

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202190260 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2021.06.22

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

(22) Дата подачи заявки  
2018.08.01

(54) ФЛОТАЦИОННАЯ КАМЕРА

(86) PCT/FI2018/050567

(74) Представитель:

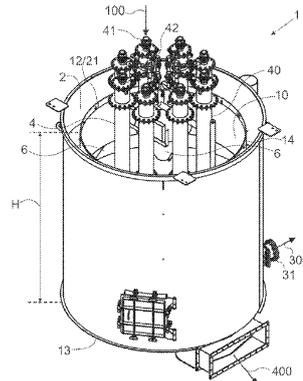
(87) WO 2020/025852 2020.02.06

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)

(71) Заявитель:  
МЕТСО ОУТОТЕК ФИНЛЭНД ОЙ  
(FI)

(72) Изобретатель:  
Бурк Питер, Шмидт Стив (AU),  
Ринне Антти, Туоминен Ере, Ваарна  
Валттери, Пельтола Алекси (FI)

(57) Предложена флотационная камера (1) для обработки частиц, взвешенных в пульпе. Флотационная камера содержит флотационный резервуар (10), имеющий центр (11), периметр (12), по существу горизонтальное дно (13) и боковую стенку (14), желоб (2) и кромку (21) желоба, окружающие периметр (12) резервуара (10), открытую поверхность (A<sub>f</sub>) пены в верхней части флотационного резервуара (10) и сгуститель (6) пены, форма которого обеспечивает направление пены (5) в открытой области (A<sub>f</sub>) пены к кромке (21) желоба, а также нагнетательные трубы (4) для введения пульпы (100) во флотационный резервуар. Кроме того, предложены линия флотации и применение линии флотации.



202190260 A1

202190260 A1

## **ФЛОТАЦИОННАЯ КАМЕРА**

### **ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ**

Настоящее изобретение относится к флотационной камере для отделения ценных материалов, содержащих частицы, от частиц, взвешенных в пульпе, а также к линии флотации и к ее применению.

### **СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

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

Линия флотации, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, отличается тем, что представлено в п.25 формулы изобретения.

Применение линии флотации, в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется тем, что представлено в п.30 формулы изобретения.

Флотационная камера предназначена для обработки частиц, взвешенных в пульпе, и для разделения пульпы на нижний и верхний продукты. Флотационная камера содержит флотационный резервуар, имеющий центр, периметр, по существу горизонтальное ровное дно и боковую стенку, желоб и кромку желоба, расположенную по периметру резервуара, открытую поверхность пены в верхней части флотационного резервуара, и сгуститель пены, имеющий форму для направления пены в открытой области пены к кромке желоба. Флотационная камера отличается тем, что флотационный резервуар дополнительно содержит нагнетательные трубы для введения пульпы во флотационный резервуар. Нагнетательная труба содержит впускное сопло для подачи питания пульпы, подаваемого в нагнетательную трубу; впускное отверстие для сжатого газа, при этом питание пульпы подвергается воздействию сжатого газа, когда оно выходит из впускного сопла; удлиненную камеру, предназначенную для приема под давлением питания пульпы; и выпускное сопло, выполненное с возможностью ограничения потока питания пульпы из выпускного сопла и для поддержания подачи питания пульпы в удлиненную камеру под давлением.

В соответствии с одним аспектом изобретения, предложена линия флотации. Линия флотации содержит несколько проточно соединенных флотационных камер, и она отличается тем, что по меньшей мере одна из флотационных камер является

флотационной камерой, выполненной в соответствии с изобретением.

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

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 мкм 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 мкм 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 ранее 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 подобном, 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 опускаемая труба или нагнетательная труба с подачей пульпы, тем самым создавая более мелкие пузырьки флотационного газа, которые могут улавливать также более мелкие частицы уже во время образования пузырьков в нагнетательной трубе. Однако для таких высокопроизводительных флотационных камер может потребоваться создание вакуума в нагнетательной трубе для эффективного достижения требуемой скорости образования пузырьков, чтобы улавливать требуемые частицы в течение короткого времени, когда пульпа находится в нагнетательной трубе.

После выхода из нагнетательной 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 нагнетательной 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 камерой.

