скважины для достижения высокого выхода при добыче. Внешний диаметр кольцевых дисков может составлять от 20 до 250 мм, однако также возможны внешние диаметры более 250 мм, как требуется для применения.

[0074] Ширина радиального кольца кольцевых дисков может лежать в диапазоне от 8 до 20 мм. Эти значения ширины колец подходят для разделительных устройств с диаметрами основных труб в диапазоне от $2\frac{3}{8}$ до $5\frac{1}{2}$ дюйма (60,3-139,7 мм).

[0075] Как уже указывалось, проставки, расположенные на верхней стороне, или на верхней стороне и нижней стороне, соответственно, кольцевых дисков имеют контакт плоской формы с соседним кольцевым диском. Проставки делают возможным радиальный сквозной проток и, следовательно, могут быть расположены радиально на первой главной поверхности кольцевых дисков. При этом проставки также могут быть выровнены под углом к радиальному направлению.

[0076] Переходы между поверхностью кольцевых дисков, т.е. верхней стороной, или верхней стороной и нижней стороной кольцевых дисков, и проставками, как правило, выполнены не ступенчатыми или с острыми кромками. Наоборот, переходы между поверхностью кольцевых дисков и проставками, как правило, имеют конфигурацию, подходящую для материала, из которого кольцевые диски изготовлены, т.е. переходы выполнены с плавными скруглениями по радиусам. Это проиллюстрировано на ФИГ. 3Е и 4Е.

[0077] Область контакта проставок, иными словами, плоская область, по которой проставки находятся в контакте с соседним кольцевым диском, не ограничена конкретным вариантом и может быть, например, прямоугольной, круглой, ромбовидной, эллиптической, трапецевидной или же треугольной, при этом форма уголков и кромок всегда должна быть подходящей для материала, из которого выполнены кольцевые диски, например скругленной.

[0078] В зависимости от размера кольцевых дисков область 18 контакта отдельных проставок обычно имеет площадь, составляющую от 4 до 100 мм².

[0079] Проставки 5 могут быть распределены по окружности кольцевых дисков (см. ФИГ. 3А и 4А). Проставки 5 могут быть распределены однородно или неоднородно по окружности кольцевых дисков. Количество проставок может быть четным или нечетным.

[0080] В некоторых вариантах осуществления разделительного устройства кольцевые диски уложены в стопу таким образом, что проставки лежат поверх друг друга, т.е. проставки расположены с выравниванием одного поверх другого. В других вариантах осуществления разделительного устройства кольцевые диски уложены в стопу таким образом, что проставки не лежат поверх друг друга. При наличии только одной проставки на верхней стороне 3 кольцевых дисков 2, или на верхней стороне 14 и нижней стороне 15 кольцевых дисков 12 кольцевые диски уложены в стопу таким образом, что проставки лежат поверх друг друга.

[0081] Каждый кольцевой диск содержит материал, независимо выбранный из группы, состоящей из (i) керамических материалов; (ii) смешанных материалов, имеющих фракции керамических или металлических твердых материалов и металлическую связующую фазу; и (iii) порошкообразных металлургических материалов с твердыми фазами материала, образованными на месте нахождения.

[0082] В некоторых вариантах осуществления кольцевые диски изготовлены из материала, который независимо выбран из группы, состоящей из (i) керамических материалов; (ii) смешанных материалов, имеющих фракции керамических или металлических твердых материалов и металлическую связующую фазу; и (iii) порошкообразных металлургических материалов с твердыми фазами материала, образованными на месте нахождения. Эти материалы, как правило, выбираются на основании их относительной абразиво- и эрозионной стойкости к твердым частицам, таким как пески и другие минеральные частицы, а также коррозионной стойкости к извлекаемым средам и средам, используемым для технического обслуживания, таким как, например, кислоты.

[0083] Материал, который содержат кольцевые диски, может быть независимо выбран из этой группы материалов, что означает, что каждый кольцевой диск может быть изготовлен из отличающегося материала. Но для простоты конструкции и изготовления, конечно, все кольцевые диски разделительного устройства могут быть выполнены из одного и того же материала.

[0084] Керамические материалы, которые кольцевые диски могут содержать или из которых изготовлены кольцевые диски, могут быть выбраны из группы, состоящей из (i) оксидных керамических материалов; (ii) неоксидных керамических материалов; (iii)

керамики, смешанной из оксидных и неоксидных керамических материалов; (iv) керамических материалов, имеющих вторичную фазу; и (v) керамических материалов, армированных длинным и/или коротким волокном.

[0085] Примерами оксидных керамических материалов являются материалы, выбранные из Al_2O_3 , ZrO_2 , муллита, шпинели и смешанных оксидов. Примерами неоксидных керамических материалов являются SiC , B_4C , TiB_2 и Si_3N_4 . Керамические твердые материалы представляют собой, например, карбиды и бориды. Примерами смешанных материалов с металлической связующей фазой являются $WC-Co$, $TiC-Fe$ и $TiB_2-FeNiCr$. Примерами фаз твердого материала, формируемыми на месте, являются карбиды хрома. Примером армированных волокном керамических материалов является C/SiC . Группа материалов из армированных волокном керамических материалов имеет преимущество, заключающееся в том, что она приводит к большему сопротивлению внутреннему и внешнему давлению разделительных устройств за счет его большей прочности по сравнению с монолитной керамикой.

[0086] Вышеупомянутые материалы отличаются большей твердостью, чем обычно встречающиеся твердые частицы, такие как, например, песок и частицы породы, то есть значения твердости HV (по Виккерсу) или HRC (по Роквеллу по шкале C) этих материалов лежат выше соответствующих значений окружающей породы. Материалы, подходящие для кольцевых дисков разделительного устройства согласно раскрытию настоящего изобретения, имеют значения твердости по Виккерсу более 11 ГПа или даже более 20 ГПа.

[0087] Все эти материалы одновременно отличаются большей хрупкостью, чем обычные неотвержденные стальные сплавы. В этом смысле эти материалы упоминаются в настоящем документе как "хрупко-твердые".

[0088] Материалы, подходящие для кольцевых дисков разделительного устройства согласно раскрытию настоящего изобретения, имеют модули упругости более 200 ГПа или даже более 350 ГПа.

[0089] Материалы с плотностью по меньшей мере 90%, более конкретно по меньшей мере 95%, от теоретической плотности могут быть использованы для достижения наибольших возможных значений твердости и высоких абразивных и

эрозионных сопротивлений. В качестве материала для кольцевых дисков может быть использован спеченный карбид кремния (SSiC) или карбид бора. Эти материалы не только устойчивы к истиранию, но и являются коррозионно-стойкими к текучим средам для обработки, обычно используемым для промывания разделительного устройства и стимуляции ствола скважины, таким как кислоты, например HCl, основания, например NaOH, или же пар.

[0090] Особенно подходящими являются, например, материалы со спеченным карбидом кремния с мелкозернистой микроструктурой (средним размером зерна ≤ 5 мкм), такие как продаваемые, например, под названиями 3MTM карбида кремния типа F и карбид кремния типа F плюс 3MTM от компании 3M Technical Ceramics, Кемптен, Германия. Кроме того, могут быть использованы также крупнозернистые материалы со спеченным карбидом, например, с бимодальной микроструктурой. В одном варианте реализации от 50 до 90% по объему распределения размера зерна, состоящего из призматических, тромбоцитарных кристаллитов SiC длиной от 100 до 1500 мкм, и от 10 до 50% по объему, состоящему из призматических, тромбоцитарных кристаллитов SiC длиной от 5 до менее 100 мкм (карбида кремния C 3MTM от компании 3M Technical Ceramics, Кемптен, Германия).

[0091] Кроме этих однофазных материалов со спеченным карбидом в качестве материала для кольцевых дисков также может быть использован жидкофазный спеченный карбид кремния (liquid-phase-sintered silicon carbide, LPS-SiC). Примером такого материала является карбид кремния типа T 3MTM от компании 3M Technical Ceramics, Кемптен, Германия. В случае жидкофазного спеченного карбида кремния, в качестве исходного материала используется смесь карбида кремния и оксидов металлов. Жидкофазный спеченный карбид кремния имеет более высокую прочность на изгиб и большую ударную вязкость, измеренную как значение K_{IC}, чем однофазный спеченный карбид кремния (single-phase sintered silicon carbide, SSiC).

[0092] Кольцевые диски разделительного устройства, раскрытого в настоящем документе, могут быть получены способами, которые являются общепринятыми для технической керамики или порошковой металлургии, то есть прессованием в формах исходных порошков, пригодных для прессования, и последующим спеканием. Кольцевые диски могут быть выполнены на механических или гидравлических прессах в соответствии с принципами "формовки по форме, близкой к заданной", из них удаляется

связующее вещество, и впоследствии они спекаются с получением плотностей $> 90\%$ от теоретической плотности. Кольцевые диски могут быть подвергнуты двусторонней облицовке на их верхней стороне и нижней стороне.

[0093] Для защиты хрупко-жестких кольцевых дисков от механических повреждений при погрузо-разгрузочных работах с ними и установке в ствол скважины разделительное устройство может быть окружено трубчатым кожухом 19 (см. ФИГ. 1), через который может свободно проходить поток. Этот кожух может быть выполнен, например, в виде крупноячеистого сита, а предпочтительно в виде перфорированной пластины. Кожух может быть изготовлен из металлического материала, такого как сталь, в частности из коррозионно-стойкой стали. Кожух может быть изготовлен из того же материала, что и материал, используемый для изготовления основной трубы.

[0094] Кожух может удерживаться с обеих сторон концевыми колпаками, а также он может быть жестко соединен с концевыми колпаками. Это крепление возможно, например, посредством клеевого соединения, свинчивания или штифтового соединения, при этом кожух может быть приварен к концевым колпакам после сборки.

[0095] Внутренний диаметр кожуха должен быть больше наружного диаметра кольцевых дисков. Это необходимо по техническим причинам, связанным с потоком. Было обнаружено, что благоприятным в этом отношении является то, когда внутренний диаметр кожуха по меньшей мере на 0,5 мм и по большей мере на 15 мм больше наружного диаметра кольцевых дисков. Внутренний диаметр кожуха может быть по меньшей мере на 1,5 мм и по большей мере 5 мм больше наружного диаметра кольцевых дисков.

