

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039077**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.11.30

(51) Int. Cl. **B02C 17/16** (2006.01)
B02C 17/22 (2006.01)

(21) Номер заявки
201991656

(22) Дата подачи заявки
2017.01.26

(54) **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ МЕЛЬНИЦАХ С
ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ**

(43) **2020.01.31**

(56) US-A-4174074
US-A-5379952
JP-B1-3945717

(86) **PCT/FI2017/050042**

(87) **WO 2018/138405 2018.08.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI);
СВИС ТАУЭР МИЛЛЗ МИНЕРАЛЗ
АГ (CH)**

(72) Изобретатель:
**Билке Джефф, Хит Алекс, Джэймисон
Эдвард Аллан (AU)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатъев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)**

(57) Измельчающая мельница (1) с перемешиванием мелющих тел содержит, по существу, цилиндрический измельчающий кожух (2, 18) и центральный перемешивающий вал (10), расположенный внутри измельчающего кожуха. Центральный перемешивающий вал имеет перемешивающие элементы, разнесенные в осевом направлении вдоль указанного вала, предпочтительно измельчающие диски (12). Имеется сменный измельчающий элемент (80), содержащий осевую опорную конструкцию (81), расположенную с образованием наружной периферии указанного элемента для его помещения внутри измельчающего кожуха, и по меньшей мере один встречный диск (14), выступающий радиально внутрь от осевой опорной конструкции (81) на такое расстояние, что он отделяет две измельчающие зоны в осевом направлении с обеспечением при этом расположения центрального перемешивающего вала внутри измельчающего кожуха, причем по меньшей мере часть встречного диска (14) и/или опорной конструкции (81) имеет зубчатый венец (25A, 25B).

039077 B1

039077 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к усовершенствованиям в измельчающих мельницах с перемешиванием мелющих тел для измельчения частиц минеральной руды.

Предпосылки создания изобретения

Измельчающие мельницы с перемешиванием мелющих тел обычно используются при переработке минералов для измельчения частиц минеральной руды в частицы меньшего размера, чтобы облегчить дальнейшую переработку, такую как отделение ценных минеральных частиц от нежелательной породы. Например, частицы минеральной руды диаметром примерно от 30 до 4000 мкм могут быть измельчены до частиц диаметром от 5 до 100 мкм.

Измельчающая мельница с перемешиванием мелющих тел обычно имеет неподвижный корпус или кожух, вертикально расположенный в мельнице, и внутренний приводной вал. Приводной вал имеет множество перемешивающих элементов, таких как измельчающие диски или роторы, так что вращение приводного вала также вращает перемешивающие элементы, которые, в свою очередь, перемешивают подходящую измельчающую среду, при этом частицы минеральной руды в виде загружаемой суспензии проходят через этот перемешиваемый слой среды. В результате перемешивающего действия частицы минеральной руды измельчаются в частицы меньшего размера. Однако из-за действия более жестких измельчающих сред, действующих на измельчающие диски, измельчающие диски и кожух имеют тенденцию к сильному износу, особенно когда мельница работает на высоких скоростях.

Сущность изобретения

Одним аспектом изобретения является измельчающий элемент для измельчающей мельницы с перемешиванием мелющих тел, используемой для измельчения частиц минеральной руды и имеющей предпочтительно цилиндрический измельчающий кожух и центральный перемешивающий вал внутри измельчающего кожуха, причем измельчающий элемент содержит

осевую опорную конструкцию, выполненную с формированием наружной периферии измельчающего элемента, выполненного с возможностью размещения внутри измельчающего кожуха; и

по меньшей мере один встречный диск, проходящий в радиальном направлении внутрь от осевой опорной конструкции на такое расстояние, что он отделяет две зоны измельчения в осевом направлении с обеспечением при этом расположения центрального перемешивающего вала внутри измельчающего кожуха, причем по меньшей мере часть встречного диска и/или опорная конструкция имеет зубчатый венец.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент имеет поперечное сечение полого цилиндра или дугообразного сегмента полого цилиндра, предпочтительно поперечное сечение дугообразного сегмента полого цилиндра в диапазоне от 20 до 180°, более предпочтительно поперечное сечение полого полуцилиндра.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент имеет размеры, обеспечивающие возможность его установки рядом с одним или более дополнительными измельчающими элементами в радиальной плоскости внутри измельчающего кожуха с образованием узла измельчающих элементов с поперечным сечением полого цилиндра.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент имеет осевую длину, которая меньше осевой длины цилиндрического измельчающего кожуха, предпочтительно осевую длину, которая меньше осевой длины измельчающего кожуха.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент имеет размеры, обеспечивающие возможность его установки на один или более дополнительных измельчающих элементов в осевом направлении внутри цилиндрического измельчающего кожуха с образованием узла измельчающих элементов, имеющего требуемую общую осевую длину.

В одном варианте выполнения центральный перемешивающий вал имеет отстоящие друг от друга в осевом направлении перемешивающие элементы, предпочтительно измельчающие диски, вдоль центрального перемешивающего вала, причем по меньшей мере один встречный диск проходит радиально внутрь от осевой опорной конструкции в местоположении на оси, которое смещено от осевых местоположений перемешивающих элементов перемешивающего вала.

В одном варианте выполнения осевая опорная конструкция содержит осевую боковую стенку, ограничивающую наружную периферийную поверхность измельчающего элемента, причем по меньшей мере один встречный диск проходит радиально внутрь от внутренней поверхности осевой боковой стенки.

В одном варианте выполнения осевая опорная конструкция дополнительно содержит отстоящие друг от друга износостойкие защитные элементы, установленные вдоль внутренней поверхности боковой стенки осевой опорной конструкции и проходящие внутрь от указанной внутренней поверхности, причем износостойкие защитные элементы установлены на внутренней поверхности осевой боковой стенки так, что они проходят радиально внутрь от внутренней поверхности боковой стенки.

В одном варианте выполнения по меньшей мере часть защитных элементов содержит удлиненные защитные элементы, проходящие параллельно или почти параллельно вдоль внутренней поверхности осевой боковой стенки осевой опорной конструкции.

В одном варианте выполнения по меньшей мере часть удлиненных защитных элементов содержит

два или более сегментов защитных элементов, расположенных один за другим в линию или в соответствии с другим расположением.

В одном варианте выполнения осевой профиль и/или боковой профиль защитных элементов содержит по меньшей мере один или более элементов из следующих: блочный элемент, лопасть и ребро.

В одном варианте выполнения защитные элементы расположены с образованием каркаса для облицовки разнородным материалом, причем указанная облицовка выполнена с обеспечением ее изнашивания во время операции измельчения, чтобы открыть защитные элементы.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент имеет каркасную конструкцию, в которой осевая опорная конструкция содержит удлиненные отстоящие друг от друга опорные элементы, ограничивающие наружную периферию измельчающего элемента, при этом указанный по меньшей мере один встречный диск соединен с отстоящими друг от друга удлиненными опорными элементами осевой опорной конструкции и выполнен с возможностью прохождения в радиальном направлении внутрь от указанных опорных элементов.

В одном варианте выполнения по меньшей мере часть удлиненных отстоящих друг от друга опорных элементов проходят параллельно или почти параллельно осевому направлению и/или наклонена относительно осевого направления и/или расположена непрямолинейно относительно осевого направления.

В одном варианте выполнения по меньшей мере часть удлиненных отстоящих друг от друга опорных элементов содержит криволинейные опорные балки.

В одном варианте выполнения удлиненные отстоящие друг от друга опорные элементы выполнены с возможностью образования каркаса для облицовки разнородным материалом, причем эта облицовка выполнена с обеспечением ее изнашивания во время операции измельчения, чтобы открыть удлиненные отстоящие друг от друга опорные элементы.

В одном варианте выполнения по меньшей мере один встречный диск на одной своей стороне содержит зубчатый венец.

В одном варианте выполнения по меньшей мере один встречный диск содержит на обеих сторонах встречного диска.

В одном варианте выполнения по меньшей мере один встречный диск содержит зубчатый венец на внутренней радиальной кромке встречного диска.

В одном варианте выполнения зубчатый венец содержит отстоящие друг от друга элементы с интервалами 10-60° в тангенциальном направлении, предпочтительно с интервалами 10-45°, более предпочтительно с интервалами 10-30°, еще более предпочтительно с интервалами 10-20°.

В одном варианте выполнения высота зубчатого венца в осевом направлении имеет значение в диапазоне от 0,5- до 3-кратной осевой толщины встречного диска, предпочтительно примерно равное толщине встречного диска.

В одном варианте выполнения высота зубчатого венца имеет значение в диапазоне от 2 до 200 мм, предпочтительно в диапазоне от 5 до 150 мм, более предпочтительно в диапазоне от 10 до 100 мм.

В одном варианте выполнения соотношение высоты зубчатого венца и расстояния между зубцами зубчатого венца имеет значение в диапазоне от 1/2 до 1/20, предпочтительно в диапазоне от 1/5 до 1/20, более предпочтительно в диапазоне от 1/8 до 1/12.

В одном варианте выполнения ширина зубчатого венца в тангенциальном направлении составляет от 1 мм до примерно толщины встречного диска, предпочтительно от 5 мм до примерно толщины встречного диска, более предпочтительно примерно равна толщине встречного диска.

В одном варианте выполнения общая ширина всего зубчатого венца в тангенциальном направлении составляет менее 0,25-0,35 длины измельчающего элемента в тангенциальном направлении.

В одном варианте выполнения ориентация зубчатого венца имеет значение в диапазоне от 0 до 90°, предпочтительно в диапазоне от 0 до 25°, более предпочтительно в диапазоне от 0 до 10° наклона относительно радиального направления встречного диска.

В одном варианте выполнения зубчатый венец проходит через встречный диск от осевой опорной конструкции до радиально внутреннего края встречного диска.

В одном варианте выполнения зубчатый венец проходит по части встречного диска между осевой опорной конструкцией и радиально внутренним краем встречного диска, предпочтительно по внутренней части встречного диска рядом с указанным внутренним краем встречного диска.

В одном варианте выполнения зубчатый венец проходит за радиально внутренний край встречного диска, предпочтительно вокруг внутренней кромки, чтобы соединиться с зубчатым венцом на противоположной стороне встречного диска.

В одном варианте выполнения зубчатый венец расположен только на радиально внутренней кромке встречного диска.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент представляет собой отдельный элемент, выполненный с возможностью неплотной посадки в измельчающем кожухе.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент выполнен с возможностью соединения с одним или более дополнительными измельчающими элементами для формирования более крупного от-

дельного узла измельчающих элементов, выполненного с возможностью неплотной посадки в измельчающем кожухе.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент выполнен с возможностью использования с мелющими телами, имеющими диаметр, выбираемый в диапазоне примерно 0,5-20 мм, в зависимости от значения F80 материала в виде частиц и значения P80 измельченного материала в виде частиц в каждом конкретном случае.

В одном варианте выполнения измельчающий элемент представляет собой восстановленный измельчающий элемент.

Другим аспектом изобретения является узел измельчающих элементов, содержащий измельчающие элементы, выполненные в соответствии с любым из приведенных выше вариантов выполнения.