Однако, как правило, так называемые высокопроизводительные флотационные камеры или пневматические флотационные камеры типа камеры Джеймсона не содержат никаких ограничителей потока для регулирования давления внутри нагнетательной 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). Химические вещества для флотации, в особенности пенообразователи, обычно вызывают проблемы в процессах, предшествующих линии 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 опускных трубах, выполненных в соответствии с уровнем техники, что приведет к нестабильности условий процесса и к особенно нестабильной работе нагнетательной трубы и пенного слоя во флотационной камере, что, в свою очередь, отрицательно влияет на извлечение требуемых частиц, в особенности грубых частиц. На извлечение частиц в пределах всего гранулометрического состава пульпы влияет увеличение размера пузырьков с более низкой концентрацией пенообразователя, в особенности крупных частиц.

В нагнетательных трубах предшествующего уровня техники флотационный газ

вводится благодаря самовсасыванию из-за образования вакуума внутри опускной трубы. Время пребывания флотационного воздуха, вовлекаемого в пульпу, очень короткое (от 3 до 5 секунд), 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 опускной 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 нагнетательной трубы, не заполненной шламом. Однако добавление некоторого количества пенообразователя, необходимого для постоянного использования опускной трубы 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 опускной 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 флотационной камеры, 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 опускную 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 мм 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 раза больше, 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. То есть, можно использовать известные преимущества механических флотационных камер, даже если во флотационных камерах может и не быть обеспечено 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, 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, возникают 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 четвертый 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 прилипать 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 импинджерами, 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 пульпы по большей части содержит частицы, опускающиеся по направлению к дну резервуара или осаждающиеся на нем. Во флотационной камере, выполненной в соответствии с изобретением, зона осаждения является более глубокой вблизи боковой стенки флотационной резервуара. В этой области перемешивающее действие и турбулентность, создаваемая нагнетательными трубами, не влияет 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

отстаивания (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.

Используя описанное здесь изобретение, 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 пузырькам газа во время процесса флотации внутри флотационной камеры или резервуара. Это проблема особенно выражена во флотационных камерах большого размера или флотационных резервуарах большого объема и/или большого диаметра. 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, линия флотации, а также ее применение, 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.

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, которые также могут содержать насосы или узлы доизмельчения, 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 флотационных камер с впускным отверстием последующей флотационной камеры без какого-либо отдельного трубопровода. Непосредственный контакт снижает потребность в трубопроводе между двумя соседними флотационных 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<sup>TM</sup>*), 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 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.

Все флотационные камеры линии флотации, выполненные в соответствии с изобретением, могут быть одного типа, то есть флотационные камеры в узле грубой флотации, флотационные камеры в узле контрольной флотации и камеры контрольной перечистой флотации в линии контрольной перечистой флотации могут представлять собой флотационные камеры одного типа, так что флотационное устройство содержит флотационные камеры только одного типа, как перечислено выше. В качестве альтернативы, несколько флотационных камер могут быть одного типа, тогда как другие камеры могут быть одного или нескольких типов, так что флотационное устройство содержит флотационные камеры двух или большего количества типов, как указано выше.

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.

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, имеющая эффект сгущения, т.е. сгустительная боковая стенка, которая также может быть сгустительной боковой стенкой внутри флотационного

резервуара, т.е. внутренним периферийным сгустителем.

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 свое опускание, 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 неплавучим, 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 перетока 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 осядет и одновременно заблокирует выпускное отверстие для хвостов и/или выпускное отверстие для рециркулята, расположенное в зоне осаждения.

Под нагнетательной трубой подразумевается сдвоенное 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, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, работает под давлением, и никакого вакуума не требуется.

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 в 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, содержащей 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, включающим 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 грубой флотации, 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 перечистной флотации в линии перечистной грубой флотации с целью очистки от нежелательных минералов, которые также попадают в пену, в процессе, известном как перечистка. Продукт перечистки известен как перечистный концентрат или конечный концентрат.

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 в стадию доизмельчения, а затем в линию контрольной перечистой флотации.

Под перечистой флотацией, перечистой линией узла грубой / контрольной флотации, стадией перечистой / очистной флотации и/или перечистой камерой понимается стадия флотации, в которой цель перечистки 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 перечистую 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, 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 мм 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.