[0096] На ФИГ. 3A-3L представлен один вариант осуществления центральной кольцевой области разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе. На ФИГ. 3A-3F показаны различные детали индивидуального кольцевого диска 2 центральной кольцевой области 1. На ФИГ. 3G-3L показана центральная кольцевая область 1, выполненная из кольцевых дисков 2 по ФИГ. 3A-3F, представляющих различные детали стопы кольцевых дисков. На ФИГ. 3A показан вид сверху верхней стороны 3 кольцевого диска 2, на ФИГ. 3B показан вид в разрезе вдоль линии сечения, обозначенной на ФИГ. 3A как "3B", на ФИГ. 3C-3D показаны увеличенные детали вида в разрезе по ФИГ. 3B. Увеличенная деталь по ФИГ. 3C находится в области проставки,

увеличенная деталь по ФИГ. 3D находится в области между двумя проставками. На ФИГ. 3F показан трехмерный вид кольцевого диска 2, и на ФИГ. 3E показано трехмерное представление вдоль линии сечения, обозначенной на ФИГ. 3A как "3E". На ФИГ. 3G показан вид сверху центральной кольцевой области 1, выполненной из кольцевых дисков 2 по ФИГ. 3A-3F, на ФИГ. 3H показан вид в разрезе вдоль линии сечения, обозначенной на ФИГ. 3G как "3H", на ФИГ. 3I-3J показаны увеличенные детали вида в разрезе по ФИГ. 3H. Увеличенная деталь по ФИГ. 3I находится в области проставки, увеличенная деталь по ФИГ. 3J находится в области между двумя проставками. На ФИГ. 3K показан трехмерный вид центральной кольцевой области 1, и на ФИГ. 3L показано трехмерное представление вдоль линии сечения, обозначенной на ФИГ. 3A как "3L".

[0097] Удаление твердых частиц происходит во входном отверстии разделительного зазора 6, который может быть расходящимся, т.е. открывающимся, в направлении потока (см. ФИГ. 3D и 3J) и образован между двумя кольцевыми дисками, расположенными друг над другом. Кольцевые диски спроектированы соответственно для материалов, из которых производятся кольцевые диски, и эксплуатационной среды, предназначенной для устройств, выполненных с такими кольцевыми дисками, например, материалы могут быть выбраны для данных давления, температуры и коррозионных условий эксплуатации, и так, что переходы в поперечном сечении могут быть выполнены без канавок, так что возникновение изгибных напряжений в значительной степени исключено проектированием конструкции.

[0098] Верхняя сторона 3 каждого кольцевого диска 2 имеет пятнадцать проставок 5, распределенных по его окружности. Нижняя сторона 4 не содержит никаких проставок. Проставки 5 имеют заданную высоту, с помощью которой устанавливается высота разделительного зазора 6 (ширина зазора для фильтровального зазора, ширина фильтра). Проставки не накладываются отдельно или не привариваются последовательно на проставках, их формируют непосредственно в процессе производства, во время формообразования кольцевых дисков.

[0099] Контактная область 18 проставок 5 является плоской (см. ФИГ. 3C, 3E), так что проставки 5 имеют плоскую контактную область с нижней стороной 4 соседнего кольцевого диска. Верхняя сторона 3 кольцевых дисков является плоскопараллельной с нижней стороной 4 кольцевых дисков в зоне контактной области 18 проставок 5, т.е. в области контакта с соседним кольцевым диском. Нижняя сторона 4 кольцевых дисков

выполнена гладкой и плоской и под прямыми углами к оси дисков и центральной оси центральной кольцевой области. В плоской контактной области проставок кольцевые диски контактируют с соответствующим соседним кольцевым диском.

[00100] Верхняя сторона 3 кольцевого диска 2, имеющего пятнадцать проставок 5, наклонена внутрь, в областях между проставками. Поперечное сечение кольца кольцевых дисков на участках между проставками является трапецевидным (см. ФИГ. 3D), причем более широкая сторона поперечного сечения кольца находится на внешней стороне, т.е. на входной стороне для потока, который необходимо отфильтровать.

[00101] На ФИГ. 4A-4L представлен еще один вариант осуществления центральной кольцевой области разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе. На ФИГ. 4A-4F показаны различные детали индивидуального кольцевого диска 12 центральной кольцевой области 11. На ФИГ. 4G-4L показана центральная кольцевая область 11, выполненная из кольцевых дисков 12, представляющих различные детали стопы кольцевых дисков. На ФИГ. 4A показан вид сверху верхней стороны 14 и нижней стороны 15 кольцевого диска 12, на ФИГ. 4B показан вид в разрезе вдоль линии сечения, обозначенной на ФИГ. 4A как "4B", на ФИГ. 4I-4J показаны увеличенные детали вида в разрезе по ФИГ. 4B. Увеличенная деталь по ФИГ. 4C находится в области проставок, увеличенная деталь по ФИГ. 4D находится в области между проставками. На ФИГ. 4F показан трехмерный вид кольцевого диска 12, и на ФИГ. 4E показано трехмерное представление вдоль линии сечения, обозначенной на ФИГ. 4A как "4E". На ФИГ. 4G показан вид сверху центральной кольцевой области 11, выполненной из кольцевых дисков 12 и 13, на ФИГ. 4H показан вид в разрезе вдоль линии сечения, обозначенной на ФИГ. 4G как "4H", на ФИГ. 4I-4J показаны увеличенные детали вида в разрезе по ФИГ. 4H. Увеличенная деталь по ФИГ. 4I находится в области проставки, увеличенная деталь по ФИГ. 4J находится в области между проставками. На ФИГ. 4K показан трехмерный вид центральной кольцевой области 11, и на ФИГ. 4L показано трехмерное представление вдоль линии сечения, обозначенной на ФИГ. 4A как "4L".

[00102] Стопа кольцевых дисков 11 образована из виде кольцевых дисков 12 и 13, уложенных в стопу с чередованием. Каждый второй кольцевой диск в стопе представляет собой кольцевой диск 12, имеющий пятнадцать проставок 5 на верхней стороне 14 кольцевого диска 12, распределенных по его окружности (см. ФИГ. 4A), и пятнадцать проставок 5 на нижней стороне 15 кольцевого диска 12, распределенных по его

окружности. Вид сверху верхней стороны 14 по ФИГ. 4А идентичен виду сверху нижней стороны 15. Проставки 5 кольцевых дисков 12 имеют заданную высоту, с помощью которой устанавливается высота разделительного зазора 6 (ширина зазора для фильтровального зазора, ширина фильтра). Проставки не накладываются отдельно или не привариваются последовательно на проставках, их формируют непосредственно в процессе производства, во время формообразования кольцевых дисков.

[00103] Соответствующие соседние кольцевые диски из кольцевых дисков 12 в стопе кольцевых дисков 11 представляют собой кольцевые диски 13, как показано на ФИГ. 4Н-4J. Верхняя сторона 16 и нижняя сторона 17 кольцевых дисков 13 не содержат каких-либо проставок.

[00104] Удаление твердых частиц происходит во входном отверстии разделительного зазора 6, который может быть расходящимся, т.е. открывающимся, в направлении потока (см. ФИГ. 4D и 4J) и образован между двумя соседними кольцевыми дисками, расположенными друг над другом. Кольцевые диски спроектированы соответственно для материалов, из которых производятся кольцевые диски, и эксплуатационной среды, предназначенной для устройств, выполненных с такими кольцевыми дисками, например, материалы могут быть выбраны для данных давления, температуры и коррозионных условий эксплуатации, и так, что переходы в поперечном сечении могут быть выполнены без канавок, так что возникновение изгибных напряжений в значительной степени исключено проектированием конструкции.

[00105] Контактная область 18 проставок 5 является плоской (см. ФИГ. 4С, 4Е), так что проставки 5 имеют плоскую контактную область с нижней стороной 17 или верхней стороной 16 соседнего кольцевого диска. Верхняя сторона 14 кольцевых дисков 12 является плоскопараллельной с нижней стороной 15 кольцевых дисков 12 в зоне контактной области 18 проставок 5, т.е. в области контакта с соседним кольцевым диском. В плоской контактной области проставок кольцевые диски контактируют с соответствующим соседним кольцевым диском 13.

[00106] Верхняя сторона 16 и нижняя сторона 17 кольцевых дисков 13 выполнены гладкими и плоскими и под прямыми углами к оси дисков и центральной оси центральной кольцевой области.

[00107] Верхняя сторона 14 и нижняя сторона 15 кольцевого диска 12, имеющего пятнадцать проставок 5, наклонена внутрь, в областях между проставками 5. Поперечное сечение кольца кольцевых дисков на участках между проставками является трапециевидным (см. ФИГ. 4D), причем более широкая сторона поперечного сечения кольца находится на внешней стороне, т.е. на входной стороне для потока, который необходимо отфильтровать.

[00108] На ФИГ. 5A представлен вид сверху перфорированной трубы разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе. В трубе 7 выполнены перфорационные отверстия 20. На внешней поверхности перфорированной трубы 7 спирально выполнена лента 10 в осевом направлении перфорированной трубы. Спиральная лента 10 имеет профилированную конфигурацию в осевом направлении ленты. Профилированная конфигурация является кривизной, имеющей искривленную наружу сторону. Искривленная наружу сторона кривизны ориентирована в направлении перфорированной трубы, т.е. внутрь.

[00109] Спиральная лента 10 имеет три витка 24, 25, 26 вокруг внешней поверхности перфорированной трубы 7. Расстояние между витками 24, 25 такое же, как расстояние между витками 25, 26. Другими словами, расстояние между соседними витками 24, 25 и 25, 26 является постоянным, что означает, что имеется постоянный наклон витков спиральной ленты, а также то, что длина витков является постоянной. Спиральная лента состоит из одной единственной непрерывной спиральной ленты, проходящей от нижнего конца к верхнему концу перфорированной трубы.

[00110] Спиральная лента 10 закреплена на внешней поверхности перфорированной трубы 7 сваркой. Спиральная лента выполнена из пружинной полосовой стали.

[00111] Как можно видеть из ФИГ. 5A, перфорированная труба 7 имеет перфорационные отверстия 20, расположенные спирально в осевом направлении перфорированной трубы. При таком расположении перфорационных отверстий имеется только одно перфорационное отверстие на окружной линии на внешней поверхности перфорированной трубы. Расположение только с одним перфорационным отверстием на каждую окружную линию приводит к более высокой механической прочности перфорированной трубы и разделительного устройства. Спиральная лента 10

расположена параллельно спиральному расположению перфорационных отверстий, так что спиральная лента не закрывает перфорационные отверстия.

[00112] На ФИГ. 5В представлен вид в разрезе перфорированной трубы, показанной на ФИГ. 5А. Может быть видна кривизна спиральной ленты 10, имеющей искривленную наружу сторону, при этом искривленная наружу сторона кривизны ориентирована в направлении перфорированной трубы 7, т.е. внутрь. Кольцевые диски 2, 12, 13 размещены вокруг спиральной ленты 10, посредством чего кольцевые диски центрированы на перфорированной трубе 7.