Следующим аспектом изобретения является измельчающая мельница с перемешиванием мелющих тел, содержащая, по существу, цилиндрический измельчающий кожух и центральный перемешивающий вал, установленный внутри измельчающего кожуха, и по меньшей мере один измельчающий элемент, выполненный в соответствии с любым из указанных выше вариантов выполнения.

В одном варианте выполнения центральный перемешивающий вал имеет перемешивающие элементы, разнесенные в осевом направлении вдоль центрального перемешивающего вала, предпочтительно измельчающие диски.

В одном варианте выполнения измельчающая мельница с перемешиванием мелющих тел содержит вертикальную или горизонтальную дисковую мельницу.

Еще одним аспектом изобретения является применение измельчающего элемента, выполненного в соответствии с любым из указанных выше вариантов выполнения, в качестве устройства для измельчения минеральной руды.

Другим аспектом изобретения является применение измельчающего элемента, выполненного в соответствии с любым из указанных выше вариантов выполнения, с измельчающей средой, имеющей диаметр, выбираемый в диапазоне приблизительно от 0,5 до 20 мм, в зависимости от значения F80 материала в виде частиц и от значения P80 измельченного материала в виде частиц в каждом конкретном случае.

Еще одним аспектом изобретения является способ восстановления измельчающего элемента, выполненного в соответствии с любым из указанных выше вариантов выполнения, включающий извлечение измельчающего элемента из измельчающей мельницы с перемешиванием мелющих тел; и замену или восстановление изношенного зубчатого венца измельчающего элемента.

В одном варианте выполнения при восстановлении наращивают зубчатый венец для замены изношенного материала.

В одном варианте выполнения при восстановлении наращивают зубчатый венец для замены изношенного материала с использованием одного или более из следующих способов: сварки наплавлением, 3D-печати, добавления резины или полимера к изношенным областям.

В одном варианте выполнения при замене прикрепляют новый зубчатый венец к измельчающему элементу с помощью одного или более из следующих типов крепления: болтовое соединение, клепка, сварка, склеивание и цементирование.

Краткое описание чертежей

Далее изобретение описано более подробно с помощью иллюстративных вариантов выполнения со ссылкой на приложенные чертежи, на которых

фиг. 1 изображает вид в аксонометрии иллюстративной измельчающей мельницы, подходящей для включения измельчающих элементов, выполненных в соответствии с вариантом выполнения изобретения;

фиг. 2 - вид сбоку мельницы, показанной на фиг. 1;

фиг. 3 - вид спереди мельницы, показанной на фиг. 1;

фиг. 4 - вид сбоку в разрезе части иллюстративного корпуса мельницы, используемой в измельчающей мельнице, показанной на фиг. 1;

фиг. 5А - вид в аксонометрии иллюстративного плоского измельчающего диска;

фиг. 5В - вид в аксонометрии иллюстративного встречного диска;

фиг. 6 - вид в аксонометрии иллюстративного измельчающего диска с зубчатым венцом;

фиг. 7 - разрез иллюстративного измельчающего элемента с зубчатым венцом, установленного на встречном диске;

фиг. 8 - вид в аксонометрии иллюстративного измельчающего элемента с зубчатым венцом, имеющего поперечное сечение в форме полого полуцилиндра;

фиг. 9А-9Н - виды сбоку в разрезе различных иллюстративных измельчающих элементов;

фиг. 10А-10С - виды в аксонометрии иллюстративных измельчающих элементов с зубчатым венцом, имеющих поперечное сечение различных типов;

фиг. 11А-11В - виды в аксонометрии, иллюстрирующие установку друг на друга иллюстративных зубчатых измельчающих элементов;

фиг. 12А и 12В иллюстрируют установку измельчающих элементов, выполненных в соответствии с иллюстративными вариантами выполнения, в измельчающую мельницу;

фиг. 13 изображает вид сбоку иллюстративного измельчающего элемента, имеющего каркасную

конструкцию; и

фиг. 14 - вид сбоку в разрезе элементов с зубчатым венцом, помещенных в покрытие из разнородного защитного материала.

Иллюстративные варианты выполнения изобретения

Изобретение ниже описано со ссылкой на следующие примеры, которые следует во всех отношениях рассматривать как иллюстративные и неограничивающие.

Также следует понимать, что варианты выполнения изобретения легко применимы к различным типам минеральной руды, имеющей различные размеры частиц и распределение частиц по размерам. Обычно измеряют размер частиц загружаемого и выгружаемого материала. Следовательно, размер частиц суспензии (например, материала в виде частиц и жидкого шлама) на входе для загружаемого материала обычно описывается его значением F80, что означает, что 80% частиц загружаемого материала (по массе) проходит через номинальный размер сита. Например, F80 = 1000 мкм означает, что 80% от общей массы присутствующих частиц будет проходить через отверстие сита размером 1000 мкм. Альтернативной характеристикой размера является F100, что означает, что 100% частиц загружаемого материала проходит через номинальный размер сита. Аналогично, специалисту в данной области техники будет понятно, что P80 означает, что 80% массы выгружаемых частиц проходит через номинальный размер сита. Например, P80 = 60 мкм означает, что 80% массы выгружаемых частиц пройдет через отверстие сита размером 60 мкм. Варианты выполнения изобретения были в первую очередь разработаны для обработки материала с размерами частиц в диапазоне от F80 = 30 мкм до F80 = 4000 мкм, особенно в диапазоне от F80 = 80 мкм до F80 = 1000 мкм для загружаемого материала в виде частиц, и материала с размерами частиц в диапазоне от P80 = 0,1 мкм до P80 = 800 мкм, особенно в диапазоне от P80 = 1 мкм до P80 = 400 мкм для измельченного выгружаемого продукта. Следовательно, варианты выполнения настоящего изобретения обеспечивают обработку в измельчающей мельнице 1 материала с широким диапазоном размеров частиц для минеральных частиц, имеющих более широкое распределение по размерам в указанных выше диапазонах F80 и P80, с получением очень мелких размеров частиц вплоть до P80 = 1 мкм. Таким образом, варианты выполнения изобретения легко применимы ко многим различным типам материалов в виде частиц и не ограничиваются конкретными типами минеральных руд, но могут включать железо, кварц, медь, никель, цинк, свинец, золото, серебро и платину. Другие материалы в виде частиц, которые могут быть обработаны с использованием вариантов выполнения изобретения, включают бетон, цемент, пригодные к повторному использованию материалы (такие как стекло, керамика, электроника и металлы), продукты питания, пигмент краски, абразивные материалы и фармацевтические вещества. В этих других применениях варианты выполнения изобретения используют для уменьшения размера частиц в материале в виде частиц с помощью процесса измельчения.

Также следует понимать, что варианты выполнения изобретения легко применимы к различным типам измельчающих мельниц с перемешиванием мелющих тел, имеющих неподвижный измельчающий кожух и центральный перемешивающий вал с разнесенными вдоль вала перемешивающими элементами, предпочтительно измельчающими дисками. Примеры подходящих измельчающих мельниц с перемешиванием мелющих тел описаны в поданной заявителем заявке PCT/FI2016/050545, которая включена в настоящее описание посредством ссылки. Чтобы упростить понимание вариантов выполнения изобретения, ниже приводятся примеры конструкции и работы подходящих измельчающих мельниц с перемешиванием мелющих тел, в частности дисковых мельниц, однако применение изобретения не ограничено этими иллюстративными измельчающими мельницами.

На чертежах соответствующие признаки в одном и том же варианте выполнения или общие для разных вариантов выполнения обозначены одинаковыми номерами позиций. Как показано на фиг. 1-5, измельчающая мельница 1 с перемешиванием мелющих тел для измельчения суспензии, содержащей материал в виде частиц, может содержать корпус 2 и приводной механизм 4 для обеспечения перемешивания в корпусе 2 мельницы путем вращения приводного вала 11 корпуса 2 вокруг продольной оси 6. В проиллюстрированных иллюстративных вариантах выполнения корпус 2 мельницы и приводной механизм 4 могут быть установлены на рамной конструкции, например на раме 3 основания и приводной раме 5 соответственно. В показанном примере корпус 2 может содержать установочный узел 9 для установки корпуса мельницы на раму 3 основания и функционального выравнивания корпуса мельницы с приводным механизмом 4. В вариантах выполнения мельница может представлять собой мельницу тонкого помола и может называться высокоинтенсивной мельницей, в которой вращательное действие приводит к интенсивному измельчению частиц суспензии измельчающей средой. Измельчающие мельницы могут иметь относительно высокое энергопотребление для достижения тонкого помола, например в диапазоне от 5 до 100 кВт·ч/т (киловатт-час на тонну). Интенсивность мощности, кВт/м³, мельниц также может быть относительно высокой, например до 100-300 кВт/м³ или более.

Заряд загружаемой суспензии, содержащей частицы минеральной руды, может подаваться в корпус 2 мельницы через нижнее впускное отверстие 7, которое в этом примере показано как центрированное впускное отверстие. Корпус 2 мельницы может быть частично заполнен (например, заполнен приблизительно на 2/3) мелющими телами, например маленькими шариками. Мелющие тела также могут быть добавлены в корпус 2 мельницы сначала через выпускное отверстие 8 или через отдельный вход в верх-

ней части мельницы перед добавлением загружаемой суспензии (например, материала в виде частиц и жидкости) и запуском мельницы 1. Во время работы корпус 2 мельницы или механизм 10 перемешивания внутри корпуса 2 мельницы вращается приводным механизмом 4 вокруг оси 6 для совместного поворачивания или перемешивания загружаемой суспензии и мелющих тел, обеспечивая, тем самым, относительное движение суспензии из мелющих тел и материала в виде частиц с требуемой скоростью внутри размольной камеры, в результате чего частицы загружаемой суспензии размалываются или измельчаются в контакте и между мелющими телами, в результате чего измельчение происходит путем истирания между мелющими телами. Окружная скорость перемешивающего механизма может составлять, например, 4-12 м/с. Затем измельченный продукт может быть выгружен через верхнее выпускное отверстие 8. Мелющие тела обычно могут содержать керамические или стальные шарики диаметром от 0,5 до 20 мм. Размер мелющих тел может варьироваться в других вариантах выполнения, в зависимости от требований. Например, диаметр мелющих тел может быть в 30 или 50 раз больше диаметра частиц суспензии, что можно измерить в соответствии со значением F80 или F100. Например, диаметр мелющих тел может быть выбран из диапазона приблизительно от 0,5 до 20 мм в зависимости от значения F80 материала в виде частиц и значения P80 измельченного материала в виде частиц в каждом конкретном применении, предпочтительно в диапазоне от 0,5 до 1,5 мм для значения F80 70 мкм или менее и для значения P80 20 мкм или менее, предпочтительно от 1 до 3 мм для значения F80 в диапазоне от 50 до 100 мкм и для значения P80 в диапазоне от 20 до 60 мкм, предпочтительно в диапазоне от 3 до 6 мм для значения F80 в диапазоне от 100 до 300 мкм и для значения P80 в диапазоне от 50 до 100 мкм, и предпочтительно в диапазоне от 6 до 20 мм для значения F80 в диапазоне от 300 до 4000 мкм и для значения P80 в диапазоне от 80 до 300 мкм.

