

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **040329**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.05.20**

(21) Номер заявки  
**202091946**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.03.02**

(51) Int. Cl. **B03D 1/14** (2006.01)  
**B03D 1/02** (2006.01)  
**B03D 103/02** (2006.01)

---

(54) **КАМЕРА ПЕННОЙ ФЛОТАЦИИ**

---

(43) **2021.01.31**

(86) **PCT/FI2018/050156**

(87) **WO 2019/166687 2019.09.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**МЕТСО ОТОТЕК ФИНЛАНД ОЙ  
(FI)**

(72) Изобретатель:  
**Ринне Антти (FI)**

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

(56) **US-A-6095336  
US-A-1310051  
WO-A1-9320945  
WO-A1-2009115348  
CN-U-203380005**

(57) Предложена камера (10) пенной флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе (100), содержащая резервуар (11), источник (12) газа, первый канал (21) для сбора пены, второй канал (22) для сбора пены, расположенный между центром (111) резервуара (11) и первым каналом (21) для сбора пены, и радиальный желоб (23) для сбора пены, содержащий радиальную кромку (123а) для перелива пены и проходящий от первого канала (21) для сбора пены ко второму каналу (22) для сбора пены. Камера (10) пенной флотации также содержит радиальный сгуститель (31), содержащий сгустительную боковую стенку (310) и проходящий от второго канала (22) для сбора пены к первому каналу (21) для сбора пены. Также предложены линия (1) пенной флотации, ее применение и способ пенной флотации.

**B1**

**040329**

**040329**

**B1**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к камере пенной флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, и для разделения пульпы на нижний и верхний продукты, к линии пенной флотации, к ее применению и к способу пенной флотации.

### **Сущность изобретения**

Камера пенной флотации в соответствии с настоящим изобретением характеризуется тем, что представлено в п.1.

Линия флотации в соответствии с настоящим изобретением характеризуется тем, что представлено в п.42.

Применение устройства пенной флотации в соответствии с настоящим изобретением характеризуется тем, что представлено в п.46.

Способ пенной флотации в соответствии с настоящим изобретением характеризуется тем, что представлено в п.49.

Камера пенной флотации предназначена для извлечения ценных металлов, содержащих частицы руды, из частиц руды, взвешенных в пульпе, и для разделения пульпы на нижний и верхний продукты. Камера пенной флотации содержит резервуар с центром и периферией, источник газа для введения флотационного газа в пульпу с образованием пены, первый канал для сбора пены, окружающий периферию резервуара так, что внутри первого канала для сбора пены образуется открытая поверхность пены, второй канал для сбора пены, расположенный между центром резервуара и первым каналом для сбора пены и, по существу, концентрический с первым каналом для сбора пены, причем второй желоб для сбора пены содержит первую кромку для перелива пены, обращенную к центру резервуара, и радиальный желоб для сбора пены, содержащий радиальную кромку для перелива пены и проходящий от первого канала для сбора пены ко второму каналу для сбора пены и проточно сообщающийся с первым каналом для сбора пены. Площадь пульпы, определенная как эффективная открытая площадь поверхности камеры пенной флотации, доступная для формирования пены, измеренная в камере пенной флотации на высоте области перемешивания, определенной как часть или область флотационного резервуара в вертикальном направлении, где перемешивают пульпу, составляет по меньшей мере 15 м<sup>2</sup>. Пена, собираемая во второй канал для сбора пены, направляется в первый канал для сбора пены. Камера пенной флотации отличается тем, что она также содержит радиальный сгуститель, содержащий сгустительную боковую стенку и проходящий от второго канала для сбора пены к первому каналу для сбора пены.

Флотационная линия в соответствии с настоящим изобретением содержит часть грубой флотации с по меньшей мере двумя камерами грубой флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, и часть контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами контрольной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении. В линии флотации последующая флотационная камера выполнена с возможностью приема нижнего продукта из предыдущей флотационной камеры. Линия флотации отличается тем, что по меньшей мере одна из флотационных камер представляет собой камеру пенной флотации, выполненную в соответствии с настоящим изобретением.

Применение линии пенной флотации в соответствии с настоящим изобретением предназначено для использования при извлечении частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал.

Способ пенной флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, в соответствии с настоящим изобретением включает разделение пульпы на нижний продукт и верхний продукт в камере пенной флотации. Способ отличается тем, что открытая поверхность пены флотационного резервуара разделяется на две открытые подповерхности пены радиальным сгустителем пены, расположенным между первой радиальной переливной кромкой первого радиального желоба для сбора пены и второй радиальной переливной кромкой второго радиального желоба для сбора пены.

Используя изобретение, описанное в настоящем документе, можно более эффективно и надежно направлять так называемую "хрупкую пену", т.е. слой пены со слабой текстурой, содержащий, как правило, более крупные пузырьки флотационного газа, агломерированные с частицами минеральной руды, предназначенными для извлечения, к кромке для перелива пены и в желоб для сбора пены. Хрупкую пену можно легко сломать, поскольку агломераты пузырьков газа и частиц руды менее стабильны и имеют пониженную прочность. Такая пена или слой пены не может легко поддерживать транспортировку частиц руды, и особенно более крупных частиц, к кромке для перелива пены для сбора в желоб, что приводит к падению частиц обратно в пульпу или суспензию во флотационной камере или в резервуаре, и уменьшенное извлечение требуемого материала.

Хрупкая пена обычно связана с низкой минерализацией, т.е. агломератами пузырьков газа и частиц руды с ограниченным количеством частиц руды, содержащих требуемый ценный минерал, которые были способны прикрепиться к пузырькам газа во время процесса флотации внутри флотационной камеры или резервуара. Это проблема особенно выражена во флотационных камерах большого размера или флотационных резервуарах большого объема и/или большого диаметра. Хотя сбор пены может быть затруднительным для больших флотационных камер или резервуаров, они, тем не менее, имеют преимущество в увеличении задержки и контактов между газом и частицами.

С использованием настоящего изобретения можно сгущать пену и направлять ее к кромкам для перелива пены, уменьшать расстояние транспортировки пены (тем самым снижая риск обратного падения) и, одновременно, поддерживать на том же уровне или даже уменьшать длину кромки перелива пены. Другими словами, обработка и направление пенного слоя в камере или резервуаре пенной флотации может стать более эффективным и простым.

Также возможно улучшить извлечение пены и, таким образом, извлечение ценных минеральных частиц в больших флотационных камерах или резервуарах из хрупкой пены, особенно на более поздних стадиях линии флотации, например на стадиях грубой и/или контрольной флотации процесса флотации.

Кроме того, с помощью описанного в настоящем документе изобретения площадь пены на поверхности пульпы внутри флотационной камеры или резервуара может быть уменьшена надежным и простым механическим способом. Одновременно с этим, общая длина кромки для перелива пены в камере пенной флотации может быть уменьшена. Под надежностью в данном случае следует понимать как конструктивную простоту, так и долговечность. Путем уменьшения площади поверхности пены флотационной камеры за счет сгущения пены или сужающейся боковой структуры вместо добавления дополнительных желобов для сбора пены камера пенной флотации в целом может иметь более простую конструкцию. Сгуститель может одновременно выполнять функцию как канала, направляющего собранный верхний продукт в другие каналы для сбора пены, так и проточного соединения между двумя каналами для сбора пены, тем самым также устраняя необходимость добавления дополнительных желобов во флотационную камеру. Это также может позволить сделать желоба с меньшим размером, уже и конструктивно более простыми. Следовательно, использование сгустителя может дать большую степень свободы при разработке устройств для сбора пены для флотационных камер без необходимости изменять объем флотационных камер.

Количество требуемого ценного материала, которое может быть захвачено пеной внутри пульпы, может быть очень низким, особенно на нижнем конце линии флотации. Это явление может быть особенно ярко выражено в процессах флотации, предназначенных для извлечения ценного материала из руд низкой сортности.

Чтобы собрать ценный материал, содержащий частицы руды, из слоя пены в желоба для сбора пены, площадь поверхности пены должна быть уменьшена. Путем размещения сгустителя в камере пенной флотации подвижным образом, можно управлять открытыми поверхностями пены между различными кромками для перелива пены. Сгуститель может использоваться для ориентирования или направления протекающей вверх пульпы внутри флотационного резервуара ближе к кромке для перелива пены желоба или канала для сбора пены, тем самым обеспечивая или способствуя образованию пены очень близко к кромке для перелива пены, что может увеличить сбор ценных рудных частиц.

Сгуститель может также влиять на полное сближение пузырьков флотационного газа и/или агломератов пузырьков газа и частиц руды в пенный слой. Например, если пузырьки газа и/или агломераты пузырьков газа и частиц руды оказываются направленными к центру флотационного резервуара, то для увеличения площади пены вблизи или рядом с любой требуемой кромкой перелива пены может быть использован сгуститель.

С помощью изобретения, описанного в настоящем документе, можно повысить извлечение требуемых ценных частиц руды при флотации. Другими словами, частицы руды, содержащие очень небольшие или даже минимальные количества требуемого материала, могут быть извлечены для дальнейшего технологического процесса/обработки. Это может быть особенно выгодно для руд низкого качества, т.е. руд с очень низким содержанием ценного материала на начальном этапе, например, из бедных месторождений полезных ископаемых, которые ранее могли считаться экономически слишком незначительными, чтобы оправдать их использование. Например, извлечение медной руды, которая легко вспенивается, может быть значительно улучшено с помощью описанного в настоящем документе изобретения.

Имеется возможность достичь высокого извлечения для всего потока пульпы, проходящего через линию флотации. В частности, на нижнем конце линии флотации можно увеличить извлечение частиц руды, содержащих требуемый минерал.

Кроме того, имеется возможность улучшить извлечение более крупных частиц руды и извлечение ценного минерального материала в ситуациях, когда минерализация пузырьков флотационного газа в процессе флотации по какой-то причине может быть не идеальной.

В этом описании в отношении изобретения используются следующие определения.

Под сгустителем в настоящем документе подразумевается блокиратор пены, отражатель пены, или сгустительная пластина, или устройство для сгущения пены, или любая другая такая конструкция или боковая конструкция, например боковая стенка, наклонная или вертикальная, имеющая эффект сгущения, т.е. сгустительная боковая стенка.

Флотация включает явления, связанные с относительной плавучестью объектов. Флотация - это процесс отделения гидрофобных материалов от гидрофильных материалов путем добавления в процесс флотационного газа, например воздуха или любого другого подходящего газа. Флотация может быть осуществлена на основе естественной разницы в гидрофобных/гидрофильных свойствах или на основе гидрофобных/гидрофильных различий, возникающих при добавлении поверхностно-активного вещества

или химического собирателя. Газ может добавляться к исходному сырью, подлежащему флотации (суспензии или пульпе), несколькими различными способами.

В основном флотация направлена на извлечение концентрата частиц руды, содержащего требуемый минерал. Обычно требуемый минерал является ценным минералом. Под концентратом в настоящем документе понимается часть пульпы, извлеченной в верхнем продукте или в нижнем продукте, выводимом из флотационной камеры. Под ценным минералом подразумевается любой минерал, металл или другой материал, имеющий коммерческую ценность.

Флотация включает явления, связанные с относительной плавучестью объектов. Термин "флотация" включает все способы флотации. Флотация может быть, например, пенной флотацией, флотацией растворенным воздухом (DAF) или флотацией индуцированным газом.

Под линией флотации в настоящем документе подразумевается узел, содержащий ряд флотационных блоков или флотационных камер, которые проточно соединены друг с другом для обеспечения возможности потока шлама между флотационными камерами либо под действием силы тяжести либо перекачкой, чтобы сформировать линию флотации. В линии флотации несколько флотационных камер проточно соединены друг с другом так, что нижний продукт каждой предыдущей флотационной камеры направляется в следующую или последующую флотационную камеру в качестве питания, вплоть до последней флотационной камеры линии флотации, из которой нижний продукт направляется за пределы линии в виде потоков хвостов или отходов.

Линия флотации предназначена для обработки взвешенных в пульпе частиц минеральной руды способом флотации. Таким образом, частицы руды, содержащие ценный металл или минерал, или любой требуемый минерал, извлекаются из частиц руды, взвешенных в пульпе. Например, требуемый минерал может представлять собой ценный металл, содержащийся в частицах руды. В других случаях требуемый минерал также может представлять собой неценную часть пульпы, такую как силикат при обратной флотации железа.

Пульпа подается через входной патрубок в первую флотационную камеру линии флотации для запуска процесса флотации. Линия флотации может представлять собой часть более крупной флотационной установки, содержащей одну или несколько линий флотации. Следовательно, ряд различных устройств предварительной обработки и последующей обработки может быть связан с компонентами линии флотации, как известно специалисту в данной области.

Под флотационной камерой (или блоком) в настоящем документе понимается часть флотационной линии, содержащая один или несколько флотационных резервуаров. Флотационный резервуар обычно имеет цилиндрическую форму, причем эта форма определяется наружной стенкой или наружными стенками. Флотационные камеры обычно имеют круглое поперечное сечение. Флотационные резервуары могут иметь многоугольное, например прямоугольное, квадратное, треугольное, шестиугольное или пятиугольное, или иное радиально-симметричное поперечное сечение. Количество флотационных камер может варьироваться в зависимости от конкретной линии флотации и/или операции по переработке руды определенного типа и/или сорта, как известно специалисту в данной области техники.

Флотационная камера может представлять собой камеру пенной флотации, такую как камера с механическим перемешиванием или резервуарная камера, камера колонной флотации, флотомашина Джеймсона или сдвоенная флотационная камера. В сдвоенной флотационной камере камера содержит по меньшей мере два отдельных резервуара, первый резервуар высокого давления с механическим перемешиванием с импеллером и впускным отверстием для флотационного газа и второй резервуар с выпускным отверстием для хвостов и выпускным отверстием для пены верхнего продукта, выполненный с возможностью получения перемешанной пульпы из первого резервуара. Флотационная камера также может представлять собой флотационную камеру с псевдооживленным слоем, в которой пузырьки воздуха или другого флотационного газа, которые диспергируются системой псевдооживления, просачиваются через зону затрудненного схватывания и прикрепляются к гидрофобному компоненту, изменяя его плотность и делая его достаточно плавучим, чтобы плавать и быть восстановленным. В псевдооживленном слое во флотационной камере осевое смешение не требуется. Флотационная камера также может относиться к типу, в котором механическая флотационная камера (т.е. камера флотации, содержащая механическую мешалку или импеллер) содержит генератор микропузырьков для генерирования микропузырьков в пульпе внутри флотационной камеры. Распределение микропузырьков по размерам меньше, чем у обычных пузырьков флотационного газа, вводимых импеллером или другой системой подачи газа, которые обычно попадают в диапазон размеров 0,8-2 мм. Диапазон размеров микропузырьков может составлять 1-1,2 мм. Микропузырьки могут вводиться генератором микропузырьков, содержащим систему рециркуляции пульпы или систему прямого разбрызгивания.