В одном варианте выполнения флотационной камеры, выполненной в соответствии с изобретением, впускное сопло выполнено с возможностью создания сверхзвуковой ударной волны в подаваемом питании пульпы, 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 на выходе из 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.

В одном варианте выполнения флотационной камеры сгуститель пены представляет собой конический центральный сгуститель пены, расположенный концентрично центру флотационного резервуара.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры центральный сгуститель пены выполнен с возможностью блокирования от 25 до 40% открытой поверхности пены.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры угол при вершине центрального сгустителя пены составляет от 20 до 80°.

В одном варианте выполнения флотационной камеры сгуститель пены представляет собой внутренний периферийный сгуститель пены, установленный в боковой стенке флотационного резервуара, так что самая нижняя точка внутреннего периферийного сгустителя пены расположена на расстоянии от дна флотационного резервуара.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры расстояние от нижней точки внутреннего периметра до дна флотационного резервуара составляет от 1/2 до 2/3 высоты флотационного резервуара, измеренной как расстояние от дна до кромки желоба.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры внутренний периферийный сгуститель пены содержит диагональный отборник, начинающийся от самой нижней точки, расположенный под углом к центру флотационного резервуара и проходящий между первой частью боковой стенки флотационного резервуара и второй частью боковой стенки, так что угол диагонального отборника относительно первой части боковой стенки составляет от 20 до 80°.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры внутренний периферийный сгуститель пены выполнен с возможностью блокирования от 1/5 до 1/4 площади пульпы, измеренной на расстоянии до выпускного сопла от дна флотационного резервуара.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры флотационный резервуар также содержит, помимо внутреннего периферийного сгустителя пены, центральный сгуститель пены, расположенный концентрично центру флотационного резервуара.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры центральный сгуститель пены выполнен с возможностью блокирования от 25 до 40% открытой поверхности пены.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры угол при вершине центрального сгустителя пены составляет от 20 до 80°.

Путем использования сгустителя пены вышеупомянутым способом можно легко и просто балансировать и контролировать нагрузку пены на открытой поверхности пены, окружающей центральный сгустителя пены, а также можно эффективно воздействовать на направление и/или сгущение пены, в особенности хрупкой пены. Под нагрузкой пены здесь подразумевается количество пены на открытой поверхности за любой заданный период времени. Под площадью пульпы здесь подразумевается эффективная открытая площадь флотационного резервуара, доступная для образования пены, измеренная во флотационном резервуаре на высоте зоны смешивания, то есть в части или зоне флотационного резервуара в вертикальном направлении, где пульпа перемешивается или иным образом вызывается смешивание взвешенных в пульпе частиц руды с пузырьками флотационного газа. В зависимости от типа флотационной установки и/или флотационного резервуара эта зона смешивания может изменяться.

Путем размещения сгустителя пены с наклоном по отношению к вертикали флотационного резервуара можно предотвратить столкновение и объединение пузырьков флотационного газа, тогда как площадь пены может быть эффективно уменьшена. Этот эффект может быть в особенности полезным, когда сгуститель пены содержит внутренний периферийный сгуститель пены, выполненный с возможностью удаления пены от боковой

стенки флотационного резервуара. Для достижения достаточного сгущения внутренний периметр может иметь угол наклона от 20 до 40° или даже от 20 до 80°, предпочтительно приблизительно 30° по отношению к вертикали флотационного резервуара. Подобный угол наклона (угол при вершине) может быть одинаково выгодным по тем же причинам в центральном сгустителе пены.

Путем размещения центрального сгустителя пены с углом при вершине от 20 до 80°, пена может скапливаться из области, на которую влияет только отдельная нагнетательная труба, в отличие от центра флотационного резервуара, где имеется достаточное перемешивание и образование агломератов пузырьков флотационного газа и частиц благодаря совместному действию нескольких нагнетательных труб. Путем сгущения в области ближе к боковой стенке и/или к периметру флотационного резервуара также может быть обеспечено извлечение частиц из областей с более разреженной пеной и/или с меньшим количеством пузырьков.