Как показано на фиг. 4, в проиллюстрированных иллюстративных вариантах выполнения кожух 18 расположен в измельчающей мельнице вертикально и имеет нижнее впускное отверстие 7 и верхнее выпускное отверстие 8. Следует понимать, что в других вариантах выполнения корпус 2 мельницы может быть расположен в измельчающей мельнице 1 наклоненным или под углом. В некоторых вариантах выполнения кожух 18 может быть расположен в измельчающей мельнице горизонтально. Аналогично, в других вариантах выполнения впускное отверстие 7 и выпускное отверстие 8 могут быть расположены в местах кожуха, отличных, соответственно, от нижней и верхней части.

На фиг. 4 показан иллюстративный вариант выполнения, в котором корпус 2 мельницы может содержать, по существу, цилиндрический барабан или кожух 18, который ограничивает внутреннюю полость или размольную камеру 15, и узел 10 вращающегося перемешивающего устройства, расположенный внутри кожуха 18. Используемый здесь термин "цилиндрический" следует понимать, как правило, для обозначения любой цилиндрической конструкции с круговым или круглым поперечным сечением. Несмотря на то что в проиллюстрированных иллюстративных вариантах выполнения корпус мельницы может иметь, по существу, цилиндрическую форму, следует понимать, что корпус или кожух 18 мельницы в других вариантах выполнения могут иметь другие формы поперечного сечения, такие как прямоугольную, квадратную, овальную или овально-подобную или любую другую правильную или неправильную многоугольную форму, такую как шестиугольная форма, ограничивающая размольную камеру 15. Узел перемешивающего устройства может содержать один или более приводных валов 11, на каждый из которых могут быть установлены перемешивающие устройства 12, описанные более подробно ниже. Один или более приводных валов могут быть соосными с корпусом 2 (например, как показано в иллюстративных вариантах выполнения) или не соосными с ним. Указанный один или более приводных валов могут быть параллельны продольной оси 6 корпуса 2, как показано в иллюстративных вариантах выполнения, или же приводной вал может быть наклонен или расположен под углом к оси корпуса мельницы. Перемешивающие устройства 12 могут быть соосными с осью приводного вала, как показано в иллюстративных вариантах выполнения, или же они могут быть несоосными. В иллюстративных вариантах выполнения эффект перемешивания обеспечивается вращающимися перемешивающими устройствами 12, установленными на валу 11. Узел 10 перемешивающего устройства имеет форму крыльчатки или ротора, но также известен как узел приводного вала. По существу, узел перемешивающего устройства со ссылкой на этот вариант выполнения в дальнейшем называется ротором мельницы.

В вариантах выполнения перемешивающие устройства 12 в роторе 10 мельницы могут содержать соосные или несоосные измельчающие диски 12, отстоящие друг от друга по длине приводного вала 11. Пример измельчающего диска 12 показан на фиг. 5А. В приведенном в качестве примера варианте выполнения измельчающий диск 12 может содержать плоский корпус 20, который может быть соединен с помощью кронштейнов 22 (обычно известных как спицы) с установочным кольцом 21 для крепления измельчающего диска 12 к приводному валу 11 узла 10 перемешивающего устройства. 10. Несмотря на то, что в иллюстративном варианте выполнения перемешивающее устройство представляет собой кольцевой диск, следует понимать, что в других вариантах выполнения перемешивающее устройство может принимать другие плоские формы, такие как прямоугольная, квадратная, овальная или овально-подобная, круглая и любая другая правильная или неправильная многоугольная форма. Специалисту будет понятно, что для промышленных задач размер кольцевого диска может составлять от 400 до 2500 мм. Однако изобретение в равной степени относится к дискам тонкого помола любого размера. Также пере-

мешивающие устройства 12, помимо двух противоположных поверхностей, могут иметь другие поверхности, такие как любое количество поверхностей, которые имеют одинаковую или разную форму. Например, перемешивающие устройства могут иметь наклонную или проходящую под углом поверхность, криволинейную поверхность, рифленую поверхность, пилообразную поверхность, неправильную поверхность или любую другую правильную или неправильную форму. В вариантах выполнения измельчающий диск может иметь сквозные отверстия, открытия, прерывания или вырезы. Для удобства перемешивающие устройства 12 в этом варианте выполнения далее будут называться измельчающими дисками. Однако варианты выполнения изобретения не ограничены какой-либо конкретной структурой или конструкцией узла перемешивающего устройства или перемешивающих устройств. Например, узел перемешивания может в качестве альтернативы содержать радиальные стойки, отстоящие друг от друга вдоль приводного вала. В качестве дополнительного примера, перемешивающий узел может содержать винтовой шнек.

Также могут быть предусмотрены неподвижные плоские кольцевые полки или встречные диски 14 на внутренней боковой стенке 13 кожуха 18 мельницы, расположенные между каждым вращательным перемешивающим устройством или измельчающим диском 12. Пример встречного диска 14 показан на фиг. 5В. Плоские кольцевые полки или встречные диски 14 могут проходить или выступать в камеру 15 между перемешивающими устройствами или измельчающим диском 12. Полки 14 имеют тенденцию делить внутреннюю камеру 15 на отдельные подкамеры 17, соединенные через отверстия 16, образованные между полками 14 и приводным валом 11. В зависимости от применения может быть использовано любое количество наборов перемешивающих устройств 12 и полок 14, таких как вращающиеся и неподвижные диски. Например, может быть использовано до нескольких десятков наборов, но обычно от 5 до 20.

При работе приводной механизм 4 вращает приводной вал 11 узла 10 перемешивающего устройства, вращая измельчающие диски 12, которые, в свою очередь, обеспечивают вращательное движение суспензии из мелющих тел и материала в виде частиц (как показано поперечными стрелками на чертежах) с требуемой скоростью внутри размольной камеры 15 корпуса 2 мельницы. Вращательное движение заставляет частицы загружаемой суспензии измельчаться в контакте и между более жесткими мелющими телами, высвобождая, тем самым, ценные минеральные частицы и уменьшая их размер для дальнейшей последующей обработки после выгрузки через выпускное отверстие 8. Поток суспензии перемещается вверх 17 через отверстие 16 в подкамеру 17, проходит через вращающийся диск 12, затем через следующее отверстие 16 в следующую подкамеру 17. Свободное пространство в каждой подкамере 17 вокруг вращательного измельчающего диска 12 можно рассматривать как этап фракционирования, когда более крупные частицы движутся к внутренней стенке кожуха 18, тогда как более мелкие частицы движутся быстрее вверх через отверстия 16. Из-за вертикального расположения мельницы фракционирование осуществляется одновременно на протяжении всего процесса измельчения, причем более крупные частицы остаются дольше на периферии, тогда как более мелкие частицы движутся вверх.

Другими словами, в иллюстративной измельчающей мельнице с перемешиванием мелющих тел загружаемую суспензию подают снизу, причем частицы руды постепенно измельчаются с помощью движущихся шариков мелющих тел перед выходом из верхней части мельницы. Шарик мелющих тел значительно крупнее (например, в десятки раз больше) частиц руды, что необходимо для измельчения и что также удерживает шарики мелющих тел внутри измельчающей мельницы благодаря их способности оседать быстрее, чем скорость восходящего потока загружаемой суспензии. Однако размер мельницы может быть таким, чтобы шарики мелющих тел частично входили в псевдоожиженное состояние с помощью протекающей вверх загружаемой суспензии. Потребляемая электрическая мощность для приведения вала в действие чувствительна к скорости потока загружаемой суспензии, т.е. при более высоких скоростях потока шарики мелющих тел поднимаются немного и оказывают меньшее сопротивление на измельчающие диски. В горизонтальной мельнице с перемешиванием мелющих тел на ее конце может быть установлен центробежный сепаратор для удержания шариков и более крупных частиц в мельнице.

В мельницах с перемешиванием мелющих тел усилие сдвига является значительным. В идеале измельчающая мельница не должна быть подвергнута износу, но на практике износ вкладыша и диска неизбежен даже в хорошо спроектированном и собранном оборудовании. Ускоренный износ компонентов измельчающей мельницы делает их срок службы очень коротким, что требует более частой замены, чем хотелось бы. Частая замена компонентов измельчающей мельницы также увеличивает время простоя, снижая эффективность мельницы, а также увеличивая затраты на техническое обслуживание.

Неравномерный износ измельчающих дисков наблюдается на измельчающих мельницах с перемешиванием мелющих тел, причем износ нижних измельчающих дисков (со стороны загрузки) происходит быстрее, чем верхних измельчающих дисков (со стороны выгрузки). Предпочтительно, чтобы измельчающие диски могли прослужить несколько месяцев и изнашивались бы более равномерно так, чтобы они могли быть заменены одновременно. Одной из причин неравномерного износа может быть то, что шарики мелющих тел псевдоожижены лишь частично, что означает, что восходящий поток загружаемой суспензии несет на себе только часть их веса. Остальная часть силы тяжести направлена вниз через уплотненный слой мелющих тел так, что сила тяжести имеет самую большую величину на дне мельницы. Это увеличивает усилие на корпус мельницы, а также на измельчающие диски, которые тем самым подвер-

гаются более быстрому износу в направлении нижней части мельницы. Другая причина неравномерного износа может заключаться в том, что крупные частицы загружаемой суспензии вводятся в нижнюю часть измельчающей мельницы, что, скорее всего, также увеличивает скорость износа у основания измельчающей мельницы. Аналогичный неравномерный износ имеет место и в горизонтальных измельчающих мельницах с перемешиванием мелющих тел, которые также быстрее изнашиваются на загрузочном конце.

В находящейся на рассмотрении заявке РСТ/FI2016/050545 настоящего заявителя, которая включена в настоящее описание посредством ссылки, предложены варианты выполнения, в которых на перемешивающих устройствах или измельчающем диске 12 может быть обеспечен защитный зубчатый венец для захвата и формирования слоя среды в контакте с вращающимся диском, чтобы минимизировать разницу скоростей между средой и диском, уменьшая тем самым износ. Иллюстративный вариант выполнения измельчающего диска 12, имеющего зубчатый венец 25, показан на фиг. 6. В иллюстративном варианте выполнения зубчатый венец может содержать защитные элементы 25, которые могут быть расположены рядом с наружной кромкой корпуса 20 диска, чтобы проходить наружу от корпуса 20 диска. В иллюстративном варианте выполнения установочная втулка 21 может быть соединена с помощью кронштейнов 22 (обычно известных как спицы) с корпусом 20 диска для установки каждого измельчающего диска 12 на приводном валу 11 узла 10 перемешивающего устройства. Защитные элементы 25 в этом варианте выполнения имеют форму блоков или блочных элементов, которые могут быть выполнены за одно целое с корпусом 20 диска и расположены так, что противоположные стороны и один конец блоков могут выступать наружу от плоских поверхностей и наружной кромки корпуса 20 диска. Таким образом, каждый блок 25 может проходить, по существу, перпендикулярно относительно противоположных плоских поверхностей своими противоположными сторонами, и радиально наружу от наружной кромки своим концом. В качестве альтернативы, защитные элементы 25 могут иметь форму U-образных блоков, установленных на корпусе 20 диска так, что противоположные стороны и один конец каждого блока 25 проходят или выступают наружу из плоских поверхностей и наружного края корпуса диска соответственно. Следует понимать, что защитные элементы 25 могут принимать любое количество форм для создания зоны вокруг каждого измельчающего диска 12. Примеры других форм или форм защитных элементов раскрыты в находящейся на рассмотрении заявке на патент РСТ/FI2016/050545 настоящего заявителя, которая включена в этот документ посредством ссылки.