В зависимости от типа флотационная камера может содержать смеситель для перемешивания пульпы, чтобы поддерживать ее во взвешенном состоянии. Под смесителем в настоящем документе понимается любое подходящее средство для перемешивания пульпы во флотационной камере. Смеситель может представлять собой механическую мешалку. Механическая мешалка может содержать ротор-статор с двигателем и приводным валом, при этом конструкция ротор-статор расположена в нижней части флотационной камеры. Камера может иметь вспомогательные мешалки, расположенные выше в вертикальном

направлении камеры, чтобы гарантировать достаточно сильный и непрерывный восходящий поток пульпы. Смеситель может содержать, например, мешалку насосного типа "Wemco", которая одновременно действует как источник газа, подаваемого в резервуар, втягивая воздух с поверхности пульпы в резервуаре под действием силы вращения насоса и подавая этот воздух в пульпу, находящуюся в резервуаре, или любое подобное устройство в самовсасывающей или самовентилируемой флотационной камере или флотационном резервуаре.

Под верхним продуктом в настоящем документе подразумевается та часть пульпы, которая собирается в переливной желоб флотационной камеры и, таким образом, покидает флотационную камеру. Верхний продукт может содержать пену, пену и пульпу или, в некоторых случаях, только или по большей части пульпу. В некоторых вариантах выполнения верхний продукт может представлять собой получаемый поток, содержащий частицы ценного материала, собранные из пульпы. В других вариантах выполнения верхний продукт может представлять собой поток отходов. Это тот случай, когда процесс флотации используется с обратной флотацией.

Под нижним продуктом в настоящем документе подразумевается фракция или часть пульпы, которая не всплывает на поверхность пульпы в процессе флотации. В некоторых вариантах выполнения нижний продукт может представлять собой поток отходов, выходящий из флотационной камеры через выпускное отверстие, которое обычно расположено в нижней части флотационной камеры. В конце концов, нижний продукт из последней флотационной камеры линии флотации или флотационной установки может покидать все устройство в виде потока хвостов или окончательных отходов.

В некоторых вариантах выполнения нижний поток может представлять собой принимаемый поток, содержащий ценные минеральные частицы. Это тот случай, когда линия и/или способ флотации используются при обратной флотации. Например, при обратной флотации железа (Fe) силикаты флотируются и собираются из пенного слоя, в то время как требуемый концентрат (Fe) собирается из нижнего продукта или потока хвостов. Для достижения содержания силиката менее 1,5% по весу в концентрате Fe последние флотационные камеры или стадии флотации такого процесса обратной флотации могут быть трудными для оптимального управления из-за низкого количества пены, хрупкой пены и/или низкой минерализации пены. С помощью описанного в настоящем документе изобретения эта проблема может быть решена.

Под направлением вниз по потоку в настоящем документе подразумевается направление, совпадающее с потоком пульпы (прямой поток, обозначенный на чертежах стрелками), а под направлением вверх по потоку в настоящем документе подразумевается направление, противоположное потоку пульпы или направленное против него.

Под поверхностью пульпы в данном документе подразумевается эффективная открытая поверхность флотационной камеры или резервуара, доступная для образования пены, измеренная во флотационном резервуаре на высоте области перемешивания, т.е. части или области флотационного резервуара в вертикальном направлении, где пульпу перемешивают, или иным образом заставляют перемешиваться частицы руды, взвешенные в пульпе, с пузырьками флотационного газа. В зависимости от типа флотационной камеры и/или флотационного резервуара площадь области перемешивания может изменяться.

Например, во флотационной камере или во флотационном резервуаре, содержащем ротор, площадь области перемешивания определяется как средняя площадь поперечного сечения резервуара на высоте ротора. Например, во флотационной камере, в которой подача газа в пульпу осуществляется в резервуар предварительной обработки перед подачей пульпы во флотационный резервуар, т.е. в двоярный флотационный резервуар, площадь области перемешивания представляет собой площадь поперечного сечения на высоте впускного отверстия для пульпы. Например, во флотационной камере, в которой газ подается через барботеры (т.е. колонной флотационной камере), площадь области перемешивания определяется как площадь поперечного сечения резервуара на высоте барботера.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены содержит первую радиальную кромку для перелива пены и вторую радиальную кромку для перелива пены, расположенную напротив первой радиальной кромки для перелива пены.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации по меньшей мере одна радиальная кромка для перелива пены расположена так, что она обращена к сгустительной боковой стенке радиального сгустителя.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены содержит боковую стенку, которая представляет собой сгустительную боковую стенку.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный сгуститель содержит сгустительную боковую стенку и кромку для сбора пены, расположенную напротив сгустительной боковой стенки, причем кромка для сбора пены расположена так, что она обращена к сгустительной боковой стенке радиального желоба для сбора пены.

Также предусмотрено, что и радиальный желоб для сбора пены, и радиальный сгуститель имеют одинаковую конструкцию и форму, чтобы упростить конструкцию камеры пенной флотации, а также сделать ее изготовление и конструкцию более простыми и легкими. Следовательно, можно предвидеть, что и желоб, и сгустительные конструкции могут действовать как собирающие конструкции и/или как

сгустительные конструкции. Это становится возможным благодаря расположению их боковых стенок и кромок. Сгустительная конструкция (сгустительная стенка или боковая стенка) проходит достаточно высоко над слоем пены камеры пенной флотации, чтобы предотвратить перетекание пены, тогда как кромка желоба или кромка для сбора пены расположены так, чтобы обеспечивать возможность перемещения верхнего продукта пульпы и/или пены вовнутрь конструкции, к которой она принадлежит. В результате можно уменьшить открытую площадь поверхности пены относительно длины кромки, тем самым повышая эффективность извлечения в камере пенной флотации.

Когда радиальный желоб для сбора пены содержит радиальную кромку для перелива пены, а радиальный сгуститель содержит сгустительную боковую стенку, или же радиальный желоб для сбора пены содержит первую и вторую кромку для перелива, а радиальный сгуститель содержит две сгустительные боковые стенки, открытые поверхности пены, образованные между кромками для перелива пены и сгустительными боковыми стенками идентичны, и открытые поверхности пены ограничены этими конструкциями. Кроме того, путем расположения, по меньшей мере, некоторых из радиальных желобов для сбора пены и радиальных сгустителей так, чтобы они содержали сгустительную боковую стенку или другую сгустительную конструкцию, длина кромки камеры пенной флотации может быть эффективно уменьшена с одновременным улучшением или поддержанием на высоком уровне извлечения частиц ценной минеральной руды.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный сгуститель содержит первую сгустительную боковую стенку и вторую сгустительную боковую стенку.

В конструкции, в которой радиальный желоб для сбора пены содержит первый и второй радиальные выступы для перелива пены, а радиальный сгуститель содержит первую сгустительную боковую стенку и вторую сгустительную боковую стенку, радиальные желоба для сбора пены могут быть выполнены как легкие конструкции, которые оказывают минимальное влияние на объем камеры или резервуара пенной флотации или на открытые поверхности пены камеры или резервуара пенной флотации.

В одном варианте выполнения камера пенной флотации содержит радиальные желоба для сбора пены и/или радиальные сгустители, расположенные так, что открытые поверхности пены, образованные между каждым радиальным желобом для сбора пены и/или радиальным сгустителем, имеют одинаковую площадь.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации первый канал для сбора пены содержит первую кромку для перелива пены, обращенную к центру резервуара.

В еще одном варианте выполнения камеры пенной флотации первая кромка для перелива пены расположена в верхней части вертикальной боковой стенки первого канала для сбора пены.

Другими словами, первый канал для сбора пены может быть расположен так, что он выполняет функцию желоба для сбора пены. Благодаря расположению вертикальной боковой стенки для канала для сбора пены можно обеспечить эффективное направление пены в канал для сбора пены через кромку для перелива пены этого канала. Вертикальная боковая стенка может обеспечить возможность беспрепятственного поднятия пены вместе с восходящим потоком пульпы во флотационном резервуаре рядом с каналом для сбора пены до тех пор, пока пена не достигнет кромки для перелива пены, тем самым гарантируя, что как можно больше ценного материала, содержащего частицы руды, извлекается с переливом пены в канал для сбора пены.

В еще одном варианте выполнения камеры пенной флотации первый канал для сбора пены содержит боковую конструкцию, обращенную к центру резервуара, причем боковая конструкция предназначена для оттеснения пены от первого канала для сбора пены. Это позволяет уменьшить длину переливной кромки и одновременно уменьшить площадь поверхности пены.

В другом варианте выполнения камеры пенной флотации боковая конструкция имеет угол наклона 20-80° относительно вертикали резервуара.

Это предотвращает столкновение и объединение пузырьков флотационного газа, тогда как площадь пены может быть эффективно уменьшена. Это особенно выгодно, когда первый канал для сбора пены содержит на своей наружной поверхности боковую конструкцию, предназначенную для оттеснения пены.

Другими словами, первый канал для сбора пены может быть выполнен с возможностью выполнять функцию сгустителя, оттесняя пену на открытых поверхностях пены по направлению к другим кромкам для перелива пены каналов или желобов для сбора пены. Для обеспечения достаточного сгущения боковая конструкция может иметь угол наклона 20-40° или даже 20-80°, предпочтительно приблизительно 30° относительно вертикали флотационного резервуара.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации второй канал для сбора пены также содержит вторую переливную кромку, обращенную к периферии резервуара.

В еще одном варианте выполнения камеры пенной флотации вторая переливная кромка расположена сверху вертикальной боковой стенки второго канала для сбора пены.

Другими словами, второй канал для сбора пены может быть выполнен с возможностью сбора пены с открытых поверхностей пены вблизи его обеих сторон. Благодаря расположению вертикальной боковой стенки для канала для сбора пены можно обеспечить эффективное направление пены в канал для

сбора пены через кромку для перелива пены канала. Такая надежная конструкция выгодна, поскольку для двух переливных кромок требуется только одна труба для сбора. Кроме того, хрупкая пена может собираться более эффективно и выводиться из камеры пенной флотации в виде верхнего продукта.

В еще одном варианте выполнения камеры пенной флотации второй канал для сбора пены также содержит боковую конструкцию, обращенную к периферии резервуара, причем боковая конструкция предназначена для оттеснения пены от второго канала для сбора пены.

В другом варианте выполнения камеры пенной флотации боковая конструкция имеет угол наклона 20-80° относительно вертикали резервуара.

Другими словами, второй канал для сбора пены может быть выполнен с возможностью выполнять функцию сгустителя, сгущая пену на открытых поверхностях пены по направлению к другим кромкам для перелива пены каналов или желобов для сбора пены и к периферии резервуара. Для обеспечения достаточного сгущения боковая конструкция может иметь угол наклона 20-40° или даже 20-80°, предпочтительно приблизительно 30° относительно вертикали флотационного резервуара.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены выполнен с возможностью сбора пены и направления собранной пены в первый канал для сбора пены.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный сгуститель расположен в точном сообщении с первым каналом для сбора пены и вторым каналом для сбора пены и, кроме того, выполнен с возможностью направления пены из второго канала для сбора пены в первый канал для сбора пены.

В конструкции такого типа потоки материала в верхнем продукте могут быть эффективно собраны, а также может быть установлен сгуститель для направления и транспортировки материала из второго канала для сбора пены в первый канал для сбора пены. При этом радиальные желоба могут быть меньше по размеру (уже и/или более мелкими) и, следовательно, быть легкими и простыми по конструкции.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены выполнен с возможностью иметь форму, которая предотвращает столкновение пузырьков флотационного газа под радиальным желобом для сбора пены и оттеснение пены от радиального желоба для сбора пены.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены имеет форму, обеспечивающую возможность направления потока пены в радиальный желоб для сбора пены.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации поперечное сечение радиального желоба для сбора пены в радиальном направлении резервуара имеет, по существу, V-образную форму, содержащую вершину, направленную к дну резервуара, первую наклонную боковую стенку и вторую наклонную боковую стенку, проходящую от вершины так, что между первой и второй наклонными боковыми стенками образован угол  $\alpha$  при вершине, и первую радиальную кромку для перелива пены, расположенную сверху первой наклонной боковой стенки, и вторую радиальную кромку для перелива пены, расположенную сверху второй наклонной боковой стенки.

Таким образом, на объем резервуара для пенной флотации минимально влияет добавление одного или нескольких таких радиальных желобов для сбора пены, и поэтому условия процесса флотации могут поддерживаться, несмотря на добавленную конструкцию.

В еще одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены содержит проходящую вертикально первую боковую стенку и проходящую вертикально вторую боковую стенку, противоположную первой боковой стенке, первую радиальную кромку для перелива пены, расположенную сверху первой стороны, и вторую радиальную кромку для перелива пены, расположенную сверху второй стороны, и наклонное дно, по существу, V-образной формы с вершиной, направленной ко дну резервуара и имеющее угол  $\alpha$  при вершине, причем первая и вторая боковые стенки и дно образуют канал для направления пены в первый канал для сбора пены.

В другом варианте выполнения камеры пенной флотации длина первой и второй боковых стенок составляет по меньшей мере 50 мм.

Благодаря выполнению радиального желоба для сбора пены определенной формы, т.е. либо более простой V-образной формы с наклонными боковыми стенками, либо формы с вертикальными боковыми стенками и V-образным дном, можно предотвратить столкновение пузырьков флотационного газа друг с другом под радиальным желобом для сбора пены, что может привести к распаду агломератов пузырьков газа и частиц руды и падения частиц руды обратно на дно резервуара, тем самым отрицательно влияя на эффективность процесса флотации; или предотвратить перемещение пены из-под радиального желоба для сбора пены обратно к кромкам для перелива пены.

Кроме того, с помощью вертикальных боковых стенок можно обеспечить эффективное направление пены в радиальный желоб для сбора пены через радиальные кромки для перелива пены желоба. Кроме того, при наличии, по существу, V-образного дна может быть обеспечена достаточная ширина радиального желоба для сбора пены, тем самым обеспечивая эффективное направление и транспортировку собранной пены и верхнего продукта внутри канала, ограниченного боковыми стенками и дном.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации угол  $\alpha$  при вершине V-образного дна составляет 20-160°, предпочтительно 20-80°.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный сгуститель имеет форму, которая обеспечивает направление пены к радиальным переливным кромкам радиальных желобов для сбора пены рядом с радиальным сгустителем.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации поперечное сечение радиального сгустителя в радиальном направлении резервуара имеет функциональную V-образную форму, содержащую вершину, направленную ко дну резервуара, и наклонную первую сторону и наклонную вторую сторону, отходящие от вершины, так что между первой и второй сторонами образуется угол  $\beta$ ; причем первая сторона обращена к первой радиальной кромке для перелива пены соседнего первого радиального желоба для сбора пены, а вторая сторона обращена ко второй радиальной кромке для перелива пены соседнего второго радиального желоба для сбора пены.

