

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **039685**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.02.28**

(21) Номер заявки  
**202190259**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.08.01**

(51) Int. Cl. **B03D 1/14** (2006.01)  
**B03D 1/02** (2006.01)  
**B03D 1/24** (2006.01)  
**B03D 103/02** (2006.01)

---

(54) **ЛИНИЯ ФЛОТАЦИИ**

---

(43) **2021.05.31**

(86) **РСТ/FI2018/050566**

(87) **WO 2020/025851 2020.02.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**МЕТСО ОУТОТЕК ФИНЛЭНД ОЙ  
(FI)**

(72) Изобретатель:

**Бурк Питер, Шмидт Стив (AU), Ринне  
Антти (FI), Коулман Роб (AU)**

(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) **WO-A1-2015162340  
WO-A1-2006081611  
WO-A1-2012054953**

---

(57) Предлагается линия флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. Линия (10) флотации содержит узел (12) контрольной флотации и узел (13) контрольной перечистой флотации. Линия флотации отличается тем, что узел (12) контрольной флотации или узел (13) контрольной перечистой флотации содержит флотационную камеру (200) с нагнетательными трубами (4) для введения питания (100) пульпы во флотационную камеру, или тем, что за узлом (12) контрольной флотации или за узлом (13) контрольной перечистой флотации следует флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4) для введения питания (100) пульпы во флотационную камеру. Кроме того, представлено применение линии флотации, а также флотационная установка (1), содержащая линию (10) флотации, выполненную в соответствии с изобретением.

---

**B1**

**039685**

**039685**

**B1**

### Область техники

Изобретение относится к линии флотации для отделения частиц руды, содержащих ценные металлы, от частиц руды, взвешенных в пульпе. Также описаны применение линии флотации и флотационная установка.

### Сущность изобретения

Линия флотации, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, отличается тем, что представлено в п.1 формулы изобретения.

Применение линии флотации, в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется тем, что представлено в п.29 формулы изобретения.

Флотационная установка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, отличается тем, что представлено в п.36 формулы изобретения.

Линия флотации предназначена для обработки взвешенных в пульпе частиц минеральной руды. Линия флотации содержит узел контрольной флотации с камерой контрольной флотации для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт, и узел контрольной перемешивающей флотации, содержащую камеру контрольной перемешивающей флотации для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт, при этом верхний продукт из камеры контрольной перемешивающей флотации направляется потоком на стадию повторного измельчения, а затем в узел контрольной перемешивающей флотации, причем нижний продукт из последней камеры контрольной флотации линии флотации и последней камеры контрольной перемешивающей флотации линии флотации может быть удален из линии флотации в качестве хвостов, и по меньшей мере 30% объема флотации в линии флотации содержит механическую мешалку, содержащую систему для ввода флотационного газа во флотационную камеру, причем флотационные камеры линии флотации соединены последовательно и расположены в проточном сообщении, так что последующая флотационная камера выполнена с возможностью приема нижнего продукта из предыдущей флотационной камеры в качестве питания пульпы. Линия флотации отличается тем, что узел контрольной флотации или узел контрольной перемешивающей флотации содержит флотационную камеру с нагнетательными трубами для введения пульпы во флотационную камеру, или тем, что за узлом контрольной флотации или узлом контрольной перемешивающей флотации следует флотационная камера с нагнетательными трубами для введения пульпы во флотационную камеру, причем флотационная камера с нагнетательными трубами выполнена с возможностью приема отходов из камеры контрольной флотации или камеры контрольной перемешивающей флотации в качестве питания пульпы, а нагнетательная труба выполнена с возможностью ограничения потока питания пульпы, подаваемого из выпускного сопла, и поддержания питания пульпы под давлением в нагнетательной трубе.

В соответствии с одним аспектом изобретения, предложено применение линии флотации, выполненной в соответствии с изобретением, для извлечения частиц, содержащих ценный материал, взвешенных в пульпе.

В соответствии с другим аспектом изобретения, предложена флотационная установка, содержащая линию флотации, выполненную в соответствии с изобретением.

С помощью описанного в настоящем документе изобретения извлечение мелких частиц в процессе флотации может быть улучшено. Частицы могут, например, содержать частицы минеральной руды, такие как частицы, содержащие металл.

При пенной флотации минеральной руды обогащение концентрата направлено на средний размер частиц от 40 до 150 мкм. Таким образом, мелкие частицы представляют собой частицы диаметром от 0 до 40 мкм, а сверхмелкие частицы могут быть определены как находящиеся в нижней части диапазона размеров мелких частиц. Крупные частицы имеют диаметр более 150 мкм. При пенной флотации угля обогащение концентрата направлено на промежуточный диапазон размеров частиц от 40 до 300 мкм. Мелкие частицы при обработке угля - это частицы диаметром от 0 до 40 мкм, а сверхмелкие частицы - это те, которые попадают в нижний предел диапазона размеров мелких частиц. Крупные частицы угля имеют диаметр более 300 мкм.

Извлечение очень крупных или очень мелких частиц является сложной задачей, так как в традиционной механической флотационной камере мелкие частицы нелегко улавливать пузырьками флотационного газа, и поэтому они могут теряться в хвостах. Традиционно при пенной флотации флотационный газ вводится во флотационную камеру или резервуар с помощью механической мешалки. Образующиеся таким образом пузырьки флотационного газа имеют относительно большой диапазон размеров, обычно от 0,8 до 2,0 мм или даже больше, и не особенно подходят для сбора частиц, имеющих меньший размер.

Извлечение мелких частиц может быть улучшено путем увеличения количества флотационных камер внутри линии флотации или путем направления когда-то всплывшего материала (верхний продукт) или потока хвостов (нижний продукт) обратно в начало линии флотации или в предшествующие флотационные камеры. Линия перемешивающей флотации может использоваться для улучшения извлечения мелких частиц. Кроме того, был разработан ряд флотационных устройств, в которых используются мелкие пузырьки флотационного газа или даже так называемые микропузырьки. Введение этих более мелких пузырьков или микропузырьков может осуществляться до подачи пульпы во флотационную камеру, т.е. частицы руды подвергаются воздействию мелких пузырьков в питающем соединении или тому подоб-

ном, чтобы способствовать образованию агломератов мелких пузырьков и частиц руды, которые затем могут всплывать во флотационных камерах, таких как камера скоростной флотации или камера колонной флотации. В качестве альтернативы, мелкие пузырьки или микропузырьки могут вводиться непосредственно во флотационную камеру, например, с помощью барботеров, использующих кавитацию. Решения такого типа не являются практически осуществимыми для механических флотационных камер, поскольку турбулентность, вызываемая механическим перемешиванием, может привести к распаду агломератов мелких пузырьков и частиц руды до того, как они смогут подняться в слой пены для сбора в верхний продукт и, таким образом, быть извлеченными.

Камеры колонной флотации действуют как трехфазные отстойники, в которых частицы перемещаются вниз в стесненной для оседания среде, в направлении, противоположном потоку поднимающихся пузырьков флотационного газа, создаваемых барботерами, расположенными рядом с дном камеры. Несмотря на то, что камеры колонной флотации могут улучшать извлечение более мелких частиц, время пребывания частиц зависит от скорости осаждения, которая может влиять на флотацию крупных частиц. Другими словами, несмотря на то, что вышеупомянутые флотационные решения могут иметь положительный эффект для извлечения мелких частиц, общие характеристики флотации (извлечение всего ценного материала, сортность извлеченного материала) могут быть сведены на нет из-за негативного влияния на извлечение более крупных частиц.

Для преодоления вышеупомянутых проблем используются так называемые пневматические флотационные камеры, в которых флотационный газ вводится в устройство с большим усилием сдвига, такое как опускающая труба с питанием пульпы, тем самым создавая более мелкие пузырьки флотационного газа, которые могут улавливать также более мелкие частицы уже во время образования пузырьков в опускающей трубе. Однако для таких высокопроизводительных флотационных камер может потребоваться создание вакуума в опускающей трубе для эффективного достижения требуемой скорости образования пузырьков, чтобы улавливать требуемые частицы в течение короткого времени, когда пульпа находится в опускающей трубе.

После выхода из опускающей трубы агломераты пузырьков флотационного газа и частиц незамедлительно поднимаются к слою пены в верхней части флотационной камеры, при этом никакого дальнейшего улавливания частиц в той части флотационной камеры, которая проходит вниз от выпускного отверстия опускающей трубы, не происходит. Это может привести к тому, что значительная часть частиц, содержащих требуемый материал (минерал), просто упадет на дно флотационного резервуара и попадет в хвосты, что снижает степень извлечения флотационной камеры.

Однако, как правило, так называемые высокопроизводительные флотационные камеры или пневматические флотационные камеры типа камеры Джеймсона не содержат никаких ограничителей потока для регулирования давления внутри опускающей трубы после того, как произошло образование агломератов пузырьков флотационного газа и частиц. Такое регулирование давления выгодно также с точки зрения давления, при котором образуются пузырьки флотационного газа (влияние на размер пузырьков), а также для регулирования относительного давления, при котором они должны использоваться во флотационном резервуаре. Таким образом, после образования пузырьков их слияние может быть сведено к минимуму. Это является особенным преимуществом, так как скорость улавливания частиц пузырьками флотационного газа уменьшается по мере увеличения размера пузырьков (при условии, что соотношение воздуха и жидкости остается неизменным).

Кроме того, так называемые высокопроизводительные флотационные камеры могут использоваться в операциях по выделению угля, где обычно имеется линия флотации, содержащая одну или две такие флотационные камеры в конце цикла выделения для извлечения особо мелких частиц угля. В контуре выделения имеется система рециркуляции технологической воды, обеспечивающая циркуляцию воды из конца контура (то есть из линии флотации и контура обезвоживания) обратно в передний контур (начало контура выделения). Флотационные химические вещества, в особенности пенообразователи, обычно вызывают проблемы в процессах ниже по потоку от контура флотации. Проблемы можно до некоторой степени снизить путем сведения к минимуму использования пенообразователей в линии флотации, но если в процесс флотации добавлено недостаточное количество пенообразователя, то может пострадать образование пены в опускающих трубах, выполненных в соответствии с уровнем техники, что приведет к нестабильности условий процесса и к особенно нестабильной работе опускающей трубы и пенного слоя во флотационной камере, что, в свою очередь, отрицательно влияет на извлечение требуемых частиц. На извлечение частиц в пределах всего гранулометрического состава пульпы влияет увеличение размера пузырьков с более низкой концентрацией пенообразователя, в особенности крупных частиц.

В опускающих трубах предшествующего уровня техники флотационный газ вводится благодаря самовсасыванию из-за образования вакуума внутри опускающей трубы. Время пребывания флотационного воздуха, вовлекаемого в пульпу, очень короткое (от 3 до 5 с), поэтому система очень чувствительна к изменениям процесса. Необходимо постоянно добавлять пенообразователи для преодоления эффекта ограничения скорости воздушного потока, необходимого для поддержания или даже увеличения вакуума внутри опускающей трубы, чтобы поддерживать как можно более постоянные условия взаимодействия пузырьков с частицами, поскольку пенообразователи предотвращают слипание пузырьков и их подъем обратно

в воздушное пространство внутри опускающей трубы, не заполненное шламом. Однако добавление некоторого количества пенообразователя, необходимого для постоянного использования опускающих труб предшествующего уровня техники, создает проблемы в других частях процесса, особенно при операциях с углем, как описано выше. Следовательно, решение заключалось в уменьшении количества пенообразователя, что отрицательно влияет на вакуум в опускающей трубе, на образование пузырьков, а также на размер пузырьков и площадь поверхности, что значительно снижает извлечение требуемых частиц, что приводит к неэффективности в этом применении высокопроизводительных флотационных камер известного уровня техники.

Путем использования линии флотации, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, количество пенообразователя, необходимое для оптимизации процесса флотации, может быть значительно уменьшено, без значительного ущерба для образования пузырьков, взаимодействия пузырьков с частицами, стабильного образования пенного слоя или извлечения требуемого материала. Одновременно могут быть уменьшены проблемы, связанные с рециркуляцией технологической воды из нижнего контура в передний контур. Нагнетательная труба, работающая под давлением, полностью независима от флотационного резервуара. Может быть достигнута лучшая скорость потока флотационного газа, созданы более мелкие пузырьки и оптимизировано использование пенообразователя, поскольку работа нагнетательной трубы не зависит от количества пенообразователя.

В решениях, известных из уровня техники, проблемы связаны, в частности, с ограничениями количества флотационного газа, который может подаваться относительно количества жидкости, протекающей через опускающую трубу, и с необходимостью в относительно высоких концентрациях пенообразователей или других дорогостоящих поверхностно-активных веществ для образования маленьких пузырьков. С помощью представленного в настоящем документе изобретения флотация мелких и сверхмелких частиц, содержащих, например, минеральную руду или уголь, может быть улучшена путем уменьшения размера пузырьков флотационного газа, вводимых в пульпу, подаваемую в нагнетательную трубу, путем увеличения скорости подачи флотационного газа относительно скорости потока частиц, взвешенных в пульпе, и путем увеличения интенсивности сдвига или скорости рассеяния энергии либо внутри нагнетательной трубы, либо рядом с ней. Увеличивается вероятность того, что более мелкие частицы присоединятся к более мелким пузырькам флотационного газа или будут захвачены ими, при этом скорость извлечения требуемого материала, такого как минерал или уголь, улучшается. Во флотационной камере, выполненной в соответствии с изобретением, могут быть созданы достаточно маленькие пузырьки флотационного газа, так называемые сверхмелкие пузырьки, чтобы гарантировать эффективное улавливание мелких частиц руды. Обычно сверхмелкие пузырьки могут иметь размер от 0,05 до 0,7 мм. Например, уменьшение среднего размера пузырьков флотационного газа до диаметра от 0,3 до 0,4 мм означает, что количество пузырьков в 1 м<sup>3</sup> пульпы может достигать от 30 до 70 миллионов, а общая средняя площадь поверхности пузырьков составляет от 15 до 20 м<sup>2</sup>. Напротив, если средний размер пузырьков составляет около 1 мм, то количество пузырьков на 1 м<sup>3</sup> пульпы составляет около 2 миллионов, а общая средняя площадь поверхности составляет 6 м<sup>2</sup>. Таким образом, во флотационной камере, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, можно получить площадь поверхности пузырьков, которая от 2,5 до 3 раз большей, чем во флотационной камере, выполненной в соответствии с решениями предшествующего уровня техники. Само собой разумеется, что эффект от такого увеличения площади поверхности пузырьков при извлечении ценного материала, содержащего частицы, является значительным.

Одновременно, извлечение более крупных частиц может поддерживаться на приемлемом уровне благодаря достижению высокой фракции флотационного газа в пульпе и отсутствию областей с высокой турбулентностью в области ниже пенного слоя. Другими словами, можно использовать известные преимущества механических флотационных камер, даже если во флотационных камерах может и не быть предусмотрено какое-либо механическое перемешивание. Кроме того, движение суспензии или пульпы вверх внутри флотационного резервуара увеличивает вероятность того, что более крупные частицы поднимутся к слою пены с потоком пульпы.

Один из эффектов, который может быть получен с помощью настоящего изобретения, заключается в увеличении глубины или толщины пенного слоя. Более толстый слой пены способствует более высокой сортности, но также и увеличению извлечения более мелких частиц, при этом можно отказаться от отдельной стадии промывки пены, типичной для камер колонной флотации.