В находящейся на рассмотрении заявке на патент РСТ/FI2016/050545 настоящего заявителя, которая включена в этот документ посредством ссылки, предложены варианты выполнения, в которых зубчатый венец 25 может быть выполнен на полках 14 для дополнительной минимизации износа полок и внутренних боковых стенок, как показано на фиг. 7.

Несмотря на эти улучшения все еще существует потребность в уменьшении износа компонентов мельниц, сокращении времени и работы, необходимой для замены компонентов, уменьшении времени простоя и/или уменьшении затрат на техническое обслуживание.

В соответствии с одним аспектом изобретения предложен новый измельчающий элемент для измельчающей мельницы с перемешиванием мелющих тел. Измельчающий элемент содержит осевую опорную конструкцию, выполненную с возможностью образования наружной периферии измельчающего элемента, выполненного с возможностью размещения внутри измельчающего кожуха. Измельчающий элемент дополнительно содержит по меньшей мере один встречный диск, выполненный с возможностью прохождения в радиальном направлении внутрь от осевой опорной конструкции с обеспечением разделения измельчающего кожуха на две зоны измельчения в осевом направлении и с возможностью установки центрального перемешивающего вала в измельчающем кожухе. По меньшей мере часть встречного диска и/или опорная конструкция имеет зубчатый венец.

В вариантах выполнения измельчающий элемент может иметь поперечное сечение в виде любого дугообразного сегмента полого цилиндра, предпочтительно поперечное сечение дугообразного сегмента полого цилиндра в диапазоне от 20 до 180°, более предпочтительно поперечное сечение полого полуцилиндра.

Иллюстративный измельчающий элемент 80, имеющий поперечное сечение полого полуцилиндра, показан на фиг. 8. В проиллюстрированном примере измельчающий элемент 80 содержит осевую опорную конструкцию в виде осевой боковой стенки 81, ограничивающей наружную периферийную поверхность измельчающего элемента 80. Наружная периферийная поверхность измельчающего элемента 80 может быть расположена с возможностью плотного или свободного прилегания к внутренней поверхности кожуха для формирования сменной защитной обшивки или вкладыша, который предотвращает износ фактического кожуха 18. Измельчающий элемент 80 дополнительно содержит кольцевой встречный диск 14, выполненный с возможностью прохождения в радиальном направлении внутрь от внутренней поверхности осевой боковой стенки 81. В вариантах выполнения встречный диск 14 выполнен с возможностью прохождения в радиальном направлении внутрь от осевой опорной конструкции на осевом местоположении, которое смещено от осевых местоположений измельчающих дисков 12 перемешивающего вала внутри измельчающего кожуха 18.

В иллюстративном измельчающем элементе 80, показанном на фиг. 8, и осевая боковая стенка 81, и встречный диск 14 имеют зубчатый венец 25А и 25В соответственно. Вид сбоку в поперечном разрезе

измельчающего элемента 81 показан на фиг. 9А. Зубчатый венец 25А и 25В уменьшает износ боковой стенки 80 и встречного диска 14, продлевая тем самым срок службы измельчающего элемента 80. Дополнительные примеры измельчающего элемента 80, имеющего зубчатый венец 25А и 25В и на осевой боковой стенке 81 и на встречном диске 14, показаны на фиг. 9А, 9С и 9D.

В вариантах выполнения зубчатый венец 25А может быть выполнен только на боковой стенке 81, как проиллюстрировано примером на фиг. 9Н.

В других вариантах выполнения зубчатый венец 25В может быть выполнен только на встречном диске 14, как проиллюстрировано примерами на фиг. 9В, 9Е, 9F и 9G.

Зубчатый венец осевой боковой стенки 81 может содержать отстоящие друг от друга противоизносные элементы 25А, выполненные на внутренней поверхности осевой боковой стенки 81 и проходящие в радиальном направлении внутрь от внутренней поверхности боковой стенки 81. Защитные элементы 25А могут представлять собой удлиненные защитные элементы, проходящие параллельно оси измельчающего элемента.

Встречный диск 14 может содержать зубчатый венец на одной или на обеих своих сторонах, как проиллюстрировано примерами на фиг. 8, 9А, 9В, 9С, 9Е, 9F и 9G. В некоторых вариантах выполнения зубчатый венец 25В может быть выполнен на одной или на обеих сторонах встречного диска 14, но не на внутренней радиальной кромке встречного диска 14, как проиллюстрировано примерами на фиг. 8, 9А, 9В, 9С и 9Е. В некоторых вариантах выполнения зубчатый венец 25В может быть выполнен на одной или на обеих сторонах встречного диска 14, а также на внутренней радиальной кромке встречного диска 14, как проиллюстрировано примерами на фиг. 9D, 9F и 9G.

В вариантах выполнения полки, или встречные диски 14, могут иметь отверстия, прерывания или вырезы для улучшения циркуляции шлама.

В вариантах выполнения зубчатый венец 25В может проходить по радиальной ширине встречного диска 14 от внутренней боковой стенки 81 до радиально внутренней кромки диска 14, как показано на фиг. 9А и 9В.

В некоторых вариантах выполнения зубчатый венец 25В может проходить на одной стороне или на обеих сторонах встречного диска 14 на части радиальной ширины встречного диска, как показано на фиг. 9С, 9D, 9F и 9G, предпочтительно поперек внутренней части встречного диска 14 вблизи внутренней его кромки. В некоторых вариантах выполнения может иметься зубчатый венец 25В на внутренней радиальной кромке встречного диска 14 или на конце встречного диска, как показано на фиг. 9D. В некоторых вариантах выполнения зубчатый венец 25В может проходить за радиально внутреннюю кромку встречного диска 14, предпочтительно вокруг внутренней кромки для соединения с зубчатым венцом 25В на противоположной стороне встречного диска 14.

Иллюстративный измельчающий элемент 80, имеющий поперечное сечение 1/3 полого цилиндра (сегмент цилиндра в 120°), показан на фиг. 10А.

Иллюстративный измельчающий элемент 80, имеющий поперечное сечение 1/4 полого цилиндра (сегмент цилиндра в 90°), показан на фиг. 10В.

Иллюстративный измельчающий элемент 80, имеющий поперечное сечение полного полого цилиндра (360°), показан на фиг. 10С. В этом случае радиус центрального отверстия 16 измельчающего элемента 80 должен быть больше, чем наружный радиус измельчающего диска 12, чтобы обеспечить возможность прохождения перемешивающего вала 11 и измельчающих дисков 12 через отверстие 16 во время установки.

В вариантах выполнения, в которых измельчающий элемент может иметь поперечное сечение дугοобразного сегмента полого цилиндра, измельчающий элемент 80 имеет размеры, обеспечивающие возможность его установки рядом с одним или более дополнительными измельчающими элементами 80 в радиальной плоскости внутри измельчающего кожуха 18, чтобы сформировать узел измельчающих элементов с поперечным сечением полого цилиндра. Например, два измельчающих элемента 80, имеющих поперечное сечение полуцилиндра (180-градусный сегмент), могут быть установлены рядом друг с другом, чтобы получить полный полый цилиндр, аналогичный проиллюстрированному на фиг. 10С. Аналогичным образом, три 120-градусных измельчающих элемента или четыре 90-градусных измельчающих элемента могут быть установлены рядом, образуя узел измельчающих элементов с поперечным сечением полого цилиндра. В вариантах выполнения измельчающий элемент 80 может содержать соединительные средства для соединения с одним или более дополнительными измельчающими элементами. Например, такие соединительные средства могут содержать один или более зажимов, фланцев, болтовых соединений.

В вариантах выполнения измельчающий элемент 80 может представлять собой отдельный элемент, выполненный с возможностью свободной установки в измельчающем кожухе 18.

В вариантах выполнения измельчающий элемент 80 имеет осевую длину, которая приблизительно равна или кратна расстоянию между разнесенными в осевом направлении измельчающими дисками 12 центрального перемешивающего вала 11. Как правило, измельчающий элемент имеет осевую длину, которая меньше осевой длины измельчающего цилиндрического кожуха.

В вариантах выполнения измельчающий элемент 80 имеет размеры, обеспечивающие возможность

его укладки вместе с одним или более дополнительными измельчающими элементами 80 в осевом направлении внутри цилиндрического кожуха 18 для формирования узла 800 измельчающих элементов, имеющего требуемую общую осевую длину. В примере, проиллюстрированном на фиг. 11A и 11B, четыре измельчающих элемента 80 в форме полуцилиндра уложены друг на друга, образуя более длинный узел 800 измельчающих элементов. Аналогично, иллюстративные измельчающие элементы 80, показанные на фиг. 10A, 10A и 10C, или измельчающие элементы другого типа могут быть составлены вместе.

В вариантах выполнения узел 800 измельчающих элементов может быть собран или изготовлен перед установкой узла измельчающих элементов в кожухе 18 измельчающей мельницы. В вариантах выполнения сначала могут быть сформированы два или более узла 800 измельчающих элементов, а затем узлы 800 измельчающих элементов могут быть установлены и уложены вместе друг на друга в измельчающем кожухе 18 измельчающей мельницы.

В вариантах выполнения один измельчающий элемент 80 может содержать два или более встречных диска 14 в осевом направлении. Такой единичный измельчающий элемент, имеющий несколько встречных дисков, может быть изготовлен различными альтернативными способами, такими как сварка или литье. Например, один измельчающий элемент 80, имеющий четыре встречных диска 14 в осевом направлении, может быть аналогичен узлу 800 измельчающих элементов, показанному на фиг. 11B.

В вариантах выполнения узел 800 измельчающих элементов представляет собой отдельный элемент, выполненный с возможностью свободной установки внутри измельчающего кожуха 18.