[00113] На ФИГ. 6А представлен вид сверху перфорированной трубы дополнительного разделительного устройства, как раскрыто в настоящем документе. В трубе 7 выполнены перфорационные отверстия 20. На внешней поверхности перфорированной трубы 7 спирально выполнена лента 10 в осевом направлении перфорированной трубы. Спиральная лента 10 имеет профилированную конфигурацию в осевом направлении ленты. Профилированная конфигурация является кривизной, имеющей искривленную наружу сторону. Искривленная наружу сторона кривизны ориентирована в направлении центральной кольцевой области, т.е. наружу.

[00114] Спиральная лента 10 имеет три витка 24, 25, 26 вокруг внешней поверхности перфорированной трубы 7. Расстояние между витками 24, 25 такое же, как расстояние между витками 25, 26. Другими словами, расстояние между соседними витками 24, 25 и 25, 26 является постоянным, что означает, что имеется постоянный наклон витков спиральной ленты, а также то, что длина витков является постоянной. Спиральная лента состоит из одной единственной непрерывной спиральной ленты, проходящей от нижнего конца к верхнему концу перфорированной трубы.

[00115] Спиральная лента 10 закреплена на внешней поверхности перфорированной трубы 7 сваркой. Спиральная лента выполнена из пружинной полосовой стали.

[00116] Как можно видеть из ФИГ. 6А, перфорированная труба 7 имеет перфорационные отверстия 20, расположенные спирально в осевом направлении перфорированной трубы. При таком расположении перфорационных отверстий имеется только одно перфорационное отверстие на окружной линии на внешней поверхности

перфорированной трубы. Расположение только с одним перфорационным отверстием на каждую окружную линию приводит к более высокой механической прочности перфорированной трубы и разделительного устройства. Спиральная лента 10 расположена параллельно спиральному расположению перфорационных отверстий, так что спиральная лента не закрывает перфорационные отверстия.

[00117] На ФИГ. 6В представлен вид в разрезе перфорированной трубы, показанной на ФИГ. 6А. Может быть видна кривизна спиральной ленты 10, имеющей искривленную наружу сторону, при этом искривленная наружу сторона кривизны ориентирована в направлении центральной кольцевой области 1, 11, т.е. наружу. Кольцевые диски 2, 12, 13 размещены вокруг спиральной ленты, посредством чего кольцевые диски центрированы на перфорированной трубе 7.

[00118] Разделительное устройство согласно раскрытию настоящего изобретения может быть использовано для удаления твердых частиц из текучей среды. Текучая среда, как использовано в настоящем документе, означает жидкость или газ или комбинации жидкостей и газов.

[00119] Разделительное устройство согласно раскрытию настоящего изобретения может быть использовано в добывающих скважинах в нефтяных и/или газовых коллекторах для отделения твердых частиц от объемных потоков нефти с минеральными веществами и/или природного газа. Разделительное устройство также может быть использовано для других процессов фильтрации для удаления твердых частиц из текучих сред помимо добывающих скважин, процессов, в которых требуется большое сопротивление истиранию и длительный срок службы разделительного устройства, таких как, например, процессы фильтрации в передвижных и стационарных накопительных установках для текучих сред, или для процессов фильтрации в природных водоемах, таких как, например, при фильтрации морской воды. Разделительное устройство, раскрытое в настоящем документе, также может быть использовано в процессе извлечения руд и полезных ископаемых. При извлечении руды и многих других полезных ископаемых возникают проблемы истирания и эрозии при удалении твердых частиц из потоков текучей среды. Разделительное устройство согласно раскрытию настоящего изобретения особенно подходит для отделения твердых частиц от текучих сред, в частности из нефти с минеральными веществами, природного газа и воды, в добывающих скважинах, в которых имеют место высокие и чрезвычайно высокие расходы потока и объемов нагнетания.

Формула изобретения

1. Разделительное устройство для удаления твердых частиц из текучих сред, содержащее:

- стопу из по меньшей мере трех кольцевых дисков, образующих центральную кольцевую область (1) вдоль центральной оси, при этом каждый кольцевой диск (2) имеет верхнюю сторону (3) и нижнюю сторону (4), причем верхняя сторона (3) каждого кольцевого диска (2) имеет две или более проставок (5), и при этом верхняя сторона (3) каждого кольцевого диска (2) контактирует с нижней стороной (4) соседнего кольцевого диска с образованием разделительного зазора (6),

- перфорированную трубу (7), которая расположена внутри концентрической стопы (1) из по меньшей мере трех кольцевых дисков,

- концевой колпак (8) на верхнем конце центральной кольцевой области и концевой колпак (9) на нижнем конце центральной кольцевой области (1), и

- ленту (10), которая выполнена спирально в осевом направлении на внешней поверхности перфорированной трубы (7) и вокруг которой размещены кольцевые диски, посредством чего кольцевые диски (2) центрированы на перфорированной трубе (7).

2. Разделительное устройство для удаления твердых частиц из текучих сред, содержащее:

- стопу из по меньшей мере трех кольцевых дисков, образующих центральную кольцевую область (11) вдоль центральной оси, при этом каждый кольцевой диск (12, 13) имеет верхнюю сторону (14, 16) и нижнюю сторону (15, 17), причем каждая из верхней стороны (14) и нижней стороны (15) каждого второго кольцевого диска (12) в стопе имеет две или более проставок (5), и при этом верхняя сторона (16) и нижняя сторона (17) соответственно смежных кольцевых дисков (13) не содержат каких-либо проставок, и при этом верхняя сторона (14, 16) каждого кольцевого диска контактирует с нижней стороной (15, 17) соседнего кольцевого диска с образованием разделительного зазора (6),

- перфорированную трубу (7), которая расположена внутри концентрической стопы (11) из по меньшей мере трех кольцевых дисков,

- концевой колпак (8) на верхнем конце центральной кольцевой области и концевой колпак (9) на нижнем конце центральной кольцевой области, и

- ленту (10), которая выполнена спирально в осевом направлении на внешней поверхности перфорированной трубы (7) и вокруг которой размещены кольцевые диски, посредством чего кольцевые диски (12, 13) центрированы на перфорированной трубе (7).

3. Разделительное устройство по п. 1 или 2, в котором лента (10) имеет упругие свойства в направлении, перпендикулярном центральной оси центральной кольцевой области (1, 11).
4. Разделительное устройство по любому из пп. 1-3, в котором лента (10) имеет плоскую конфигурацию, или в котором лента имеет профилированную конфигурацию в осевом направлении ленты.
5. Разделительное устройство по любому из пп. 1-4, в котором лента (10) имеет профилированную конфигурацию в осевом направлении ленты, и при этом профилированная конфигурация является кривизной, имеющей искривленную наружу сторону, и при этом искривленная наружу сторона кривизны ориентирована в направлении перфорированной трубы (7) или в направлении центральной кольцевой области (1).
6. Разделительное устройство по любому из пп. 1-5, в котором лента (10) имеет один виток вокруг внешней поверхности перфорированной трубы (7), или в котором лента (10) имеет множество витков вокруг внешней поверхности перфорированной трубы (7).
7. Разделительное устройство по любому из пп. 1-6, в котором лента (10) имеет множество витков вокруг внешней поверхности перфорированной трубы (7), и при этом расстояние между соседними витками является постоянным.
8. Разделительное устройство по любому из пп. 1-6, в котором лента (10) имеет множество витков вокруг внешней поверхности перфорированной трубы (7), и при этом расстояние между соседними витками является переменным в осевом направлении, и при этом расстояние между соседними витками предпочтительно уменьшается в осевом направлении к верхнему концу разделительного устройства.
9. Разделительное устройство по любому из пп. 1-8, в котором лента (10) закреплена на внешней поверхности перфорированной трубы (7).

10. Разделительное устройство по любому из пп. 1-9, в котором перфорированная труба (7) имеет перфорационные отверстия, расположенные спирально в осевом направлении перфорированной трубы.

11. Разделительное устройство по любому из пп. 1-10, в котором две или более проставок (5) имеют плоскую контактную область (18) с соседним кольцевым диском.

12. Разделительное устройство по любому из пп. 1-11, в котором каждый кольцевой диск содержит материал, независимо выбранный из группы, состоящей из (i) керамических материалов; (ii) смешанных материалов, имеющих фракции керамических или металлических твердых материалов и металлическую связующую фазу; и (iii) порошкообразных металлургических материалов с твердыми фазами материала, образованными на месте нахождения.

13. Разделительное устройство по любому из пп. 1-12, в котором материал кольцевых дисков представляет собой спеченный карбид кремния (SSiC) или карбид бора.

14. Разделительное устройство по любому из пп. 1-13, дополнительно содержащее кожух (19) для защиты от механических повреждений.

15. Применение разделительного устройства по любому из пп. 1- 14 для удаления твердых частиц из текучих сред
в процессе извлечения текучих сред из добывающих скважин или
в воде или в установках для хранения текучих сред, или
в процессе извлечения руд и полезных ископаемых.