В другом варианте выполнения камеры пенной флотации угол  $\beta$  составляет 20-80°.

Путем формирования радиального сгустителя вышеупомянутым способом можно легко и просто уравнивать и контролировать нагрузку пены на каждой стороне радиального сгустителя, а на направление и/или скопление пены, особенно хрупкой пены, можно эффективно влиять с обеих сторон радиального сгустителя.

Под функциональной V-образной формой в настоящем документе подразумевается, что радиальный сгуститель может иметь поперечное сечение, которое, по существу, имеет V-образную форму. Однако наружные края радиального сгустителя могут быть не полностью ровными или прямыми. Из-за, например, производственных факторов, форма может быть более органичной, края могут быть волнистыми, бугристыми или иным образом неровными. Это, однако, не влияет на функциональность радиального сгустителя, так как его основная форма, как описано в настоящем документе, представляет собой V-образную форму с двумя отчетливыми наклонными сторонами, вершиной и открытой верхней частью, расположенной напротив вершины.

Функциональная V-образная форма и ее части, как описано в настоящем документе, используются в настоящем документе для описания основной формы радиального сгустителя. Функциональную V-образную форму можно также понимать как равнобедренный треугольник, стоящий на вершине и имеющий определенный угол при вершине.

Под нагрузкой пены в настоящем документе подразумевается количество пены на открытой поверхности за любой заданный период времени.

Такая форма или конструкция позволяет надежно использовать радиальный сгуститель для разделения, направления и уравнивания пены и пульпы на две открытые области пены или поверхности пены по обе стороны от радиального сгустителя.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации площадь поверхности радиального сгустителя больше, чем площадь поверхности радиального желоба для сбора пены, измеренная на высоте поверхности пены. Предпочтительно, отношение площади поверхности радиального сгустителя к площади поверхности радиального желоба для сбора пены составляет по меньшей мере 2, более предпочтительно по меньшей мере 3.

Благодаря выполнению радиального сгустителя с такой площадью поверхности, которая представляет собой площадь, образованную между сторонами радиального сгустителя и первым и вторым каналами для сбора пены, измеренную на высоте поверхности пены (по отношению ко дну флотационного резервуара) - больше, чем у радиального желоба для сбора пены, уменьшающий эффект, который оказывает радиальный сгуститель на открытую поверхность пены, может стать более выраженным.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации между каналами для сбора пены и радиальными желобами для сбора пены, а также внутри второго желоба для сбора пены резервуар содержит открытые поверхности пены.

В еще одном варианте выполнения камеры пенной флотации открытая поверхность пены между любыми двумя радиальными желобами для сбора пены может быть разделена на две открытые подповерхности пены с помощью радиального сгустителя, причем одна открытая поверхность пены расположена на стороне первой радиальной кромки для перелива пены первого радиального желоба для сбора пены, а одна открытая подповерхность пены расположена на стороне второй радиальной кромки для перелива пены второго канала для сбора пены; так что две открытые подповерхности пены полностью разделены радиальным сгустителем.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный сгуститель имеет форму, которая позволяет уравнивать нагрузку пены между открытой поверхностью пены на первой стороне функциональной V-образной формы и открытой поверхностью пены на второй стороне функциональной V-образной формы.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации площадь открытой поверхности пены может изменяться таким образом, чтобы соотношение между открытыми подповерхностями пены между двумя радиальными желобами для сбора пены и открытой поверхностью пены внутри первой переливной кромки второго канала для сбора пены изменялось.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации соотношение между двумя открытыми



подповерхностями пены, разделенными радиальным сгустителем, может изменяться путем изменения вертикального положения радиальным сгустителем по отношению к высоте, измеренной от дна резервуара, радиальной кромки для перелива пены вблизи радиального сгустителя.

Взаимосвязь между указанными двумя открытыми подповерхностями пены может изменяться таким образом, чтобы это не влияло на баланс указанных двух открытых подповерхностей пены, например, когда они уже уравниены. Перемещая только радиальный сгуститель, можно сохранить простую конструкцию. Если бы радиальный желоб для сбора пены или каналы для сбора пены должны были перемещаться, управление этим перемещением было бы чрезвычайно прецизионным и точным, поскольку это повлияло бы на высоту слоя пены. Если кромка для перелива пены становится наклонной или отклонится от горизонтали, то возникнут проблемы со сбором пены в желобах. Очевидно, что радиальный сгуститель также должен размещаться осторожно, но даже если радиальный сгуститель слегка отклонится от горизонтали, на высоту слоя пены это не будет иметь такого отрицательного влияния.

Относительное положение нижней части радиального сгустителя, т.е. вершины функциональной V-образной формы, может повлиять на образование пены, особенно на количество воздуха или другого флотационного газа, направляемого в слой пены, и, тем самым, на объем пены. Таким образом, можно уравновесить различные открытые пенные поверхности и подповерхности и увеличить перелив частиц, содержащих ценный материал. Кроме того, сгущение и/или направление пены, особенно хрупкой пены, может быть более эффективным и простым. Кроме того, благодаря выполнению радиального сгустителя подвижным, вместо перемещения кромки или кромок для перелива пены, общая конструкция может стать более надежной и более простой в управлении. Перемещение радиального сгустителя не является таким критичным для управления процессом флотации, как перемещение кромки для перелива пены.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации источник газа расположен в резервуаре.

Благодаря расположению источника газа непосредственно во флотационном резервуаре, дополнительные резервуары или системы для газификации внутри флотационной системы не требуются, что упрощает общую конструкцию и упрощает эксплуатацию и обслуживание.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации резервуар содержит перемешивающее устройство.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации перемешивающее устройство содержит источник газа.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации площадь пульпы составляет по меньшей мере  $40 \text{ м}^2$ , измеренной в области перемешивания.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации ее объем составляет по меньшей мере  $150 \text{ м}^3$ , или по меньшей мере  $250 \text{ м}^3$ , или по меньшей мере  $400 \text{ м}^3$ .

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены выполнен с возможностью поддержки вторым каналом для сбора пены.

Таким образом, радиальный канал для сбора пены может поддерживаться с обоих концов, облегчая конструкцию канала, которая занимает уменьшенный пространственный объем внутри камеры. Кроме того, это позволяет уменьшить высоту радиального канала для сбора пены при сохранении прочности конструкции, необходимой для надежной работы камеры пенной флотации.

В одном варианте выполнения камера пенной флотации содержит равное количество радиальных желобов для сбора пены и радиальных сгустителей, например по четыре и тех и других, расположенных попеременно по окружности, окружающей второй канал для сбора пены. Радиальные желоба для сбора пены могут быть выполнены с возможностью поддержки вторым каналом для сбора пены.

Благодаря этому открытые поверхности пены на двух сторонах каждого радиального желоба для сбора пены и/или радиального сгустителя автоматически уравниваются.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены содержит прямую радиальную кромку для перелива пены или зигзагообразную радиальную кромку для перелива пены.

Благодаря тому, что переливная кромка имеет зигзагообразную или волнистую форму, функциональная длина желоба может быть увеличена, тогда как физическая длина кромки остается прежней.

В одном варианте выполнения камеры пенной флотации радиальный желоб для сбора пены содержит прямую кромку для перелива пены.

Прямая форма переливной кромки может использоваться для защиты кромки от грязи и примесей.

В одном варианте выполнения линии пенной флотации часть контрольной флотации содержит по меньшей мере одну камеру пенной флотации.

В одном варианте выполнения линии пенной флотации часть грубой флотации содержит по меньшей мере одну камеру пенной флотации. Большие флотационные камеры улучшают пенную флотацию, особенно для руды с низким содержанием меди. Для этой цели в части грубой флотации предпочтительно использовать большую камеру. В частности, конструкция сгустителя в соответствии с настоящей изобретением позволяет увеличивать размер камеры пенной флотации, одновременно улучшая извлечение минералов. Для этого камера пенной флотации может иметь объем, равный по меньшей мере  $400 \text{ м}^3$ .

В одном варианте выполнения линия пенной флотации содержит по меньшей мере две камеры гру-

бой или контрольной флотации и/или по меньшей мере две дополнительные камеры пенной флотации, выполненные в соответствии с изобретением и предназначенные для обработки пульпы перед тем, как ее можно будет обработать в камере пенной флотации, в соответствии с изобретением. Таким образом, последняя флотационная камера линии пенной флотации представляет собой камеру пенной флотации, выполненную в соответствии с изобретением.

Под грубой флотацией, частью грубой флотации линии флотации, стадией грубой флотации и/или камерами грубой флотации в настоящем документе подразумевается стадия флотации, которая дает более грубый (черновой) концентрат. Цель состоит в том, чтобы удалить максимальное количество ценного минерала при максимально крупном размере частиц. Для грубой флотации полное высвобождение не требуется, только достаточное высвобождение для выделения достаточного количества пустой породы из ценного минерала для получения высокого извлечения. Основная цель стадии грубой флотации - извлечь как можно больше ценных минералов с меньшим акцентом на качество производимого концентрата.

За грубой флотацией часто следует контрольная флотация, которую используют для грубых хвостов. Под контрольной флотацией, частью контрольной флотации линии флотации, стадией контрольной флотации и/или камерой контрольной флотации понимается стадия флотации, цель которой состоит в извлечении любого ценного минерального материала, который не был извлечен на начальной стадии грубой флотации. Это может быть достигнуто путем изменения условий флотации, чтобы сделать их более жесткими, чем при первоначальной грубой обработке, или, в некоторых вариантах выполнения изобретения, введением микропузырьков в пульпу. Концентрат из камеры или стадии контрольной флотации может быть возвращен в грубое питание для повторной флотации или направлен на стадию доизмельчения, а затем в линию контрольной перемешивающей флотации.

В качестве камеры грубой или контрольной флотации может использоваться флотационная камера или флотационный резервуар любого типа, причем этот тип может быть выбран в соответствии с конкретными потребностями, установленными типом материала, который будет обрабатываться в линии флотации. Возможно, что камера или камеры пенной флотации в соответствии с изобретением могут быть включены в существующие линии флотации в качестве модернизированных узлов линии флотации, чтобы увеличить вариативность использования, а также эффективность сбора требуемого ценного материала. Как правило, на нижнем по потоку конце линии флотации количество частиц руды, содержащих ценный материал, невелико, поскольку большая часть плавающего материала улавливается и собирается уже в верхней по потоку части линии флотации. Путем добавления одной или нескольких камер пенной флотации, выполненных в соответствии с изобретением, в нижний по потоку конец такой линии флотации, даже небольшое количество, еще остающееся в пульпе, может быть эффективно собрано с помощью камер пенной флотации, описанных в настоящем документе, и, таким образом, эффективность линии флотации в целом повышается. Это может быть особенно полезно при операциях, когда пена или пенный слой являются хрупкими и/или минерализация низкая.

В одном варианте выполнения применения линии пенной флотации в соответствии с изобретением линия флотации выполнена с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих требуемый минерал, из низкосортной руды.

В еще одном варианте выполнения применения линии пенной флотации в соответствии с изобретением линия флотации выполнена с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из руды с низким содержанием меди.

Например, при извлечении меди из низкосортных руд, полученных из бедных залежей минеральной руды, количество меди может составлять всего 0,1% от веса сырья, т.е. питания пульпы в линию флотации. Линия пенной флотации в соответствии с изобретением может быть очень практичной для извлечения меди, поскольку медь является так называемым легко флотируемым минералом. Используя линию флотации в соответствии с настоящим изобретением, можно эффективно увеличить извлечение таких небольших количеств ценного минерала, например меди, и даже использовать бедные месторождения с минимальными затратами. Поскольку известные богатые месторождения все больше и больше истощаются, существует необходимость в переработке и менее благоприятных месторождений, которые ранее могли оставаться неразработанными из-за отсутствия подходящей технологии и процессов для извлечения ценного материала в очень малых количествах в руде.

В одном варианте выполнения способа пенной флотации две открытые подповерхности пены полностью разделяют радиальным сгустителем.

В одном варианте выполнения способа пенной флотации площадь открытой поверхности пены изменяют таким образом, что изменяется соотношение между площадью открытых подповерхностей пены между двумя радиальными желобами для сбора пены и площадью открытой поверхности пены внутри первой переливной кромки второго канала для сбора пены.

В одном варианте выполнения способа пенной флотации соотношение между площадями двух открытых подповерхностей пены, разделенных радиальным сгустителем, изменяют путем изменения вертикального положения радиального сгустителя относительно высоты радиальной кромки для перелива пены рядом с радиальным сгустителем.

### Краткое описание чертежей

Сопровождающие чертежи, которые включены для обеспечения дальнейшего понимания настоящего изобретения и составляют часть этого описания, иллюстрируют варианты выполнения изобретения и вместе с описанием помогают объяснить принципы изобретения.

На чертежах:

фиг. 1a-c изображают схематический поперечный разрез камеры пенной флотации в соответствии с иллюстративным вариантом выполнения изобретения,

фиг. 1d изображает поперечный разрез по линии D-D на фиг. 1a камеры пенной флотации в соответствии с иллюстративным вариантом выполнения изобретения,

фиг. 1e изображает поперечный разрез по линии E-E на фиг. 1c камеры пенной флотации в соответствии с иллюстративным вариантом выполнения изобретения,

фиг. 1f изображает поперечный разрез по линии F-F на фиг. 1a камеры пенной флотации в соответствии с иллюстративным вариантом выполнения изобретения,

фиг. 1g изображает поперечный разрез по линии G-G на фиг. 1c камеры пенной флотации в соответствии с иллюстративным вариантом выполнения изобретения,

фиг. 1h изображает поперечный разрез другого иллюстративного варианта выполнения камеры пенной флотации в соответствии с изобретением,

фиг. 1i изображает поперечный разрез по линии I-I на фиг. 1h камеры пенной флотации в соответствии с иллюстративным вариантом выполнения изобретения,

фиг. 1j изображает поперечный разрез другого иллюстративного варианта выполнения камеры пенной флотации в соответствии с изобретением,

фиг. 2a-c изображают схематические радиальные разрезы, показывающие детали вариантов выполнения камеры пенной флотации в соответствии с изобретением,

фиг. 3a-d изображают схематические трехмерные проекции иллюстративных вариантов осуществления камеры пенной флотации в соответствии с изобретением,

фиг. 4 изображает схематическую иллюстрацию иллюстративного варианта выполнения камеры пенной флотации в соответствии с изобретением,

фиг. 5 изображает схематическое изображение другого иллюстративного варианта выполнения камеры в соответствии с изобретением,

фиг. 6a-b изображают схематическую иллюстрацию еще одного иллюстративного варианта выполнения камеры в соответствии с изобретением,

фиг. 7a-b иллюстрируют блок-схемы вариантов выполнения линии флотации в соответствии с изобретением.

### Подробное описание изобретения

Ниже подробно описаны варианты выполнения изобретения, примеры которых проиллюстрированы на прилагаемых чертежах.