Фиг. 12A и 12B иллюстрируют иллюстративную установку измельчающих элементов 80, выполненных в соответствии с иллюстративными вариантами выполнения, в мельницу 1, более конкретно, в кожух 18 корпуса мельницы. В проиллюстрированном примере корпус 2 мельницы может быть аксиально (например, вертикально на вертикальной мельнице и горизонтально на горизонтальной мельнице) разделен по центру на две половины или на три или большее количество сегментов, которые можно отделить друг от друга. Например, две половины корпуса мельницы могут быть соединены фланцами в осевом (вертикальном) положении с возможностью их отделения друг от друга. Например, две половины корпуса 2 мельницы могут быть шарнирно соединены, так что при извлечении фланцевых болтов или тому подобного половинки корпуса могут быть повернуты друг от друга. После открытия внутренних частей кожуха 18 измельчающие элементы 80 в форме полуцилиндров могут быть вставлены или установлены на две половины корпуса 2 мельницы внутри кожуха 18. Кроме того, измельчающие диски 12 теперь можно легко заменить, если это необходимо. В проиллюстрированном примере девять измельчающих элементов 80 в форме полуцилиндров составлены вместе в каждой половине корпуса 2 мельницы. Таким образом, внутри каждой половины корпуса 2 мельницы имеется узел 800 измельчающих элементов в форме полуцилиндров. Наружная стенка 81 измельчающего элемента 80 может быть выполнена с возможностью плотного или свободного прилегания к внутренней поверхности кожуха, чтобы сформировать сменную защитную вставку, которая предотвращает износ фактического кожуха 18. Измельчающие элементы 80 или измельчающий элемент 800 могут быть соединены с кожухом 18 с помощью соответствующих соединительных средств, или же они могут представлять собой вставные элементы. Половинки корпуса 2 мельницы, содержащие измельчающие элементы 80 или узлы 800 измельчающих элементов, теперь могут быть соединены вместе вокруг перемешивающего вала 11 и измельчающих дисков 12, чтобы образовать цилиндрический барабан 2, содержащий вставку в виде цилиндрического узла измельчающих элементов. Фактический кожух 18 полностью защищен от износа. Изношенные измельчающие элементы 80 могут быть легко заменены в обратном порядке: корпус 2 мельницы разделяют на две половины, изношенные измельчающие элементы 80 выборочно заменяют, и корпус мельницы повторно собирают. В случае неравномерного износа измельчающих элементов 80 отдельные изношенные измельчающие элементы 80 могут быть заменены, а неизношенные элементы 80 могут быть оставлены без замены, что снижает время и затраты на техническое обслуживание, а также затраты на запасные части. Поскольку практически изнашиваются только измельчающие элементы 80, срок службы корпуса мельницы будет значительно увеличен.

Поскольку зубчатый венец 25A и/или 25B на измельчающих элементах 80 обычно изнашивается раньше боковой стенки 81 и встречного диска 14, можно повторно использовать изношенный измельчающий элемент 80 путем восстановления зубчатого венца 25A и/или 25B. Новый зубчатый венец 25A и/или 25B может быть обеспечен различными средствами, включая, например, 3D-печать. В качестве альтернативы, изношенные элементы могут быть восстановлены с помощью сварки для наращивания изношенных областей (стальные вставки), замены изношенного зубчатого венца и/или встречных дисков с помощью болтов/сварки/клепки и т.д. Полимерные вкладыши могут быть получены путем добавления нового полимера. В качестве альтернативы, изношенные области могут быть отремонтированы путем прикрепления более твердых материалов, таких как керамическая или твердосплавная плитка, с помощью склеивания, цементирования, скрепления болтами или любыми другими крепежными средствами.

В иллюстративных вариантах выполнения изготовления зубчатый венец выполнен с помощью блочных элементов, что является предпочтительной формой. Зубчатый венец не ограничен блочными элементами, но могут быть реализованы посредством выступа любой формы, который проходит от поверх-

ностей встречного диска 14 или боковой стенки 81. В вариантах выполнения осевой профиль и/или боковой профиль зубчатого венца может содержать по меньшей мере одно или более из следующего: выступ, удлиненное тело, блочный элемент, фланец, зуб, плоский элемент, лопасть, лопатка, ребро, пластина, брусок, стойка, стержень, элемент в форме канала, элемента V-образной формы, элемента U-образной формы, элемента в форме ската и элемента в форме клина. Еще один вариант выполнения имеет скошенные или наклонные кольцевые полки 14 вместо полок, перпендикулярных боковой стенке 81.

В вариантах выполнения зубчатый венец имеет размер, обеспечивающий возможность его выступления из боковой стенки и/или встречного диска 14 на высоту, которая составляет по меньшей мере половину размера мелющих тел, предпочтительно по меньшей мере полтора размера мелющих тел, более предпочтительно по меньшей мере в 3 раза больше размера мелющих тел.

В вариантах выполнения внутренняя высота зубчатого венца может иметь величину в диапазоне от 2 до 200 мм, предпочтительно в диапазоне от 5 до 150 мм в зависимости от размера мельницы или диска, более предпочтительно в пределах от 10 до 100 мм.

Элементы зубчатого венца могут отстоять друг от друга в окружном направлении или в направлении вращательного движения суспензии из мелющих тел и материала в виде частиц. В вариантах выполнения отстоящие друг от друга элементы зубчатого венца расположены с интервалами в $10-60^\circ$ в направлении вращательного движения суспензии из мелющих тел и материала в виде частиц, предпочтительно с интервалами в $10-45^\circ$, более предпочтительно с интервалами в $10-30^\circ$, еще более предпочтительно с интервалами в $10-20^\circ$. В вариантах выполнения соотношение высоты зубчатых элементов и расстояния между соседними элементами зубчатого венца может иметь значение в диапазоне от $1/2$ до $1/20$, предпочтительно в диапазоне от $1/5$ до $1/20$, более предпочтительно в диапазоне от $1/8$ до $1/12$.

В одном варианте выполнения зубчатые элементы 25A могут содержать удлиненные элементы зубчатого венца, проходящие в продольном направлении между полками или встречными дисками 14 на боковой стенке 81 элемента 80. Термин "в продольном направлении" означает, что удлиненные защитные элементы могут проходить в направлении, перпендикулярном направлению вращательного движения суспензии из мелющих тел и материала в виде частиц или проходящем под углом к этому направлению, или в направлении, параллельном осевому направлению 6 корпуса мельницы или проходящем под углом к этому направлению.

В одном варианте выполнения удлиненный зубчатый венец 25A может проходить в продольном направлении между полками или встречными дисками 14 на боковой стенке 81, приблизительно параллельно оси кожуха 18 мельницы.

В дополнительном варианте выполнения удлиненный зубчатый венец 25A может проходить в продольном направлении на боковой стенке 81 элемента 80 приблизительно параллельно оси кожуха 18 мельницы.

В вертикальной измельчающей мельнице зубчатые элементы 25A могут быть вертикальными элементами и, соответственно, в горизонтальной измельчающей мельнице - горизонтальными элементами.

В вариантах выполнения удлиненные зубчатые элементы 25A, проходящие в продольном направлении между полками или встречными дисками 14 на боковой стенке 81 элемента 80, могут быть наклонены или расположены под углом к осевому направлению 6 кожуха 18 мельницы.

В одном варианте выполнения удлиненные зубчатые элементы 25A, проходящие в продольном направлении между полками или встречными дисками 14 на боковой стенке 81 элемента 80, могут быть расположены по спиральной траектории вокруг осевого направления 6 кожуха мельницы.

В других вариантах выполнения могут использоваться любые другие альтернативные продольные формы удлиненных зубчатых элементов 25A.

В одном варианте выполнения удлиненные зубчатые элементы 25A, проходящие в продольном направлении между полками или встречными дисками 14 на боковой стенке 81 элемента 80, проходят только на часть расстояния между полками или встречными дисками 14.

В одном варианте выполнения каждый удлиненный зубчатый элемент 25A, проходящий в продольном направлении между полками или встречными дисками 14 на боковой стенке 81 элемента 80, может содержать два или более сегментов зубчатых элементов, расположенных один за другим в линию или другим образом. Сегменты зубчатого элемента могут представлять собой сегменты в виде блоков или сегменты в виде штырей или они могут иметь любую другую форму, такую как шестиугольная, овальная или любая другая многоугольная форма, в зависимости от применения.

В вариантах выполнения зубчатые элементы 25A и 25B могут иметь отверстия, прерывания или вырезы для обеспечения циркуляции шлама вокруг зубчатых элементов.

В вариантах выполнения настоящего изобретения измельчающий элемент 80 может иметь каркасную конструкцию с осевой опорной конструкцией, которая содержит удлиненные отстоящие друг от друга опорные элементы 25A, ограничивающие наружную периферию элемента 80, и по меньшей мере один встречный диск 14, соединенный и выполненный с возможностью прохождения в радиальном направлении внутрь от удлиненных опорных элементов 25A осевой опорной конструкции, как проиллюстрировано в примере, показанном на фиг. 12. В примере, показанном на фиг. 13, измельчающий элемент

80 имеет поперечное сечение полого полуцилиндра с тремя кольцевыми зубчатыми полками или встречными дисками 14. Иллюстративный измельчающий элемент 80 может быть аналогичен стопке из трех измельчающих элементов 80, изображенных на фиг. 8, за исключением того, что отсутствует боковая стенка 81. Другими словами, элементы 25А осевой опорной конструкции соединены друг с другом с помощью полок 14, так что получается каркасная конструкция. Аналогично, каркасный измельчающий элемент 80 может быть получен в других вариантах выполнения, раскрытых выше, путем исключения боковой стенки 81. В противном случае различные варианты выполнения и признаки, описанные выше, применимы также в вариантах выполнения, имеющих каркасную конструкцию. Удлиненные отстоящие друг от друга опорные элементы 25А также могут действовать как зубчатый венец для кожуха 18 корпуса мельницы. Каркасный измельчающий элемент 80 не защищает кожух 18, также как имеющий боковую стенку 81 элемент 80, но он легче (по весу), проще в обращении и имеет более низкие производственные затраты.

Как показано на фиг. 14, в еще одном варианте выполнения один или более зубчатых элементов 25А и 25В могут действовать в качестве каркаса для покрытия разнородным материалом 40. Покрытие из разнородного материала 40 может быть выполнено с образованием расходуемого защитного слоя поверх зубчатых элементов 25А и 25В и внутренней поверхности боковой стенки 81. Расходуемый защитный материал 40 может использоваться для обеспечения более легко заменяемых встроенных измельчающих элементов 80, поскольку материал 40 может сделать элемент 80 более жестким. Это может быть особенно полезным в вариантах выполнения, имеющих каркасную конструкцию. Расходуемый защитный материал 40 также может продлевать срок службы зубчатых элементов 25А и 25В и боковой стенки 81, несмотря на то что он может быть выполнен с возможностью износа в течение очень короткого периода времени после установки и начала операции измельчения. Разнородным материалом может быть, например, полиуретан. Например, элемент 80 с зубчатыми элементами 25А и 25В, покрытыми или встроенными в защитный материал 40, может выглядеть как имеющий плоскую внутреннюю поверхность во время установки и принимать окончательную форму во время работы после того, как расходуемый материал 40 износился.

Несмотря на то что варианты выполнения были описаны со ссылкой на вертикально расположенные корпус мельницы и измельчающую мельницу, изобретение также может быть использовано в других типах мельниц, таких как мельницы, имеющие горизонтально расположенный или расположенный под углом корпус.