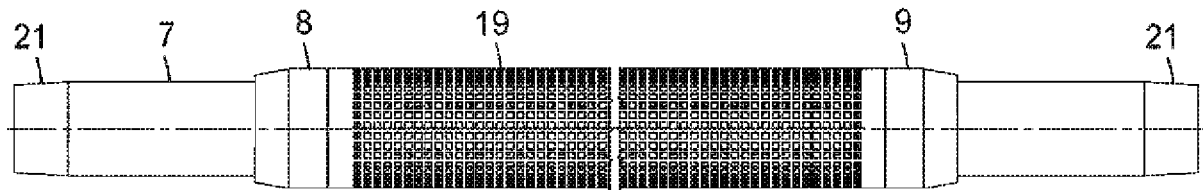


Fig. 1

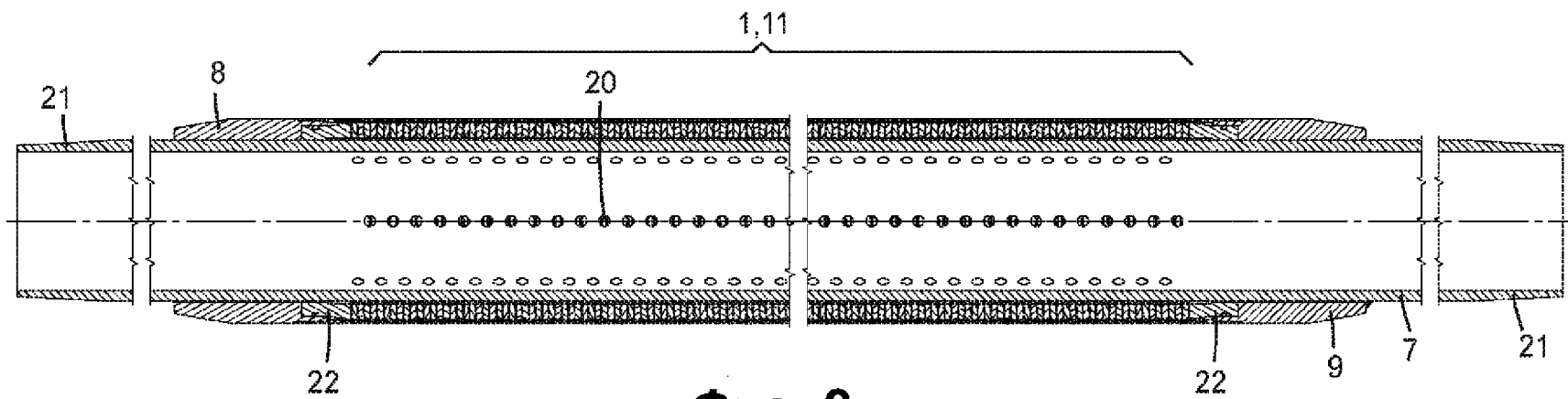
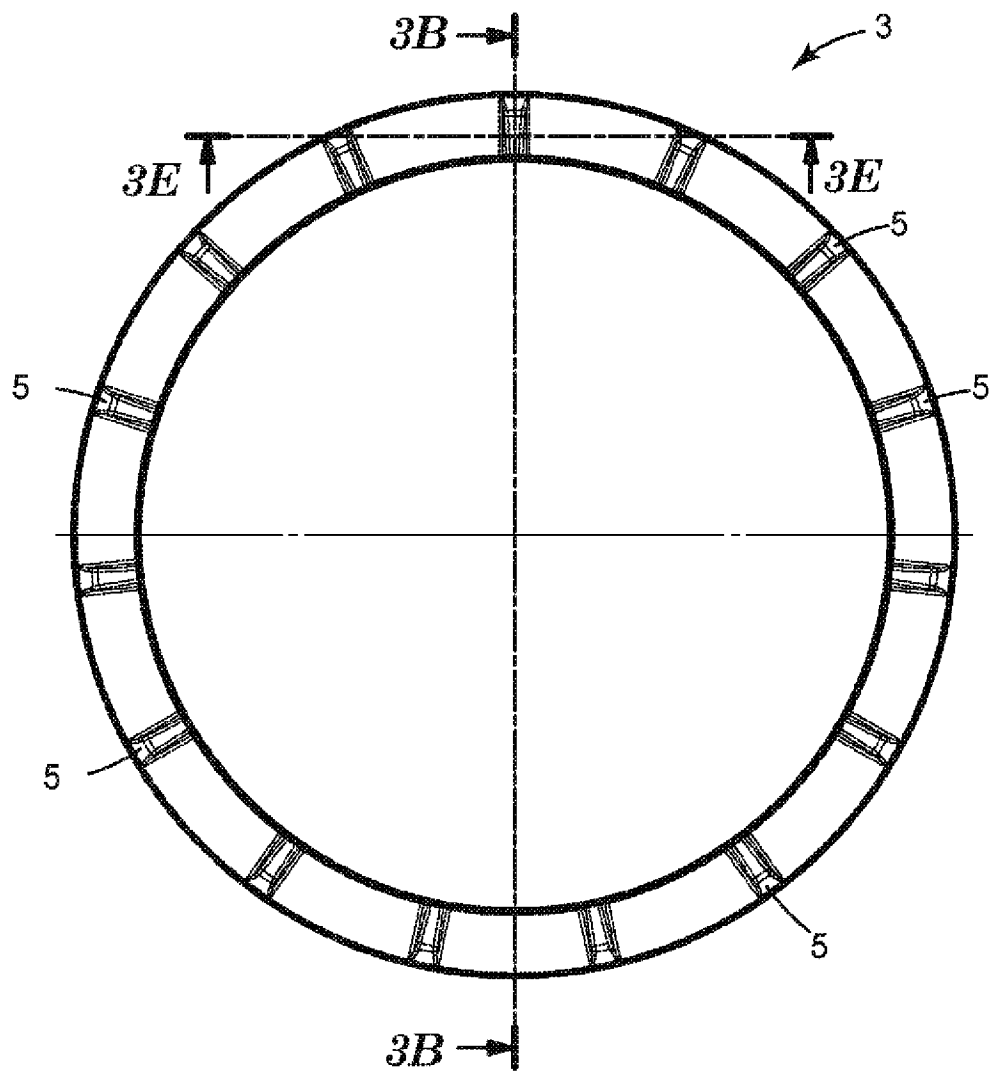
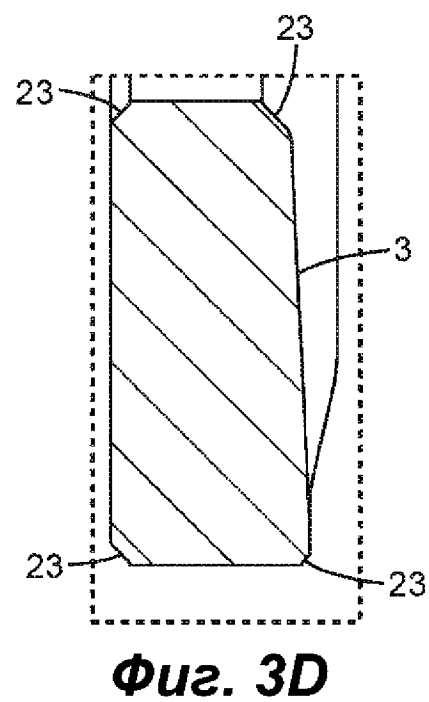
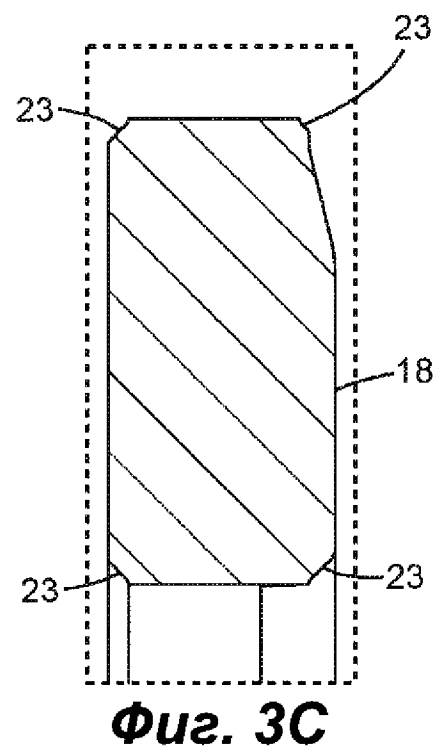
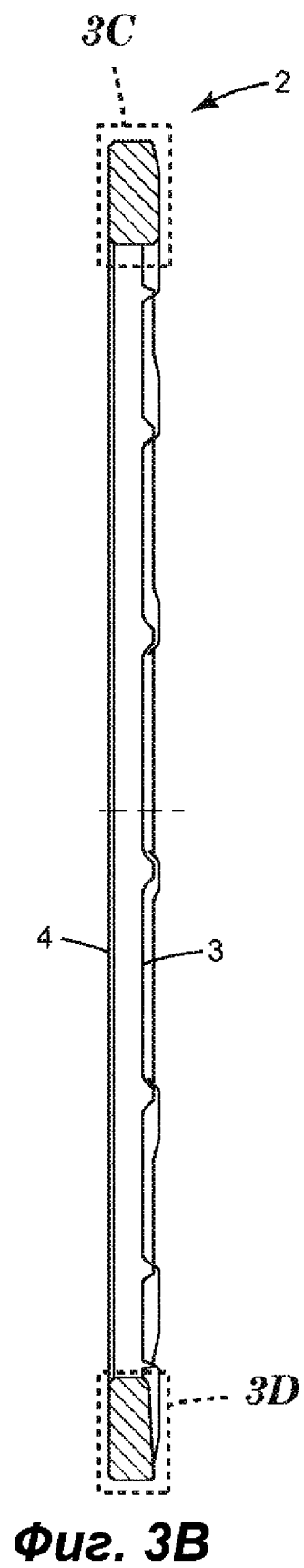