Приведенное ниже описание раскрывает некоторые варианты выполнения с такой детализацией, что специалист в данной области техники может использовать камеру пенной флотации, линию, применение и способ, основанные на описании. Не все этапы вариантов выполнения описаны подробно, поскольку многие из этапов будут очевидны для специалиста на основе этого описания. Чертежи показаны не в пропорции, при этом многие компоненты камеры 10 пенной флотации и линии 1 пенной флотации не показаны для ясности. Прямое направление потока пульпы 1 показано на чертежах стрелками.

Для простоты, в случае повторяющихся компонентов в последующих иллюстративных вариантах выполнения, номера позиций будут сохранены.

На фиг. 1a-j и 3a-6b резервуар 11 камеры 10 пенной флотации принимает поток пульпы, т.е. поток пульпы 100, содержащий частицы руды, воду и флотационные химикаты, такие как химические собиратели и не собирающие флотационные реагенты. Молекулы химического собирателя прикрепляются к областям поверхности на частицах руды, содержащих требуемый минерал, подлежащий флотации, благодаря процессу адсорбции. Требуемый минерал действует как адсорбент, а химический собиратель действует как адсорбат. Молекулы химического собирателя образуют пленку на участках требуемого минерала на поверхности флотируемой частицы руды. Обычно требуемый минерал представляет собой ценный минерал, содержащийся в частице руды. При обратной флотации минерал может представлять собой не имеющую ценность часть пульпы, собранной таким образом из концентрата ценного материала. Например, при обратной флотации Fe частицы силикатсодержащей руды всплывают, тогда как ценные частицы Fe-содержащей руды собираются из нижнего продукта или хвостов.

Молекулы химического собирателя имеют неполярную часть и полярную часть. Полярные части молекул собирателя адсорбируются на площадях поверхности частиц руды, содержащих ценные минералы. неполярные части являются гидрофобными и поэтому отталкиваются от воды. Отталкивание заставляет гидрофобные хвосты молекул собирателя прилипать к пузырькам флотационного газа. Примером флотационного газа является атмосферный воздух, вводимый, например, путем дувания, сжатия или накачки в камеру 10 пенной флотации или в резервуар 11 флотационной камеры 10. Достаточное количество адсорбированных молекул собирателя на достаточно больших площадях поверхности цен-

ных минералов на частице руды может привести к прикреплению частицы руды к пузырьку флотационного газа. Это явление можно назвать минерализацией. При низкой минерализации меньше, чем оптимальное количество частиц руды прикрепляется к пузырькам флотационного газа, в результате образуется хрупкая пена и возникают проблемы с извлечением требуемых частиц руды из слоя пены к кромке для перелива пены и к желобу для сбора пены.

Частицы руды прикрепляются или прилипают к пузырькам газа с образованием агломератов частиц руды и пузырьков газа. Эти агломераты поднимаются к поверхности 113 флотационного резервуара 11 в самой верхней части резервуара 11 благодаря плавучести пузырьков газа, а также благодаря непрерывному восходящему потоку пульпы, вызванному механическим перемешиванием и/или подачей пульпы 100 в резервуар 11. Пузырьки газа формируют слой пены 3, при этом пена 3, собранная на поверхности пульпы в камере 10 и содержащая агломераты пузырьков газа и частиц руды, вытекает из камеры 10 в качестве верхнего продукта 50 через кромки 121a, 122a-b, 123a-b для перелива пены в каналы 21, 22 для сбора пены или в радиальный желоб 23 для сбора пены.

Любая или все кромки для перелива пены, включая первую кромку 121a для перелива пены первого канала 21 для сбора пены, первую кромку 122a для перелива пены второго канала 22 для сбора пены, вторую кромку 122b для перелива пены второго канала 22 для сбора пены, первую кромку 123a для перелива пены радиального желоба 23 для сбора пены, вторую кромку 123a для перелива пены радиального желоба 23 для сбора пены и/или кромку 123a, 123b для перелива пены радиальной конструкции могут быть прямыми или извилистыми, например зигзагообразными или волнистыми кромками. Хотя можно использовать зигзагообразные кромки, длину кромки предпочтительно уменьшить путем использования радиальных сгустителей 31 или радиальных конструкций, имеющих вместо этого по меньшей мере одну боковую стенку, выполненные как сгуститель.

Собранный верхний продукт 50 пульпы может направляться на дальнейшую переработку или собираться как конечный продукт, в зависимости от места в линии 1 флотации, в которой собирается продукт 50. Дальнейшая обработка может включать любые необходимые технологические этапы для повышения качества продукта, например повторное измельчение и/или очистку. Можно обеспечить протекание хвостов в виде нижнего продукта 1a через выпускное отверстие в последующую флотационную камеру и, наконец, их вывод из процесса в виде пустой породы или конечного остатка.

Пульпу 100 сначала вводят в камеру 10 пенной флотации, в которой пульпа 100 обрабатывается путем введения в нее флотационного газа с помощью источника 12 газа (см. фиг. 5, 6b), который может представлять собой любое традиционное средство подачи газа. Например, газ может подаваться в резервуар через перемешивающее устройство 14 (фиг. 4, 5) или в резервуар без перемешивающего устройства через впускные отверстия для газа (фиг. 6b), как в случае колонной флотационной камеры. Флотационный газ может вводиться в резервуар 11. До подачи пульпы 100 во флотационный резервуар 11b флотационный газ может быть введен в пульпу в отдельном резервуаре 11a предварительной обработки или кондиционирования, как в случае камеры сдвоенной флотации (фиг. 6a).

Пульпа может механически перемешиваться с помощью перемешивающего устройства 14, т.е. резервуар 11 содержит перемешивающее устройство 14, которое может представлять собой, например, мешалку роторно-статорного типа, расположенную во флотационном резервуаре 11 (фиг. 4), или с помощью насоса 14, 12 в так называемом самовсасывающем резервуаре, как показано на фиг. 5 (насос действует как перемешивающее устройство 14 и как источник 12 газа), или с использованием любого другого типа механического перемешивания, известного в данной области техники. Также может быть использована одна или несколько вспомогательных мешалок, расположенных во флотационном резервуаре 11 в его вертикальном направлении.

В одном варианте выполнения камеры 10 пенной флотации, как показано на фиг. 1a-c, 1h, 3a-d и 4, она содержит резервуар 11, имеющий центр 111 и периферию 110, а также первый канал 21 для сбора пены, окружающий периферию 111 резервуара 11, так что внутри первого канала 21 для сбора пены образуется открытая поверхность  $A_f$  пены.

Первый канал 21 для сбора пены может содержать первую кромку 121a для перелива пены, обращенную к центру 111 резервуара 11, т.е. первый канал для сбора пены может выполнять функцию желоба для сбора пены (см. фиг. 1a-b и 3a-b). В этом случае первый канал 21 для сбора пены может содержать вертикальную боковую стенку 210, также обращенную к центру 111 резервуара 11. Боковая стенка 210 оканчивается первой кромкой 121a для перелива пены, т.е. первая кромка 121a расположена наверху боковой стенки 210.

В качестве альтернативы, первый канал 21 для сбора пены может содержать боковую конструкцию 212, обращенную к центру 111 резервуара 11 (см. фиг. 3c-d). Боковая конструкция 212 выполнена с возможностью оттеснения пены 3 от первого канала 21 для сбора пены к центру 111 резервуара 11. Боковая конструкция 212 наклонена так, что относительно вертикали в резервуаре 11 боковая конструкция 212 имеет угол наклона 20-40° или даже 20-80°. Угол наклона может составлять, например, 24, 28,5, 30, 35 или 37,5°.

Камера 10 пенной флотации также содержит второй канал 22 для сбора пены, расположенный между центром 111 резервуара 11 и первым каналом 21 для сбора пены. Второй канал 22 для сбора пены со-

держит первую кромку 122а для перелива пены, обращенную к центру 111 резервуара 11.

Камера 10 пенной флотации может также содержать центральный сгуститель 32, расположенный внутри второго канала 22 для сбора пены, как показано на фиг. 1а-с и 3а-д. Центральный сгуститель 32 может быть расположен в центре 111 резервуара 11, например, аксиально вдоль центральной оси резервуара 11. Центральный сгуститель 32 может иметь форму конуса или усеченного конуса, а его узкий конец направлен к дну 112 резервуара 11. Центральный сгуститель 32 может быть отрегулирован для управления открытой поверхностью пены, образованной внутри второго канала 22 для сбора пены. Для этой цели вертикальное положение центрального сгустителя может быть изменено в зависимости от высоты, измеренной от дна резервуара, первой кромки 122а для перелива пены второго канала 22 для сбора пены.

Второй канал 22 для сбора пены может также содержать вторую переливную кромку 122b, обращенную к периферии 110 резервуара 11. В этом случае, аналогично первому каналу 21 для сбора пены, второй канал 22 для сбора пены может также содержать вертикальную боковую стенку 220, обращенную к центру 111 резервуара 11. Боковая стенка 220 заканчивается второй кромкой 122b для перелива пены, т.е. вторая кромка 122b для сбора пены расположена сверху боковой стенки 220.

В качестве альтернативы, второй канал 22 для сбора пены может также содержать боковую конструкцию 222, обращенную к периферии 110 резервуара 11. Боковая конструкция 222 выполнена с возможностью оттеснения пены 3 от второго канала 22 для сбора пены к периферии 110 резервуара 11. Боковая конструкция 222 наклонена так, что относительно вертикали в резервуаре 11 боковая конструкция 222 имеет угол наклона 20-40° или даже 20-80°. Угол наклона может составлять, например, 24, 28,5, 30, 35 или 37,5°.

Обеспечено направление пены 3, собранной во втором канале 22 для сбора пены, в первый канал 21 для сбора пены. Это может быть реализовано, например, с помощью отдельной соединительной трубы или труб или других трубопроводов (не показаны на чертежах).

Камера 10 пенной флотации также содержит радиальный желоб 23 для сбора пены, проходящий от первого канала 21 для сбора пены по направлению ко второму каналу 22 для сбора пены.

Радиальный желоб 23 для сбора пены содержит по меньшей мере одну радиальную кромку 123а для перелива пены. В одном варианте выполнения он может содержать первую радиальную кромку 123а для перелива пены и вторую радиальную кромку 123b для перелива пены, противоположную первой кромке (см. фиг. 2а), т.е. обе стороны радиального желоба для сбора пены выполняют функцию собирающих конструкций, обеспечивающих возможность сбора перелива пены и/или пульпы в радиальный желоб 23 для сбора пены. По меньшей мере одна радиальная кромка 123а для перелива пены расположена обращенной к сгустительной боковой стенке 310 радиального сгустителя 31, что позволяет эффекту сгущения благодаря наличию сгустителя пены эффективно выталкивать и направлять материал в слое пены 3 к радиальному желобу 23 для сбора пены. Как первая, так и вторая радиальные кромки 123а, 123b для перелива пены могут быть расположены обращенными к боковой стенке 310, 320 радиальных сгустителей 31, между которыми расположен радиальный желоб для сбора пены (см., например, фиг. 3с).

Радиальный желоб 23 для сбора пены может также содержать боковую стенку 230а, которая представляет собой сгустительную боковую стенку, т.е. одна сторона радиального желоба 23 не собирает пену, а обеспечивает эффект сгущения (см. фиг. 2b). Эта сгустительная боковая стенка расположена так, чтобы быть обращенной к кромке 302 для сбора пены соседнего радиального сгустителя 31, чтобы толкать и направлять поток пены и/или пульпы к этой собирающей конструкции.

Радиальный желоб 23 для сбора пены проточно сообщается с первым каналом 21 для сбора пены. В камере 10 пенной флотации может быть установлен по меньшей мере один радиальный желоб 23 для сбора пены. В одном варианте выполнения камера 10 пенной флотации может содержать четыре таких радиальных желоба 23 для сбора пены, как показано, например, на фиг. 1а, 1с, 3а и 3с. В другом варианте выполнения камера 10 пенной флотации может содержать восемь таких радиальных желобов 23 для сбора пены, как показано, например, на фиг. 1b, 1h, 3b и 3d. Количество радиальных желобов 23 для сбора пены можно легко выбрать в соответствии с размером (диаметром резервуара, объемом резервуара, площадью  $A_p$  пульпы) камеры пенной флотации и/или в соответствии с любым другим актуальным параметром процесса флотации. Желоба 23 для сбора пены могут быть расположены симметрично относительно друг друга и/или центра 111 резервуара 11. Например, они могут быть расположены отстоящими друг от друга, по существу, на 30, 60 или 90° относительно центральной продольной оси резервуара 11.

Радиальный желоб 23 для сбора пены может быть выполнен с возможностью сбора пены 3 с поверхности 113 резервуара 11 и для направления собранной пены 3 в первый канал 21 для сбора пены. Радиальный желоб 23 для сбора пены расположен в проточном сообщении с первым каналом 21 для сбора пены. Любые или все радиальные желоба 23 для сбора пены могут быть расположены отдельно от второго канала 22 для сбора пены (см. фиг. 1а-с и 3а-д) так, чтобы они не имели проточного сообщения, по меньшей мере, непосредственного проточного сообщения со вторым каналом 22 для сбора пены. Любые или все радиальные желоба 23, следовательно, могут быть короче радиального расстояния между первым каналом 21 для сбора пены и вторым каналом 22 для сбора пены.

В качестве альтернативы или дополнительно, любые или все радиальные желоба 23 для сбора пены

могут быть расположены так, что они поддерживаются вторым каналом 22 для сбора пены (см. фиг. 1h-j). Это может быть реализовано как конструктивное соединение, например прямое конструктивное соединение 124 между радиальным желобом 23 и вторым каналом 22. Следовательно, радиальные желоба 23 могут иметь длину, по меньшей мере, равную радиальному расстоянию между первым каналом 21 для сбора пены и вторым каналом 22 для сбора пены. В зависимости от длины радиальных желобов 23 для сбора пены любой или все из них могут быть расположены таким образом, чтобы разделять открытые поверхности  $A_f$  пены на отдельные подповерхности, но они также могут быть расположены таким образом, чтобы не разделять открытые поверхности  $A_f$  пены на отдельные подповерхности, т.е. они облегчают непосредственное соединение подповерхностей.

Радиальный желоб 23 для сбора пены может иметь форму, которая предотвращает столкновение пузырьков флотационного газа под радиальным желобом 23 для сбора пены, и форму, которая также предотвращает перемещение пены 3 от радиального желоба 23. Кроме того, желоб 23 для сбора пены может быть выполнен таким образом, что он имеет форму, которая направляет протекание пены 3 в радиальный желоб для сбора пены.

Эта форма достигается благодаря тому, что радиальный желоб 23 имеет по меньшей мере одну радиальную кромку 123a, 123b для перелива пены, предназначенную для сбора пены.