Кроме того, несмотря на то что варианты выполнения были описаны со ссылкой на мельницы такого типа, в которых используются неподвижные кожухи 18 или корпуса 2 мельниц с вращающимися перемешивающими валами 11 и перемешивающими элементами 12, варианты выполнения изобретения также применимы к измельчающим мельницам такого типа, в которых используются вращающиеся кожухи 18 или корпуса 2 мельниц с неподвижными перемешивающими валами 11 и неподвижными перемешивающими элементами 12, расположенными в камере 15 измельчения. Вращающаяся ось кожуха 18 или корпуса 2 мельницы может быть соосной с корпусом 2 мельницы, или не быть соосной. Вращающаяся ось может быть параллельной продольной оси 6 корпуса 2 мельницы, или же вращающаяся ось может быть наклоненной или проходить под углом к оси корпуса мельницы.

Кроме того, варианты выполнения изобретения также применимы к мельницам типа, в котором используются вращающиеся кожухи 18 или корпуса 2 и вращающиеся перемешивающие валы 11 и перемешивающие элементы 12, расположенные в размольной камере 15. Вращающаяся ось кожуха 18 или корпуса 2 мельницы может быть соосной с осью вращения перемешивающего вала 11 или не быть с ней соосной. Ось вращения кожуха 18 или корпуса 2 мельницы может быть параллельна оси вращения перемешивающего вала 11, или же ось вращения кожуха 18 или корпуса 2 мельницы может быть наклоненной или проходить под углом к оси вращения перемешивающего вала 11.

Кроме того, следует понимать, что любые из признаков, представленных в иллюстративных вариантах выполнения изобретения, могут быть объединены вместе и не обязательно применяются отдельно друг от друга. Например, в одном кожухе мельницы могут использоваться различные типы измельчающих элементов 80. Некоторые измельчающие элементы 80 могут иметь зубчатый венец 25А и/или 25В, тогда как другие измельчающие элементы 80 могут быть выполнены без зубчатого венца 25А и/или 25В. Сдвиговые силы и износ, как правило, наиболее высоки в нижней части кожуха, и поэтому предпочтительно выполнять зубчатый венец 25А и/или 25В, по меньшей мере, на нижней части кожуха.

Подобные комбинации двух или более признаков из вышеописанных вариантов выполнения или предпочтительных форм изобретения могут быть легко осуществлены специалистом в данной области техники.

Измельчающие элементы, выполненные в соответствии с вариантами выполнения изобретения, могут создавать защитный слой или зону мелющих тел в контакте с изнашиваемыми компонентами, изобретение уменьшает степень износа и, таким образом, продлевает срок службы компонентов мельницы, сокращая время технического обслуживания, затраты и повышает эффективность работы мельницы. Защитный слой или зона, создаваемая зубчатым венцом, также может способствовать контакту частиц суспензии с мелющими телами, также улучшая эффективность измельчения. Таким образом, измельчающая

мельница способна работать более эффективно, расходуя компоненты, такие как измельчающие диски, с более низкими скоростями, одновременно выполняя измельчение с более высокими скоростями. Кроме того, можно легко модернизировать существующие измельчающие мельницы тонкого помола. Во всех этих отношениях изобретение представляет практическое и коммерчески значимое усовершенствование по сравнению с предшествующим уровнем техники.

Несмотря на то что изобретение было описано со ссылкой на конкретные примеры, специалистам в данной области будет понятно, что изобретение может быть воплощено во многих других формах.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Измельчающий элемент для измельчающей мельницы с перемешиванием мелющих тел, используемой при измельчении частиц минеральной руды и имеющей цилиндрический измельчающий кожух и центральный перемешивающий вал, расположенный внутри измельчающего кожуха, причем измельчающий элемент содержит

осевую опорную конструкцию, расположенную с образованием наружной периферии измельчающего элемента для помещения внутри цилиндрического измельчающего кожуха измельчающей мельницы с перемешиванием мелющих тел; и

по меньшей мере один встречный диск, закрепленный на осевой опорной конструкции и выступающий в радиальном направлении внутрь от осевой опорной конструкции на такое расстояние, что он отделяет две зоны измельчения в цилиндрическом измельчающем кожухе в осевом направлении с обеспечением расположения центрального перемешивающего вала внутри измельчающего кожуха, причем указанная по меньшей мере одна часть встречного диска и/или опорной конструкции имеет защитный зубчатый венец, выполненный с возможностью захвата и создания защитного слоя или зоны мелющих тел в контакте с опорной конструкцией и/или с указанным по меньшей мере одним встречным диском и, тем самым, уменьшения износа при измельчении частиц минеральной руды.

2. Измельчающий элемент по п.1, имеющий поперечное сечение полого цилиндра или дугообразного сегмента полого цилиндра, предпочтительно поперечное сечение дугообразного сегмента полого цилиндра в диапазоне от 20 до 180°, более предпочтительно поперечное сечение полого полуцилиндра.

3. Измельчающий элемент по п.1 или 2, который имеет такие размеры, что он может быть установлен бок о бок с одним или более дополнительными измельчающими элементами в радиальной плоскости внутри измельчающего кожуха для образования узла измельчающих элементов с поперечным сечением полого цилиндра.

4. Измельчающий элемент по любому из пп.1-3, у которого осевая длина меньше осевой длины цилиндрического измельчающего кожуха, предпочтительно меньше осевой длины измельчающего кожуха.

5. Измельчающий элемент по любому из пп.1-4, который имеет такие размеры, что он может быть установлен на один или более дополнительных измельчающих элементов в осевом направлении внутри цилиндрического измельчающего кожуха для образования узла измельчающих элементов, имеющего требуемую общую осевую длину.

6. Измельчающий элемент по любому из пп.1-5, в котором центральный перемешивающий вал имеет отстоящие друг от друга в осевом направлении перемешивающие элементы, предпочтительно измельчающие диски, вдоль центрального перемешивающего вала, причем по меньшей мере один встречный диск выступает в радиальном направлении внутрь от осевой опорной конструкции в местоположении на оси, которое смещено от осевых местоположений перемешивающих элементов перемешивающего вала.

7. Измельчающий элемент по любому из пп.1-6, в котором осевая опорная конструкция содержит осевую боковую стенку, ограничивающую наружную периферийную поверхность измельчающего элемента, причем указанный по меньшей мере один встречный диск выступает в радиальном направлении внутрь от внутренней поверхности осевой боковой стенки.

8. Измельчающий элемент по п.7, в котором осевая опорная конструкция дополнительно содержит отстоящие друг от друга износостойкие защитные элементы, установленные вдоль внутренней поверхности боковой стенки осевой опорной конструкции и выступающие внутрь от указанной внутренней поверхности.

9. Измельчающий элемент по п.8, в котором по меньшей мере часть защитных элементов содержит удлиненные защитные элементы, проходящие параллельно или почти параллельно вдоль внутренней поверхности осевой боковой стенки осевой опорной конструкции.

10. Измельчающий элемент по п.9, в котором по меньшей мере часть удлиненных защитных элементов содержит два или более сегментов защитных элементов, расположенных один за другим в линию или в другом порядке.

11. Измельчающий элемент по любому из пп.8-10, в котором осевой профиль и/или боковой профиль защитных элементов содержит по меньшей мере один или более элементов из следующих: блочный элемент, лопасть и ребро.

12. Измельчающий элемент по любому из пп.8-11, в котором защитные элементы расположены с образованием каркаса для облицовки разнородным материалом, причем указанная облицовка расположена с

обеспечением ее изнашивания во время операции измельчения, чтобы открыть защитные элементы.

13. Измельчающий элемент по любому из пп.1-6, имеющий каркасную конструкцию, в которой осевая опорная конструкция содержит удлиненные отстоящие друг от друга опорные элементы, ограничивающие наружную периферию измельчающего элемента, при этом указанный по меньшей мере один встречный диск соединен с отстоящими друг от друга удлиненными опорными элементами осевой опорной конструкции и выступает в радиальном направлении внутрь от указанных опорных элементов.

14. Измельчающий элемент по п.13, в котором по меньшей мере часть удлиненных отстоящих друг от друга опорных элементов проходит параллельно или почти параллельно осевому направлению, и/или наклонена относительно осевого направления, и/или расположена непрямолинейно относительно осевого направления.

15. Измельчающий элемент по любому из пп.13, 14, в котором по меньшей мере часть удлиненных отстоящих друг от друга опорных элементов содержит криволинейные опорные балки.

16. Измельчающий элемент по любому из пп.13-15, в котором удлиненные отстоящие друг от друга опорные элементы расположены с образованием каркаса для облицовки разнородным материалом, причем эта облицовка расположена с обеспечением ее изнашивания во время операции измельчения, чтобы открыть удлиненные отстоящие друг от друга опорные элементы.

17. Измельчающий элемент по любому из пп.1-16, в котором указанный по меньшей мере один встречный диск на одной своей стороне содержит зубчатый венец.

18. Измельчающий элемент по любому из пп.1-16, в котором указанный по меньшей мере один встречный диск содержит зубчатые венцы на обеих своих сторонах.

19. Измельчающий элемент по любому из пп.1-18, в котором указанный по меньшей мере один встречный диск содержит зубчатый венец на своей внутренней радиальной кромке.

20. Измельчающий элемент по любому из пп.17-19, в котором зубчатый венец содержит отстоящие друг от друга элементы с интервалами $10-60^\circ$ в тангенциальном направлении, предпочтительно с интервалами $10-45^\circ$, более предпочтительно с интервалами $10-30^\circ$, еще более предпочтительно с интервалами $10-20^\circ$.

21. Измельчающий элемент по любому из пп.18-20, в котором высота зубчатого венца в осевом направлении находится в диапазоне от 0,5- до 3-кратной осевой толщины встречного диска, предпочтительно примерно равна толщине встречного диска.

22. Измельчающий элемент по любому из пп.17-21, в котором высота зубчатого венца находится в диапазоне от 2 до 200 мм, предпочтительно в диапазоне от 5 до 150 мм, более предпочтительно в диапазоне от 10 до 100 мм.

23. Измельчающий элемент по любому из пп.17-22, в котором соотношение высоты зубчатого венца и расстояния между зубцами зубчатого венца находится в диапазоне от $1/2$ до $1/20$, предпочтительно в диапазоне от $1/5$ до $1/20$, более предпочтительно в диапазоне от $1/8$ до $1/12$.

24. Измельчающий элемент по любому из пп.17-23, в котором ширина зубчатого венца в тангенциальном направлении составляет от 1 мм до примерно толщины встречного диска, предпочтительно от 5 мм до примерно толщины встречного диска, более предпочтительно примерно равна толщине встречного диска.

25. Измельчающий элемент по любому из пп.17-24, в котором общая ширина всего зубчатого венца в тангенциальном направлении составляет менее 0,25-0,35 длины измельчающего элемента в тангенциальном направлении.

26. Измельчающий элемент по любому из пп.17-25, в котором ориентация зубчатого венца находится в диапазоне от 0 до 90° , предпочтительно в диапазоне от 0 до 25° , более предпочтительно в диапазоне от 0 до 10° наклона относительно радиального направления встречного диска.

27. Измельчающий элемент по любому из пп.17-26, в котором зубчатый венец проходит через встречный диск от осевой опорной конструкции до радиально внутреннего края встречного диска.

28. Измельчающий элемент по любому из пп.17-27, в котором зубчатый венец проходит по части встречного диска между осевой опорной конструкцией и радиально внутренним краем встречного диска, предпочтительно по внутренней части встречного диска рядом с указанным внутренним краем встречного диска.