Путем размещения нескольких нагнетательных труб во флотационной камере линии флотации, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, можно повысить вероятность столкновений между пузырьками флотационного газа, а также между пузырьками газа и частицами. Наличие нескольких нагнетательных труб может обеспечить улучшенное распределение пузырьков флотационного газа внутри флотационного резервуара, а выходящие из нагнетательных труб пузырьки равномерно распределяются по всему флотационному резервуару, причем зоны распределения отдельных нагнетательных труб могут пересекаться друг с другом и сближаться, тем самым способствуя в значительной степени равномерному распределению пузырьков флотационного газа во флотационном резервуаре, что, в свою очередь, может благоприятно повлиять на извлечение особенно мелких частиц, а также способствовать вышеупомянутому ровному и толстому слою пены. Когда имеется несколько нагнетательных труб, возни-

кают столкновения между пузырьками флотационного газа и/или частицами в пульпе, поступающей из разных нагнетательных труб, поскольку различные потоки смешиваются и создают локальные подзоны смешивания. По мере увеличения количества столкновений образуется больше агломератов пузырьков и частиц, которые захватываются пенным слоем, и поэтому извлечение ценного материала может быть улучшено.

Путем создания мелких пузырьков флотационного газа или сверхмелких пузырьков, путем приведения их в контакт с частицами и путем регулирования жидкой смеси агломератов пузырьков флотационного газа и частиц в пульпе, можно максимизировать извлечение гидрофобных частиц в пенный слой и в верхний продукт или концентрат флотационной камеры, увеличивая, тем самым, извлечение требуемого материала, независимо от его гранулометрического состава в пульпе. Может быть возможным достичь высокой сортности для части потока пульпы и одновременно высокого извлечения для всего потока пульпы, проходящего через линию флотации.

Путем расположения выпускных сопел нагнетательных труб на подходящей глубине, то есть располагая их на определенном расстоянии по вертикали от кромки желоба, распределение пузырьков флотационного газа может быть оптимизировано равномерным и постоянным образом. Поскольку время пребывания пузырьков в зоне смешивания может поддерживаться достаточно высоким благодаря подходящей глубине выпускных сопел нагнетательной трубы, пузырьки могут иметь возможность контактировать с мелкими частицами в пульпе и присоединяться к ним, улучшая, таким образом, извлечение более мелких частиц, а также способствовать увеличению глубины пены, стабильности и равномерности в верхней части флотационного резервуара.

Под зоной смешивания в настоящем документе понимается вертикальная часть или секция флотационного резервуара, в которой происходит активное перемешивание взвешенных в пульпе частиц с пузырьками флотационного газа. В дополнение к этой зоне смешивания, создаваемой во всей вертикальной секции флотационного резервуара, в областях, в которых встречаются и смешиваются потоки пульпы, направленные радиально наружу отдельными импиджерами, могут быть созданы отдельные и локальные индивидуальные подзоны смешивания. Это может еще больше способствовать контактам между пузырьками флотационного газа и частицами, увеличивая, тем самым, извлечение ценных частиц. Кроме того, это дополнительное перемешивание может устранять необходимость в механическом смесителе для суспензирования твердых веществ в пульпе.

Под зоной осаждения понимается вертикальная часть секции флотационного резервуара, в которой частицы, не связанные с пузырьками флотационного газа или иным образом не способные подниматься к зоне пены в верхней части флотационного резервуара, опускаются к дну резервуара и оседают на нем, чтобы быть удаленными в хвосты в качестве нижнего продукта. Зона осаждения находится ниже зоны смешивания.

Путем размещения выпускного отверстия для хвостов на боковой стенке флотационного резервуара, нижний продукт может удаляться в зоне, в которой пульпа по большей части содержит частицы, опускающиеся по направлению к дну резервуара или осаждающиеся на нем. Зона осаждения является более глубокой вблизи боковой стенки флотационной резервуара. В этой области перемешивающее действие и турбулентность, создаваемая нагнетательными трубами, не влияют на осаждающиеся частицы, которые по большей части не содержат какого-либо ценного материала или содержат лишь очень небольшое количество ценного материала. В этой части осаждение также наиболее выражено из-за отсутствия турбулентности, мешающей опусканию частиц под действием силы тяжести. Кроме того, силы трения, создаваемые боковой стенкой резервуара, дополнительно уменьшают турбулентность и/или потоки. Таким образом, отбирая нижний продукт из флотационного резервуара в месте, расположенном в этой относительно спокойной зоне осаждения, можно гарантировать, что как можно меньше ценного материала, содержащего частицы, удаляется из флотационного резервуара - эти частицы должны, скорее, плавать, или, если по какой-то причине они оказались в зоне осаждения, направляться обратно во флотационный резервуар в качестве питания пульпы через нагнетательные трубы. Кроме того, путем удаления нижнего продукта из зоны осаждения вблизи боковой стенки флотационного резервуара, можно эффективно использовать весь объем флотационного резервуара - нет необходимости выполнять отдельную нижнюю зону осаждения под нагнетательными трубами, как в случае, например, камеры Джеймсона. В некоторых вариантах выполнения можно даже предусмотреть уменьшение объема флотационного резервуара в его центре, тем самым уменьшая объем зоны осаждения, где турбулентность, вызываемая подачей пульпы из нагнетательных труб, может повлиять на вероятность образования частиц, оседающих ко дну резервуара, и позволяет полностью использовать объем флотационного резервуара. Объем флотационного резервуара может быть уменьшен в его центре, например, путем размещения нижней конструкции дна флотационного резервуара в центре резервуара. Кроме того, можно расположить нагнетательные трубы (выпускные сопла) относительно глубоко во флотационном резервуаре и при этом обеспечить достаточно спокойную зону осаждения у его боковой стенки. Это также способствует более эффективному использованию всего объема флотационного резервуара.

Линия флотации, ее применение и флотационная установка, в соответствии с изобретением, обеспечивают технический результат, позволяющий легко извлекать частицы различных размеров, а также

эффективно извлекать ценные минералы, содержащие частицы руды, из обедненного рудного сырья с изначально относительно низкими количествами ценного минерала. Преимущества, обеспечиваемые конструкцией линии флотации, позволяют точно регулировать конструктивные параметры линии флотации в соответствии с целевым ценным материалом на каждой установке.

Путем обработки пульпы в соответствии с настоящим изобретением, как определено в настоящем описании, извлечение ценных материалов, содержащих частицы, может быть увеличено. Первоначальная сортность извлеченного материала может быть ниже, но материал (т.е. пульпа) также легко подготавливается для дальнейшей обработки, которая может включать, например, повторное измельчение и/или очистку.

Благоприятные эффекты особенно заметны при размещении флотационной камеры с нагнетательными трубами в узле контрольной флотации или в узле контрольной перемешивающей флотации в линии флотации, или сразу за этими двумя альтернативными частями. Относительно большое количество ценного материала могло быть уже извлечено в предшествующей узле грубой флотации и/или в первой флотационной камере или камерах узлов контрольной / контрольной перемешивающей флотации, и возможно извлечение оставшегося ценного материала в пульпе, что может быть затруднено с помощью традиционных решений, особенно из низкосортных руд. Путем размещения флотационной камеры с нагнетательными трубами в линии флотации, выполненной в соответствии с изобретением, извлечение всплывающих с трудом частиц на нижнем конце линии флотации может быть улучшено в дополнение к обычному улучшающему качеству характеру операции контрольной / контрольной перемешивающей флотации.

В этом изобретении в отношении флотации используются следующие определения.

Флотация в основном направлена на извлечение концентрата частиц руды, содержащего ценный минерал. Под концентратом в настоящем документе понимается часть пульпы, извлеченной в верхнем продукте или в нижнем продукте, выведенном 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. Пенная флотация - это процесс отделения гидрофобных материалов от гидрофильных материалов путем добавления в процесс газа, например, воздуха или азота, или любой другой подходящей среды. Пенная флотация может осуществляться на основе естественных гидрофильных / гидрофобных различий или на основе гидрофильных / гидрофобных различий, возникающих при добавлении поверхностно-активного вещества или химического коллектора. Газ может добавляться к исходному сырью, подлежащему флотации (пульпе или суспензии), несколькими различными способами.

Флотационная камера предназначена для обработки взвешенных в пульпе частиц минеральной руды в процессе флотации. Таким образом, ценные металлосодержащие частицы руды извлекаются из частиц руды, взвешенных в пульпе. Под линией флотации в настоящем документе подразумевается флотационное устройство, в котором несколько флотационных камер расположены в проточном соединении друг с другом, так что нижний продукт каждой предыдущей флотационной камеры направляется в последующую или следующую 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. Пульпа подается через впускное отверстие для питания в первую флотационную камеру линии флотации для запуска процесса флотации. Линия флотации может представлять собою часть более крупной флотационной установки или устройства, содержащего одну или несколько линий флотации. Следовательно, ряд различных устройств или стадий предварительной и последующей обработки может быть функционально связан с элементами флотационного устройства, как это известно специалисту в данной области техники.

Флотационные камеры в линии флотации проточно соединены друг с другом. Проточное соединение может быть достигнуто с помощью трубопроводов разной длины, таких как трубы или трубки, причем длина трубопровода зависит от физической конструкции флотационного устройства в целом. Между флотационными камерами линии флотации также могут быть расположены насосы или узлы измельчения / доизмельчения. В качестве альтернативы, флотационные камеры могут быть расположены в непосредственном соединении друг с другом. Под непосредственным соединением камер в настоящем документе понимается устройство, при котором наружные стенки любых двух последующих флотационных камер соединены друг с другом, чтобы обеспечивать соединение выпускного отверстия первой флотационной камеры с впускным отверстием последующей флотационной камеры без какого-либо отдельного трубопровода. Непосредственный контакт снижает потребность в трубопроводе между двумя соседними флотационными камерами. Таким образом, уменьшается потребность в компонентах при строительстве линии флотации, что ускоряет процесс. Кроме того, это может уменьшить запесочивание и упростить обслуживание линии флотации. Проточные соединения между флотационными камерами могут содержать различные механизмы регулирования.

Под "соседней", "смежной" или "примыкающей" флотационной камерой в настоящем документе подразумевается флотационная камера, непосредственно следующая или предшествующая любой одной

флотационной камере, либо ниже по потоку, либо выше по потоку, либо в линии грубой флотации, в линии контрольной флотации, либо взаимосвязь между камерой грубой флотации и камерой контрольной флотации, в которую направляется нижний продукт из камеры грубой флотации.

Под флотационной камерой в настоящем документе подразумевается резервуар или сосуд, в котором выполняется стадия процесса флотации. Флотационная камера обычно имеет цилиндрическую форму, ограниченную наружной стенкой или наружными стенками. Флотационные камеры обычно имеют круглое поперечное сечение. Флотационные камеры могут иметь многоугольное, например, прямоугольное, квадратное, треугольное, шестиугольное или пятиугольное, или другое радиально-симметричное поперечное сечение. Количество флотационных камер может варьироваться в зависимости от конкретной линии флотации и /или операции по обработке руды определенного типа и/или сортности, как известно специалисту в данной области техники.

Флотационная камера может представлять собой камеру пенной флотации, такую как камера с механическим перемешиванием, например TankCell, колонная флотационная камера, камера Джеймсона или сдвоенная флотационная камера. Сдвоенная флотационная 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 (такую как камера HydroFloat™), в которой пузырьки воздуха или другого флотационного газа, которые рассеиваются системой псевдооживления, просачиваются через зону затрудненного схватывания и прикрепляются к гидрофобному компоненту, изменяя его плотность и делая его достаточно плавучим, чтобы он мог плавать и быть восстановленным. Во флотационной камере с псевдооживленным слоем осевое смешивание не требуется. Флотационная камера также может представлять собой переливную флотационную камеру, работающую с постоянным верхним продуктом пульпы. В переливной флотационной камере пульпу обрабатывают путем введения пузырьков флотационного газа в пульпу и создания непрерывного восходящего потока пульпы в вертикальном направлении первой флотационной камеры. По меньшей мере часть частиц руды, содержащей ценный металл, прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх благодаря плавучести, по меньшей мере часть частиц руды, содержащей ценный металл, прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх при непрерывном восходящем потоке пульпы, и по меньшей мере часть частиц руды, содержащей ценный металл, поднимается вверх при непрерывном восходящем потоке пульпы. Частицы руды, содержащей ценные металлы, извлекаются путем создания непрерывного восходящего потока пульпы из по меньшей мере одной переливной флотационной камеры в виде верхнего продукта пульпы. Поскольку переливная камера работает практически без глубины пены или слоя пены, фактически на поверхности пульпы, фактически в верхней части флотационной камеры не образуется пенная зона. Пена в камере может быть прерывистой. Результатом этого является то, что более ценные минеральные частицы могут быть вовлечены в поток концентрата и общее извлечение ценного материала может быть увеличено.

В зависимости от своего типа флотационная камера может содержать импеллер для перемешивания пульпы, чтобы поддерживать пульпу во взвешенном состоянии. Под импеллером в настоящем документе подразумевается любое подходящее средство для перемешивания пульпы во флотационной камере. Импеллер может представлять собой механическую мешалку. Механическая мешалка может содержать ротор-статор с двигателем и приводным валом, причем конструкция ротор-статор расположена в нижней части флотационной камеры. Камера может иметь вспомогательные импеллеры, расположенные выше в вертикальном направлении камеры, чтобы обеспечить достаточно сильный и непрерывный восходящий поток пульпы.

Флотационная камера может содержать один или несколько сгустителей пены. Под сгустителем пены 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, обеспечивающая эффект сгущения, т.е. сгустительная боковая стенка, которая также может быть сгустительной боковой стенкой внутри флотационного резервуара, т.е. внутренним периферийным сгустителем.

Благодаря использованию сгустителя пены можно более эффективно и надежно направлять так называемую "хрупкую пену", то есть слабо структурированный слой пены, содержащий в целом более крупные пузырьки флотационного газа, агломерированные с частицами минеральной руды, предназначенными для извлечения, более эффективно и надежно в направлении кромки для перелива пены и желоба для сбора пены. Хрупкая пена легко ломается, 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 к уменьшенному извлечению требуемого материала. Хрупкая пена обычно связана с низкой минерализацией, то есть агломератами пузырьков газа и частиц руды с ограниченным количеством частиц руды, содержащих требуемый ценный минерал, которые были способны прикрепиться к пу-

зырькам 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. С помощью предлагаемого изобретения можно сгущать пену и направлять ее к кромке для перелива пены, чтобы уменьшить расстояние транспортировки пены (тем самым снижая риск обратного падения) и, одновременно, поддерживать или даже сокращать длину переливной кромки. Другими словами, обработка и направление пенного слоя в камере или в резервуаре пенной флотации могут стать более эффективными и простыми.

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 флотационного резервуара может быть уменьшена надежным и простым механическим способом. Одновременно с этим, общая длина кромки для перелива пены в устройстве пенной флотации может быть уменьшена. Под надежностью в данном случае следует понимать как конструктивную простоту, так и долговечность. Путем уменьшения площади поверхности пены флотационной установки с помощью сгустителя пены вместо добавления дополнительных желобов для сбора пены устройство пенной флотации в целом может иметь более простую конструкцию, например, потому что нет необходимости направлять собранную пену и/или верхний продукт из добавленного сгустителя. Напротив, из дополнительного желоба необходимо было бы отводить собранный верхний продукт, что увеличило бы конструктивные части флотационной установки.