В одном варианте выполнения флотационной камеры нагнетательная труба дополнительно содержит импиджер, выполненный с возможностью контактирования с потоком питания пульпы, подаваемого из выпускного сопла, и для направления потока питания пульпы радиально наружу и вверх от импиджера.

Импиджер отклоняет поступающее питание пульпы в радиальном направлении наружу 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 перетока 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.

Путем расположения выпускного сопла и импиджера на оптимальном расстоянии друг от друга, импиджер может быть выполнен так, чтобы отклонять и направлять поток питания пульпы радиально наружу и вверх от импиджера для создания ранее упомянутых зон смешивания внутри флотационного резервуара, и также чтобы ускорять подъем частиц к слою пены. Одновременно может возникнуть необходимость минимизировать износ импиджера, вызываемый высокоскоростными потоками пульпы. Путем расположения выпускного сопла и импиджера относительно друг друга определенным образом, можно оптимизировать процесс флотации во флотационной камере с нагнетательными трубами, а также минимизировать износ частей импиджера.

В одном варианте выполнения флотационной камеры соотношение высоты флотационного резервуара, измеренного как расстояние от дна до кромки желоба, и диаметра флотационного резервуара, измеренного на высоте выпускного сопла от дна, составляет от 0,5 до 1,5. Другими словами, соотношение высоты и диаметра может составлять от 0,5 до 1,5.

В одном варианте выполнения флотационной камеры объем флотационного резервуара составляет по меньшей мере 20 м<sup>3</sup>, предпочтительно от 20 до 1000 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 вместе с высоким извлечением. 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 флотационной камеры, в соответствии с изобретением, флотационная камера содержит от 2 до 40 нагнетательных труб, предпочтительно от 4 до 24 нагнетательных труб.

Количество нагнетательных труб напрямую влияет на количество флотационного газа, который может быть диспергирован в пульпе. При 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 влияет на изменение ( $S_b$ ) площади поверхности пузырьков, что означает, что извлечение может быть снижено. Во флотационной камере, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, с нагнетательными трубами под давлением, в процесс может быть введено значительно больше флотационного газа без увеличения размера пузырьков или уменьшения  $S_b$ , так как пузырьки флотационного газа, образующиеся в питании пульпы, остаются относительно небольшими по сравнению с традиционными процессами. С другой стороны, поддерживая количество нагнетательных труб как можно меньшим, затраты на переоборудование существующих флотационных камер или капитальные затраты на установку таких флотационных камер могут контролироваться, не приводя к потере производительности флотационных камер.

В одном варианте выполнения флотационной камеры нагнетательные трубы расположены концентрично периметру флотационной камеры на расстоянии от сгустителя пены.

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, периметру и/или боковой стенке флотационного резервуара, а также от сгустителя пены, может быть обеспечено равномерное распределение сверхмелких пузырьков, а также даже эффект перемешивания, вызванный силами сдвига внутри резервуара.

В одном варианте выполнения флотационная камера дополнительно содержит контур кондиционирования.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры контур кондиционирования содержит насосный резервуар, проточно сообщающийся с флотационным резервуаром, причем в насосном резервуаре обеспечивается возможность объединения питания свежей пульпы и фракции пульпы, взятой из флотационного резервуара через выпускное отверстие, в питание пульпы.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры выпускное отверстие расположено на боковой стенке флотационного резервуара на расстоянии от дна флотационного резервуара.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры расстояние от выпускного отверстия до дна флотационного резервуара составляет от 0 до 50% высоты флотационного резервуара.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры контур кондиционирования дополнительно содержит насос, выполненный с возможностью отбора фракции пульпы из флотационного резервуара и для перемещения питания пульпы из насосного резервуара.

В еще одном варианте выполнения флотационной камеры контур кондиционирования дополнительно содержит распределительный блок, выполненный с возможностью распределения питания пульпы.

Путем отбора пульпы со дна флотационной камеры можно гарантировать, что более мелкие частицы, осевшие на дне флотационной камеры, могут быть эффективно повторно введены в ту часть флотационного резервуара, где происходит активный процесс флотации, еще до того, как более мелкие частицы будут отправлены в хвосты. Таким образом, степень извлечения ценного материала может быть улучшена, поскольку частицы, содержащие даже минимальные количества ценного материала, могут быть собраны в концентрат.