29. Измельчающий элемент по любому из пп.17-26, в котором зубчатый венец проходит за пределы радиально внутреннего края встречного диска, предпочтительно вокруг внутренней кромки, чтобы соединиться с зубчатым венцом на противоположной стороне встречного диска.

30. Измельчающий элемент по любому из пп.17-26, в котором зубчатый венец расположен только на радиально внутренней кромке встречного диска.

31. Измельчающий элемент по любому из пп.1-30, представляющий собой отдельный элемент, выполненный с возможностью неплотной посадки в измельчающем кожухе.

32. Измельчающий элемент по любому из пп.1-31, выполненный с возможностью соединения с одним или более дополнительными измельчающими элементами для формирования более крупного отдельного узла измельчающих элементов, выполненного с возможностью неплотной посадки в измель-

чающем кожухе.

33. Измельчающий элемент по любому из пп.1-32, выполненный с возможностью использования с мелющими телами, имеющими диаметр, выбираемый в диапазоне примерно 0,5-20 мм.

34. Измельчающий элемент по любому из пп.1-32, представляющий собой восстановленный измельчающий элемент.

35. Узел измельчающих элементов, содержащий измельчающие элементы, выполненные по любому из пп.1-34.

36. Измельчающая мельница с перемешиванием мелющих тел, содержащая, по существу, цилиндрический измельчающий кожух, центральный перемешивающий вал, расположенный внутри измельчающего кожуха, и по меньшей мере один измельчающий элемент, выполненный по любому из пп.1-34.

37. Измельчающая мельница по п.36, в которой центральный перемешивающий вал имеет перемешивающие элементы, разнесенные в осевом направлении вдоль указанного вала, предпочтительно измельчающие диски.

38. Измельчающая мельница по п.36 или 37, содержащая вертикальную или горизонтальную дисковую мельницу.

39. Применение измельчающего элемента, выполненного по любому из пп.1-34, для измельчения минеральной руды.

40. Применение измельчающего элемента, выполненного по любому из пп.1-34, с мелющими телами, имеющими диаметр, выбираемый в диапазоне примерно 0,5-20 мм в зависимости от значения F80 материала в виде частиц и значения P80 измельченного материала в виде частиц в каждом конкретном случае измельчения.

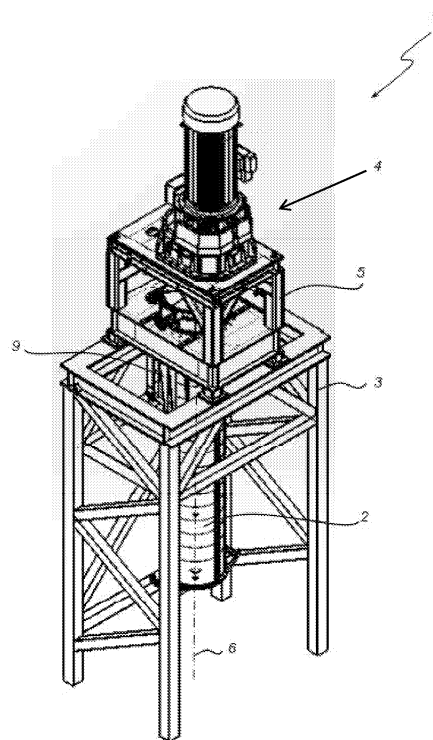
41. Способ восстановления измельчающего элемента, выполненного по любому из пп.1-34, включающий

извлечение измельчающего элемента из измельчающей мельницы с перемешиванием мелющих тел; и замену или восстановление изношенного зубчатого венца измельчающего элемента.

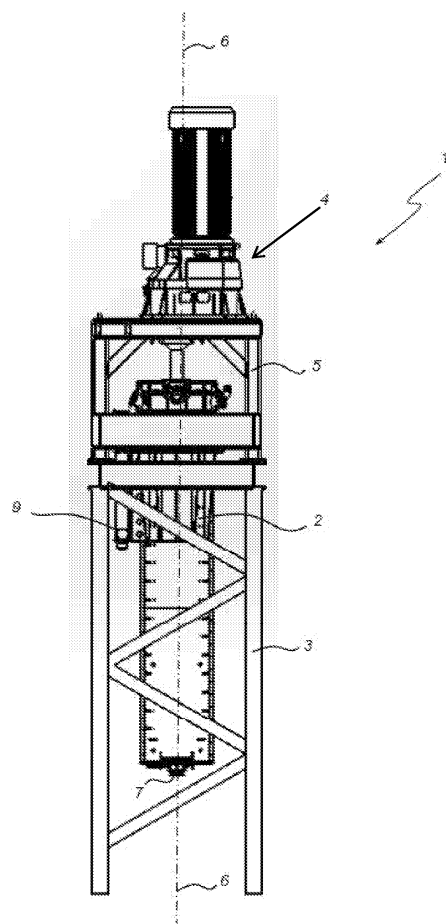
42. Способ по п.41, в котором при восстановлении наращивают зубчатый венец для замены изношенного материала.

43. Способ по п.41, в котором при восстановлении наращивают зубчатый венец для замены изношенного материала с использованием одной или более из следующих технологий: сварка наплавлением, 3D-печать, добавление резины или полимера к изношенным областям.

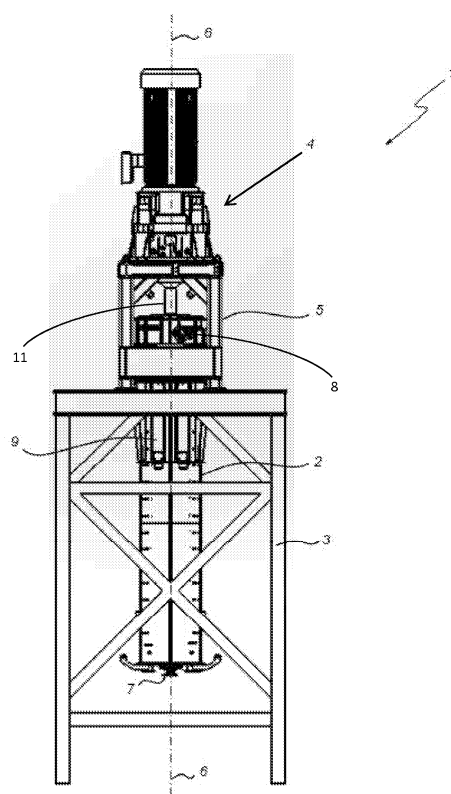
44. Способ по п.41, в котором при замене прикрепляют новый зубчатый венец к измельчающему элементу с помощью одного или более из следующих типов крепления: болтовое соединение, клепка, сварка, склеивание и цементирование.