В особенности на нижнем конце линии флотации количество требуемого материала, которое может быть захвачено пеной внутри пульпы, может быть очень низким. Чтобы собрать ценный материал из слоя пены в желоба для сбора пены, площадь поверхности пены должна быть уменьшена. Путем размещения сгустителя пены во флотационном резервуаре, 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 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 пены может также влиять на общее сближение пузырьков флотационного газа и/или агломератов пузырьков газа и частиц руды в пенном слое. Например, если поток пузырьков газа и/или агломератов пузырьков газа и частиц руды оказывается направленным к центру флотационного резервуара, сгуститель пены может использоваться для увеличения площади пены по периметру резервуара и/или ближе к любой требуемой кромке для перелива пены. Кроме того, можно уменьшить открытую поверхность пены по отношению к длине кромки, тем самым повышая эффективность извлечения в камере пенной флотации.

Флотационная камера может содержать нижнюю конструкцию, расположенную на дне флотационного резервуара и имеющую форму, которая позволяет частицам, взвешенным в пульпе, смешиваться в зоне смешивания, создаваемой потоком питания пульпы, подаваемой из выпускных сопел нагнетательных труб над нижней конструкцией, и осаждаться в зоне осаждения, окружающей нижнюю конструкцию.

Путем размещения нижней конструкции на дне флотационного резервуара, так что она проходит во флотационном резервуаре вверх, можно получить лучшее распределение мелких и/или маленьких частиц, взвешенных в пульпе. В центре флотационного резервуара частицы не могут опускаться и оседать, так как поток пульпы, поступающей из нагнетательных труб, может достигать приподнятой центральной части флотационного резервуара, что обеспечивает хорошее перемешивание в этой части. Частицы, которые, возможно, уже отделились от пузырьков флотационного газа и начали опускаться, могут быть снова захвачены пузырьками из-за условий турбулентности в зоне смешивания. С другой стороны, дно флотационного резервуара ближе к периметру резервуара имеет зону достаточной глубины, которая позволяет не плавучим, наиболее вероятно бесполезным частицам, оседать и опускаться для эффективного удаления из флотационного резервуара. На эту зону осаждения не влияет поток пульпы, поступающий из нагнетательных труб. Кроме того, такая относительно спокойная зона может препятствовать образованию короткого замыкания потоков пульпы внутри флотационного резервуара, где один и тот же материал пульпы продолжает рециркулировать внутри резервуара, не будучи должным образом отделенным или осажденным. Вышеупомянутые признаки могут способствовать увеличению извлечения мелких частиц.

Путем выполнения конструкции дна определенного размера, особенно в отношении зоны смешивания, зона смешивания и зона осаждения могут быть выполнены такими, чтобы иметь требуемые характеристики (размер, глубину, турбулентность, время пребывания частиц в зоне смешивания, скорость осаждения и вероятность появления бесполезной фракции в зоне осаждения и т.д.). В обычной флотационной камере большая часть этой площади (без какого-либо механического перемешивания на дне флотационного резервуара) будет подвергнута запесочиванию, поскольку перемешивание происходит незначительно или совсем отсутствует. Если зона заполнена твердым веществом, то существует риск того, что это твердое вещество оседает и одновременно блокирует выпускное отверстие для хвостов и/или выпускное



отверстие для рециркулята, расположенное в зоне осаждения.

Под нагнетательной трубой подразумевается двоящее устройство с высоким усилием сдвига, в котором флотационный газ вводится в питание пульпы, создавая, тем самым, более мелкие пузырьки флотационного газа, которые могут улавливать также более мелкие частицы уже во время образования пузырьков в нагнетательной трубе. В частности, нагнетательная труба во флотационной камере линии флотации, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, работает под давлением, и никакого вакуума не требуется.

Под объемом флотации здесь подразумевается совокупный объем всех флотационных камер в линии флотации, используемой для выполнения процесса флотации. Заявление о том, что определенный процент объема флотации содержит механическую мешалку, просто означает, что ряд флотационных камер в линии флотации, в зависимости от совокупного объема и объема отдельных флотационных камер, содержит механическую мешалку.

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 используемый поток, содержащий частицы ценного материала, собранные из пульпы. В других вариантах выполнения верхний продукт может представлять собой поток отходов. Это тот случай, когда флотационное устройство, установка и/или способ используются 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 флотационного устройства может покидать все устройство в виде потока хвостов или окончательных отходов флотационной установки. В некоторых вариантах выполнения нижний продукт может быть используемым потоком, содержащим ценные минеральные частицы. Это тот случай, когда флотационное устройство, установка и/или способ используются для обратной флотации.

Под обратной флотацией в настоящем документе подразумевается процесс обратной флотации, обычно используемый для извлечения железа. В этом случае процесс флотации направлен на сбор незначимой части потока пульпы в верхний продукт. Верхний продукт в процессе обратной флотации для железа обычно содержит силикаты, тогда как ценные железосодержащие минеральные частицы собираются в нижнем продукте. Обратную флотацию также можно использовать для промышленных минералов, то есть геологических минералов, добываемых из-за их коммерческой ценности и не являющихся топливом, и источников металлов, таких как бентонит, кремнезем, гипс и тальк.

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 концентратом в настоящем документе подразумевается плавающая часть или фракция пульпы частиц руды, содержащая ценный минерал. При обычной флотации концентрат представляет собой часть пульпы, которая всплывает в слой пены и, таким образом, собирается в желобах в виде верхнего продукта. Первый концентрат может содержать частицы руды, содержащие один ценный минерал, тогда как второй концентрат может содержать частицы руды, содержащие другой ценный минерал. В качестве альтернативы, отличительные определения "первый" и "второй" могут относиться к двум концентратам частиц руды, содержащим один и тот же ценный минерал, но два четко различающихся распределения частиц по размеру.

Под грубой флотацией, узлом грубой флотации линии флотации, стадией грубой флотации и/или камерами грубой флотации в настоящем документе понимается стадия флотации, которая производит предварительный концентрат. Цель состоит в том, чтобы удалить максимальное количество ценного минерала с максимально возможным размером частиц. Полное высвобождение не требуется для более грубой флотации, а только достаточное высвобождение для выделения достаточного количества пустой породы из ценного минерала для получения высокого извлечения. Основной целью стадии грубой флотации является извлечение как можно большего количества ценных минералов с меньшим акцентом на качество получаемого концентрата.

Предварительный концентрат обычно подвергают последующим стадиям перечистой флотации в линии перечистой грубой флотации с целью очистки от нежелательных минералов, которые также попадают в пену, в процессе, известном как перечистка. Продукт перечистки известен как перечистой концентрат или конечный концентрат. Перед процессом перечистки можно осуществить стадию доизмельчения.

За грубой флотацией часто следует контрольная флотация, которую используют для грубых хвостов. Под контрольной флотацией, узлом 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 строгими, 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.

Под перемешивающей флотацией, линией узла грубой / контрольной перемешивающей флотации, стадией перемешивающей / очистной флотации и/или перемешивающей камерой понимается стадия флотации, в которой цель перемешивания заключается в получении максимально возможной сортности концентрата.

Под предварительной обработкой и/или дополнительной обработкой и/или последующей обработкой подразумевается, например, измельчение, истирание, разделение, просеивание, классификация, разделение на фракции, зачистка или очистка, которые все являются обычными процессами, известными специалисту в данной области техники. Последующая обработка может также включать по меньшей мере одно из следующего: дополнительную флотационную камеру, которая может представлять собой традиционную перемешивающую флотационную камеру, камеру полного извлечения, камеру грубой флотации или камеру контрольной флотации.

Под уровнем поверхности пульпы в настоящем документе подразумевается высота поверхности пульпы внутри флотационной камеры, измеренная от дна флотационной камеры до переливной кромки флотационной камеры. Фактически высота пульпы равна высоте переливной кромки флотационной камеры, измеренной от дна флотационной камеры до переливной кромки флотационной камеры. Например, любые две последовательные флотационные камеры могут быть расположены в линии флотации ступенчатым образом, так что уровень поверхности пульпы таких флотационных камер отличается (т.е. уровень поверхности пульпы первой из таких флотационных камер выше, чем уровень поверхности пульпы второй из таких флотационных камер). Это различие в уровнях поверхности пульпы определяется в настоящем документе как "ступень" между любыми двумя последовательными флотационными камерами. Ступень или разность уровней поверхности пульпы - это разница в высоте, позволяющая потоку пульпы перемещаться под действием силы тяжести или силы гравитации, создавая гидростатический напор между указанными двумя последовательными флотационными камерами.

Под линией флотации в настоящем документе подразумевается узел или устройство, содержащий ряд флотационных установок или флотационных камер, в которых выполняется стадия флотации и которые расположены в проточном соединении друг с другом для обеспечения возможности протекания пульпы 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. Также возможно, что линия флотации может содержать только одну стадию флотации, выполняемую либо в одной флотационной камере, либо, например, в двух или большем количестве параллельных флотационных камер.

Пульпу подают через впускное отверстие для питания 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, и ряд других стадий процесса для высвобождения, очистки и другой обработки требуемого материала. Следовательно, ряд различных устройств предварительной обработки и последующей обработки может быть связан с компонентами линии флотации, как известно специалисту в данной области техники.

Под сверхмелкими пузырьками в настоящем документе понимаются пузырьки флотационного газа, попадающие в диапазон размеров от 0,05 до 0,7 мм, вводимые в пульпу в нагнетательной трубе. Напротив, "нормальные" пузырьки флотационного газа, используемые при пенной флотации, имеют размер в диапазоне приблизительно от 0,8 до 2 мм. Более крупные пузырьки флотационного газа могут иметь тенденцию сливаться в еще более крупные пузырьки во время их пребывания в зоне смешивания, где происходят столкновения между частицами и пузырьками флотационного газа, а также только между пузырьками флотационного газа. Поскольку сверхмелкие пузырьки вводятся в питание пульпы перед подачей во флотационный резервуар, такое слияние маловероятно со сверхмелкими пузырьками, при этом их размер может оставаться меньше на протяжении всего времени их пребывания во флотационной камере, влияя, тем самым, на способность сверхмелких пузырьков улавливать мелкие частицы.

Нагнетательная труба или ее выпускное сопло может быть дополнительно выполнено с возможностью создания сверхзвуковой ударной волны в подаваемом питании пульпы, когда оно выходит из нагнетательной трубы, причем сверхзвуковая ударная волна вызывает образование агломератов пузырьков флотационного газа и частиц. Сверхзвуковая ударная волна создается, когда скорость поступающего питания пульпы, проходящего через выпускное сопло, превышает скорость звука, то есть поток питания пульпы оказывается запертым, когда соотношение абсолютного давления выше по потоку от выпускного

сопла и абсолютного давления ниже по потоку от дросселя выпускного сопла превышает критическое значение. Когда указанное соотношение давлений превышает критическое значение, поток питания пульпы ниже по потоку от дросселя выпускного сопла становится сверхзвуковым и образуется ударная волна. Небольшие пузырьки флотационного газа в подаваемой смеси питания пульпы разделяются на еще более мелкие пузырьки из-за того, что они пропускаются через ударную волну и принудительно вступают в контакт с гидрофобными частицами руды в подаваемом питании пульпы, создавая, тем самым, агломераты пузырьков флотационного газа и частиц руды. Сверхзвуковая ударная волна, создаваемая в питании пульпы у выпускного сопла, переносится в пульпу внутри флотационного резервуара, непосредственно примыкающего к выпускному соплу, способствуя, тем самым, образованию пузырьков флотационного газа также в пульпе за пределами выпускных сопел. После выхода из выпускного сопла мелкие частицы руды могут контактировать с небольшими пузырьками флотационного газа во второй раз, поскольку имеется несколько таких нагнетательных труб / выпускных сопел, выходящих в общую зону смешивания, где вероятность вторичных контактов между пузырьками и частицами увеличивается благодаря смешивающимся потокам пульпы, выходящим из нагнетательных труб.

Нагнетательные трубы могут также содержать импинджеры. Импинджер отклоняет поступающее питание пульпы в радиальном наружном направлении к боковой стенке флотационного резервуара и вверх по направлению к верхней поверхности флотационного резервуара (то есть к слою пены), так что агломераты мелких пузырьков флотационного газа и частиц руды не замыкаются в хвостах. Все питание пульпы, поступающее из нагнетательных труб, принудительно поднимается к слою пены в верхней части флотационного резервуара до того, как сила тяжести сможет повлиять на частицы, не приставшие к пузырькам флотационного газа, заставляя их опускаться и, в конечном итоге, добавляться в поток хвостов или в нижний продукт. Таким образом, вероятность короткого замыкания ценного материала, содержащего частицы, может быть уменьшена. Пульпа сильно перемешивается за счет энергии отклоненного потока и образует перемешивающие вихри, в которых размер пузырьков может быть дополнительно уменьшен действующими на них поперечными силами. Условия большого сдвигового усилия также благоприятно способствуют большому количеству контактов между пузырьками флотационного газа и частицами в пульпе внутри флотационного резервуара. По мере того, как поток пульпы принудительно направляется вверх к слою пены, турбулентность уменьшается, и поток становится относительно однородным, что может способствовать стабильности уже сформированных пузырьков и агломератов пузырьков флотационного газа и частиц, особенно тех, которые содержат более крупные частицы.

В одном варианте выполнения линия флотации, выполненная в соответствии с изобретением, также содержит узел грубой флотации с камерой грубой флотации для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт, причем верхний продукт предназначен для перетекания непосредственно в линию перечистой флотации, а нижний продукт из последней камеры грубой флотации предназначен для перетекания в узел контрольной флотации в качестве питания пульпы.

В еще одном варианте выполнения линии флотации узел грубой флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры, или от 2 до 7 флотационных камер, или от 2 до 5 флотационных камер.

Наличие достаточного количества камер грубой флотации позволяет производить часть концентрата высокой сортности и в то же время обеспечивать высокое извлечение требуемого ценного минерала во всей линии флотации, избегая, тем самым, попадания любого ценного минерала в поток хвостов.

В одном варианте выполнения линии флотации по меньшей мере 60% объема флотации в линии флотации содержит механическую мешалку, содержащую систему для ввода флотационного газа во флотационную камеру.

Флотационные камеры с механическим перемешиванием и относительно большим объемом способны обрабатывать более высокие расходы пульпы и более широкий диапазон размеров частиц, что повышает общую эффективность линии флотации, а также снижает потребность в энергоемком измельчении, так как пульпа не обязательно должна иметь особенно однородный гранулометрический состав для обеспечения извлечения ценного материала.

В одном варианте выполнения линии флотации узел контрольной флотации содержит флотационную камеру с нагнетательными трубами.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой с нагнетательными трубами расположена камера контрольной флотации.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой с нагнетательными трубами расположена камера контрольной флотации, содержащая механическую мешалку.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой с нагнетательными трубами расположена дополнительная флотационная камера, содержащая нагнетательные трубы.

В еще одном варианте выполнения линии флотации флотационная камера с нагнетательными трубами является последней флотационной камерой в узле контрольной флотации.