Например, желоб 23 может иметь форму, в которой его поперечное сечение в радиальном направлении резервуара 11 имеет, по существу, V-образную форму (см. фиг. 2a), содержащую вершину 123c, направленную в сторону дна 112 резервуара 11, первую наклонную боковую стенку с и вторую наклонную боковую стенку d, проходящие от вершины 123 с так, что между первой и второй наклонными боковыми стенками с, d образуется угол  $\alpha$  при вершине, и первую радиальную кромку 123a для перелива пены, расположенную сверху первой наклонной боковой стенки с, и вторую радиальную кромку 123b для перелива пены, расположенную сверху второй наклонной боковой стенки d.

Радиальный желоб 23 в радиальном направлении резервуара 11 также может иметь поперечное сечение функциональной V-образной формы (см. фиг. 2a, где эту альтернативную форму можно увидеть внутри радиального желоба 23 для сбора пены). Функциональная V-образная форма содержит вершину, направленную к дну 112 резервуара 11, и наклонную первую боковую стенку и наклонную вторую боковую стенку, проходящие от вершины, так что между первой и второй сторонами образуется угол  $\alpha$  при вершине. Угол  $\alpha$  при вершине может быть даже 20-160°. Указанная по меньшей мере одна кромка 123a, 123b для перелива пены для сбора пены сформирована над функциональной формой V. Конструкция может содержать одну или несколько дополнительных боковых стенок, отходящих от функциональной формы V, например, вертикально или наклонно. Низкий профиль радиального желоба 23 для сбора пены, например, с углом  $\alpha$  при вершине, составляющим 120-160°, является преимуществом для уменьшения пространственного объема, который желоб 23 занимает в резервуаре 11. Указанная по меньшей мере одна кромка 123a, 123b для перелива пены затем может быть сформирована непосредственно на краю и/или краях функциональной V-образной формы или на верхней части боковой стенки, проходящей только на небольшом расстоянии от нее. В частности, изобретение позволяет уменьшить длину переливной кромки 123a, 123b, одновременно улучшая извлечение пены 3.

Боковая стенка 230b, с, выполненная в виде сгустительной боковой стенки, для увеличения эффекта сгущения может быть наклонена, как показано на фиг. 2b.

В качестве альтернативы, желоб 23 может содержать проходящую вертикально первую боковую стенку 230a и проходящую вертикально вторую боковую стенку 230b, противоположную первой боковой стенке 230a. Первая и вторая боковые стенки 230a, 230b могут иметь длину не менее 5 мм, чтобы гарантировать, что радиальный желоб 23 проходит достаточно глубоко в слой пены 3 на поверхности резервуара 11, а вертикальная боковая стенка может эффективно направлять пену 3, чтобы она протекала через радиальные кромки 123a, 123b для перелива пены радиального желоба 23.

Первая радиальная кромка 123a для перелива пены может быть расположена сверху первой боковой стенки 230a, а вторая радиальная кромка 123b для перелива пены расположена сверху второй боковой стенки 230b, т.е. оба конца первой и второй боковых стенок 230a, 230b в их верхних частях (частях, проходящих ближе к поверхности 113 резервуара 11), проходят в радиальные кромки 123a, 123b для перелива пены. Первая и вторая боковые стенки 230a, 230b соединены своими нижними частями (частями, проходящими ближе к дну 112 резервуара 11) наклонным дном 230c, по существу, V-образной формы с вершиной 123c, направленной ко дну 112 резервуара 11. Первая и вторая боковые стенки 230a, 230b и дно 230c вместе формируют канал 231 для направления пены 3 в первый канал 21 для сбора пены. Дно 230c может содержать наклонную первую боковую стенку и наклонную вторую боковую стенку, проходящие от вершины 123 с, так что между первой и второй сторонами сформирован угол  $\alpha$  при вершине. Угол  $\alpha$  может быть произвольно выбранным значением от 20 до 80°.

Радиальный желоб 23 может иметь, по существу, прямоугольное поперечное сечение в горизонтальном направлении резервуара 11, т.е. первая и вторая боковые стенки прямые. В одном варианте выполнения, например, показанном на фиг. 1a-c и 3a-d, первая и вторая боковые стенки могут быть наклонены таким образом, что радиальный желоб 23 становится пространнее или шире ближе к первому кана-

ду 21 для сбора пены и уже ближе ко второму каналу 22 для сбора пены, т.е. канал 231 может расширяться в направлении потока пены 3 в первый канал 21.

В качестве альтернативы или дополнительно, высота вершины 123 с может быть, по существу, выровнена относительно дна 112 резервуара 11 по всей длине радиального желоба 23. В одном варианте выполнения высота вершины 123 с может уменьшаться по длине от второго канала 22 для сбора пены по направлению к первому каналу 21 для сбора пены, так что канал 231 углубляется в направлении потока пены 3 к первому каналу 21.

Путем выполнения формы радиального желоба 23 вышеуказанным способом можно поддерживать, по существу, постоянное расстояние  $d$  транспортировки между радиальным сгустителем и радиальной кромкой 123а, 123b для перелива пены радиального желоба 23. Кроме того, форма радиального желоба 23, как видно из вышеизложенного (см. фиг. 1а-с и 1h), может улучшить сбор пены из угловых областей, где радиальный желоб 23 для сбора пены встречается с первым каналом 21 для сбора пены или со вторым желобом 22 для сбора пены.

Радиальный желоб 23 имеет площадь  $A_L$  поверхности, измеренную на высоте  $H$  поверхности пены 3 (от дна 112), т.е. площадь, образованную между первой и второй боковыми стенками 230а, 230b, с,  $d$  и, по меньшей мере, первым каналом 21 для сбора пены, из которого выходит радиальный желоб 23 (см. фиг. 1d). Благодаря использованию радиального желоба для сбора пены в камере 10 пенной флотации, эта площадь поверхности соответствует уменьшению открытой площади  $A_f$  поверхности пены.

Камера 10 пенной флотации также содержит радиальный сгуститель 31, проходящий от второго канала 22 для сбора пены до первого канала 22 для сбора пены.

Радиальный сгуститель 31 содержит сгустительную боковую стенку 310 (см. фиг. 2а-с). В одном варианте выполнения радиальный сгуститель 31 содержит сгустительную боковую стенку 310, 320 и кромку 302 для сбора пены (т.е. верхний край 302 боковой стенки 310а может выполнять функцию кромки 302 для сбора пены), противоположную сгустительной боковой стенке, причем кромка 302 для сбора пены расположена обращенной к сгустительной боковой стенке 230а радиального желоба 23. Следовательно, радиальный сгуститель 31 такой конструкции может выполнять функцию собирающей конструкции, когда пена и/или пульпа с открытых поверхностей  $A_f$  может перетекать кромку 302 для сбора пены. В одном варианте выполнения кромка 302 для сбора пены радиального сгустителя 31 может быть расположена так, чтобы быть обращенной к радиальной кромке 123а для перелива пены радиального желоба 23 (см. фиг. 2с). Конструкция такого типа позволяет эффективно извлекать частицы ценной минеральной руды в камере 10. В случае если радиальный сгуститель 31 выполнен с возможностью выполнять функцию собирающей конструкции, то боковая стенка а может иметь вертикальную часть (см. фиг. 2b, 2с), которая эффективно направляет поток пульпы и/или пены через верхний край 302 боковой стенки а, выполняя функцию кромки 302 для перелива пены. Другими словами, на стороне кромки 302 для перелива пены радиальный сгуститель может иметь форму, аналогичную форме радиального желоба для сбора пены, как описано выше.

В одном варианте выполнения радиальный сгуститель 31 может содержать первую сгустительную боковую стенку 310 и вторую сгустительную боковую стенку 320, т.е. радиальный сгуститель 31 выполнен с возможностью выполнять функцию традиционного сгустителя.

Радиальный сгуститель 31 может быть расположен в проточном сообщении с первым каналом 21 для сбора пены и вторым каналом 22 для сбора пены. Кроме того, радиальный сгуститель 31 может быть выполнен с возможностью направления пены из второго канала 21 для сбора пены в первый канал для сбора пены, так что транспортировка собранного перелива пены может быть значительно увеличена в объеме и эффективности. Радиальный сгуститель 31 может быть выполнен с возможностью разделения открытых поверхностей  $A_f$  пены на отдельные подповерхности, но он также может быть расположен так, чтобы не разделять открытые поверхности  $A_f$  пены на отдельные подповерхности, т.е. облегчая непосредственное соединение между подповерхностями. Использование радиального сгустителя 31 совместно со вторым каналом 22 для сбора пены позволяет значительно упростить и облегчить конструкцию камеры 10 пенной флотации. Второй канал 22 для сбора пены позволяет заметно улучшить объем и вес для покрытия площади между периферией 110 и центром 111.

В камере 10 пенной флотации может быть установлен по меньшей мере один радиальный сгуститель 31. В одном варианте выполнения камера 10 может содержать четыре таких радиальных сгустителя 31. Число радиальных сгустителей 31 можно, аналогично числу желобов 23 для сбора пены, легко выбирать в соответствии с размером (диаметром резервуара, объемом резервуара, площадью  $A_p$  пульпы) камеры пенной флотации и/или в соответствии с любым другим параметром процесса флотации. В одном варианте выполнения камера 10 содержит равное количество радиальных желобов 23 для сбора пены и радиальных сгустителей 31, расположенных чередующимся образом (см. фиг. 1а и 1с). Угловое расстояние между соседними радиальными желобами 23 и/или радиальными сгустителями 31 пены может быть постоянным.

Камера 10 может содержать одинаковое количество радиальных желобов 23 и радиальных сгустителей 31, расположенных поочередно, т.е. так, что при движении по окружности в области между первым каналом 21 и вторым каналом 22 для сбора пены, за каждым радиальным желобом для сбора пены

следует радиальный сгуститель, и наоборот. Любые или все радиальные желоба 23 могут быть выполнены с возможностью поддержки вторым каналом 22 для сбора пены, как описано выше (см. фиг. 1j).

Радиальный сгуститель 31 может иметь форму, которая направляет пену 3 к радиальным кромкам 123a, 123b для перелива пены радиальных желобов 23a, 23b для сбора пены рядом с радиальным сгустителем 31. Форма способствует препятствованию собиранию пены 3 сгустителем 31.

Эта форма может быть реализована посредством радиального сгустителя 31, имеющего боковые стенки, выполненные с возможностью не допускать прохождения сверху них пены 3. Например, в радиальном направлении резервуара 11 радиальный сгуститель 31 может иметь поперечное сечение функциональной V-образной формы 300. Функциональная V-образная форма 300 содержит вершину 301, направленную ко дну 112 резервуара 11, и наклонную первую боковую стенку a, 310, и наклонную вторую боковую стенку b, 320, проходящие от вершины 301 так, что между первой и второй сторонами a, b образуется угол  $\beta$ . Угол  $\beta$  составляет 20-80°. Угол  $\beta$  может, например, составлять 24, 28,5, 31, 35 или 37,5°. Предпочтительно угол  $\beta$  составляет около 30°. Конструкция может содержать одну или несколько дополнительных боковых стенок, проходящих от функциональной V-образной формы, например, вертикально или наклонно.

Первая сторона 1 обращена к первой радиальной кромке 123a для перелива пены соседнего первого радиального желоба 23a для сбора пены, а вторая сторона b обращена ко второй радиальной кромке 123b для перелива пены соседнего второго радиального желоба 23b для сбора пены. Радиальный сгуститель 31 расположен между двумя радиальными желобами 23 для сбора пены (см. фиг. 2a-c).

В одном варианте выполнения радиальный желоб 23 содержит первую кромку 123a для перелива пены и вторую кромку 123b для перелива пены, а радиальный сгуститель 31 содержит сгустительную боковую стенку 310 и вторую сгустительную боковую стенку 320. В еще одном варианте выполнения камера пенной флотации выполнена с одинаковым количеством таких радиальных желобов 23 для сбора пены и радиальных сгустителей 31, расположенных попеременно и симметрично (на равных расстояниях друг от друга) по периферии 110 резервуара 11. Конструкции такого типа обеспечивают получение легкой конструкции радиальных желобов 23 для сбора пены, которые занимают лишь небольшое пространство, т.е. не уменьшают существенно объем резервуара 11 или площадь открытых поверхностей пены.

Кроме того, радиальные желоба 23 для сбора пены и/или радиальные сгустители 31 внутри камеры 10 пенной флотации могут быть расположены так, чтобы открытые поверхности  $A_f$  пены, образованные между каждым радиальным желобом для сбора пены и/или радиальным сгустителем, имели одинаковую площадь поверхности.

Аналогично радиальному желобу 23 для сбора пены, радиальный сгуститель 31 может иметь, по существу, прямоугольное поперечное сечение в горизонтальном направлении резервуара 11, т.е. первая и вторая стороны a, b являются прямыми. В одном варианте выполнения первая и вторая стороны a, b могут быть наклонены так, что радиальный сгуститель 31 становится пространнее или шире ближе к первому каналу 21 для сбора пены и уже ближе ко второму каналу 22 для сбора пены, т.е. канал, образованный функциональной V-образной формой, может расширяться в направлении потока пены 3 в первый канал 21 для сбора пены. Высота вершины 301 может, по существу, быть выровнена относительно дна 112 резервуара 11 по длине радиального устройства 31 для сбора пены. В одном варианте выполнения высота вершины 301 может уменьшаться по мере ее продолжения от второго канала 22 для сбора пены к первому каналу 21 для сбора пены, так что канал, образованный функциональной V-образной формой, углубляется в направлении потока пены 3 к первому каналу 21 для сбора пены, т.е. нижняя часть радиального сгустителя 31 может быть наклонена или иметь уклон к первому каналу 21 для сбора пены, так что радиальное поперечное сечение радиального сгустителя 31 расширяется по направлению к периферии 110 резервуара. Таким образом, расстояние d транспортировки между радиальным сгустителем 31 и соседней радиальной кромкой 123a для перелива пены может поддерживаться постоянным по всей радиальной длине, на которую радиальный сгуститель 31 и радиальный желоб 23 для сбора пены проходят от второго канала 22 для сбора пены к первому каналу 21 для сбора пены.

Радиальный сгуститель имеет площадь  $A_C$  поверхности, измеренную на высоте H поверхности пены 3 (от дна 112), т.е. площадь, образованную между первой и второй боковыми стенками 310, 320, a, b и первым и вторым каналами 21, 22 для сбора пены, из которых проходит радиальный желоб 23 для сбора пены (см. фиг. 1d). Эта площадь поверхности соответствует уменьшению площади открытой поверхности  $A_f$  пены, вызванному радиальным сгустителем 31 в камере 10 пенной флотации. Предпочтительно, площадь  $A_C$  поверхности радиального сгустителя 31 больше, чем площадь  $A_L$  поверхности радиального желоба 23 для сбора пены. В одном варианте выполнения соотношение  $A_C/A_L$  составляет по меньшей мере 2. В другом варианте выполнения соотношение  $A_C/A_L$  составляет по меньшей мере 3.