Fig. 2

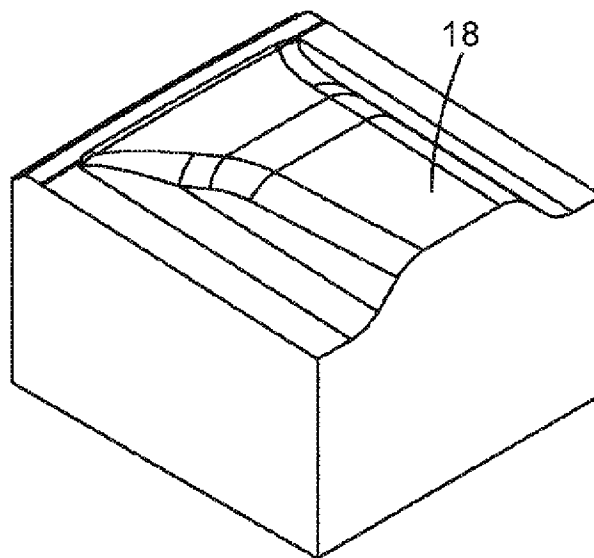
2/15

**Fig. 3A**

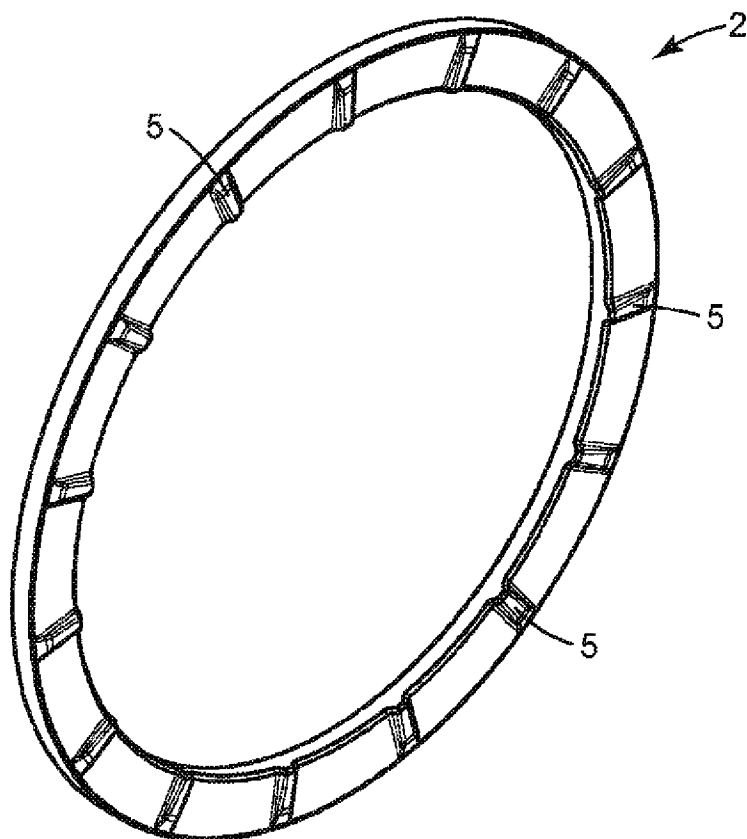
3/15



4/15

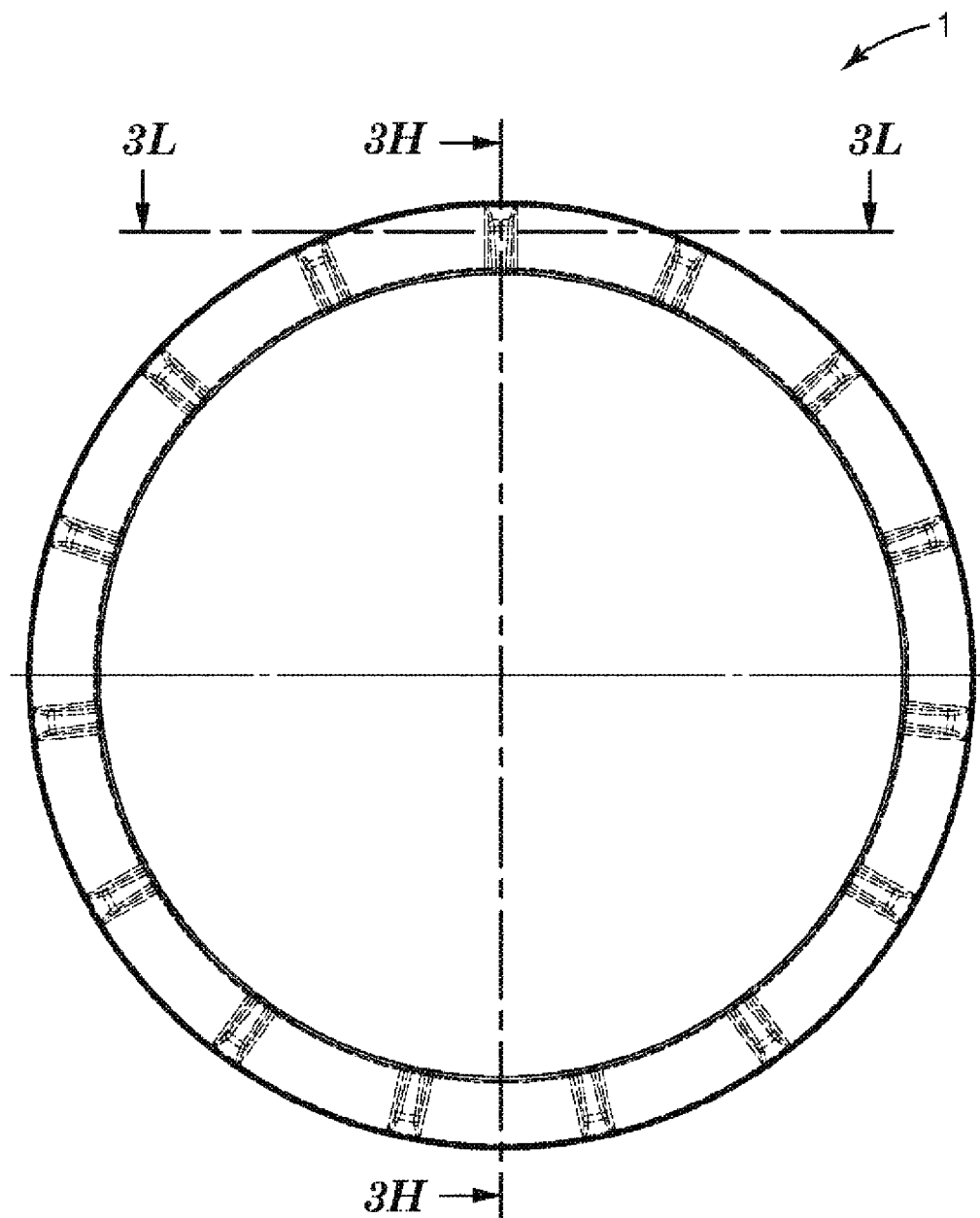


Фиг. 3Е



Фиг. 3F

5/15



Фиг. 3G

6/15

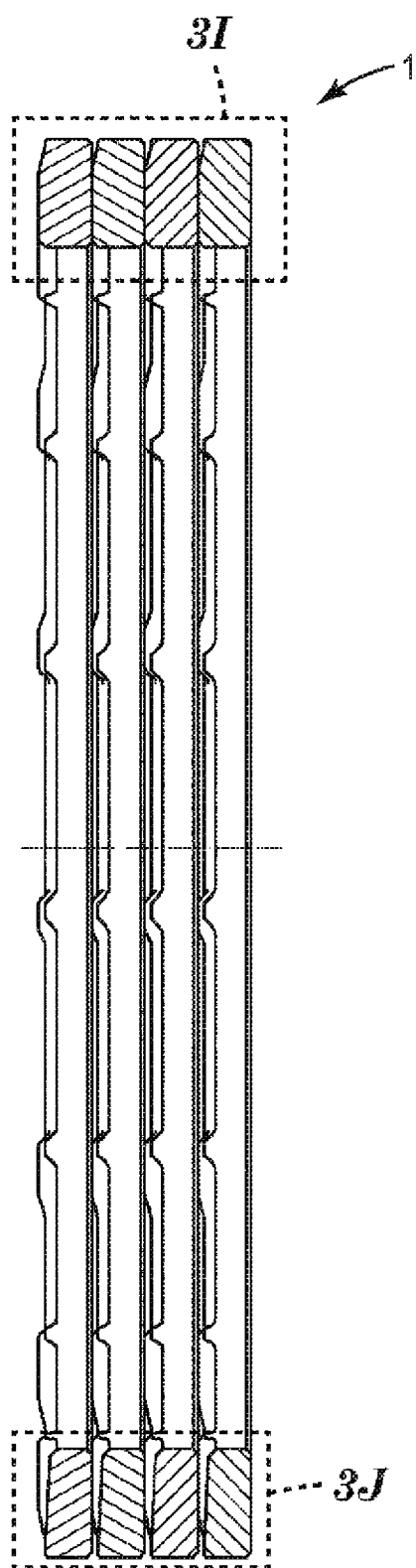


Fig. 3H

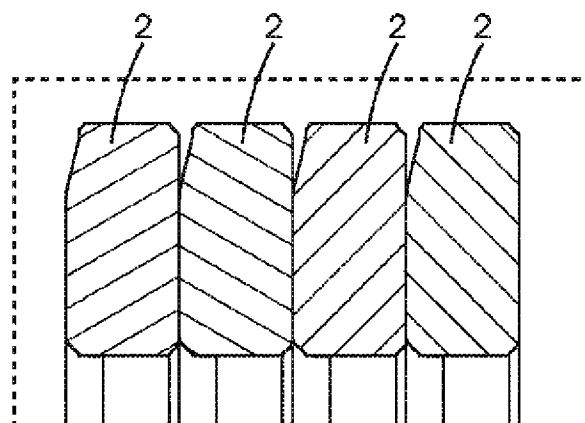


Fig. 3I

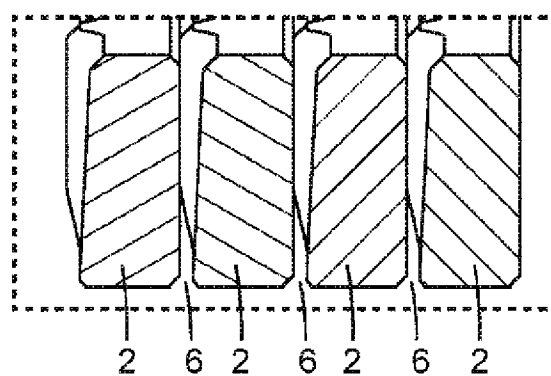
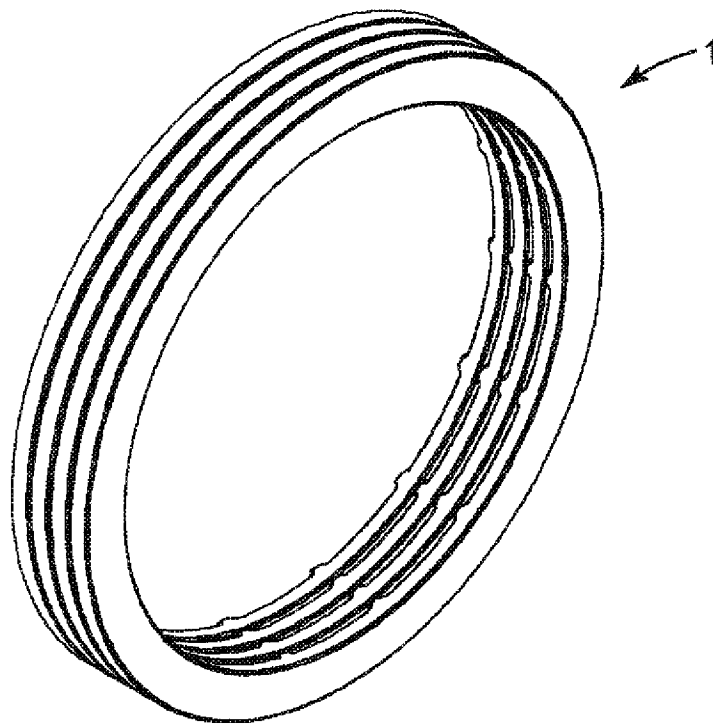
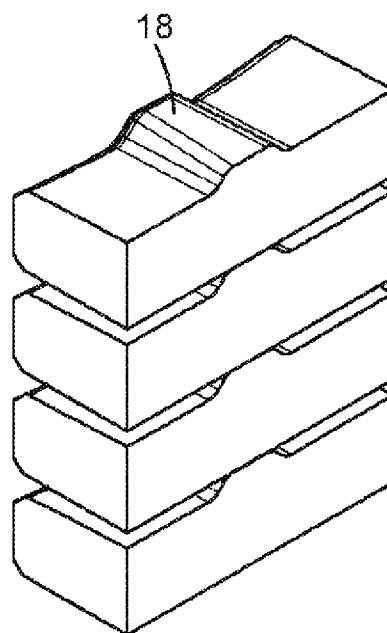