В одном варианте выполнения линии флотации узел контрольной перечистой флотации содержит флотационную камеру, содержащую нагнетательные трубы.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой с нагнетательными трубами расположена камера контрольной перечистой флотации.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой с нагнетательными трубами расположена камера контрольной перечистой флотации, содержащая механическую мешалку.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой контрольной перечистой флотации расположена камера Джеймсона, в которой диапазон размеров пузырьков флотационного газа составляет от 0,05 до 0,7 мм, или дополнительная флотационная камера с нагнетательными трубами, в которой размер пузырьков флотационного газа составляет от 0,4 до 1,2 мм.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой контрольной перечистой флотации находится дополнительная флотационная камера с нагнетательными трубами, выполненными с возможностью ограничения потока питания пульпы, поступающего из выпускного сопла, для поддержания питания пульпы под давлением в нагнетательной трубе и для создания сверхзвуковой ударной волны в питании пульпы, когда оно выходит из нагнетательной трубы.

В еще одном варианте выполнения линии флотации флотационная камера с нагнетательными трубами является последней флотационной камерой в узле контрольной перечистой флотации.

В еще одном варианте выполнения линии флотации узел контрольной флотации содержит флотационную камеру, содержащую нагнетательные трубы.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой с нагнетательными трубами расположена камера контрольной флотации.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой с нагнетательными трубами расположена камера контрольной флотации, содержащая механическую мешалку.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой с нагнетательными трубами расположена дополнительная флотационная камера, содержащая нагнетательные трубы.

В еще одном варианте выполнения линии флотации флотационная камера с нагнетательными трубами является последней флотационной камерой в узле контрольной флотации.

В одном варианте выполнения линии флотации верхние продукты из флотационных камер содержат концентрат, а также обеспечена возможность перетекания нижних продуктов из флотационных камер в хвосты.

В одном варианте выполнения линии флотации нижний продукт из предыдущей флотационной камеры под действием силы тяжести направляется в последующую флотационную камеру.

Путем организации потока пульпы под действием силы тяжести может быть достигнута экономия в потреблении энергии, поскольку не требуется дополнительной перекачки для перемещения пульпы вниз по потоку. Это может быть достигнуто, например, благодаря ступенчатому расположению линии флотации, так что по меньшей мере некоторые из флотационных камер (т.е. днища флотационных камер) либо в узле грубой флотации, либо в узле контрольной флотации и/или в узле контрольной перечистой флотации расположены на разных уровнях: например, дно первой камеры грубой флотации может быть расположено выше, чем дно последующей камеры (камер) грубой флотации и/или контрольной флотации. Таким образом, уровень поверхности пульпы по меньшей мере некоторых из флотационных камер, следующих за первыми камерами грубой флотации, ниже, тем самым создавая ступень между любыми двумя последующими флотационными камерами, находящимися в непосредственном проточном соединении друг с другом. Созданная таким образом ступень позволяет достичь гидростатического напора или перепада гидростатического давления (гидравлического градиента) между двумя последующими флотационными камерами, в результате чего поток пульпы из одной камеры в другую может осуществляться под действием силы тяжести без каких-либо отдельных насосов. Гидравлический градиент принудительно перемещает поток пульпы к выпускному отверстию или выпускным отверстиям для хвостов линии флотации. Это может снизить потребность в дополнительной перекачке. Кроме того, требования к мощности перекачки могут быть снижены, поскольку поток материала направлен вниз по потоку под действием силы тяжести из-за падения уровней поверхности пульпы. Это может относиться даже к вариантам выполнения, в которых уровни поверхности пульпы соседних флотационных камер в линии флотации находятся на одном уровне. Уменьшение потребности в энергоемкой перекачке приводит к экономии энергопотребления, а также к упрощению конструкции процесса флотации и к уменьшению потребности в пространстве для строительства.

Также возможно расположить линию флотации так, чтобы по меньшей мере некоторые или все флотационные камеры (то есть днища камер) находились на одном уровне. Это может увеличить скорость строительства, упростить планирование и строительство и, таким образом, снизить затраты. Эта так называемая унипланарность флотационных камер или линии флотации может дать преимущества за счет снижения инвестиционных затрат, поскольку для создания установки требуется меньше земляных работ и меньше места. Это может быть особенно выгодно при увеличении размера флотационной камеры. Это опять же может быть желательно с точки зрения оптимизации производительности процесса при одновременном снижении капитальных затрат на инвестиции.

Избегаая энергоемкой перекачки в линии флотации, можно достичь значительной экономии энергии, одновременно обеспечивая эффективное извлечение ценного минерального материала из руд низкого качества, то есть содержащих даже слишком мало ценных минералов для начала. Может быть возможно

получить некоторую часть концентрата с высокой сортностью, но одновременно иметь хорошее общее извлечение требуемого ценного минерала. Лишь незначительное количество ценного минерала может попасть в поток хвостов.

Предлагаемое изобретение может также частично быть направлено на улучшение процесса извлечения полезных ископаемых при одновременном снижении энергопотребления процесса. Это стало возможным за счет использования собственных потоков пульпы в процессе, то есть путем перемещения потока суспензии на повторную обработку в расположенных ниже по потоку флотационных камерах. Организовав процесс флотации таким образом, можно направлять поток пульпы под действием силы тяжести. В некоторых вариантах выполнения поток пульпы также можно направлять с помощью перекачки с низкой интенсивностью или с помощью подходящей комбинации этих двух методов, то есть с помощью силы тяжести и перекачки с низкой интенсивностью.

Под перекачкой с низкой интенсивностью здесь понимается насос любого типа, создающий низкое давление для приведения потока пульпы в движение вниз по потоку. Обычно насос с низким напором производит максимальный напор до 1,0 м, то есть может использоваться для управления потоком пульпы между двумя соседними флотационными камерами с разницей в уровне поверхности пульпы менее 30 см. Насос с низким напором обычно может иметь рабочее колесо для создания осевого потока.

В одном варианте выполнения линия флотации содержит по меньшей мере три флотационные камеры, или от 3 до 10 флотационных камер, или от 4 до 7 флотационных камер.

В одном варианте выполнения линии флотации узел контрольной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры, или от 2 до 7 флотационных камер, или от 2 до 5 флотационных камер.

В одном варианте выполнения линии флотации узел контрольной перемешивающей флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры, или от 2 до 6 флотационных камер, или от 2 до 4 флотационных камер.

Наличие достаточного количества флотационных камер позволяет производить часть концентрата высокой сортности и одновременно обеспечивает высокое извлечение требуемого ценного минерала во всей линии флотации, что позволяет избежать попадания любого ценного минерала в поток хвостов. Как можно больше частиц руды, содержащих ценный минерал, может всплывать, при этом сводя к минимуму необходимую для этого энергию перекачки.

В одном варианте выполнения линии флотации соотношение высоты флотационной камеры с нагнетательными трубами, измеряемой как расстояние от дна флотационного резервуара флотационной камеры до кромки желоба флотационного резервуара, и диаметра флотационной камеры с нагнетательными трубами, измеряемого на расстоянии до выпускного сопла нагнетательной трубы от дна флотационного резервуара, составляет от 0,5 до 1,5. То есть, соотношение высоты флотационной камеры и ее диаметра составляет от 0,5 до 1,5.

В одном варианте выполнения линии флотации объем флотационного резервуара с нагнетательными трубами составляет по меньшей мере 10 м<sup>3</sup>.

Путем выполнения флотационного резервуара с достаточным объемом можно лучше контролировать процесс флотации. Расстояние подъема до слоя пены в верхней части флотационного резервуара не становится слишком большим, что может помочь гарантировать, что агломераты пузырьков флотационного газа и частиц руды остаются вместе, пока они не достигнут слоя пены, и обратное падение частиц может быть уменьшено. Кроме того, может быть достигнута подходящая скорость подъема пузырьков для поддержания хорошего качества концентрата. Использование флотационных камер с достаточным объемным размером увеличивает вероятность столкновений между пузырьками газа, создаваемыми во флотационных камерах, например, с помощью ротора, и частицами, содержащими ценный минерал, тем самым улучшая скорость извлечения ценного минерала, а также общую эффективность флотационного устройства. Флотационные камеры большего размера имеют более высокую селективность, поскольку между пузырьками газа и частицами руды может происходить большее количество столкновений из-за более длительного времени пребывания пульпы во флотационной камере. Следовательно, большая часть частиц руды, содержащих ценный минерал, может всплывать. Кроме того, обратное падение всплывающих частиц руды может быть выше, а это означает, что частицы руды, содержащие очень небольшое количество ценного минерала, падают обратно на дно флотационной камеры. Таким образом, сортность верхнего продукта и/или концентрата, получаемого из флотационных камер большего размера, может быть выше. Флотационные камеры такого типа могут обеспечивать высокую сортность. Кроме того, можно повысить общую эффективность флотационной камеры и/или всей линии флотации. Кроме того, в случае, когда первые флотационные камеры в линии флотации имеют относительно большой объем, может и не быть необходимости в последующих флотационных камерах большого размера, скорее, флотационные камеры ниже по потоку от первой флотационной камеры или камер могут иметь меньший размер и, следовательно, будут более эффективными. В процессах флотации некоторых минералов можно легко достичь всплывания значительной части частиц руды, содержащих ценный минерал с высокой сортностью. В этом случае можно иметь флотационные камеры меньшего объема ниже по потоку в линии флотации и при этом обеспечивать высокую степень извлечения.

В одном варианте выполнения линии флотации флотационная камера с нагнетательными трубами

содержит от 2 до 40 нагнетательных труб, предпочтительно от 4 до 24 нагнетательных труб.

Точное количество нагнетательных труб во флотационной камере может зависеть от размера или объема флотационного резервуара, типа собираемого материала и других параметров процесса. Путем размещения достаточного количества нагнетательных труб во флотационной камере и путем их размещения определенным образом по отношению к центру и периметру и/или боковой стенке флотационного резервуара, можно обеспечить равномерное распределение сверхмелких пузырьков, а также обеспечить равномерное перемешивание, вызванное силами сдвига в резервуаре. Количество нагнетательных труб напрямую влияет на количество флотационного газа, который может быть диспергирован в пульпе. В традиционной пенной флотации диспергирование увеличивающегося количества флотационного газа привело бы к увеличению размера пузырьков флотационного газа. Например, в камере Джеймсона используемое соотношение воздуха и пузырьков составляет от 0,50 до 0,60. Увеличение среднего размера пузырьков пагубно повлияет на изменение ( $S_b$ ) площади поверхности пузырьков, что означает, что извлечение может быть снижено. Во флотационной камере, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, в которой нагнетательные трубы находятся под давлением, в процесс может быть введено значительно большее количество флотационного газа без увеличения размера пузырьков или уменьшения  $S_b$ , поскольку пузырьки флотационного газа, образующиеся в питании пульпы, остаются относительно небольшими по сравнению с традиционными процессами. С другой стороны, сохраняя количество нагнетательных труб как можно меньшим, затраты на переоборудование существующих флотационных камер или капитальные затраты на установку таких флотационных камер могут находиться под контролем, не приводя к потере производительности флотационных камер.

Один вариант выполнения относится к применению линии флотации, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, в частности, для извлечения частиц минеральной руды, содержащих неполярные минералы, такие как графит, сера, молибденит, уголь и тальк.

Обработка пульпы для извлечения таких промышленных минералов, как бентонит, кремнезем, гипс или тальк, может быть улучшена благодаря использованию обратной флотации. При извлечении промышленных минералов целью флотации может быть, например, удаление темных частиц в отходы верхнего продукта и извлечение светлых частиц в используемом нижнем продукте. В процессе такого типа некоторые из более легких и мелких светлых частиц могут попасть в верхний продукт. Эти частицы могут эффективно извлекаться с помощью изобретения, в соответствии с настоящим описанием. При обратной флотации частицы, содержащие нежелательный материал, удаляются из пульпы путем обеспечения прилипания пузырьков газа к этим частицам и удаления их из флотационной камеры в верхнем продукте, тогда как ценный материал, содержащий частицы, извлекается в нижнем продукте, таким образом, изменяя на противоположные обычные флотационные потоки используемых веществ - в верхний продукт, а отходов - в нижний продукт. Обычно при обратной флотации большое количество не имеющего ценности материала может вызывать серьезные проблемы в управлении процессом флотации.

Один вариант выполнения относится к применению линии флотации, выполненной в соответствии с изобретением, в частности для извлечения частиц, содержащих полярные минералы.

Один вариант выполнения относится к применению линии флотации, в частности, для извлечения частиц из минералов, имеющих твердость по шкале Мооса от 2 до 3, таких как галенит, сульфидные минералы, минералы МПГ (металлы платиновой группы) и/или минералы РЗО (редкоземельные оксиды).

Еще один вариант выполнения относится к применению линии флотации, в частности, для извлечения частиц, содержащих Pt.

Один вариант выполнения относится к применению линии флотации, в частности, для извлечения частиц, содержащих Cu, из минералов, имеющих твердость по шкале Мооса от 3 до 4.

Еще один вариант выполнения относится к применению линии флотации, в частности, для извлечения частиц, содержащих Cu, из руды с низким содержанием меди.

Ценным минералом может быть, например, Cu, Zn, Fe, или пирит, или сульфид металла, такой как сульфид золота. Частицы минеральной руды, содержащие другие ценные минералы, такие как Pb, Pt, МПГ (металлы платиновой группы Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt), оксидный минерал, промышленные минералы, такие как Li (например, сподумен), петалит и редкоземельные минералы, также могут быть извлечены в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения.

Например, при извлечении меди из низкосортных руд, полученных из бедных залежей минеральной руды, количество меди может составлять всего 0,1% от веса сырья, то есть питания пульпы, подаваемой в линию флотации. Линия флотации, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, может быть очень практичной для извлечения меди, поскольку медь является так называемым легко флотируемым минералом. При высвобождении частиц руды, содержащих медь, можно получить относительно высокое содержание в первых флотационных камерах линии флотации. Извлечение может быть дополнительно увеличено с помощью флотационной камеры, выполненной в соответствии с изобретением.

Используя линию флотации, выполненную в соответствии с настоящим изобретением, можно эффективно увеличить извлечение таких низких количеств ценного минерала, например меди, и экономически эффективно использовать даже бедные месторождения. Поскольку известные богатые месторождения все больше и больше уже разработаны, существует осязаемая потребность в переработке менее

благоприятных месторождений, которые ранее могли остаться неразработанными из-за отсутствия подходящей технологии и процессов для извлечения ценного материала, присутствующего в руде в очень малых количествах в руде.

В одном варианте выполнения флотационная установка содержит по меньшей мере две или по меньшей мере три линии флотации, выполненных в соответствии с изобретением.

В одном варианте выполнения флотационной установки линия флотации выполнена с возможностью извлечения частиц из минералов, имеющих твердость по шкале Мооса от 2 до 3, таких как галенит, сульфидные минералы, МПГ и/или РЗО минералы.

В еще одном варианте выполнения флотационной установки линия флотации выполнена с возможностью извлечения частиц, содержащих Pt.

В одном варианте выполнения флотационной установки линия флотации выполнена с возможностью извлечения частиц, содержащих Cu, из минералов, имеющих твердость по шкале Мооса от 3 до 4.

В еще одном варианте выполнения флотационной установки линия флотации выполнена с возможностью извлечения частиц, содержащих медь, из руды с низким содержанием меди.