Этот тип конструкций особенно подходит, когда радиальный желоб 23 для сбора пены содержит первую кромку 123a для перелива пены и вторую кромку 123b для перелива пены, а радиальный сгуститель 31 содержит первую сгустительную боковую стенку 310 и вторую сгустительную боковую стенку 320. В качестве альтернативы или дополнительно, вышеупомянутое расположение может быть даже более выгодным, когда камера пенной флотации имеет одинаковое количество таких радиальных желобов



23 для сбора пены и радиальных сгустителей 31, расположенных попеременно и симметрично (на равных расстояниях друг от друга) по периферии 110 резервуара 11.

Резервуар 11 может содержать открытые поверхности  $A_f$  пены между каналами 21, 22 для сбора пены и радиальными желобами 23 для сбора пены, а также внутри второго канала 22 для сбора пены. Открытая поверхность  $A_f$  между любыми двумя радиальными желобами 23а, 23б для сбора пены может быть разделена радиальным сгустителем 31 на две открытые подповерхности  $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$  пены так, чтобы одна открытая подповерхность  $A_{fa}$  пены формировалась на стороне первой радиальной кромки 123а для перелива пены первого радиального желоба 23а для сбора пены, а одна открытая подповерхность  $A_{fb}$  пены формировалась на стороне второй радиальной кромки 123б для перелива пены второго радиального канала 23б для сбора пены. Две открытые подповерхности  $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$  пены полностью разделены радиальным сгустителем 31 (см. фиг. 2).

Открытые поверхности  $A_f$  пены между каналами 21, 22 для сбора пены могут быть автоматически уравновешены друг с другом, поскольку они расположены по окружности с постоянным радиальным расстоянием от центральной оси резервуара 11. Однако поверхности  $A_f$  пены между каналами 21, 22 для сбора пены могут быть неуравновешены относительно любой или всех поверхностей  $A_{fc}$  пены внутри второго канала 22 для сбора пены. Открытые поверхности  $A_f$  пены между каналами 21, 22 для сбора пены могут быть уравновешены или расположены так, чтобы быть уравновешенными по отношению к открытым поверхностям  $A_{fc}$  пены во втором канале 22 для сбора пены путем перемещения любого или всех радиальных сгустителей 31 вертикально вверх или вниз. В частности, все радиальные сгустители 31 могут быть расположены вертикально на одной и той же высоте. В качестве альтернативы или дополнительно, поверхности  $A_f$  пены между каналами 21, 22 для сбора пены могут быть уравновешены или расположены таким образом, чтобы быть уравновешенными по отношению к открытым поверхностям  $A_{fc}$  пены внутри второго канала 22 для сбора пены, перемещая центральный сгуститель 32 вертикально вверх или вниз.

В одном варианте выполнения радиальный сгуститель 31 может иметь форму, которая позволяет уравновесить нагрузку пены между открытой подповерхностью  $A_{fa}$  пены на первой стороне а функциональной V-образной формы 300 и открытой подповерхностью  $A_{fb}$  пены на второй стороне б функциональной V-образной формы 300.

В одном варианте выполнения площадь открытой поверхности  $A_f$  пены может изменяться таким образом, чтобы изменялось соотношение между открытыми подповерхностями  $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$  пены между двумя радиальными желобами 23а, 23б для сбора пены и открытой поверхностью  $A_{fb}$  пены внутри первой переливной кромки 122а второго канала 22 для сбора пены.

В одном варианте выполнения соотношение между двумя открытыми подповерхностями  $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ , разделенными радиальным сгустителем 31, может изменяться путем изменения вертикального положения радиального сгустителя 31 относительно высоты  $H$ , измеренной от дна 112 резервуара 11, радиальной кромки 123а, 123а для перелива пены рядом с радиальным сгустителем 31.

Угол, образованный между радиальным сгустителем 31 и радиальным желобом 23 для сбора пены, может быть не слишком крутым, чтобы избежать столкновений между пузырьками газа, что может привести к сливанию пузырьков. Следовательно, на площадь открытых поверхностей или подповерхностей необходимо влиять не путем перемещения радиального сгустителя 31 ближе или дальше от радиального желоба 23 для сбора пены, а путем изменения вертикального положения радиального сгустителя 31. Путем перемещения радиального сгустителя 31 ниже в вертикальном направлении резервуара 11, открытая подповерхность пены может быть уменьшена, и пена сгущается к радиальной кромке 123а, 123б для перелива пены. Путем перемещения радиального сгустителя 31 выше, эффект сгущения уменьшается, но одновременно можно также гарантировать, что пена 3 не будет протекать внутрь радиального сгустителя 31. При перемещении радиального сгустителя 31 разница в высоте между вершиной 301 радиального сгустителя 31 и вершиной 123 с радиального желоба 23 для сбора пены может существенно изменяться (см. фиг. 2).

Радиальный сгуститель 31 может быть выполнен с возможностью перемещения с помощью любого подходящего привода или регулирующего устройства, известного в данной области техники, с приводом, например, от электродвигателя или гидравлического или пневматического передаточного оборудования.

Камера 10 пенной флотации может иметь площадь  $A_p$  пульпы, равную по меньшей мере  $15 \text{ м}^2$ , измеренную в области 140 перемешивания (см. фиг. 4, 5, 6а-б). В одном варианте выполнения камера 10 пенной флотации может иметь площадь  $A_p$  пульпы, равную по меньшей мере  $40 \text{ м}^2$ . Площадь  $A_p$  пульпы может пониматься как эффективная площадь поверхности пены, т.е. максимально возможная площадь резервуара 11, на которой может образовываться пена, измеренная как площадь пульпы на высоте области 140 перемешивания, которая в принципе доступна для образования слоя пены 3.

Площадь 140 области перемешивания зависит от типа флотационной камеры. Во флотационной камере 10, содержащей ротор 14, площадь 140 области перемешивания определяется как средняя площадь поперечного сечения резервуара на высоте ротора (фиг. 4). В самовсасывающей флотационной камере 10 (фиг. 5) площадь 140 области перемешивания определяется как средняя площадь поперечного сечения резервуара 10 на высоте насоса 14, 12. Во флотационной камере 10, в которой подачу газа 12 в пульпу

выполняют в резервуаре 11а для предварительной обработки еще до подачи пульпы во флотационный резервуар 11б, т.е. в резервуаре сдвоенной флотации (фиг. 6а), площадь 140 области перемешивания представляет собой площадь поперечного сечения на высоте впускного отверстия 100 для пульпы. Во флотационном резервуаре 10, в котором газ 2 подается через барботеры 12а подачи газа (подробно не показаны), т.е. колонную флотационную камеру (фиг. 6б), площадь 140 области перемешивания определяется как площадь поперечного сечения резервуара 10 на высоте барботера 12а подачи газа.

Камера 10 может иметь объем не менее  $150 \text{ м}^3$ . В одном варианте выполнения камера 10 может иметь объем не менее  $250 \text{ м}^3$ . В другом варианте выполнения камера 10 может иметь объем не менее  $400 \text{ м}^3$ . Под объемом камеры 10 можно понимать объем резервуара 11, 11б.

Описанная выше камера 10 пенной флотации может представлять собой часть линии 1 пенной флотации (см. фиг. 7а-б). Линия 1 флотации представляет собой устройство для обработки пульпы 100 с целью отделения частиц руды, содержащих ценный металл, от частиц руды, взвешенных в пульпе, в нескольких проточно соединенных камерах 10 и во флотационных камерах 15а, 15б, которые могут быть камерами любого известного типа для специалиста в данной области техники.

В соответствии с одним аспектом изобретения, линия 1 флотации содержит часть 1а грубой флотации с по меньшей мере двумя флотационными камерами 15а грубой флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, и часть 1б контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами 15б контрольной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении. Последующая флотационная камера предназначена для приема нижнего продукта 40 из предыдущей флотационной камеры. Верхний продукт 50 из каждой флотационной камеры 15а, 15б выводится из линии 1 флотации для дальнейшей обработки, например для повторного измельчения, очистки, кондиционирования или дальнейшей флотации, в соответствии с процессом, широко известным в данной области техники.

По меньшей мере одна из флотационных камер в линии 1 флотации может представлять собой камеру 10 пенной флотации, выполненную в соответствии с изобретением. Предпочтительно, указанная по меньшей мере одна камера 10 пенной флотации расположена на нижнем по потоку конце линии 1 флотации. В одном варианте выполнения часть 1б контрольной флотации содержит по меньшей мере одну камеру 10 пенной флотации, выполненную в соответствии с этим изобретением. В качестве альтернативы или дополнительно, часть 1а грубой флотации линии 1 флотации может содержать по меньшей мере одну камеру 10 пенной флотации.

В соответствии с одним вариантом выполнения линия 1 флотации может содержать по меньшей мере две камеры 15а, 15б грубой или контрольной флотации и/или по меньшей мере две дополнительные камеры 10а, 10б пенной флотации, предназначенные для обработки пульпы 1 перед ее направлением в камеру 10 пенной флотации (см. фиг. 7б).

Линия 1 пенной флотации, содержащая по меньшей мере одну камеру 10 пенной флотации, выполненную в соответствии с настоящим изобретением, может использоваться для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, особенно, но не обязательно, из низкосортной руды. Более конкретно, линия 1 пенной флотации может использоваться для извлечения частиц минеральной руды, содержащих медь (Cu), из руды с низким содержанием меди. Количество Cu может составлять всего 0,1% от веса сырья, т.е. подачи питания 100 в линию флотации.

В способе пенной флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, пульпу 100 разделяют на нижний продукт 40 и верхний продукт 50 в камере 10 пенной флотации в соответствии с настоящим описанием. Открытую поверхность  $A_f$  пены флотационного резервуара 11 разделяют на две открытые подповерхности  $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$  пены с помощью радиального сгустителя 31, расположенного между первой радиальной переливной кромкой 123а первого радиального желоба 23а для сбора пены и второй радиальной переливной кромкой 123а второго радиального желоба 23 для сбора пены.

В одном варианте выполнения две открытые подповерхности  $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$  пены полностью разделяют радиальным сгустителем 31. В соответствии с другим вариантом выполнения, площадь открытой поверхности  $A_f$  пены изменяют так, что изменяется соотношение между открытыми подповерхностями  $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$  пены между двумя радиальными желобами 23а, 23б для сбора пены и открытой подповерхностью ( $A_{fc}$ ) пены внутри первой переливной кромки 122а второго канала 22 для сбора пены. В соответствии с одним вариантом выполнения соотношение между двумя открытыми подповерхностями  $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$  пены, разделенными радиальным сгустителем 31, изменяется путем изменения вертикального положения радиального сгустителя 31 относительно высоты  $H$  радиальной кромки 123а, 123б для перелива пены рядом с радиальным сгустителем 31.

Для специалиста в данной области техники очевидно, что с развитием технологии основная идея изобретения может быть реализована различными способами. Таким образом, изобретение и его варианты выполнения не ограничиваются описанными выше примерами, вместо этого они могут варьироваться в пределах объема формулы изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Камера (10) пенной флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе (100), и для разделения пульпы на нижний продукт (40) и верхний продукт (50), причем камера пенной флотации содержит:

резервуар (11) с центром (111) и периферией (110),

источник (12) газа для подачи флотационного газа (2) в пульпу с образованием пены (3),

первый канал (21) для сбора пены, окружающий периферию (110) резервуара (11), так что внутри первого канала (21) для сбора пены образуется открытая поверхность ( $A_f$ ) пены,

второй канал (22) для сбора пены, расположенный между центром (111) резервуара (11) и первым каналом (21) для сбора пены и, по существу, концентрический с первым каналом (21) для сбора пены, причем второй желоб для сбора пены содержит первую кромку (122a) для перелива пены, обращенную к центру (111) резервуара (11), и

первый радиальный желоб (23) для сбора пены, содержащий первую радиальную переливную кромку (123a), выполненную с возможностью перелива пульпы (100) и/или пены (3) в первый радиальный желоб (23a) для сбора пены, причем первый радиальный желоб (23a) для сбора пены проходит от первого канала (21) для сбора пены по направлению ко второму каналу (22) для сбора пены и проточно сообщается с первым каналом (21) для сбора пены,

второй радиальный желоб (23b) для сбора пены, содержащий вторую радиальную переливную кромку (123b), выполненную с возможностью перелива пульпы (100) и/или пены (3) во второй радиальный желоб (23b) для сбора пены, причем второй радиальный желоб (23b) для сбора пены проходит от первого канала (21) для сбора пены по направлению ко второму каналу (22) для сбора пены и проточно сообщается с первым каналом (21) для сбора пены,

при этом камера пенной флотации имеет площадь ( $A_p$ ) поверхности пульпы, определенную как эффективная открытая площадь поверхности камеры пенной флотации, доступная для образования пены, составляющую не менее  $15 \text{ м}^2$  и измеренную на высоте области (140) перемешивания, определенной как часть или область флотационного резервуара (11) в вертикальном направлении, где пульпа перемешивается, причем пена (3), собираемая во второй канал (22) для сбора пены, направляется в первый канал (21) для сбора пены,

отличающаяся тем, что камера (10) пенной флотации также содержит радиальный сгуститель (31), содержащий сгустительную боковую стенку (310), расположенную так, что она проходит над пеной (3), с обеспечением предотвращения перелива пены (3), причем радиальный сгуститель (31) пены проходит от второго канала (22) для сбора пены к первому каналу (21) для сбора пены, при этом радиальный сгуститель (31) пены расположен между первой радиальной переливной кромкой (123a) первого радиального желоба (23a) для сбора пены и второй радиальной переливной кромкой (123a) второго радиального желоба (23) для сбора пены,

при этом открытая поверхность ( $A_f$ ) пены флотационного резервуара (11) разделена на две открытые подповерхности ( $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ ) пены радиальным сгустителем (31) пены, причем указанные две открытые подповерхности ( $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ ) пены полностью разделены радиальным сгустителем (31) пены.

2. Камера (10) по п.1, отличающаяся тем, что радиальный желоб для сбора пены содержит первую радиальную кромку (123a) для перелива пены и вторую радиальную кромку (123b) для перелива пены, расположенную напротив первой радиальной кромки для перелива пены.

3. Камера (10) по п.1 или 2, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна радиальная кромка (123a, 123b) для перелива пены обращена к радиальной сгустительной боковой стенке (310) радиального сгустителя (31) пены.

4. Камера (10) по п.1, отличающаяся тем, что радиальный желоб (23) для сбора пены содержит боковую стенку (230a), которая представляет собой сгустительную боковую стенку.

5. Камера (10) по п.4, отличающаяся тем, что радиальный сгуститель (31) содержит сгустительную боковую стенку (310, 320) и кромку (302) для сбора пены, расположенную напротив сгустительной боковой стенки, при этом кромка для сбора пены обращена к сгустительной боковой стенке (230a) радиального желоба (23) для сбора пены.

6. Камера (10) по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что радиальный сгуститель (31) содержит первую сгустительную боковую стенку (310) и вторую сгустительную боковую стенку (320).