Процесс флотации можно сделать более эффективным, если только часть пульпы внутри флотационного резервуара направляется обратно в тот же самый флотационный резервуар через нагнетательные трубы в качестве питания пульпы. В особенности из-за того, что импинджеры, предназначенные для направления потока пульпы радиально наружу и вверх для создания турбулентных условий в зоне смешивания и дополнительных подзонах смешивания, как объяснялось ранее, очень эффективны в создании благоприятных условий для образования агломератов пузырьков флотационного газа и частиц и, таким образом, обеспечивают эффективное извлечение частиц, содержащих ценный материал, рециркуляции значительных количеств пульпы для повторной обработки в той же самой флотационной камере может и не потребоваться. Для обеспечения высокой степени извлечения может быть достаточно обработать хвосты одной флотационной камеры в другой флотационной камере. Поскольку существует вероятность того, что частицы, содержащие ценный материал, попадут в хвосты / отходы, может не потребоваться рециркуляции части пульпы из флотационного резервуара, или может потребоваться рециркуляция только небольшой части, чтобы улучшить извлечение таким образом.

Нагнетательные трубы и особенно импинджеры могут создавать благоприятные условия для извлечения частиц, так что флотационная камера может быть выполнена с возможностью обработки только свежей пульпы, то есть питания пульпы из предшествующей флотационной камеры или предыдущей стадии процесса. Может не потребоваться рециркуляции пульпы из флотационного резервуара для повторной обработки в том же самом флотационном резервуаре, но любой ценный материал, содержащий частицы, оставшиеся в части пульпы, опускающейся на дно резервуара, может быть направлен на дальнейшую обработку к последующему флотационному резервуару, при этом извлечение ценного материала также улучшается с помощью изобретения.

В одном варианте выполнения линии флотации, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, перед флотационной камерой, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, находится предшествующая флотационная камера. Указанная предшествующая флотационная камера может иметь любой подходящий тип.

В одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, расположена механическая флотационная камера.

В еще одном варианте выполнения линия флотации содержит узел грубой

флотации с флотационной камерой, узел контрольной флотации с флотационной камерой, выполненной с возможностью приема нижнего продукта из узла грубой флотации, и узел контрольной перечистой флотации с флотационной камерой, выполненной с возможностью приема верхнего продукта из узла контрольной флотации, при этом последняя флотационная камера узла контрольной флотации и/или узла контрольной перечистой флотации представляет собой флотационную камеру, выполненную в соответствии с изобретением.

В еще одном варианте выполнения линии флотации перед флотационной камерой, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, расположена механическая флотационная камера.

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 пульп 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 быть эффективно извлечены 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 и отходов - в нижний продукт. Обычно при обратной флотации большое количество не имеющего ценность 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 флотационное устройство, выполненное 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 использованы, существует ощутимая потребность в переработке и 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.

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 трехмерную проекцию флотационной камеры, выполненной в соответствии с одним вариантом выполнения изобретения.

Фиг.2 изображает флотационную камеру, выполненную в соответствии с одним вариантом выполнения изобретения, на виде сверху.

Фиг.3 изображает флотационную камеру, выполненную в соответствии с одним вариантом выполнения изобретения, на виде сбоку.

Фиг.4 изображает вертикальный разрез флотационной камеры, показанной на Фиг.3, по линии А-А сечения.

Фиг.5 изображает схематический вид флотационной камеры, выполненной в соответствии с изобретением, с подробным описанием размеров флотационной камеры.

Фиг.6а и 6б изображают схематические чертежи линий флотации, выполненных в соответствии с вариантами выполнения изобретения.

Фиг.7 изображает схематические вертикальные разрезы вариантов выполнения флотационных резервуаров, выполненных в соответствии с изобретением, и

Фиг.8 изображает схематический вид форм нижней конструкции, в соответствии с вариантами выполнения флотационной камеры.

## ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

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

Приведенное ниже описание раскрывает некоторые варианты выполнения с такой детализацией, что специалист в данной области техники может использовать устройство, установку и способ на основе описания. Не все этапы вариантов выполнения описаны подробно, так как многие из этапов будут 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.

Ниже подробно описаны варианты выполнения настоящего изобретения, примеры которых проиллюстрированы 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 будут 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.

Прилагаемые Фиг.1-5 и 7 чертежей подробно иллюстрируют флотационную камеру 1. Фигуры чертежей не показаны в пропорции, и многие компоненты флотационной камеры 1 не показаны для ясности. Фиг.ба-b схематически изображают варианты выполнения линии флотации. Направление потока пульпы показано на чертежах стрелками.

Флотационная камера 1, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, предназначена для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, и для разделения пульпы на нижний продукт 400 и верхний продукт 500, при этом верхний продукт 500 содержит концентрат требуемого минерала.

Нижний продукт 400 удаляется из флотационного резервуара или выводится из него через выпускное отверстие 140 для хвостов. В соответствии с одним вариантом выполнения, выпускное отверстие 140 для хвостов может быть расположено на боковой стенке 14 флотационного резервуара 10 (см. Фиг. 4). Выпускное отверстие 140 для хвостов может быть расположено на боковой стенке 14 флотационного резервуара 10 на расстоянии  $L_6$  от дна 13 резервуара 10. Под расстоянием следует понимать расстояние до самой нижней точки выпускного отверстия 140 для хвостов или выпускного отверстия в боковой стенке 14 флотационного резервуара 10 от дна 13 резервуара. Расстояние  $L_6$  может составлять от 1 до 15% высоты  $H$  резервуара 10. Например, расстояние  $L_6$  может составлять 2% или 5% или 7,5% или 12% высоты  $H$ . В качестве альтернативы, выпускное отверстие 140 для хвостов может быть расположено на дне 13 резервуара 10 (см. Фиг.1). Выпускное отверстие 140 для хвостов может управляться ударным клапаном или любым другим подходящим способом, известным в данной области, для управления скоростью потока нижнего продукта из резервуара 10. Даже если выпускное отверстие 140 для хвостов управляется внутренними или внешними конструкциями, такими как расположенные, соответственно, выше или ниже по потоку ударные клапаны, выпускное отверстие 140 для хвостов идеально расположено в нижней часть резервуара 10, то есть рядом или вблизи дна 13 флотационного резервуара, или даже на дне 13 резервуара 10. Более конкретно, нижний продукт 400 или хвосты удаляются из нижней части резервуара

10 и на боковой стенке 14 резервуара 10 или вблизи нее.

В частности, как показано на Фиг.1-5, флотационная камера 1 содержит флотационный резервуар 10, который имеет центр 11, периметр 12, дно 13 и боковую стенку 14. Флотационная камера 1 также содержит желоб 2 и кромку 21 желоба, окружающую по периметру 12 резервуар 10.

На прилагаемых чертежах желоб 2 представляет собой расположенный по периметру желоб. Следует понимать, что желоб 2 может содержать, в качестве альтернативы или дополнительно, центральный желоб, расположенный в центре 11 флотационного резервуара 10, как известно в данной области техники. Кромка центрального желоба может быть обращена к периметру 12 резервуара 10 или к центру 11 резервуара 10, или в оба направления. Верхний продукт 500 собирается в желоб 2 или желоба, когда он проходит через кромку 21 желоба, из слоя пены, образованного в верхней части резервуара 10. Слой пены имеет открытую поверхность  $A_f$  пены в верхней части резервуара 10.

Флотационный резервуар 10 имеет высоту  $H$ , измеренную как расстояние от дна 13 резервуара 10 до кромки 21 желоба. По периметру 12 резервуара 10 высота  $H$  не более чем на 20% меньше высоты  $H$  в центре 11 резервуара 10. Другими словами, резервуар 10 может иметь разные вертикальные поперечные сечения (см. Фиг.7) - например, боковая стенка 14 резервуара 10 может иметь в своей нижней части секцию, которая наклонена к центру 11 резервуара 10.