#### **Краткое описание чертежей**

Сопроводительные 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 настоящего изобретения. На чертежах:

фиг. 1 изображает вид в вертикальном разрезе флотационной камеры с нагнетательными трубами;

фиг. 2 изображает схематический вид линии флотации, выполненной в соответствии с одним вариантом выполнения изобретения;

фиг. 3 изображает схематический вид линии флотации, выполненной в соответствии с другим вариантом выполнения изобретения, и

фиг. 4 изображает схематический вид линии флотации, выполненной в соответствии с еще одним вариантом выполнения изобретения.

#### **Подробное описание**

Ниже подробно описаны варианты выполнения настоящего изобретения, пример которого проиллюстрирован на сопроводительных чертежах.

Приведенное ниже описание раскрывает некоторые варианты выполнения с такой детализацией, что специалист в данной области техники может использовать флотационную камеру, линию флотации и ее применение на основе описания. Не все этапы вариантов выполнения описаны подробно, так как многие из этапов очевидны для специалиста в данной области техники на основе этого описания.

Для простоты в случае повторяющихся компонентов номера позиций в последующих иллюстративных вариантах выполнения сохраняются.

На прилагаемой фиг. 1 изображена флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4. Чертеж не показан в пропорции, и многие компоненты флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 для ясности не изображены. На фиг. 2-4 схематично показаны варианты выполнения линии 10 флотации. Направление потоков пульпы показано на чертежах стрелками. Флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4, а также камера 110 грубой флотации, камера 120 контрольной флотации и камера 130 контрольной перечистой флотации предназначены для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, и для разделения пульпы на нижний продукт 400 и верхний продукт 500, причем верхний продукт 500 содержит концентрат требуемого минерала. Флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4 содержит флотационный резервуар 210, который имеет центр 211, периметр 212, дно 213 и боковую стенку 214. Флотационная камера 200 также содержит желоб 202 и кромку 221 желоба, окружающую периметр 212 резервуара 210. Камера 110 грубой флотации, камера 120 контрольной флотации и камера 130 контрольной перечистой флотации могут относиться к флотационной камере любого подходящего типа, известного в данной области техники. Они могут, например, содержать механическую мешалку 70, содержащую систему для ввода флотационного газа во флотационную камеру. В одном варианте выполнения камера 120 контрольной флотации и камера 130 контрольной перечистой флотации могут содержать камеру Джеймсона, в которой диапазон размеров пузырьков флотационного газа составляет от 0,4 до 1,2 мм. На прилагаемых чертежах желоб 202 представляет собой расположенный по периметру желоб. Следует понимать, что желоб 202 может содержать, в качестве альтернативы или дополнительно, центральный желоб, расположенный в центре 211 флотационного резервуара 210, как известно в данной области техники. Кромка центрального желоба может быть обращена к периметру 212 флотационного резервуара 210 или к центру 211 резервуара 210, или в оба направления. Верхний продукт 500 собирается в желоб 202 или желоба, когда он проходит через кромку 221 желоба, из слоя пены, образованного в верхней части флотационного резервуара 210. Слой пены имеет открытую поверхность  $A_f$  пены в верхней части флотационного резервуара 210.

Нижний продукт 400 удаляется из флотационного резервуара или выводится из него через выпускное отверстие для хвостов. В соответствии с одним вариантом выполнения, выпускное отверстие 240 для хвостов может быть расположено на боковой стенке 214 флотационного резервуара 210. Выпускное отверстие 240 для хвостов может быть расположено на боковой стенке 214 флотационного резервуара 210

на некотором расстоянии от дна 213 резервуара 210. Под расстоянием следует понимать расстояние до самой нижней точки выпускного отверстия 240 для хвостов или выпускного отверстия в боковой стенке 214 флотационного резервуара 210 от дна 213 резервуара. Расстояние может составлять от 1 до 15% высоты  $H$  резервуара 210. Например, расстояние может составлять 2%, или 5%, или 7,5%, или 12% высоты  $H$ . В качестве альтернативы выпускное отверстие 240 для хвостов может быть расположено на дне 213 флотационного резервуара 210. Выпускное отверстие 240 для хвостов может управляться ударным клапаном или любым другим подходящим способом, известным в данной области, для управления скоростью потока нижнего продукта из резервуара 210. Даже если выпускное отверстие 240 для хвостов управляется внутренними или внешними конструкциями, такими как расположенными, соответственно, выше или ниже по потоку ударными клапанами, выпускное отверстие 240 для хвостов идеально расположено в нижней части резервуара 210, то есть рядом или вблизи дна 213 флотационного резервуара, или даже на дне 213 резервуара 210. Более конкретно, нижний продукт 400 или хвосты удаляются из нижней части резервуара 210 и на боковой стенке 214 резервуара 210 или вблизи нее, в зоне В осаждения.

Флотационный резервуар 210 может также содержать сгуститель пены, имеющий форму, обеспечивающую возможность направления пены на открытой поверхности  $A_f$  пены к кромке 221 желоба. Сгуститель пены может представлять собой расположенный по центру сгуститель 261 пены, или внутренний периферийный сгуститель 262 пены, расположенный внутри резервуара 210 на требуемой глубине, у боковой стенки 214 резервуара 210.

Центральный сгуститель 261 пены расположен концентрично центру 211 резервуара 210. Центральный сгуститель 261 пены может иметь форму конуса или усеченного конуса. Центральный сгуститель 261 пены может иметь форму пирамиды или усеченной пирамиды. Другими словами, вертикальное поперечное сечение центрального сгустителя 261 пены может представлять собой перевернутый треугольник с вершиной, направленной ко дну 213 флотационного резервуара. В случае, если центральный сгуститель 261 пены имеет усеченную структуру или форму, вершина является только функциональной, т.е. она должна визуализироваться как самая нижняя точка структуры или формы, продолженная до полностью не усеченной формы, в результате чего угол  $\alpha$  при вершине может быть идентифицирован независимо от фактической формы или очертания центрального сгустителя 261 пены. Угол  $\alpha$  при вершине может составлять от 20 до 80°. Например, угол  $\alpha$  может составлять 22°, 37,5°, 45°, 55°, 63,75° или 74°. В одном варианте выполнения центральный сгуститель 61 пены выполнен с возможностью блокирования от 25 до 40% открытой поверхности  $A_f$  пены.

В качестве альтернативы или в дополнение к центральному сгустителю 261 пены, флотационный резервуар может содержать внутренний периферийный сгуститель 262 пены, расположенный в боковой стенке 214 резервуара 210, так что самая низкая точка сгустителя пены, расположенного по внутреннему периметру, расположена на некотором расстоянии от дна 213 резервуара 210. Расстояние может составлять от 1/2 до 2/3 высоты  $H$  флотационной камеры 200. Внутренний периферийный сгуститель 262 пены может содержать диагональный отборник, начиная с самой нижней точки и расположенный под углом к центру 211 резервуара 210 и проходящий между первой частью боковой стенки 214 резервуара 210 и второй частью боковой стенки 214, так что угол наклона диагонального отборника относительно первой части боковой стенки 214 составляет от 20 до 80°. Угол наклона может составлять, например, 22°, 37,5°, 45°, 55°, 63,75° или 74°. Внутренний периферийный сгуститель 262 пены может быть выполнен с возможностью блокирования от 1/5 до 1/4 площади  $A_p$  пульпы, которая измеряется на расстоянии  $h_1$  выпускного сопла 43 нагнетательной трубы 4 от дна 213 резервуара 210, в зоне А смешивания. Зона А смешивания, то есть часть или зона флотационного резервуара в вертикальном направлении, где пульпа перемещается или иным образом индуцируется смешивание взвешенных в пульпе частиц руды с пузырьками флотационного газа, формируется примерно в вертикальной части резервуара 210 вокруг нижних частей нагнетательных труб 4 и импиджеров 44.

Дополнительно или в качестве альтернативы, резервуар 210 может дополнительно содержать нижнюю конструкцию 207, расположенную на дне 213 флотационного резервуара 210 и имеющую форму, которая позволяет частицам, взвешенным в пульпе, смешиваться в зоне А смешивания, созданной над нижней конструкцией 207, и оседать в зоне В осаждения, окружающей нижнюю конструкцию 207.

Форму нижней конструкции 207 можно определить следующим образом: следует принять во внимание, что вертикальное поперечное сечение нижней конструкции 207 имеет форму функционального треугольника, который содержит первую (верхнюю) вершину, направленную от дна 213 резервуара 210; вторую вершину; и третью вершину, причем две последние вершины расположены на дне 213 флотационного резервуара 210. Первая сторона образована между первой вершиной и второй вершиной. Вторая сторона образована между первой вершиной и третьей вершиной. Основание образовано между второй вершиной и третьей вершиной, при этом основание параллельно дну 213 флотационного резервуара 210 и расположено на нем. Центральная ось функционального треугольника, по существу, концентрична центру 211 флотационного резервуара 210. "По существу" в этом контексте следует понимать так, что во время изготовления и/или установки нижней конструкции 207 возможно, что естественным образом могут возникнуть небольшие отклонения от центра 211 резервуара 210. Тем не менее, предполагается, что



две оси, центральная ось функционального треугольника (которая также является центральной осью нижней конструкции 207) и центр резервуара 210, соосны.

Угол при основании между первой стороной и основанием (и/или между второй стороной и основанием) относительно дна 213 флотационного резервуара 210 составляет от 20 до 60°. Например, этот угол может составлять 22°, 27,5°, 35°, 45° или 53,75°. Кроме того, внутренний угол между первой стороной и второй стороной составляет от 20 до 100°. Предпочтительно, внутренний угол составляет от 20 до 80°. Например, внутренний угол может составлять 22°, 33,5°, 45°, 57,75°, 64° или 85,5°. Таким образом, функциональный треугольник может быть равнобедренным или равносторонним.

Функциональный треугольник, по сути, представляет собой форму, которую можно идентифицировать с помощью вышеупомянутых особенностей, независимо от фактической формы нижней конструкции 207, которая может, в зависимости от поперечного сечения и других конструктивных деталей резервуара 210, представлять собой, например, конус, усеченный конус, пирамиду или усеченную пирамиду. Конус или усеченный конус могут быть подходящими для флотационного резервуара с круглым поперечным сечением. Пирамида или усеченная пирамида могут быть подходящей формой для флотационного резервуара 210 с прямоугольным поперечным сечением.

Нижняя конструкция 207 содержит основание, соответствующее основанию функционального треугольника (т.е. основание с треугольника определяет основание нижней конструкции 207) и расположено на дне 213 резервуара 210. Кроме того, нижняя конструкция содержит кожух. Кожух ограничен по меньшей мере первой вершиной, второй вершиной и третьей вершиной функционального треугольника. Следовательно, независимо от фактической формы нижней конструкции 207, треугольник определяет крайние физические размеры нижней конструкции 207. Например, в случае, когда нижняя конструкция 207 имеет неправильную форму, но при этом остается вращательно симметричной, она полностью вписывается в треугольник. В одном варианте выполнения кожух, по меньшей мере частично, ограничен первой стороной и второй стороной функционального треугольника. Примером такого варианта выполнения является нижняя конструкция 207, имеющая форму усеченного конуса. В одном варианте выполнения кожух, по существу, полностью ограничен первой стороной и второй стороной треугольника, то есть нижняя конструкция 207 имеет форму конуса.

Высота нижней конструкции 207 измеряется от самой верхней части нижней конструкции 207 до дна 213 резервуара 210. В случае, если форма нижней конструкции представляет собой конус или пирамиду, самая верхняя часть также является первой вершиной треугольника. В случае если нижняя конструкция 207 имеет несколько усеченную форму, высота измеряется от уровня верха усеченной формы до нижней части 213 резервуара 210. Высота больше 1/5 и меньше 3/4 высоты  $H$  флотационной камеры 200. Кроме того, диаметр основания нижней конструкции 207 может составлять от 1/4 до 3/4 диаметра флотационной камеры 200. В случае если флотационный резервуар 210 и/или нижняя конструкция 207 имеют некруглое поперечное сечение, диаметры измеряются как максимальные диагонали соответствующих частей (основания нижней конструкции 207 и дна 213 резервуара). В одном варианте выполнения площадь поверхности основания нижней конструкции 207 составляет менее 80% площади поверхности дна 213 резервуара 210. Площадь поверхности основания может составлять от 25 до 80% площади поверхности дна 213 резервуара 210.

Кроме того, объем резервуара 210, занимаемый нижней конструкцией 207, может составлять от 30 до 70% объема резервуара 210, занимаемого зоной А смешивания.

Нижняя конструкция 207 может дополнительно содержать любые подходящие опорные конструкции и/или соединительные конструкции для установки нижней конструкции 207 в резервуар 210 на его дно 213. Нижняя конструкция 207 может быть изготовлена из любого подходящего материала, такого как металл, например, из нержавеющей стали.

Высота  $H$  флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 измеряется как расстояние от дна 213 резервуара 210 до кромки 221 желоба. По периметру 212 резервуара 210 высота  $H$  не более чем на 20% ниже высоты  $H$  в центре 211 резервуара 210. Другими словами, резервуар 10 может иметь разные вертикальные поперечные сечения, например, боковая стенка 14 резервуара 10 может иметь в своей нижней части секцию, которая наклонена к центру 11 резервуара 10.

Кроме того, диаметр  $D$  флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 измеряется на расстоянии  $h_1$  до выпускного сопла 43 нагнетательной трубы 4 от дна 213 резервуара 210. В одном варианте выполнения соотношение высоты  $H$  и диаметра  $D$  ( $H/D$ ) флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 составляет от 0,5 до 1,5.

Объем флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 может составлять по меньшей мере 10 м<sup>3</sup>. Флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4 может иметь объем от 20 до 1000 м<sup>3</sup>. Например, объем флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 может составлять 100 м<sup>3</sup>, 200 м<sup>3</sup>, 450 м<sup>3</sup> или 630 м<sup>3</sup>.

Флотационная камера 200 с трубами 4 может содержать от 2 до 40 нагнетательных труб 4 или от 4 до 24 нагнетательных труб 4 для подачи питания 100 пульпы во флотационную камеру 200 или во флотационный резервуар 210. В одном варианте выполнения имеется 16 нагнетательных труб 4. В другом варианте выполнения имеется 24 нагнетательные трубы 4. В еще одном варианте выполнения имеется 8

нагнетательных труб 4. Точное количество нагнетательных труб 4 может быть выбрано в соответствии с конкретной операцией, например, в зависимости от типа пульпы, обрабатываемой внутри флотационной камеры 200, объемной скорости потока питания во флотационную камеру 200, массового расхода питания во флотационную камеру 200 или объема или размеров камеры 200. Чтобы должным образом диспергировать флотационный газ во флотационном резервуаре 210, можно использовать от 4 до 6 нагнетательных труб 4.

Нагнетательная труба 4 выполнена с возможностью ограничивать поток поступающего питания пульпы из выпускного сопла 43 и поддерживать подаваемое питание пульпы под давлением в нагнетательной трубе 4. Нагнетательная труба 4 содержит впускное сопло 41 для подачи питания 100 пульпы в нагнетательную трубу 4; впускное отверстие 42 для сжатого воздуха или другого газа, так что питание 100 пульпы может подвергаться воздействию сжатого воздуха или другого газа, когда оно выходит из впускного сопла 41; удлиненную камеру 40, выполненную с возможностью приема под давлением питания 100 пульпы; и выпускное сопло 43 может быть также выполнено с возможностью создания сверхзвуковой ударной волны в питании пульпы, причем сверхзвуковая ударная волна вызывает образование агломератов пузырьков флотационного газа и частиц. Например, выпускное сопло 43 может индуцировать сверхзвуковую ударную волну в питании 100 пульпы, когда оно выходит из нагнетательной трубы 40. Кроме того, сверхзвуковая ударная волна может проходить в пульпу рядом с выпускным соплом или вокруг него, так что даже снаружи нагнетательной трубы становится возможным образование агломератов пузырьков флотационного газа и частиц небольшого размера.