7. Камера (10) по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что она содержит радиальные желоба (23) для сбора пены и/или радиальные сгустители (31) пены, расположенные таким образом, что открытые поверхности ( $A_f$ ) пены, образованные между каждыми соответствующими радиальными желобами для сбора пены и/или радиальными сгустителями пены, имеют одинаковую площадь.

8. Камера (10) по любому из пп.1-7, отличающаяся тем, что первый канал (21) для сбора пены содержит первую кромку (121a) для перелива пены, обращенную к центру (111) резервуара (11).

9. Камера (10) по п.8, отличающаяся тем, что первая кромка (121a) для перелива пены расположена наверху вертикальной боковой стенки (210) первого канала (21) для сбора пены.

10. Камера (10) по пп.1-7, отличающаяся тем, что первый канал (21) для сбора пены содержит боко-

вую конструкцию (212), обращенную к центру (111) резервуара (11), причем боковая конструкция (212) выполнена с возможностью оттеснения пены (3) от первого канала (21) для сбора пены.

11. Камера (10) по п.10, отличающаяся тем, что боковая конструкция (212) наклонена под углом от 20 до 80° относительно вертикали (n) резервуара (11).

12. Камера (10) по любому из пп.1-11, отличающаяся тем, что второй канал (22) для сбора пены также содержит вторую переливную кромку (122b), обращенную к периферии (110) резервуара (11).

13. Камера (10) по п.12, отличающаяся тем, что вторая переливная кромка (122b) расположена наверху вертикальной боковой стенки (220) второго канала (22) для сбора пены.

14. Камера (10) по любому из пп.1-11, отличающаяся тем, что второй канал (22) для сбора пены также содержит боковую конструкцию (222), обращенную к периферии (110) резервуара (11), причем боковая конструкция (222b) выполнена с возможностью оттеснения пены (3) от второго канала (22) для сбора пены.

15. Камера (10) по п.14, отличающаяся тем, что боковая конструкция (222) наклонена под углом от 20 до 80° относительно вертикали (n) резервуара (11).

16. Камера (10) по любому из пп.1-15, отличающаяся тем, что радиальный желоб (23) для сбора пены выполнен с возможностью сбора пены (3) и направления собранной пены (3) к первому каналу (21) для сбора пены.

17. Камера (10) по любому из пп.1-16, отличающаяся тем, что радиальный сгуститель (31) пены расположен в проточном сообщении с первым каналом (21) для сбора пены и вторым каналом (22) для сбора пены и выполнен с возможностью направления пены из второго канала (22) для сбора пены в первый канал (21) для сбора пены.

18. Камера (10) по любому из пп.1-17, отличающаяся тем, что радиальный желоб (23) для сбора пены имеет форму, предотвращающую столкновение пузырьков флотационного газа под радиальным желобом (23) для сбора пены и предотвращающую перемещение пены от радиального желоба (23) для сбора пены.

19. Камера (10) по любому из пп.1-18, отличающаяся тем, что радиальный желоб (23) для сбора пены имеет форму, обеспечивающую направление потока пены (3) в радиальный желоб (23) для сбора пены.

20. Камера (10) по любому из пп.1-19, отличающаяся тем, что поперечное сечение радиального желоба (23) для сбора пены в радиальном направлении резервуара (11) имеет, по существу, V-образную форму, содержащую:

вершину (123с), направленную ко дну (112) резервуара (11),

первую наклонную боковую стенку (с) и вторую наклонную боковую стенку (d), отходящие от вершины (123с) так, что между первой и второй наклонными боковыми стенками (с, d) образован угол  $\alpha$  при вершине, и

первую радиальную кромку (123а) для перелива пены, расположенную наверху первой наклонной боковой стенки (с), и вторую радиальную кромку (123b) для перелива пены, расположенную наверху второй наклонной боковой стенки (d).

21. Камера (10) по любому из пп.1-19, отличающаяся тем, что радиальный желоб (23) для сбора пены содержит:

проходящую вертикально первую боковую стенку (230а) и проходящую вертикально вторую боковую стенку (230b), расположенную напротив первой боковой стенки (230а),

первую радиальную кромку (123а) для перелива пены, расположенную наверху первой боковой стенки (230а), и вторую радиальную кромку (123b) для перелива пены, расположенную наверху второй боковой стенки (230b), и,

по существу, V-образное наклонное дно (230с) с вершиной (123с), направленной ко дну (112) резервуара (11) и имеющей угол  $\alpha$ , причем первая и вторая боковые стенки (230а, 230b) и дно (230с) ограничивают канал (231) для направления пены в первый канал (21) для сбора пены.

22. Камера (10) по п.21, отличающаяся тем, что длина первой боковой стенки (230а) и второй боковой стенки (230b) составляет по меньшей мере 50 мм.

23. Камера (10) по любому из пп.19-22, отличающаяся тем, что угол  $\alpha$  составляет от 20 до 160°, предпочтительно от 20 до 80°.

24. Камера (10) по любому из пп.1-23, отличающаяся тем, что радиальный сгуститель (31) имеет форму, обеспечивающую направление пены (3) к радиальным переливным кромкам (123а, 123b) радиальных желобов (23а, 23b) для сбора пены рядом с радиальным сгустителем (31) пены.

25. Камера (10) по любому из пп.1-24, отличающаяся тем, что поперечное сечение радиального сгустителя (31) пены в радиальном направлении резервуара (11) имеет функциональную V-образную форму (300), содержащую вершину (301), направленную ко дну (112) резервуара (11), и наклонную первую сторону (а) и наклонную вторую сторону (b), проходящие от вершины (301) так, что между указанными первой и второй сторонами (а, b) образован угол  $\beta$ , при этом первая сторона (а) обращена к первой радиальной кромке (123а) для перелива пены соседнего первого радиального желоба (23а) для сбора пены, а

вторая сторона (b) обращена ко второй радиальной кромке (123b) для перелива пены соседнего второго радиального желоба (23b) для сбора пены.

26. Камера (10) по п.25, отличающаяся тем, что угол  $\beta$  составляет от 20 до 80°.

27. Камера (10) по любому из пп.1-26, отличающаяся тем, что площадь ( $A_C$ ) поверхности радиального сгустителя (31) пены больше, чем площадь ( $A_L$ ) поверхности радиального желоба (23) для сбора пены, измеренная на высоте (H) поверхности пены (3), причем предпочтительно отношение  $A_C/A_L$  составляет по меньшей мере 2, более предпочтительно по меньшей мере 3.

28. Камера (10) по любому из пп.1-27, отличающаяся тем, что между каналами (21, 22) для сбора пены и радиальными желобами (23) для сбора пены, а также во втором канале (22) для сбора пены резервуар (11) содержит открытые поверхности ( $A_f$ ) пены.

29. Камера (10) по п.28, отличающаяся тем, что открытая поверхность ( $A_f$ ) пены между любыми двумя радиальными желобами (23a, 23b) для сбора пены может быть разделена на две открытые подповерхности ( $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ ) пены посредством радиального сгустителя (31) пены: одну открытую подповерхность ( $A_{fa}$ ) пены на стороне первой радиальной кромки (123a) для перелива пены первого радиального желоба (23a) для сбора пены и одну открытую подповерхность ( $A_{fb}$ ) пены на стороне второй радиальной кромки (123b) для перелива пены второго канала (23b) для сбора пены, так что две открытые подповерхности ( $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ ) пены полностью разделены радиальным сгустителем (31).

30. Камера (10) по п.28 или 29, отличающаяся тем, что радиальный сгуститель (31) имеет форму, обеспечивающую уравнивание нагрузки пены между открытой подповерхностью ( $A_{fa}$ ) пены на первой стороне (a) функциональной V-образной формы (300) и открытой подповерхностью ( $A_{fb}$ ) пены на второй стороне (b) функциональной V-образной формы (300).

31. Камера (10) по любому из пп.28-30, отличающаяся тем, что площадь открытой поверхности ( $A_f$ ) пены может изменяться с обеспечением изменения соотношения между площадями открытых подповерхностей ( $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ ) пены между двумя радиальными желобами (23a, 23b) для сбора пены и площадью открытой подповерхности ( $A_{fc}$ ) пены внутри первой переливной кромки (122a) второго канала (22) для сбора пены.

32. Камера (10) по любому из пп.28-31, отличающаяся тем, что соотношение между площадями двух открытых подповерхностей ( $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ ) пены, разделенных радиальным сгустителем (31) пены, может изменяться путем изменения вертикального положения радиального сгустителя (31) пены относительно высоты (H) радиальной кромки (123a, 123a) для перелива пены рядом с радиальным сгустителем (31) пены, измеренной от дна (112) резервуара (11).

33. Камера (10) по любому из пп.1-32, отличающаяся тем, что источник (12) газа расположен в резервуаре (11).

34. Камера (10) по любому из пп.1-33, отличающаяся тем, что резервуар (11) содержит перемешивающее устройство (14).

35. Камера (10) по п.34, отличающаяся тем, что перемешивающее устройство (14) содержит источник (12) газа.

36. Камера (10) по любому из пп.1-35, отличающаяся тем, что площадь ( $A_p$ ) пульпы, измеренная в области (140) перемешивания, составляет по меньшей мере 40 м<sup>2</sup>.

37. Камера (10) по любому из пп.1-36, отличающаяся тем, что ее объем составляет по меньшей мере 150 м<sup>3</sup>, или по меньшей мере 250 м<sup>3</sup>, или по меньшей мере 400 м<sup>3</sup>.

38. Камера (10) по любому из пп.1-37, отличающаяся тем, что радиальный желоб (23) для сбора пены выполнен с возможностью поддержки вторым каналом (22) для сбора пены.

39. Камера (10) по любому из пп.1-38, отличающаяся тем, что она содержит одинаковое количество радиальных желобов (23) для сбора пены и радиальных сгустителей (31) пены, расположенных поочередно по окружности, окружающей второй канал (22) для сбора пены, при этом радиальные желоба (22) для сбора пены выполнены с возможностью поддержки вторым каналом (22) для сбора пены.

40. Камера (10) по любому из пп.1-39, отличающаяся тем, что радиальный желоб (23) для сбора пены содержит прямую радиальную кромку (123a, 123b) для перелива пены или зигзагообразную радиальную кромку (123a, 123b) для перелива пены.

41. Камера (10) по любому из пп.1-39, отличающаяся тем, что радиальный желоб (23) для сбора пены содержит прямую радиальную кромку (123a, 123b) для перелива пены.

42. Линия (1) флотации, содержащая часть (1a) грубой флотации с по меньшей мере двумя камерами (15a) грубой флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, и часть (1b) контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами (15b) контрольной флотации, соединенными последовательно и расположенными в проточном сообщении, при этом в линии (1) флотации любая последующая флотационная камера выполнена с возможностью приема нижнего продукта (40) из предыдущей флотационной камеры, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна из флотационных камер (15a, 15b) представляет собой камеру (10) пенной флотации, выполненную по любому из пп.1-41.

43. Линия (1) по п.42, отличающаяся тем, что часть (1b) контрольной флотации содержит по меньшей мере одну камеру (10) пенной флотации.

44. Линия (1) по п.42 или 43, отличающаяся тем, что часть (1а) грубой флотации содержит по меньшей мере одну камеру (10) пенной флотации.

45. Линия (1) по любому из пп.42-44, отличающаяся тем, что она содержит по меньшей мере две камеры (15а, 15b) грубой флотации или контрольной флотации и/или по меньшей мере две дополнительные камеры (10а, 10b) пенной флотации, выполненные с возможностью обработки пульпы (100) перед ее обработкой в камере (10) пенной флотации.

46. Применение линии (1) флотации по любому из пп.42-45 в качестве линии пенной флотации для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал.

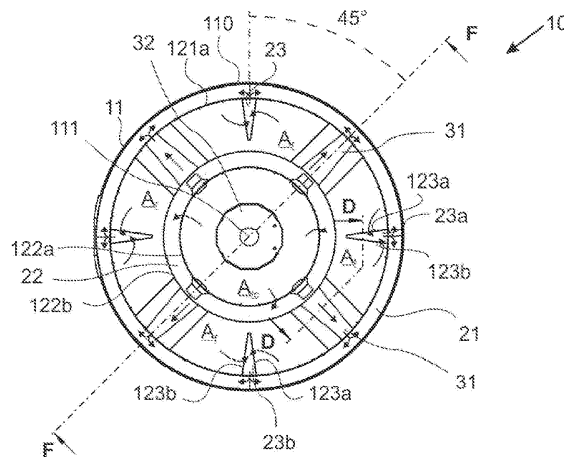
47. Применение по п.46 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из низкосортной руды.

48. Применение по п.47 для извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из руды с низким содержанием меди.

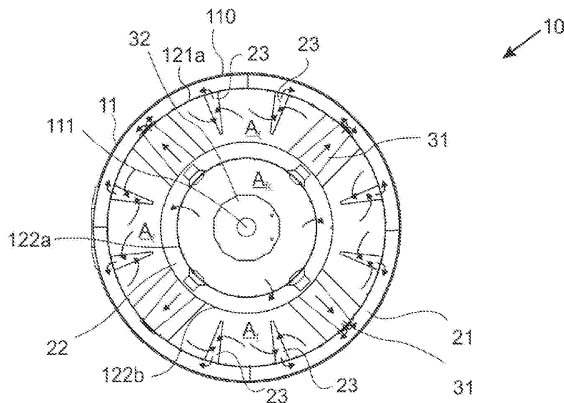
49. Способ пенной флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, в котором пульпу разделяют на нижний продукт (1а) и верхний продукт (1b) в камере (10) пенной флотации, выполненной по любому из пп.1-41.

50. Способ по п.49, отличающийся тем, что площадь открытой поверхности ( $A_f$ ) пены изменяют с обеспечением изменения соотношения между площадями открытых подповерхностей ( $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ ) пены, расположенных между двумя радиальными желобами (23а, 23b) для сбора пены, и площадью открытой подповерхности ( $A_{fc}$ ) пены, расположенной внутри первой переливной кромки (122а) второго канала (22) для сбора пены.

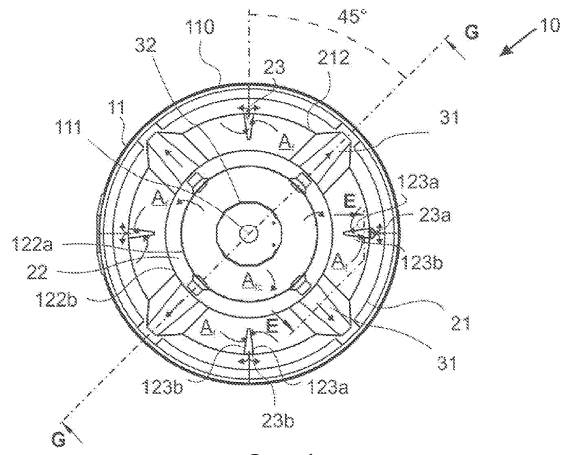
51. Способ по любому из пп.49-50, отличающийся тем, что соотношение между площадями указанных двух открытых подповерхностей ( $A_{fa}$ ,  $A_{fb}$ ) пены, разделенных радиальным сгустителем (31) пены, изменяют путем изменения вертикального положения радиального сгустителя (31) пены относительно высоты (H) радиальной кромки (123а, 123b) для перелива пены рядом с радиальным сгустителем (31) пены.