Fig. 3J

7/15

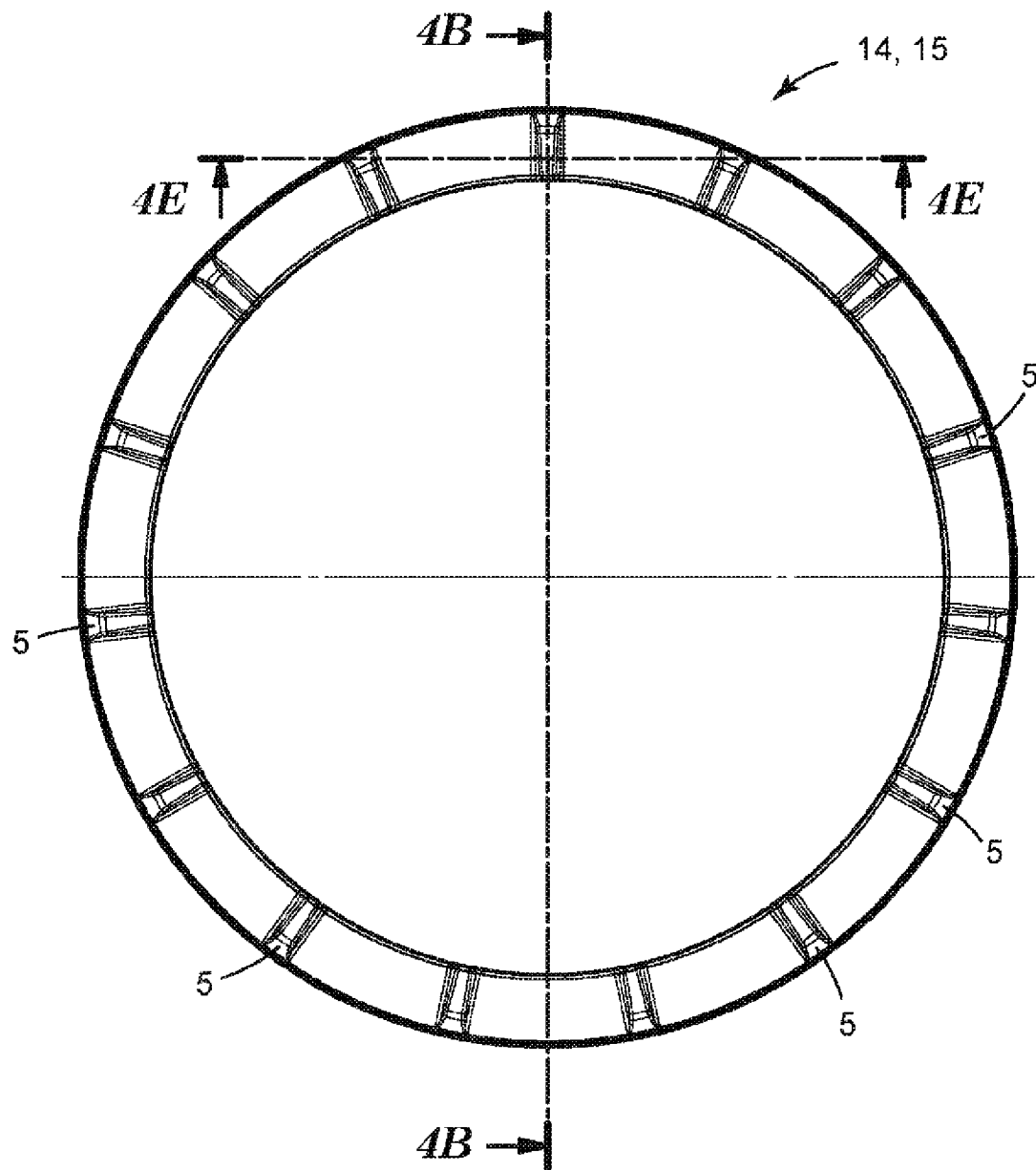


Фиг. 3K



Фиг. 3L

8/15

**Фиг. 4А**

9/15

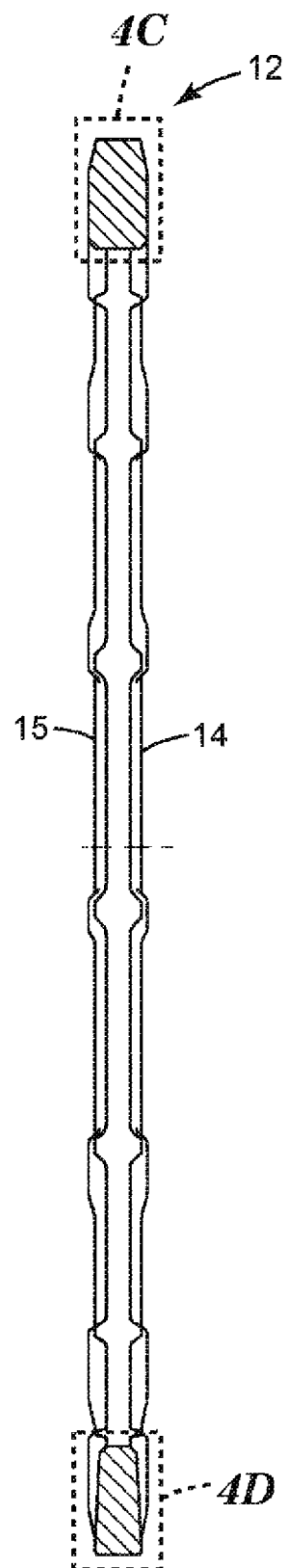


Fig. 4B

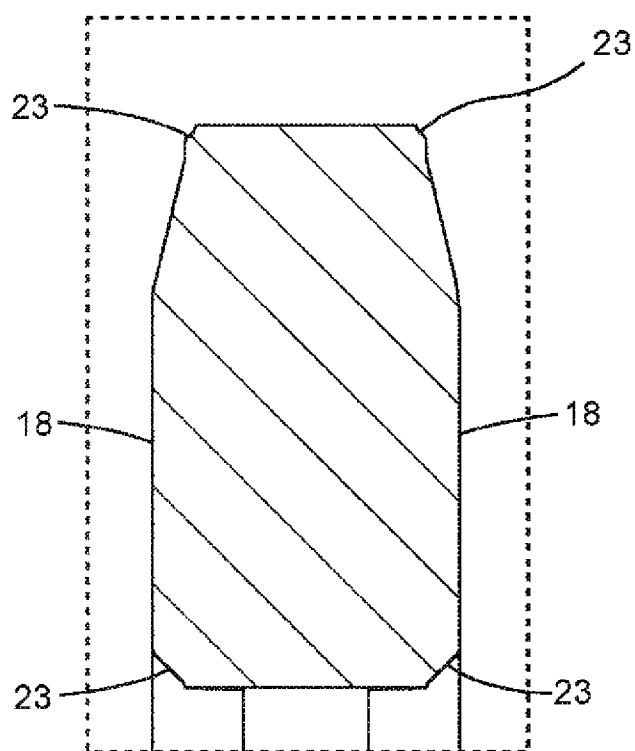


Fig. 4C

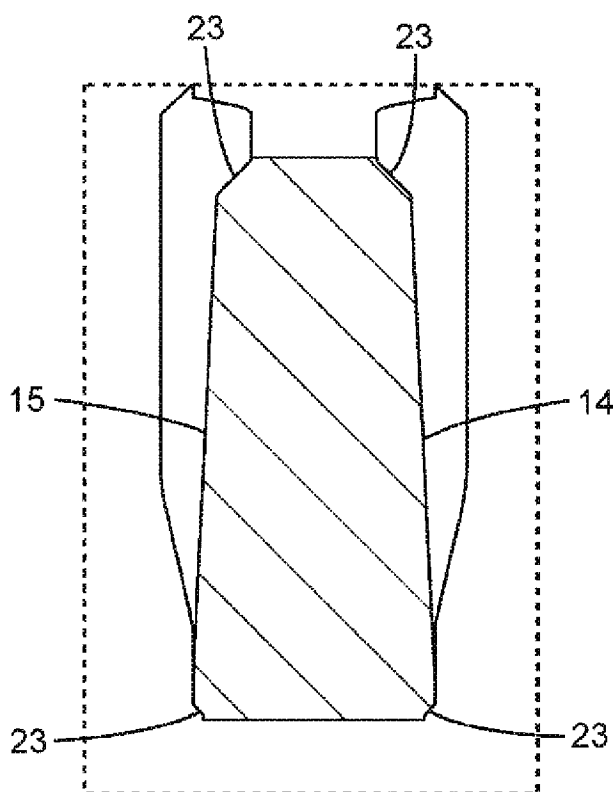
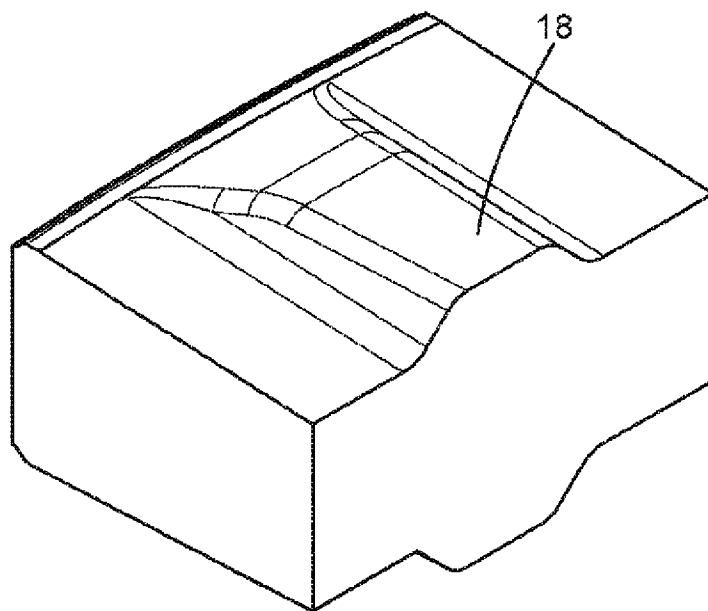
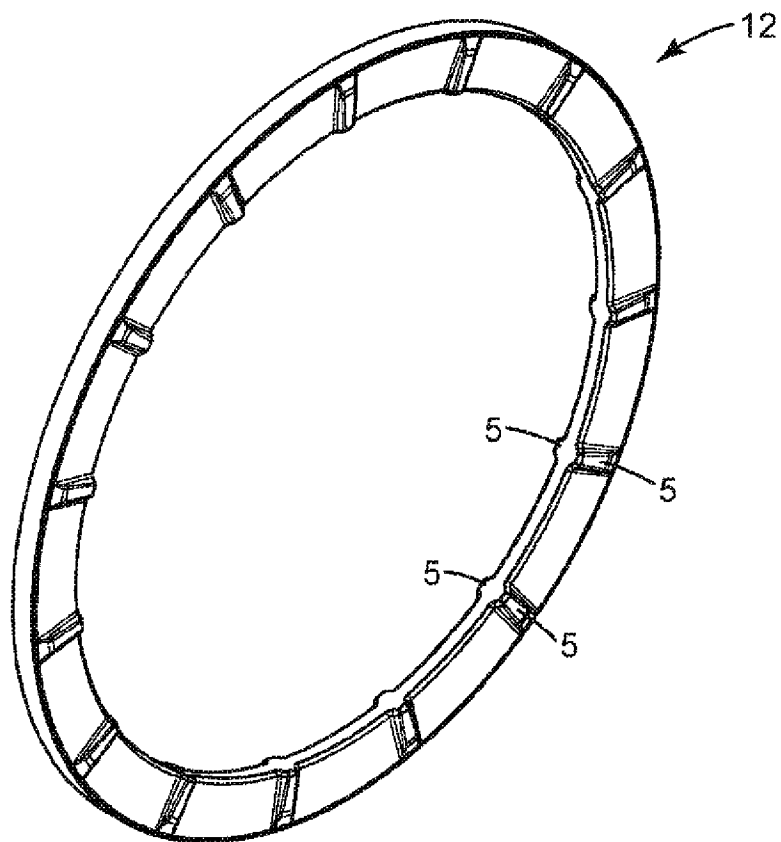