Флотационный газ увлекается за счет турбулентного перемешивающего действия, вызываемого струей, и диспергируется в маленькие пузырьки в питании 100 пульпы, когда он проходит вниз через удлиненную камеру 40 к выпускному соплу 43, выполненному с возможностью ограничения потока подаваемого питания 100 пульпы из выпускного сопла 43 и также выполненному с возможностью поддержания питания 100 пульпы под давлением в удлиненной камере 40.

Для ограничения потока выпускное сопло 43 может содержать дроссель, такой как ограничивающая конструкция в виде горловины. Из выпускного сопла 43, более конкретно, из дросселя, питание 100 пульпы выходит под давлением во флотационную камеру 200. Когда питание 100 пульпы проходит через выпускное сопло 43 или через дроссель выпускного сопла 43, пузырьки флотационного газа уменьшаются в размере из-за изменений давления и из-за среды с высокой скоростью сдвига за выпускным соплом 43. Скорость газожидкостной смеси в выпускном сопле 43 или в дросселе может превышать скорость звука, когда поток питания 100 пульпы становится запертым потоком, а поток за дросселем становится сверхзвуковым, при этом в расширяющейся части выпускного сопла 43 образуется ударная волна. Другими словами, выпускное сопло 43 может быть выполнено с возможностью индуцировать сверхзвуковую ударную волну в питании 100 пульпы. Поток питания 100 пульпы оказывается запертым, когда соотношение абсолютного давления перед выпускным соплом 43 и абсолютного давления за ограничительной конструкцией выпускного сопла 43 превышает критическое значение. Когда соотношение давления превышает критическое значение, поток питания 100 пульпы за ограничительной конструкцией выпускного сопла 43 становится сверхзвуковым, и образуется ударная волна. Небольшие пузырьки флотационного газа в смеси питания 100 пульпы разделяются на еще более мелкие, проходя через ударную волну, и принудительно вступают в контакт с гидрофобными частицами руды в питании 100 пульпы, создавая, тем самым, агломераты пузырьков флотационного газа и частиц руды.

Выпускное сопло 43 может быть расположено внутри флотационного резервуара 210 на требуемой глубине. Выпускное сопло 43 может быть расположено на некотором расстоянии по вертикали от кромки 221 желоба, при этом это расстояние составляет по меньшей мере 1,5 м. Другими словами, длина участка нагнетательной трубы 4, расположенного внутри резервуара 210 ниже уровня кромки 221 желоба, составляет по меньшей мере 1,5 м. В одном варианте выполнения расстояние до выпускного сопла 43 от кромки 221 желоба составляет по меньшей мере 1,7 м, а расстояние  $h_1$  до выпускного сопла 43 от дна 213 флотационной резервуара 210 составляет по меньшей мере 0,4 м. Например, расстояние до выпускного сопла 43 от кромки 221 желоба может составлять 1,55 м, 1,75 м, 1,8 м, 2,2 м, 2,45 м или 5,25 м; а расстояние  $h_2$ , независимо от расстояния выпускного сопла 43 от кромки 221 желоба, может составлять 0,45 м, 0,55 м, 0,68 м, 0,9 м или 1,2 м. Кроме того, соотношение расстояния до выпускного сопла 43 от кромки 221 желоба и высоты  $H$  флотационной камеры 210 может составлять 0,9 или меньше. Глубина, на которой нагнетательные трубы 4 расположены внутри резервуара 210, может зависеть от ряда факторов, например, от характеристик пульпы и/или ценного минерала, подлежащего обработке во флотационной камере 200, или от конфигурации линии 1 флотации, в которой расположена флотационная камера 200. Соотношение расстояния  $h_2$  от выпускного сопла 43 до дна 213 резервуара 210 и высоты  $H$  резервуара 210,  $h_2/H$ , может составлять от 0,1 до 0,75. Диаметр выпускного сопла 43 может составлять от 10 до 30% диаметра удлиненной камеры 40 нагнетательной трубы 4. Диаметр выпускного сопла 43 может составлять от 40 до 100 мм. Например, диаметр выпускного сопла 43 может составлять 55, 62 или 70 мм.

Путем расположения выпускного сопла, имеющего определенный диаметр, скорость подаваемого питания пульпы может поддерживаться на уровне, благоприятном для создания пузырьков флотационного газа небольшого размера и для увеличения вероятности контакта этих пузырьков с частицами руды

в пульпе. В частности, для поддержания ударной волны после выпускного сопла необходимо поддерживать скорость суспензии 10 м/с или выше. Путем выполнения выпускного сопла в зависимости от размера нагнетательной трубы можно учесть влияние скорости потока подаваемого питания пульпы во флотационных камерах различных типов.

Нагнетательная труба 4 может также содержать импиджер 44, выполненный с возможностью осуществления контакта с потоком питания 100 пульпы из выпускного сопла 43 и направления потока питания 100 пульпы радиально наружу и вверх от импиджера 44. Питание 100 пульпы, выходящее из выпускного сопла 43 поэтому направлено с обеспечением контакта с импиджером 44. Расстояние от дна импиджера 44 до выпускного сопла 43 может быть от 2 до 20 раз больше диаметра выпускного сопла 43. Например, расстояние от дна импиджера 44 до выпускного сопла 43 может быть в 5 раз больше, 7, 12 или 15 раз больше диаметра выпускного сопла 43. Соотношение расстояния от дна импиджера 44 до выпускного сопла 43 и расстояния  $h_1$  до выпускного сопла 43 от дна 13 резервуара 10 может составлять меньше 1,0. Кроме того, расстояние до дна импиджера 44 от дна 213 резервуара 210 может составлять по меньшей мере 0,3 м. Например, расстояние до дна импиджера 44 от дна 213 резервуара 210 может составлять 0,4 м, 0,55 м, 0,75 м или 1,0 м. Импиджер 44 может содержать поверхность столкновения, предназначенную для контакта с потоком питания 100 пульпы, выходящего из выпускного сопла 43. Поверхность столкновения может быть изготовлена из износостойкого материала, чтобы уменьшить потребность в заменах или обслуживании.

Пульпа, которая, по существу, представляет собой трехфазную смесь газа, жидкости и твердого вещества, поднимаясь из импиджера 44, попадает в верхнюю часть резервуара 210, при этом пузырьки флотационного газа поднимаются вверх и отделяются от жидкости, образуя слой пены. Пена поднимается вверх и выходит через кромку 221 желоба в желоб 202 и выходит из флотационной камеры 1 в виде верхнего продукта 500.

Хвосты или нижний продукт 400, из которых по существу удален требуемый материал, выходят из резервуара 210 через выпускное отверстие, расположенное на дне 213 резервуара 210 или рядом с ним.

Некоторые из крупных гидрофобных частиц, которые переносятся в пену, могут впоследствии отделиться от пузырьков флотационного газа и упасть обратно в резервуар 210 в результате слияния пузырьков в пену. Однако большинство таких частиц падают обратно в резервуар 210 таким образом и в таком положении, что они могут быть захвачены пузырьками, вновь поступающими в резервуар 210 из нагнетательных труб 4, и снова перенесены в слой пены.

Нагнетательные трубы 4 могут быть расположены концентрично периметру 212 резервуара 210 на расстоянии от центра 211 резервуара 210, причем расстояние предпочтительно одинаково для каждой нагнетательной трубы 4. Это может иметь место, когда резервуар 210 имеет круглое поперечное сечение. Нагнетательные трубы 4 могут быть дополнительно расположены так, что каждая нагнетательная труба 4 расположена на расстоянии до выпускного сопла 43 от центра 211 резервуара 210, причем расстояние предпочтительно одинаковое для каждой нагнетательной трубы 4. Например, расстояние до выпускного сопла 43 от центра 211 резервуара 210 может составлять от 10 до 40% от диаметра D резервуара 210. В соответствии с различными вариантами выполнения флотационной камеры 200, расстояние до выпускного сопла 43 от центра 211 резервуара 210 может составлять 12,5%, или 15%, или 25%, или 32,5% от диаметра D резервуара 210.

В качестве альтернативы, нагнетательные трубы 4 могут быть расположены параллельно боковой стенке 214 резервуара 210 на некотором расстоянии от боковой стенки 214. Это может иметь место, когда резервуар 210 имеет прямоугольное поперечное сечение. Кроме того, параллельно расположенные нагнетательные трубы 4 могут быть также расположены по прямой линии внутри резервуара 210. Расстояние до выходного сопла 43 нагнетательной трубы 4 от боковой стенки 214 резервуара 210 может составлять от 10 до 40% диаметра D резервуара 210. В одном варианте выполнения расстояние до выходного сопла 43 нагнетательной трубы 4 от боковой стенки 214 резервуара 210 составляет 25% от диаметра D резервуара 210. В соответствии с различными вариантами выполнения флотационной камеры 10, расстояние до выходного сопла 43 нагнетательной трубы 4 от боковой стенки 214 резервуара 210 может составлять 12,5%, или 15%, или 27%, или 32,5% от диаметра D резервуара 210. Кроме того, параллельно расположенные нагнетательные трубы 4 могут быть также расположены на прямой линии внутри резервуара 210.

Кроме того, во всех вышеупомянутых вариантах выполнения нагнетательные трубы 4 могут быть расположены на равном расстоянии друг от друга, так что расстояние между любыми двумя соседними выпускными соплами 43 будет одинаковым.

Фракция 300 пульпы может быть выведена из флотационного резервуара 210 через выпускное отверстие 31, расположенное на боковой стенке 214 резервуара 210. Эта фракция 300 пульпы подается обратно в нагнетательные трубы 4 в качестве питания пульпы. В одном варианте выполнения питание 100 пульпы содержит 40% или меньше фракции 300 пульпы. В другом варианте выполнения питание 100 пульпы содержит 50% или меньше фракции 300 пульпы. Например, питание пульпы может составлять 5%, или 12,5%, или 20%, или 30%, или 37,5%, или 45% фракции 300 пульпы. В качестве альтернативы, питание 100 пульпы может содержать 0% фракции 300 пульпы, т.е. не происходит рециркуляции пуль-

пы, взятой из резервуара 210, обратно во флотационную камеру 200, но питание 100 пульпы содержит 100% свежей пульпы 200, например, из предыдущей флотационной камеры 110, 120, 130, 200 (то есть нижний продукт 400 из предыдущей флотационной камеры) или из предыдущей стадии процесса.

Фракция 300 пульпы может быть направлена обратно во все нагнетательные трубы 4 флотационного резервуара 210 или, в качестве альтернативы, в некоторые из нагнетательных труб 4, тогда как другие нагнетательные трубы 4 принимают свежую пульпу 200, содержащую либо нижний поток 400 из предыдущей флотационной камеры 110, 120, 130, 200, либо поток пульпы из некоторой предыдущей стадии процесса, в зависимости от расположения флотационной камеры 200 внутри линии 8 флотации. Выпускное отверстие 31 может быть расположено на расстоянии от дна 213 резервуара 210. Это расстояние до выпускного отверстия 31 от дна 213 резервуара 210 следует понимать как расстояние до самой нижней точки выпуска или выпускного отверстия в боковой стенке 214 резервуара 210 от дна 213 резервуара. Расстояние до выпускного отверстия 31 от дна 213 флотационного резервуара 210 составляет от 0 до 50% от высоты Н флотационной камеры 200. Выпускное отверстие 31 может быть преимущественно расположено в зоне осаждения, где частицы, взвешенные в пульпе и не захваченные пузырьками флотационного газа и/или восходящим потоком пульпы, опускаются ко дну 213 резервуара 210. В одном варианте выполнения выпускное отверстие 31 расположено в нижней части резервуара 210. Например, расстояние до выпускного отверстия 31 от дна 213 резервуара 210 может составлять 2%, или 8%, или 12,5%, или 17, или 25% от высоты Н флотационной камеры 200. Даже если выпускное отверстие 31 управляется внутренними или внешними конструкциями, такими как расположенные, соответственно, выше или ниже по потоку ударные клапаны, выпускное отверстие 31 идеально расположено в нижней части резервуара 210, то есть рядом с дном 213 резервуара или вблизи него. Более конкретно, фракция 300 пульпы удаляется из нижней части резервуара 210.

Флотационная камера 200 может также содержать контур 3 кондиционирования. Контур 3 кондиционирования может содержать насосный резервуар 30 или другой такой дополнительный резервуар, проточно сообщающийся с резервуаром 210. В насосном резервуаре 30 питание свежей пульпы 2 и фракция 300 пульпы, отобранная из резервуара 210 через выпускное отверстие 31, могут быть объединены в питание 100 пульпы, которое затем направляется в нагнетательные трубы 4 флотационного резервуара 210. Свежая пульпа 2 может, например, представлять собой нижний продукт 400 из предыдущей флотационной камеры 110, 120, 130, 200, или, если флотационная камера 200 является первой флотационной камерой линии 1 флотации, питание пульпы, поступающее из узла / стадии измельчения или узла / стадии классификации. Также возможно, что фракция 300 пульпы и свежая пульпа 2 распределяются в нагнетательные трубы 4 без предварительного объединения в насосном резервуаре 30.

Объединенная пульпа может подаваться обратно во все нагнетательные трубы 4 резервуара 210 или, в качестве альтернативы, в некоторые из нагнетательных труб 4, в то время как другие нагнетательные трубы 4 принимают свежую пульпу 200, содержащую либо нижний поток 400 из предыдущей флотационной камеры 110, 120, 130, 200, или поток пульпы из некоторой предыдущей стадии процесса, в зависимости от расположения флотационной камеры 200 в линии 1 флотации.

Выпускное отверстие 31 может быть расположено на боковой стенке 214 резервуара 210 на расстоянии от дна 213 резервуара 210. Расстояние от выпускного отверстия 31 до дна 213 флотационного резервуара 210 может составлять от 0 до 50% от высоты Н флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4. Например, расстояние от выпускного отверстия 31 до дна 213 флотационного резервуара 210 может составлять 2%, или 8%, или 12,5%, или 20%, или 33% от высоты Н флотационной камеры 200.

Кроме того, контур кондиционирования может содержать насос 32, выполненный с возможностью всасывания фракции 300 пульпы из резервуара 10 и для дальнейшей передачи питания 100 пульпы из насосного резервуара 30 в нагнетательные трубы 4. Фракция 300 пульпы может содержать частицы с низкой скоростью осаждения, например, мелкие, медленно всплывающие частицы. Фракция пульпы может быть взята из нижней части резервуара 210 или рядом с ним. Дополнительно или в качестве альтернативы, контур 3 кондиционирования может дополнительно содержать распределительный узел (не показан на фиг. 1), выполненный с возможностью распределения питания 100 пульпы в нагнетательные трубы 4. Насос 32 может также использоваться для дальнейшей передачи питания 100 пульпы в нагнетательные трубы 4. Чтобы равномерно распределить питание 100 пульпы по трубам 4, можно использовать распределительное устройство. Распределительное устройство может, например, содержать подающую трубу внутри флотационного резервуара 210, выполненную с возможностью распределения фракции 300 пульпы непосредственно в нагнетательные трубы 4. Например, распределительное устройство может содержать трубопроводы, расположенные снаружи резервуара 210, ведущие к отдельному распределителю питания, выполненному с возможностью распределения фракции 300 пульпы или объединения фракции 300 пульпы и свежей пульпы 200 в нагнетательные трубы 4.