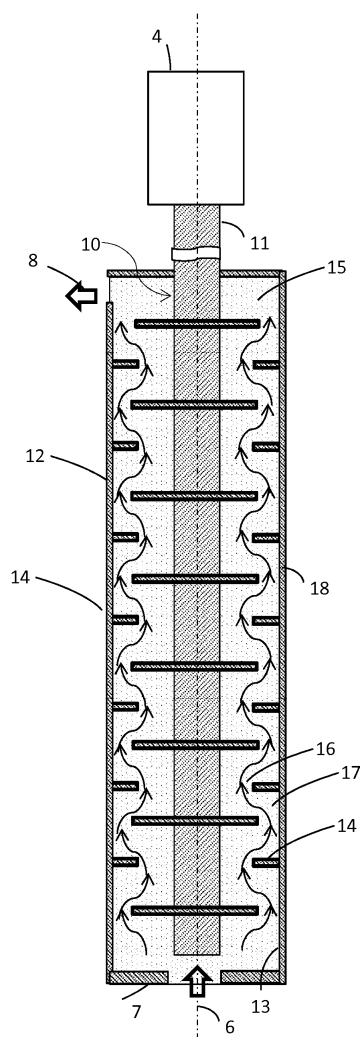
Фиг. 1



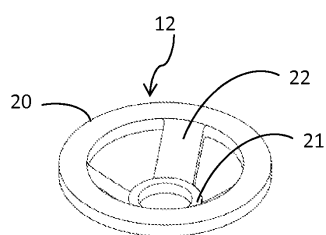
Фиг. 2



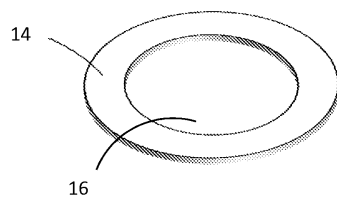
Фиг. 3



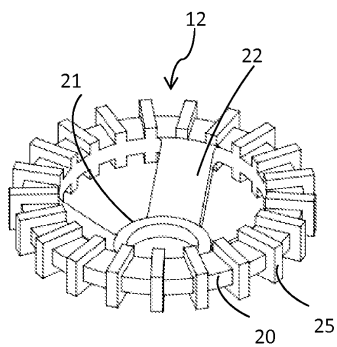
Фиг. 4



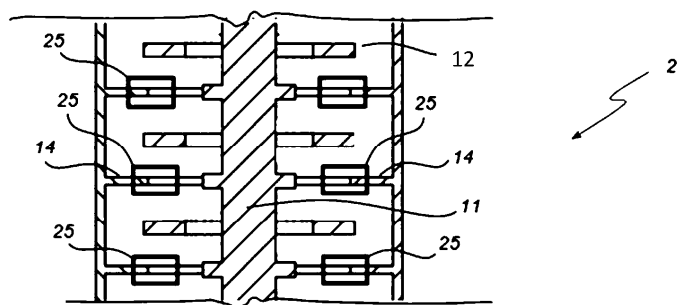
Фиг. 5А



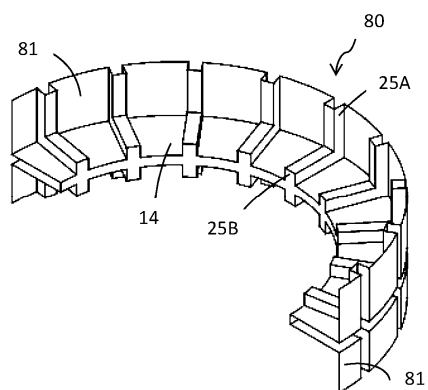
Фиг. 5В



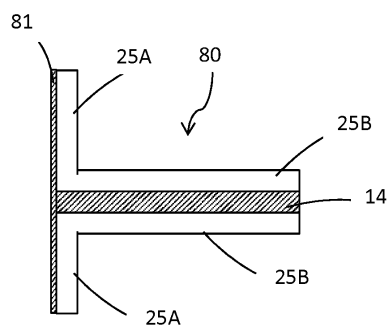
Фиг. 6



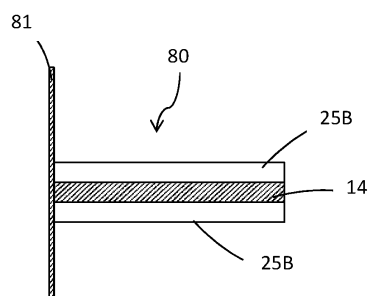
Фиг. 7



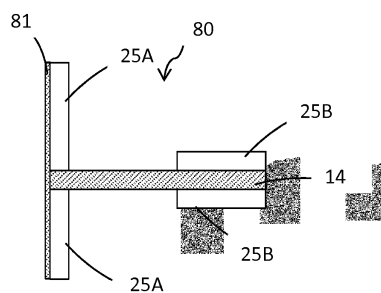
Фиг. 8



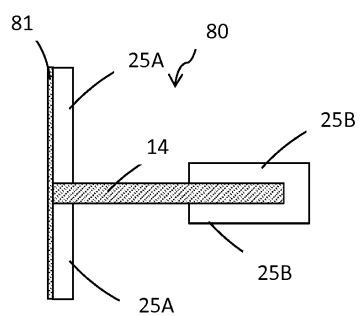
Фиг. 9А



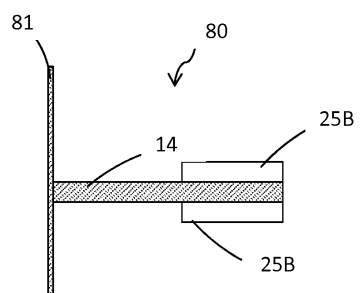
Фиг. 9В



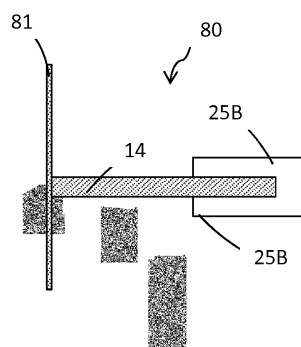
Фиг. 9С



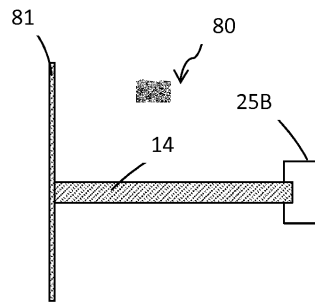
Фиг. 9D



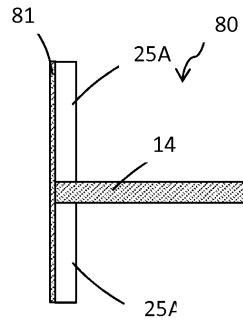
Фиг. 9Е



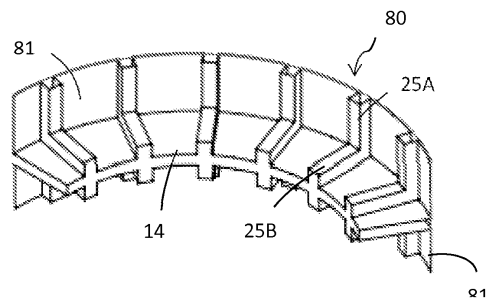
Фиг. 9F



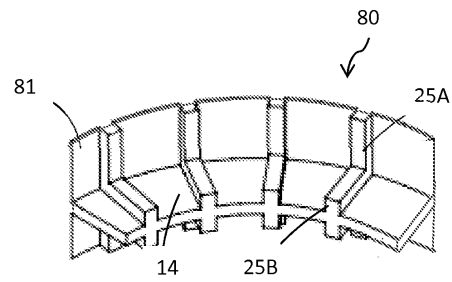
Фиг. 9Г



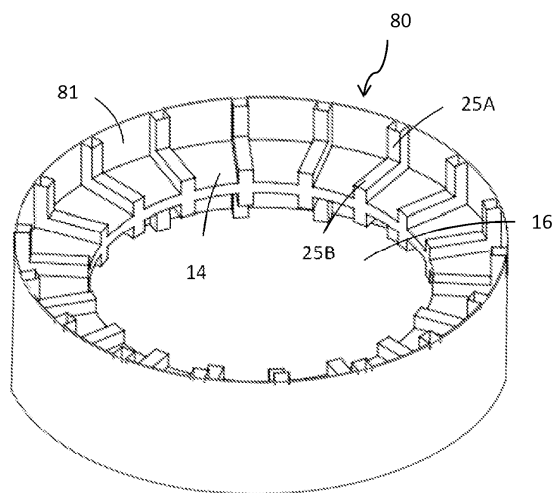
Фиг. 9Н



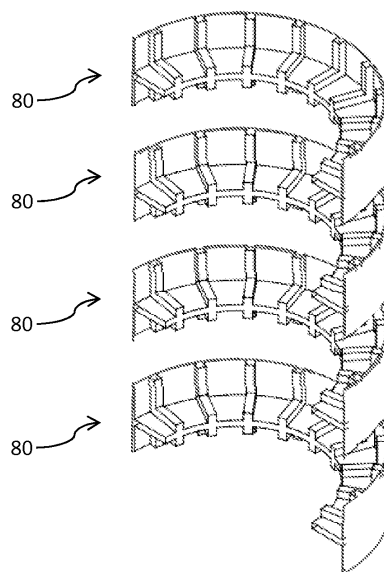
Фиг. 10А



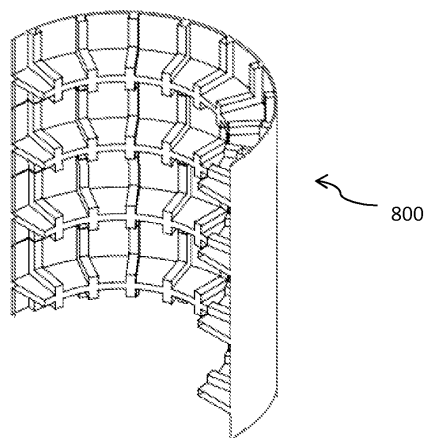
Фиг. 10В



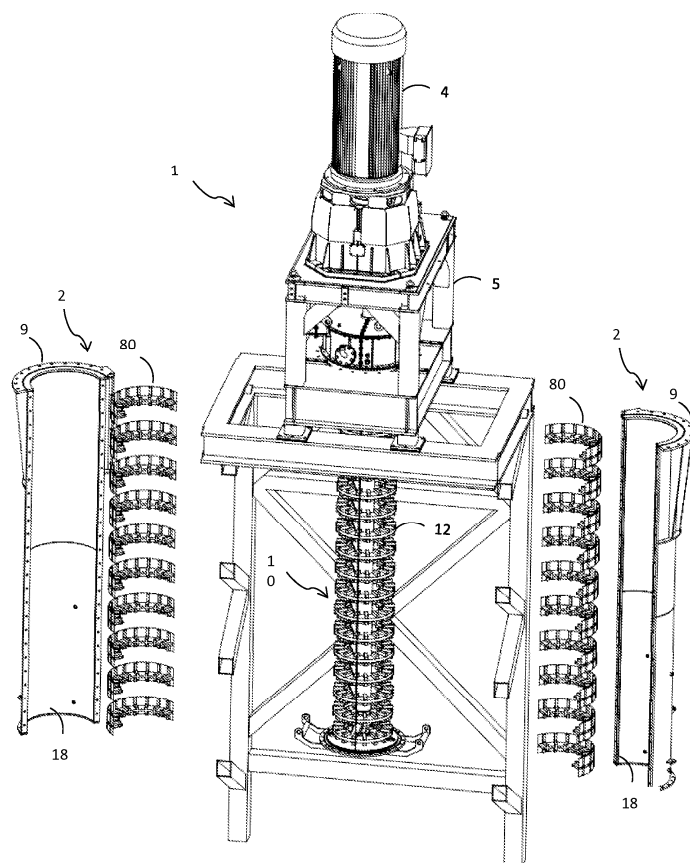
Фиг. 10С



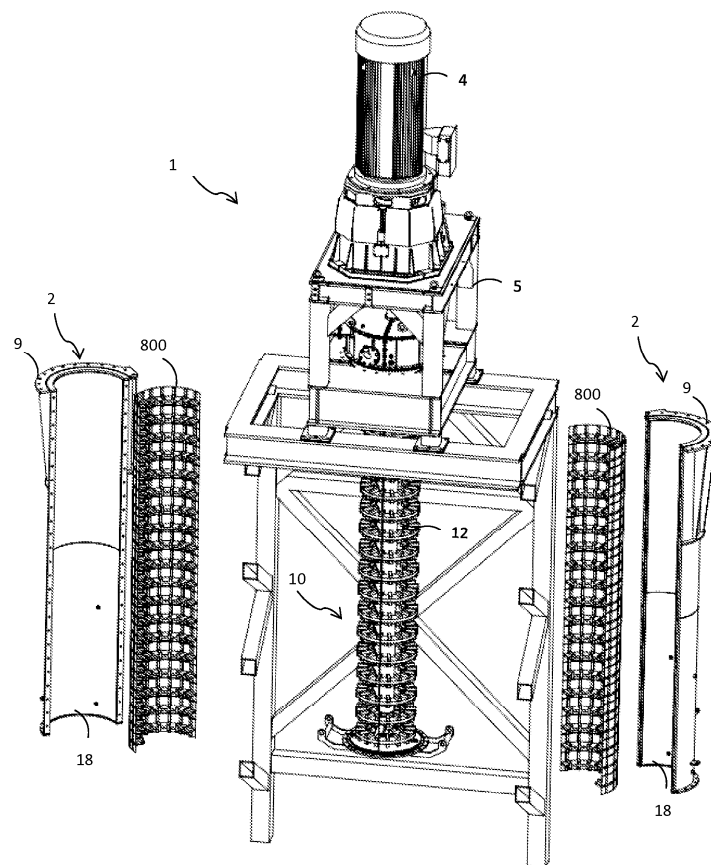
Фиг. 11А



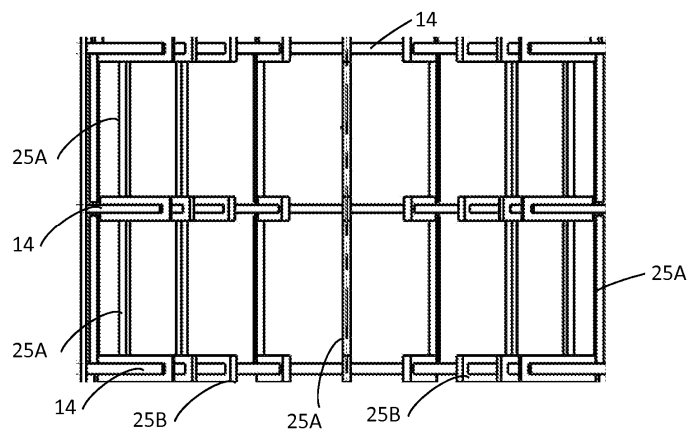
Фиг. 11В



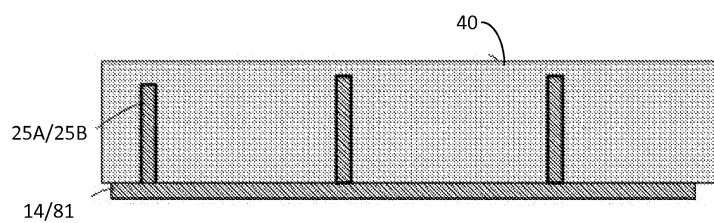
Фиг. 12А



Фиг. 12В



Фиг. 13



Фиг. 14