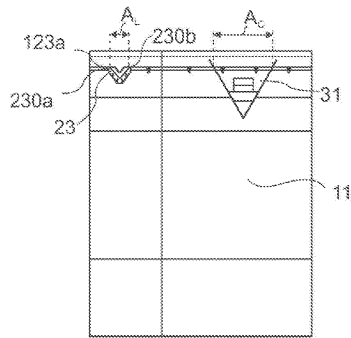
Фиг. 1а



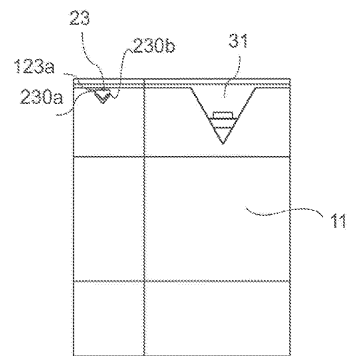
Фиг. 1б



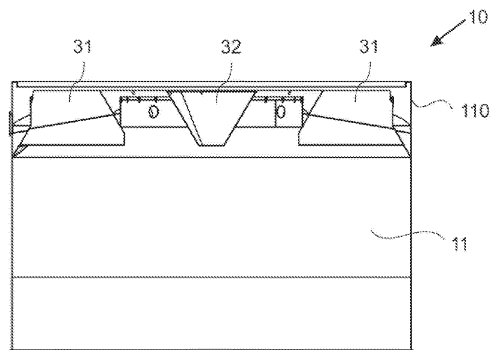
Фиг. 1с



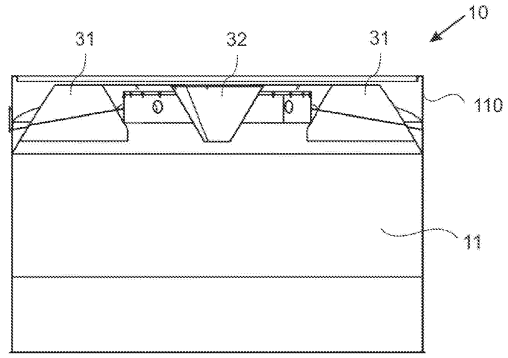
Фиг. 1d



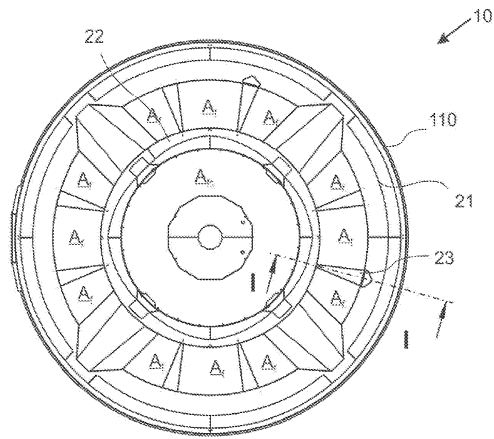
Фиг. 1е



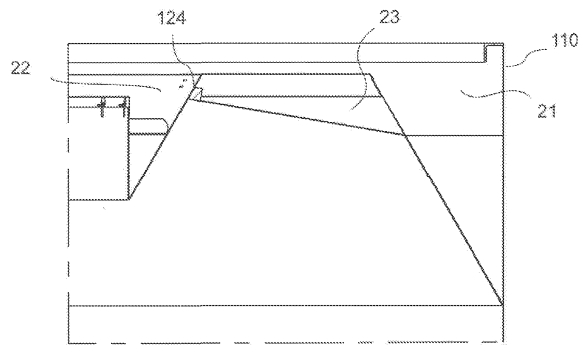
Фиг. 1f



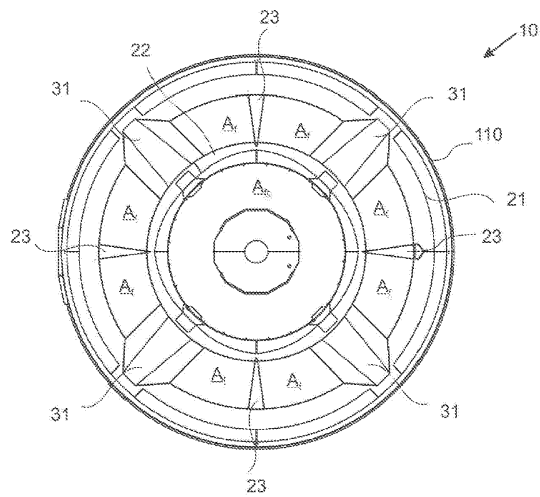
Фиг. 1г



Фиг. 1h

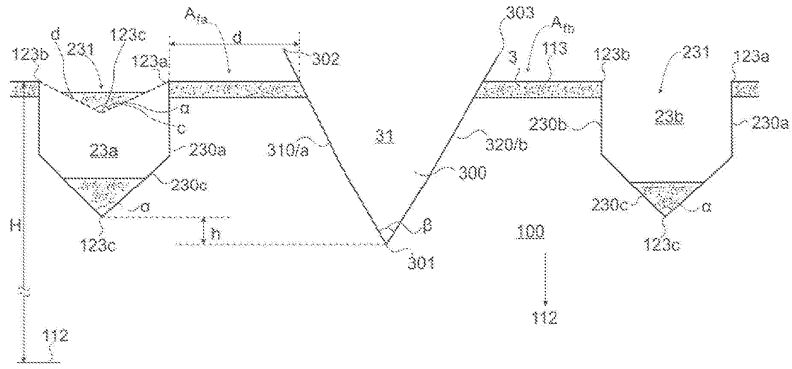


Фиг. 1i

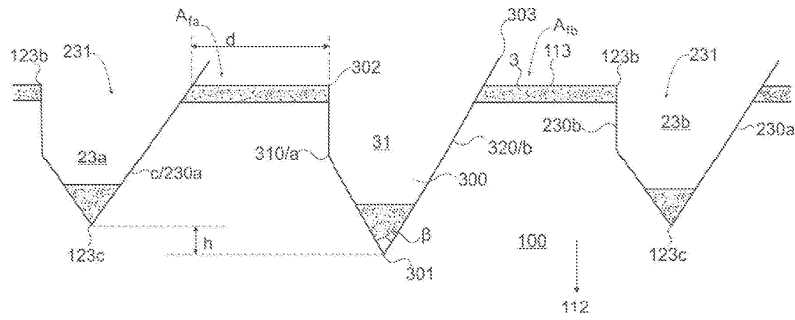


Фиг. 1j

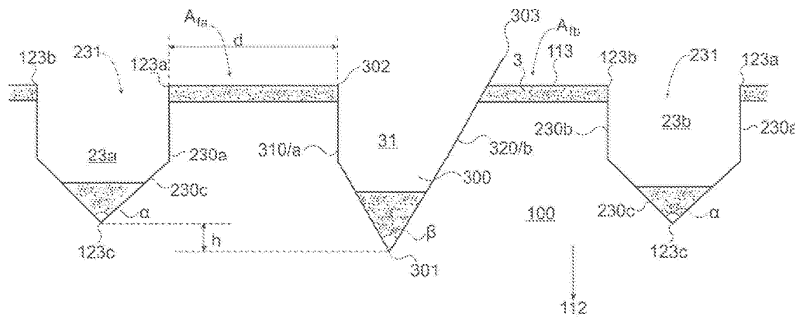




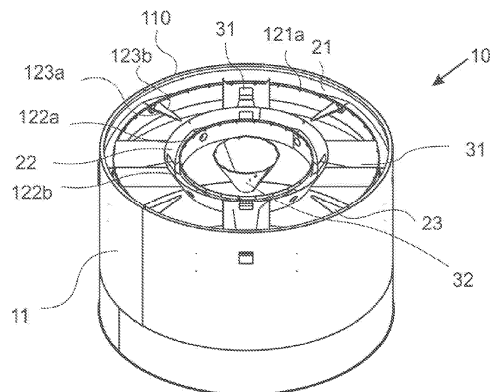
Фиг. 2а



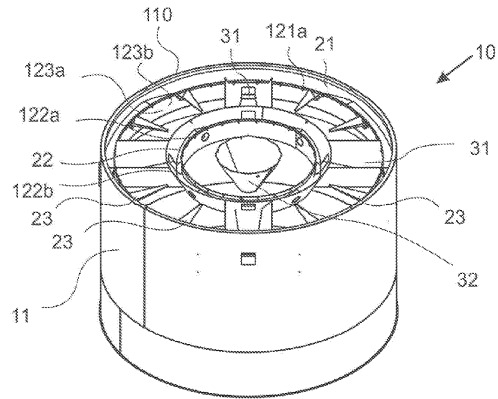
Фиг. 2б



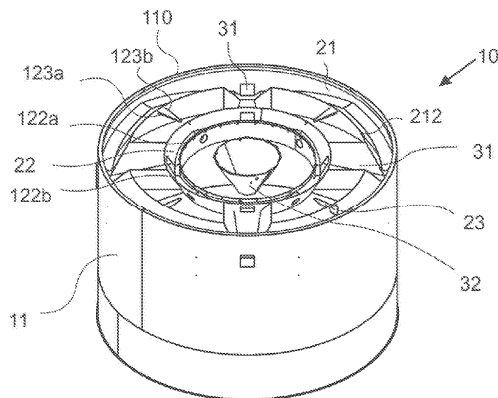
Фиг. 2с



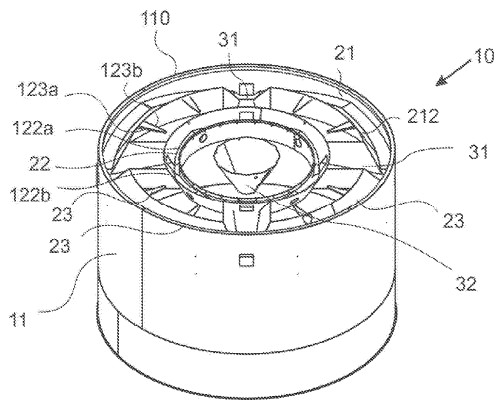
Фиг. 3а



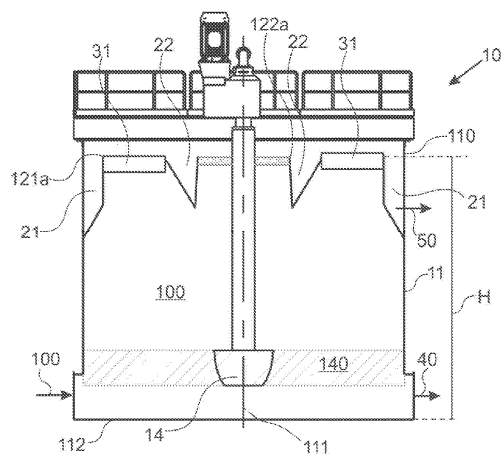
Фиг. 3b



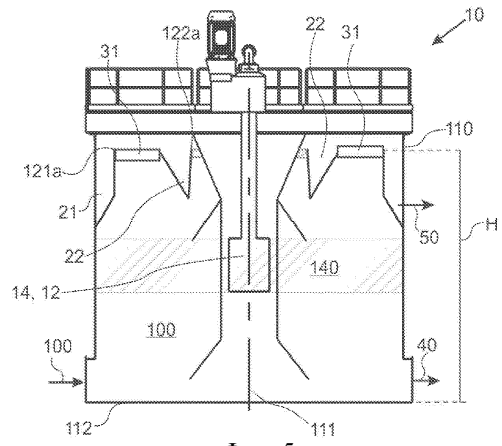
Фиг. 3c



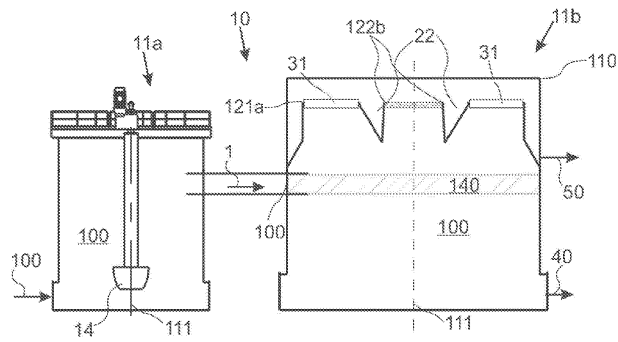
Фиг. 3d



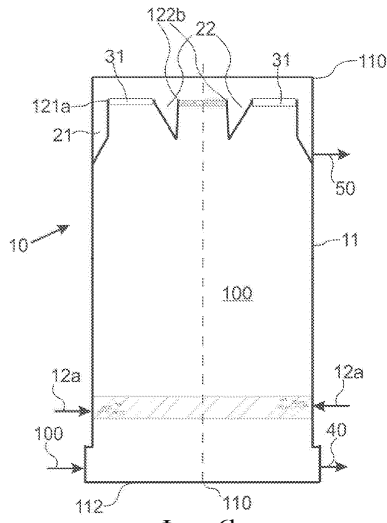
Фиг. 4



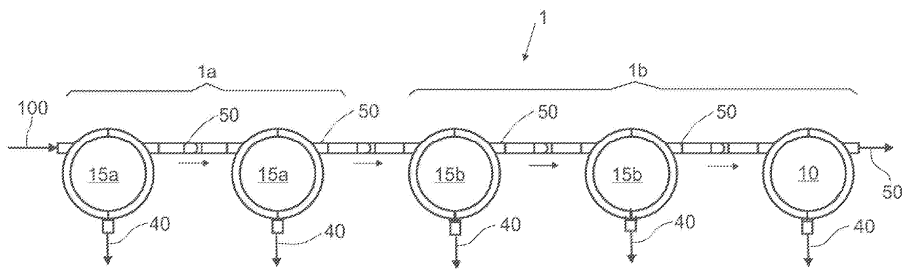
Фиг. 5



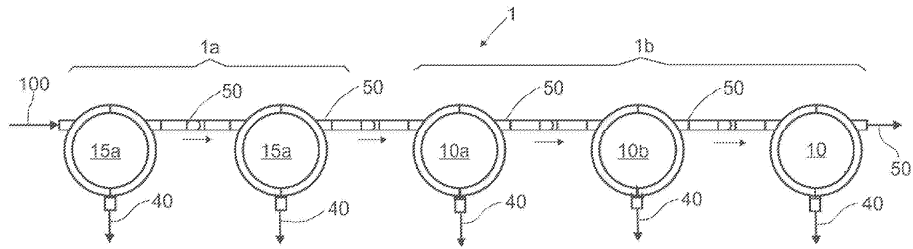
Фиг. 6а



Фиг. 6b



Фиг. 7а



Фиг. 7b