Линия 10 флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержит узел 12 контрольной флотации с одной или несколькими камерами 120 контрольной флотации для разделения пульпы на нижний продукт 400 и верхний продукт 500. Узел 12 контрольной флотации может содержать по меньшей мере две камеры 120 контрольной флотации. Узел 12 контрольной флотации может содержать от 2 до 7 камер 120 контрольной флотации. Узел 12 контрольной флотации может содержать от 2 до

5 камер 120 контрольной флотации. Узел 12 контрольной флотации также содержит одну или несколько флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4. В качестве альтернативы, за узлом 12 контрольной флотации может следовать одна или несколько флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4.

Флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4 выполнена с возможностью приема нижнего продукта 400 из предыдущей камеры 120 контрольной флотации в качестве питания 100 пульпы или в качестве части питания 100 пульпы, для объединения с фракцией 300 пульпы из флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 перед ее подачей во флотационную камеру 200 с нагнетательными трубами 4 в качестве питания 100 пульпы.

В узле 12 контрольной флотации перед флотационной камерой 200 с нагнетательными трубами 4 может быть установлена одна или несколько камер 120 контрольной флотации. В качестве альтернативы или дополнительно, перед флотационной камерой 200 с нагнетательными трубами 4 может быть расположена камера 120 контрольной флотации, содержащая механическую мешалку 70. Кроме того, в качестве альтернативы или дополнительно, перед камерой 200 с нагнетательными трубами 4 может быть расположена дополнительная камера 200 с нагнетательными трубами 4. В соответствии с одним вариантом выполнения, флотационная камера 200 или флотационные камеры 200 с нагнетательными трубами 4 являет(ют)ся последней(ими) флотационной(ыми) камерой(ами) узла 12 контрольной флотации.

Линия 10 флотации дополнительно содержит узел 13 контрольной пересчетной флотации с одной или несколькими камерами 130 контрольной пересчетной флотации для разделения пульпы на нижний продукт 400 и верхний продукт 500. Узел 13 контрольной пересчетной флотации может содержать по меньшей мере две камеры 130 контрольной пересчетной флотации. Узел 13 контрольной пересчетной флотации может содержать от 2 до 6 камер 130 контрольной пересчетной флотации. Узел 13 контрольной пересчетной флотации может содержать от 2 до 5 камер 130 контрольной пересчетной флотации. Узел 13 контрольной пересчетной флотации также содержит одну или несколько флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4. В качестве альтернативы, за узлом 13 контрольной пересчетной флотации может следовать одна или несколько флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4.

Флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4 выполнена с возможностью приема нижнего продукта 400 из предыдущей флотационной камеры 130 контрольной пересчетной флотации в качестве питания 100 пульпы или в качестве части питания 100 пульпы, для объединения с фракцией 300 пульпы из флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 перед подачей во флотационную камеру 200 с нагнетательными трубами 4 в качестве питания 100 пульпы.

В узле 13 контрольной пересчетной флотации перед флотационной камерой 200 с нагнетательными трубами 4 может быть установлена одна или несколько камер 130 контрольной пересчетной флотации. В качестве альтернативы или дополнительно, перед флотационной камерой 200 с нагнетательными трубами 4 может быть установлена камера 130 контрольной пересчетной флотации, содержащая механическую мешалку 70. Кроме того, в качестве альтернативы или дополнительно, перед флотационной камерой 200 с нагнетательными трубами 4 может быть установлена дополнительная флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4. В одном варианте выполнения перед камерой 130 контрольной пересчетной флотации установлена камера Джеймсона. В камере Джеймсона пузырьки флотационного газа имеют размер от 0,4 до 1,2 мм. В одном варианте выполнения камере 130 контрольной пересчетной флотации предшествует дополнительная флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4. В этой флотационной камере пузырьки флотационного газа имеют диапазон размеров от 0,05 до 0,7 мм. В еще одном варианте выполнения камере 130 контрольной пересчетной флотации может предшествовать дополнительная флотационная камера с нагнетательными трубами 4, выполненными с возможностью ограничения потока подаваемого питания 100 пульпы из выпускного сопла 43, чтобы поддерживать подаваемое питание 100 пульпы под давлением в нагнетательной трубе 4, и индуцировать сверхзвуковую ударную волну в питании 100 пульпы, когда оно выходит из нагнетательной трубы. В соответствии с одним вариантом выполнения, флотационная камера 200 с нагнетательными трубами 4 или флотационные камеры 200 с нагнетательными трубами 4 являет(ют)ся последней(ими) флотационной(ыми) камерой(ами) узла 13 контрольной пересчетной флотации.

Конфигурация узла 12 контрольной флотации, как описано выше, является изменяемой независимо от конфигурации узла 13 контрольной пересчетной флотации, как описано выше. Другими словами, узел 12 контрольной флотации может содержать одну или несколько флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4, узел 13 контрольной пересчетной флотации может содержать одну или несколько флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4, или оба они могут содержать одну или несколько флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4, а также, соответственно, камеры 120 контрольной флотации или камеры 130 контрольной пересчетной флотации в любом количестве и любого типа, в объеме защиты, определенном описанными здесь вариантами выполнения.

Линия 10 флотации может также содержать узел 11 грубой флотации с одной или несколькими камерами 110 грубой флотации для разделения пульпы на нижний продукт 400 и верхний продукт 500. Узел 11 грубой флотации может содержать по меньшей мере две камеры 110 грубой флотации или от 2 до 7 камер 110 грубой флотации или от 2 до 5 камер 110 грубой флотации. Верхний продукт 500 может

протекать непосредственно в линию переречистой флотации (не показана на чертежах). В случае, если имеется более одной камеры 110 грубой флотации, верхние продукты из нескольких камер 110 грубой флотации могут быть объединены и затем направлены для перетекания в линию переречистой флотации. Нижний продукт 400 из последней камеры 110 грубой флотации выполнен с возможностью перетекания в узел 12 контрольной флотации в качестве питания пульпы. Питание пульпы может содержать свежую пульпу 2, которая должна быть объединена с фракцией 300 пульпы из флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 перед ее подачей во флотационную камеру 200 с нагнетательными трубами 4 в качестве питания 100 пульпы. В качестве альтернативы, питание пульпы может непосредственно направляться в предшествующую флотационную камеру 120, 200.

В целом, линия 10 флотации может содержать по меньшей мере три флотационные камеры 110, 120, 130, 200. Линия 10 флотации может содержать от 3 до 10 флотационных камер 110, 120, 130, 200. Линия 10 флотации может содержать от 4 до 7 флотационных камер 110, 120, 130, 200.

Флотационные камеры 110, 120, 130, 200 линии 10 флотации соединены последовательно и расположены в проточном сообщении, так что последующая флотационная камера выполнена с возможностью приема нижнего продукта 400 из предыдущей флотационной камеры в качестве питания пульпы или, в случае флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4, как альтернатива, в качестве части питания 100 пульпы, содержащего фракцию 300 пульпы из флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 и свежую пульпу 2, которая является нижним продуктом 400 из предыдущей флотационной камеры.

Верхний продукт 500 из камеры контрольной флотации может перетекать в стадию 91 повторного измельчения, а затем в узел 13 контрольной переречистой флотации. В случае если имеется более одной камеры 120 контрольной флотации, верхние продукты 500 из нескольких камер 120 контрольной флотации могут быть объединены, а затем направлены для перетекания в стадию 91 повторного измельчения (см. фиг. 2). Верхний продукт 500 из флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 (в линии 12 контрольной флотации или в линии 13 контрольной переречистой флотации) может перетекать в линию переречистой флотации (не показана на чертежах). В случае если имеется более одной флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами, верхний продукт 500 из них может быть объединен и направлен для перетекания в линию переречистой флотации (см. фиг. 2). В качестве альтернативы, верхний(е) продукт(ы) 500 из флотационной камеры 200 или флотационных камер 200 в линии 12 контрольной флотации может(гут) быть объединен(ы) с верхним(и) продуктом(ами) из камер(ы) 120 контрольной флотации и направлен(ы) для перетекания в стадию 91 повторного измельчения. Тем не менее, в качестве альтернативы, верхний продукт 500 одной флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 может быть объединен таким образом, тогда как верхний продукт 500 другой флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 может направляться в линию переречистой флотации (см. фиг. 3). Кроме того, верхние продукты 500 или несколько верхних продуктов 500 флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4 могут направляться для перетекания в отдельную стадию 91 доизмельчения, а оттуда - на дальнейшую обработку (см. фиг. 4).

Верхний продукт 500 для камеры контрольной переречистой флотации может перетекать на дальнейшую обработку, в соответствии с уровнем техники. Верхний продукт 500 из флотационной камеры 200 с нагнетательными трубами 4 в линии 13 контрольной переречистой флотации может перетекать в линию переречистой флотации (не показана на чертежах). В качестве альтернативы, верхний(е) продукт(ы) 500 из флотационной камеры 200 или флотационных камер 200 в линии 13 контрольной флотации может(гут) быть объединен(ы) с верхним(и) продуктом(ами) из камер(ы) 130 контрольной переречистой флотации и направлен(ы) для перетекания на дальнейшую обработку (см. фиг. 3). Кроме того, верхние продукты 500 или несколько верхних продуктов 500 из флотационных камер 200 с нагнетательными трубами 4 в узле 13 контрольной переречистой флотации могут перетекать в отдельную стадию 91 доизмельчения, а оттуда - на дальнейшую обработку (см. фиг. 4).

Нижний продукт 400 из последней камеры 120 контрольной флотации линии 10 флотации, а также нижний продукт 400 из последней камеры контрольной переречистой флотации линии 10 флотации может удаляться из линии 10 флотации в качестве хвостов 800. Верхние продукты 500 из флотационных камер 110, 120, 130, 200 могут содержать концентрат, а нижние продукты 400 из флотационных камер 110, 120, 130, 200 могут перетекать в хвосты 800 (непосредственно или опосредованно через обработку в ряде последующих флотационных камер). Потоки пульпы, например нижний продукт 400 из предыдущей флотационной камеры 110, 120, 130, 200, могут быть организован так, чтобы направляться в следующую флотационную камеру под действием силы тяжести. В качестве альтернативы или дополнительно, для перекачки потоков пульпы может использоваться насос с низким напором.

По меньшей мере 30% объема флотации в линии 10 флотации содержит механическую мешалку 70, содержащую систему для ввода флотационного газа во флотационную камеру. В одном варианте выполнения по меньшей мере 60% объема флотации в линии 10 флотации содержит механическую мешалку 70. Например, в зависимости от совокупного объема флотационных камер в линии 10 флотации и объема отдельных флотационных камер 110, 120, 130, 200 внутри флотационной линии 10, 33% флотационных камер, 40% флотационных камер, 50% флотационных камер или 67% флотационных камер, или 75%

флотационных камер могут содержать механическую мешалку 70.

Линии 10 флотации могут предшествовать другие процессы, такие как измельчение, классификация, грохочение, тяжелосредний процесс, процесс извлечения крупных частиц, винтовые сепараторы и другие процессы разделения; и другие процессы флотации. За линией 10 флотации может следовать ряд процессов, таких как повторное измельчение, очистка или другие процессы флотации, центрифугирование, фильтрация, грохочение или обезвоживание.

В соответствии с еще одним аспектом изобретения, линия 10 флотации может применяться для извлечения частиц, содержащих ценный материал, взвешенный в пульпе. В одном варианте выполнения применение может быть направлено на извлечение частиц, содержащих неполярные минералы, такие как графит, сера, молибденит, уголь, тальк.

В соответствии с другим вариантом выполнения, применение может быть направлено на извлечение частиц, содержащих полярные минералы.

В еще одном варианте выполнения применение направлено на извлечение частиц из минералов, имеющих твердость по Моосу от 2 до 3, таких как галенит, сульфидные минералы, МПГ, минералы РЗО. В еще одном варианте выполнения применение конкретно направлено на извлечение частиц, содержащих платину.

В еще одном варианте выполнения применение направлено на извлечение частиц, содержащих медь, из минеральных частиц, имеющих твердость по Моосу от 3 до 4. В еще одном варианте выполнения применение конкретно направлено на извлечение частиц, содержащих медь, из руды с низким содержанием меди.

Описанная здесь линия 10 флотации особенно подходит, но не ограничивается этим, для извлечения ценных минералов, содержащих руды, где частицы минеральной руды содержат медь (Cu), цинк (Zn), железо (Fe), пирит или сульфид металла, такой как сульфид золота. Частицы минеральной руды, содержащие другие ценные минералы, такие как Pb, Pt, МПГ (металлы платиновой группы Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt), оксидный минерал, промышленные минералы, такие как Li (например, сподумен), петалит и редкоземельные минералы, также могут быть извлечены в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения.

Линия 10 флотации подходит для использования при извлечении частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, в частности, из низкосортной руды. Линия 10 флотации в особенности подходит для извлечения частиц минеральной руды, содержащей Cu, из руды с низким содержанием меди. Линия 10 флотации также подходит для извлечения частиц минеральной руды, содержащей Fe, путем обратной флотации.

В соответствии с еще одним аспектом изобретения, флотационная установка содержит линию 10 флотации, выполненную в соответствии с настоящим изобретением. В одном варианте выполнения флотационная установка может содержать по меньшей мере две линии 10 флотации. В другом варианте выполнения флотационная установка может содержать по меньшей мере три линии 10 флотации. В одном варианте выполнения флотационная установка может содержать по меньшей мере одну первую линию 10 флотации для извлечения первого концентрата и по меньшей мере одну вторую линию 10 флотации для извлечения второго концентрата.

Флотационная установка может содержать линию 10 флотации, предназначенную для извлечения частиц, содержащих Cu, из минералов, имеющих твердость по Моосу от 3 до 4. В частности, такая линия 10 флотации может быть выполнена с возможностью извлечения частиц, содержащих Cu, из руды с низким содержанием меди. В качестве альтернативы или дополнительно, флотационная установка может содержать линию 10 флотации, выполненную с возможностью извлечения частиц из минералов, имеющих твердость по шкале Мооса от 2 до 3, таких как галенит, сульфидные минералы, МПГ и/или минералы РЗО. В частности, такая линия 10 флотации может быть выполнена с возможностью извлечения частиц, содержащих Pt.

Флотационная установка может дополнительно содержать устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат отличается от первого концентрата. В одном варианте выполнения устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды может представлять собой стадию измельчения, расположенную между первой линией 10 флотации и второй линией 10 флотации. В другом варианте выполнения устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды может представлять собой устройство для добавления флотационных химикатов, расположенных между первой линией 10 флотации и второй линией 10 флотации.