Fig. 4D

10/15

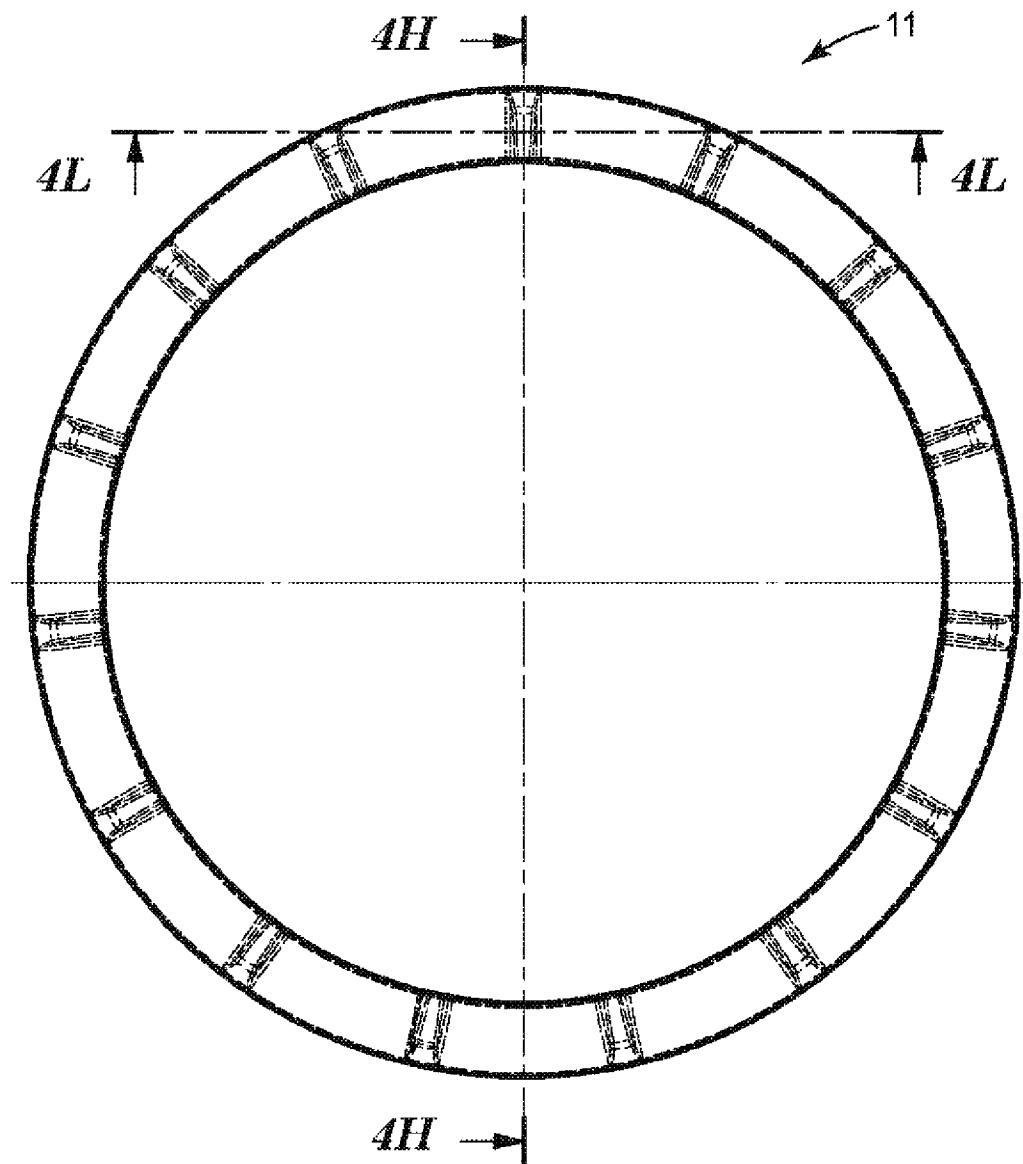


Фиг. 4E



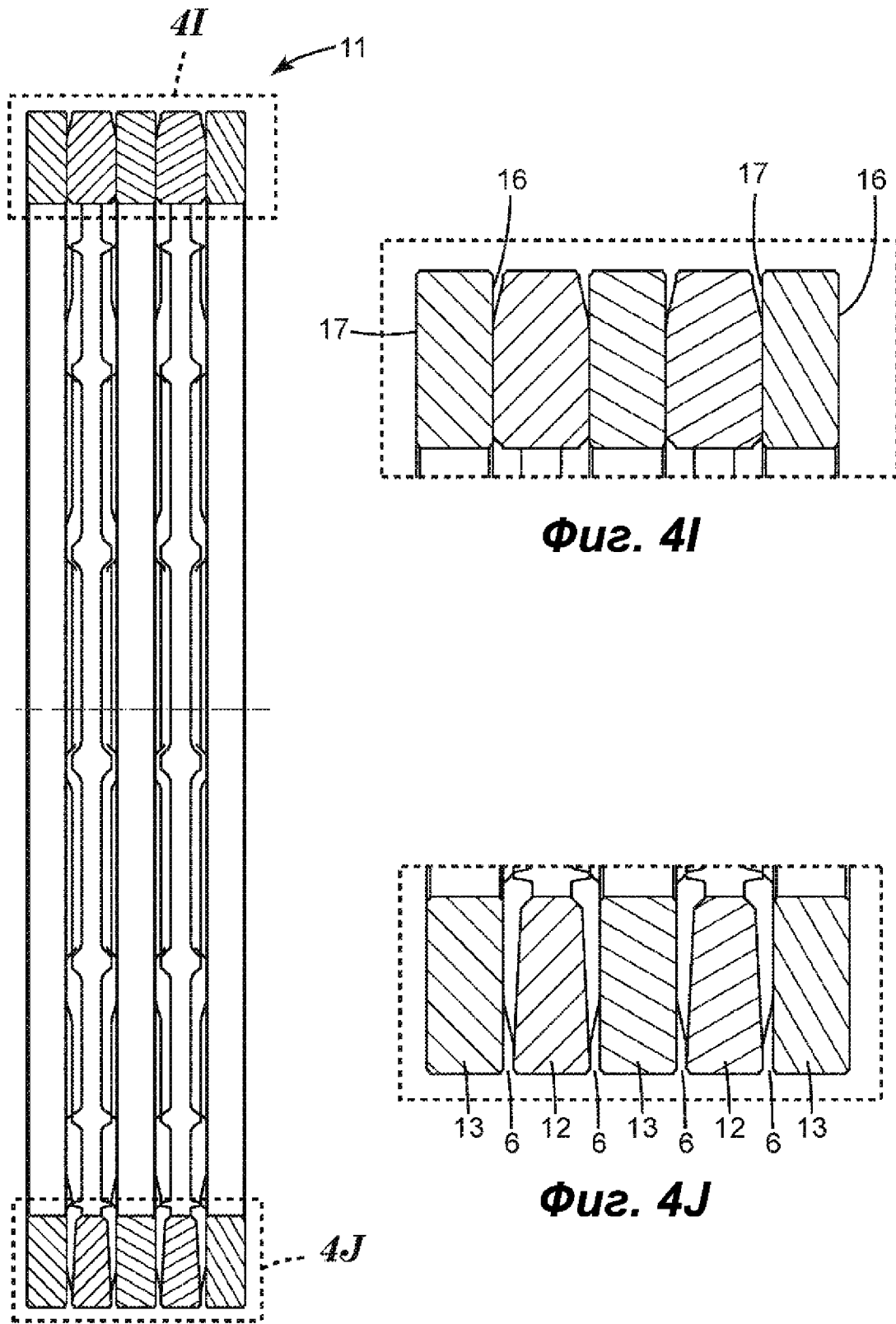
Фиг. 4F

11/15



Фиг. 4G

12/15

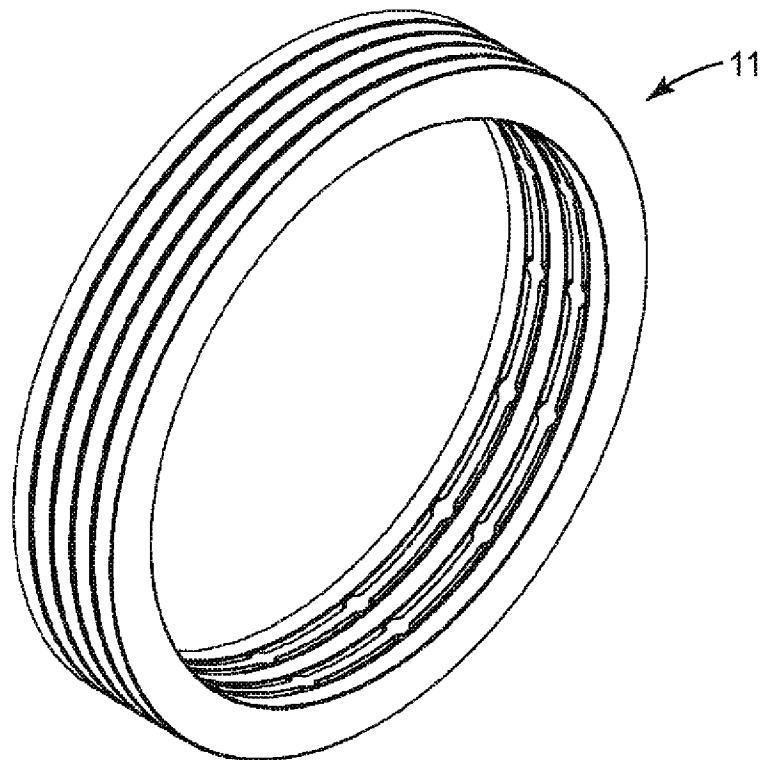


Фиг. 4I

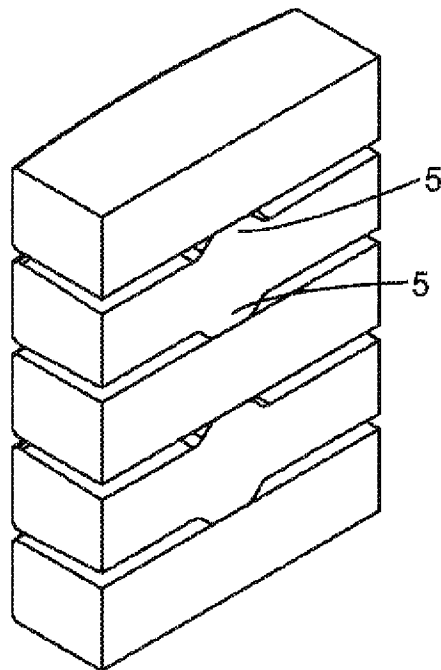
Фиг. 4J

Фиг. 4H