Описанные выше варианты выполнения могут использоваться в любой комбинации друг с другом. Несколько вариантов выполнения могут быть объединены вместе, чтобы сформировать еще один вариант выполнения. Устройство, способ, установка или применение, к которым относится изобретение, может содержать по меньшей мере один из вариантов выполнения, описанных выше. Для специалиста в данной области очевидно, что с развитием технологий 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. Линия (10) флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержащая
  - узел (12) контрольной флотации, содержащий камеру (120) контрольной флотации для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт; и
  - узел (13) контрольной перемешивающей флотации, содержащий камеру (130) контрольной перемешивающей флотации для разделения пульпы на верхний продукт (500) и нижний продукт (400), причем обеспечена возможность перетекания верхнего продукта из камеры контрольной флотации в стадию (91) доизмельчения, а затем в узел контрольной перемешивающей флотации;
  - обеспечена возможность удаления из линии флотации нижнего продукта из последней камеры контрольной флотации и из последней камеры контрольной перемешивающей флотации в качестве хвостов (800);
  - по меньшей мере 30% объема флотации в линии флотации содержит механическую мешалку (70), содержащую систему для введения флотационного газа во флотационную камеру;
  - флотационные камеры (120, 130) в линии флотации соединены последовательно и расположены в проточном сообщении, так что последующая флотационная камера выполнена с возможностью приема нижнего продукта из предыдущей флотационной камеры в качестве питания (100) пульпы;
  - отличающаяся тем, что
    - узел (12) контрольной флотации или узел (13) контрольной перемешивающей флотации содержит дополнительную флотационную камеру (200) с нагнетательными трубами (4) для введения питания (100) пульпы во флотационную камеру; или
    - тем, что за узлом (12) контрольной флотации или за узлом (13) контрольной перемешивающей флотации расположена дополнительная флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4) для введения питания (100) пульпы во флотационную камеру;
    - причем флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4) выполнена с возможностью приема нижнего продукта (400) из камеры (120) контрольной флотации или камеры (130) контрольной перемешивающей флотации в качестве питания (100) пульпы; и
    - нагнетательная труба выполнена с возможностью ограничения потока питания пульпы, поступающего из выпускного сопла (43), и поддержания питания пульпы под давлением в нагнетательной трубе.
2. Линия флотации по п.1, отличающаяся тем, что она также содержит узел (11) грубой флотации с камерой (110) грубой флотации для разделения пульпы на нижний продукт (400) и верхний продукт (500), причем обеспечена возможность протекания верхнего продукта непосредственно в линию перемешивающей флотации, а нижнего продукта из последней камеры грубой флотации - в узел (12) контрольной флотации в качестве питания пульпы.
3. Линия флотации по п.2, отличающаяся тем, что узел (11) грубой флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры (110), или от 2 до 7 флотационных камер, или от 2 до 5 флотационных камер.
4. Линия флотации по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что по меньшей мере 60% объема флотации в линии флотации содержит механическую мешалку (70), содержащую систему для введения флотационного газа во флотационную камеру.
5. Линия флотации по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что узел (12) контрольной флотации содержит флотационную камеру (200) с нагнетательными трубами (4).
6. Линия флотации по п.5, отличающаяся тем, что перед флотационной камерой (200) с нагнетательными трубами (4) расположена камера (120) контрольной флотации.
7. Линия флотации по п.5 или 6, отличающаяся тем, что перед флотационной камерой (200) с нагнетательными трубами (4) расположена камера (120) контрольной флотации, содержащая механическую мешалку (70).
8. Линия флотации по любому из пп.5-7, отличающаяся тем, что перед флотационной камерой (200) с нагнетательными трубами (4) расположена дополнительная флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4).
9. Линия флотации по любому из пп.5-8, отличающаяся тем, что флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4) является последней флотационной камерой узла (12) контрольной флотации.
10. Линия флотации по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что узел (13) контрольной перемешивающей флотации содержит флотационную камеру (200) с нагнетательными трубами (4).
11. Линия флотации по п.10, отличающаяся тем, что перед флотационной камерой (200) с нагнетательными трубами (4) расположена камера (130) контрольной перемешивающей флотации.
12. Линия флотации по п.10 или 11, отличающаяся тем, что перед флотационной камерой (200) с нагнетательными трубами (4) расположена камера (130) контрольной перемешивающей флотации, содержащая механическую мешалку (70).
13. Линия флотации по п.11 или 12, отличающаяся тем, что перед камерой (130) контрольной перемешивающей флотации расположена камера Джеймсона, в которой диапазон размеров пузырьков флотационного газа составляет от 0,4 до 1,2 мм; или дополнительная флотационная камера (200) с нагнетательными



трубами (4), в которой диапазон размеров пузырьков флотационного газа составляет от 0,05 до 0,7 мм.

14. Линия флотации по п.11 или 12, отличающаяся тем, что перед камерой (130) контрольной перечистой флотации расположена дополнительная флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4), выполненная с возможностью ограничения потока питания пульпы из выпускного сопла (43), поддержания питания пульпы под давлением в нагнетательной трубе и индуцирования сверхзвуковой ударной волны в питании пульпы, когда оно выходит из нагнетательной трубы.

15. Линия флотации по любому из пп.10-14, отличающаяся тем, что флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4) является последней флотационной камерой в узле (13) контрольной перечистой флотации.

16. Линия флотации по любому из пп.10-15, отличающаяся тем, что узел (12) контрольной флотации содержит флотационную камеру (200) с нагнетательными трубами (4).

17. Линия флотации по п.16, отличающаяся тем, что перед флотационной камерой (200) с нагнетательными трубами (4) расположена камера (120) контрольной флотации.

18. Линия флотации по п.16 или 17, отличающаяся тем, что перед флотационной камерой (200) с нагнетательными трубами (4) расположена камера (120) контрольной флотации, содержащая механическую мешалку (70).

19. Линия флотации по любому из пп.16-18, отличающаяся тем, что перед флотационной камерой (200) с нагнетательными трубами (4) расположена дополнительная флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4).

20. Линия флотации по любому из пп.16-19, отличающаяся тем, что флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4) является последней флотационной камерой узла (12) контрольной флотации.

21. Линия флотации по любому из пп.1-20, отличающаяся тем, что верхние продукты (500) из флотационных камер содержат концентрат, а также обеспечена возможность перетекания нижних продуктов (400) из флотационных камер в хвосты (800).

22. Линия флотации по любому из пп.1-21, отличающаяся тем, что обеспечена возможность направления нижнего продукта (400) из предыдущей флотационной камеры (110, 120, 130, 200) в последующую флотационную камеру под действием силы тяжести.

23. Линия флотации по любому из пп.1-22, отличающаяся тем, что линия (1) флотации содержит по меньшей мере три флотационные камеры (110, 120, 130, 200), или от 3 до 10 флотационных камер, или от 4 до 7 флотационных камер.

24. Линия флотации по любому из пп.1-23, отличающаяся тем, что узел (12) контрольной флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры (120, 200), или от 2 до 7 флотационных камер, или от 2 до 5 флотационных камер.

25. Линия флотации по любому из пп.1-24, отличающаяся тем, что узел (13) контрольной перечистой флотации содержит по меньшей мере две флотационные камеры (130, 200), или от 2 до 6 флотационных камер, или от 2 до 4 флотационных камер.

26. Линия флотации по любому из пп.1-25, отличающаяся тем, что соотношение высоты (H) флотационной камеры (200) с нагнетательными трубами (4), где высота измеряется как расстояние от дна (213) флотационного резервуара (210) флотационной камеры до кромки (221) желоба флотационного резервуара, и диаметра (D) флотационной камеры с нагнетательными трубами, где диаметр измеряется на некотором расстоянии ( $h_1$ ) до выпускного сопла (43) нагнетательной трубы (4) от дна флотационного резервуара, ( $H/D$ ), составляет от 0,5 до 1,5.

27. Линия флотации по любому из пп.1-26, отличающаяся тем, что объем флотационной камеры (200) с нагнетательными трубами (4) составляет по меньшей мере  $10 \text{ м}^3$ .

28. Линия флотации по любому из пп.1-27, отличающаяся тем, что флотационная камера (200) с нагнетательными трубами (4) содержит от 2 до 40 нагнетательных труб, предпочтительно от 4 до 24 нагнетательных труб.

29. Применение линии (8) по любому из пп.1-28 в качестве линии флотации для извлечения частиц, содержащих ценный материал, взвешенных в пульпе.

30. Применение по п.29, в котором подлежащие извлечению частицы содержат неполярные минералы, такие как графит, сера, молибденит, уголь и тальк.

31. Применение по п.29, в котором подлежащие извлечению частицы содержат полярные минералы.

32. Применение по п.31, в котором минералы, из которых частицы подлежат извлечению, имеют твердость по шкале Мооса от 2 до 3, такие как галенит, сульфидные минералы, МПП и/или минералы РЗО.

33. Применение по п.32, в котором подлежащие извлечению частицы содержат Pt.

34. Применение по п.31, в котором минералы, из которых частицы, содержащие Cu, подлежат извлечению, имеют твердость по Моосу от 3 до 4.

35. Применение по п.34, в котором подлежащие извлечению частицы, содержащие Cu, извлекаются из руды с низким содержанием меди.

36. Флотационная установка (1), содержащая линию (10) флотации по любому из пп.1-28.

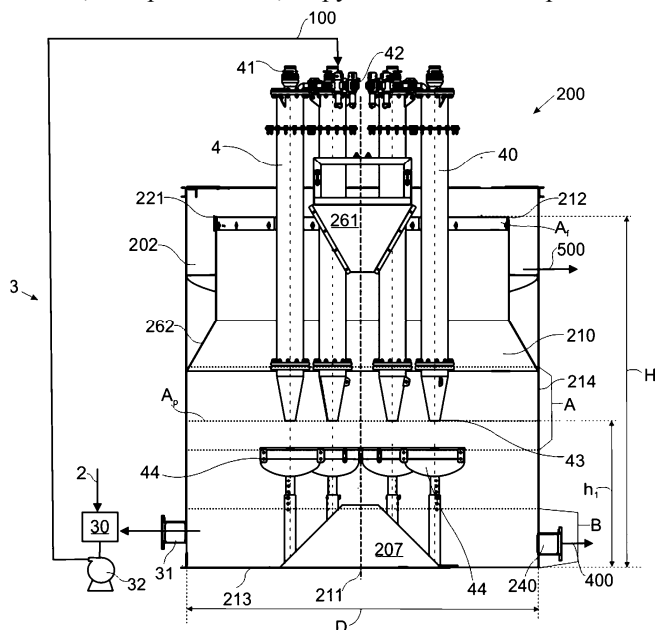
37. Флотационная установка по п.36, отличающаяся тем, что она содержит по меньшей мере две или по меньшей мере три линии (10) флотации по любому из пп.1-30.

38. Флотационная установка по п.36 или 37, отличающаяся тем, что линия (10) флотации выполнена с возможностью извлечения частиц из минералов, имеющих твердость по шкале Мооса от 2 до 3, таких как галенит, сульфидные минералы, МПГ и/или минералы РЗО.

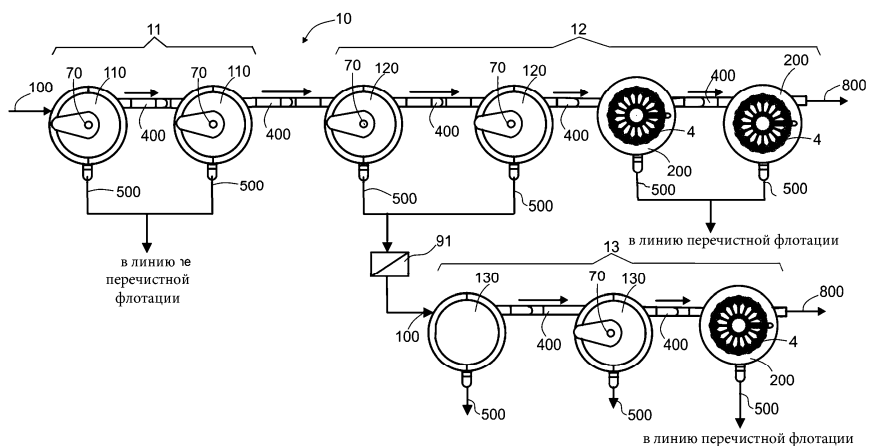
39. Флотационная установка по п.38, отличающаяся тем, что линия (10) флотации выполнена с возможностью извлечения частиц, содержащих Pt.

40. Флотационная установка по п.36 или 37, отличающаяся тем, что линия (10) флотации выполнена с возможностью извлечения частиц, содержащих Cu, из минералов, имеющих твердость по Моосу от 3 до 4.

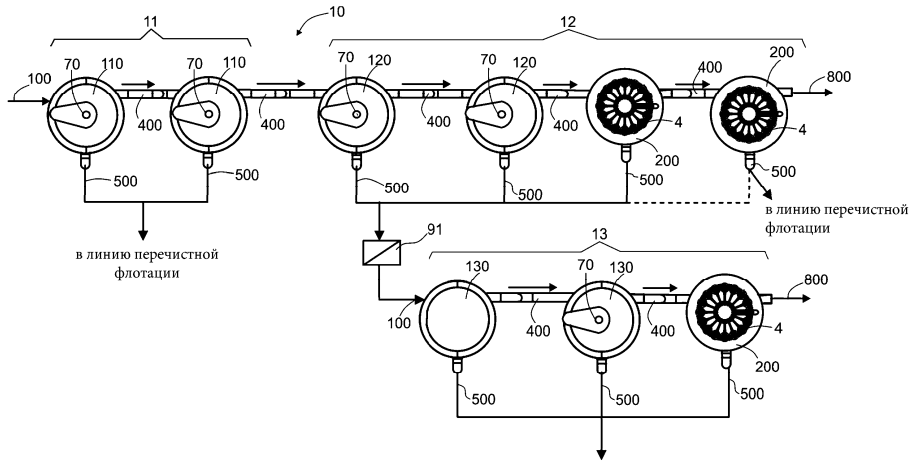
41. Флотационная установка по п.40, отличающаяся тем, что линия (10) флотации выполнена с возможностью извлечения частиц, содержащих Cu, из руды с низким содержанием меди.



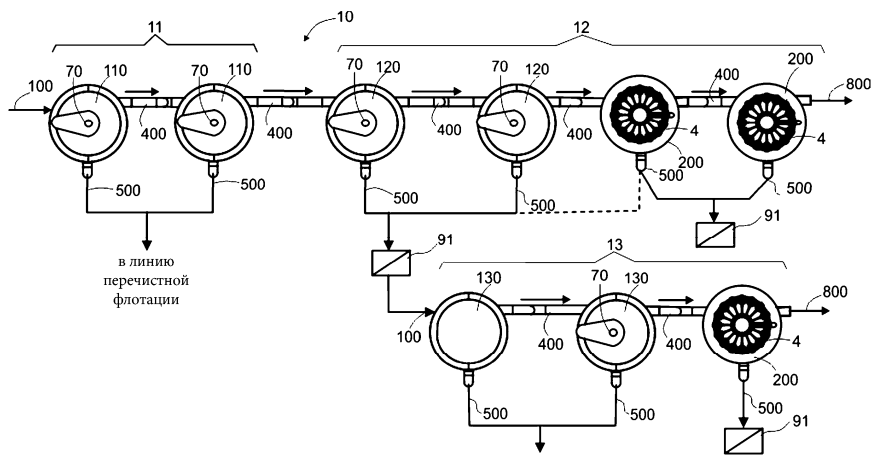
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