13/15

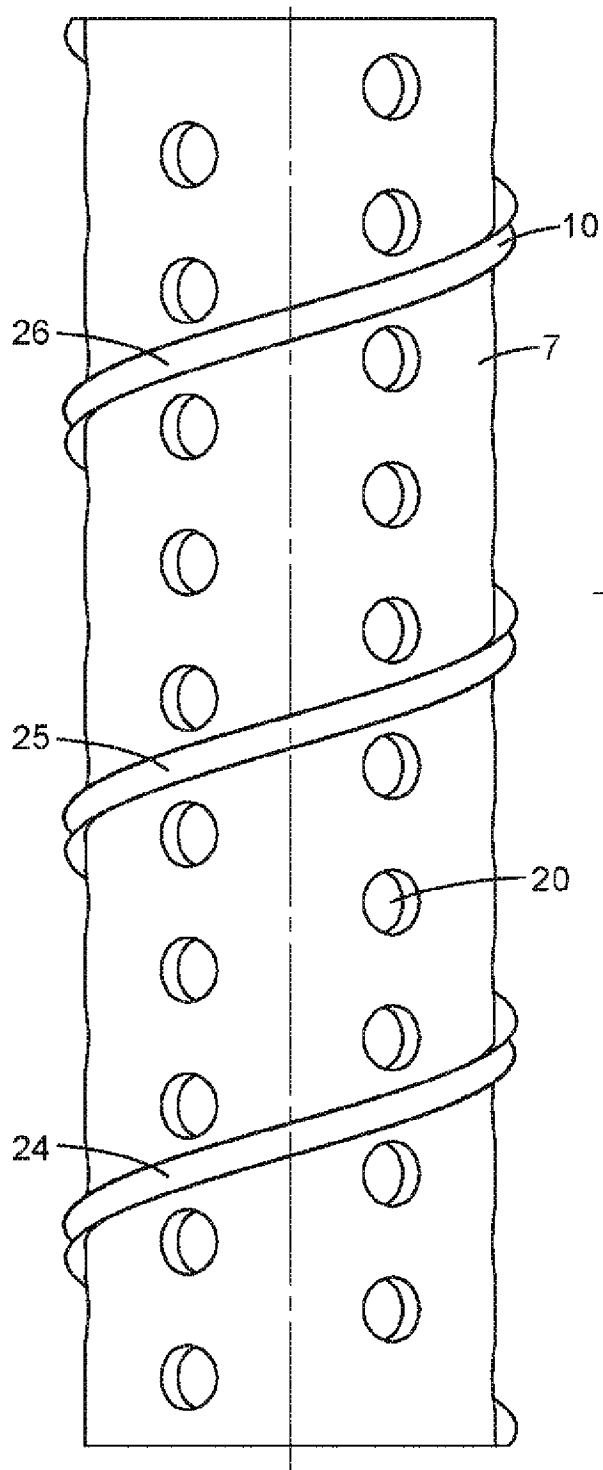
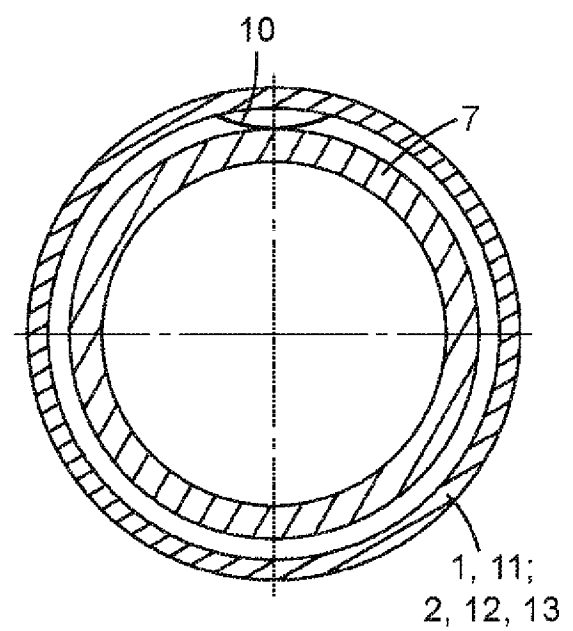


Фиг. 4K



Фиг. 4L

14/15

**Fig. 5A****Fig. 5B**

15/15

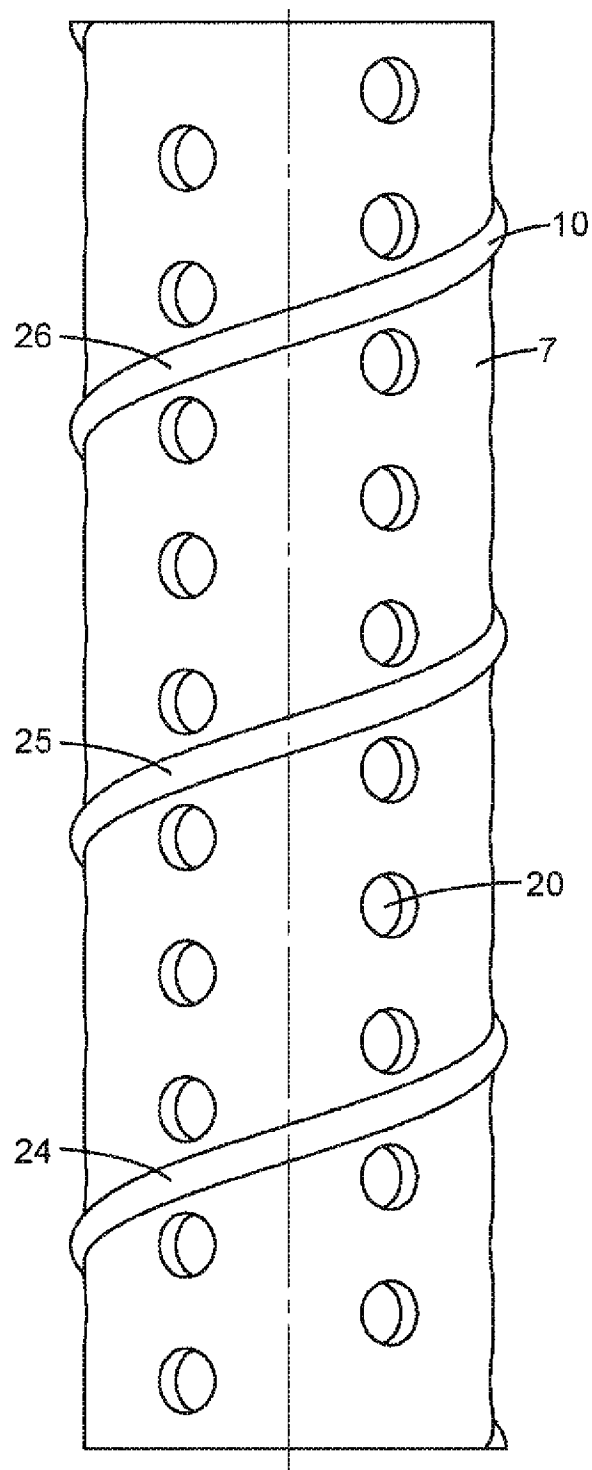


Fig. 6A

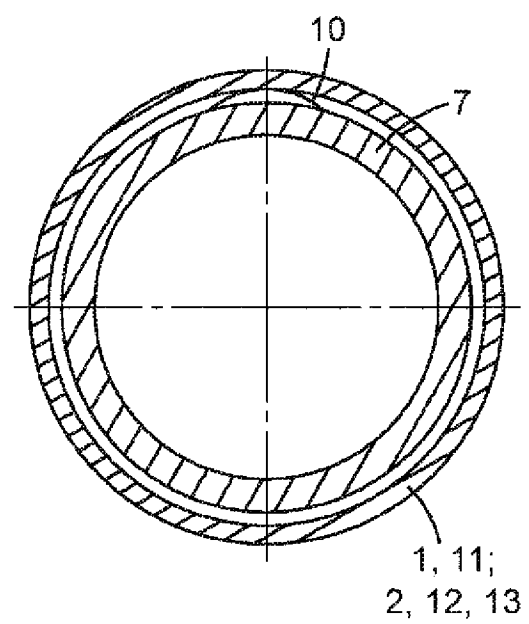


Fig. 6B