Кроме того, флотационный резервуар 10 имеет диаметр  $D$ , измеренный на расстоянии  $h_1$  до выпускного сопла 43 от дна 13 резервуара 10. В одном варианте выполнения соотношение высоты  $H$  и диаметра  $D$  ( $H/D$ ) резервуара 10 составляет от 0,5 до 1,5.

Флотационный резервуар 10 может иметь объем не менее  $20 \text{ м}^3$ . Флотационный резервуар 10 может иметь объем от 20 до  $1000 \text{ м}^3$ . Например, объем резервуара 10 может составлять  $100 \text{ м}^3$ ,  $200 \text{ м}^3$ ,  $450 \text{ м}^3$  или  $630 \text{ м}^3$ .

Флотационный резервуар 10 содержит нагнетательные трубы 4 для подачи в него питания 100 пульпы. 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, выпускное сопло 43, выполненное с возможностью ограничения потока питания 100

пульпы из выпускного сопла 43 и для поддержания питания пульпы в удлиненной камере 40 под давлением.

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 питания 100 пульпы из выпускного сопла 43, и дополнительно выполнен с возможностью поддержания питания 100 пульпы под давлением в удлиненной камере 40.

В соответствии с одним вариантом выполнения, 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.

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 в резервуар 10.

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 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 выполнено с возможностью индуцировать сверхзвуковую ударную волну в питании 100 пульпы.

Поток питания 100 пульпы становится запертым потоком, когда соотношение абсолютного давления перед выпускным соплом 43 и абсолютного давления за ограничивающей 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 10 на требуемой глубине. Выпускное сопло 43 может быть расположено на расстоянии  $L_5$  по вертикали от кромки 21 желоба, при этом расстояние  $L_5$  составляет по меньшей мере 1,5 м. Другими словами, длина участка нагнетательной трубы 4, расположенного внутри резервуара 10 ниже уровня кромки 21 желоба, составляет по меньшей мере 1,5 м. В одном варианте выполнения расстояние  $L_5$  составляет по меньшей мере 1,7 м, а расстояние  $h_1$  до выпускного сопла 43 от дна 13 резервуара 10 составляет по меньшей мере 0,4 м. Например, расстояние  $L_5$  может составлять 1,55 м, 1,75 м, 1,8 м, 2,2 м, 2,45 м или 5,25 м; а расстояние  $h_1$ , независимо от расстояния  $L_5$ , может составлять 0,45 м, 0,55 м, 0,68 м, 0,9 м или 1,2 м. Кроме того, соотношение расстояния  $L_5$  и высоты  $H$  резервуара 10 может составлять 0,9 или меньше. Глубина, на которой нагнетательные трубы 4 расположены внутри резервуара 10, может зависеть от ряда факторов, например, от характеристик пульпы и/или ценного минерала, подлежащего обработке во флотационной камере 1, или от конфигурации линии флотации, в которой расположена флотационная камера 1. Соотношение расстояния  $h_1$  до выпускного сопла 43 от дна 13 резервуара 10 и высоты  $H$  резервуара 10,  $h_1/H$ , 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 мм, 62 мм или 70 мм.

Путем выполнения выпускного сопла с определенным диаметром, скорость подачи пульпы может поддерживаться на уровне, благоприятном для создания пузырьков флотационного газа небольшого размера и для повышения вероятности контакта этих пузырьков с частицами руды в пульпе. В особенности, для поддержания ударной волны за выпускным соплом, необходимо поддерживать скорость пульпы 10 м/с или выше. Путем конструирования выпускного сопла в зависимости от размера нагнетательной трубы, можно учесть влияние скорости потока питания пульпы во флотационных камерах различных типов.

Нагнетательная труба 4 может также содержать импинджер 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 импинджера 44. Питание 100 пульпы, выходящее из выпускного сопла 43 поэтому направлено с обеспечением контакта с импинджером 44. Расстояние  $L_3$  от дна 440 импинджера 44 до выпускного сопла 43 может быть от 2 до 20 раз больше диаметра выпускного сопла 43. Например, расстояние  $L_3$  может быть в 5 раз больше, 7, 12 или 15 раз больше диаметра выпускного сопла 43.

Соотношение расстояния  $L_3$  и расстояния  $h_1$  до выпускного сопла 43 от дна 13 резервуара 10,  $L_3/h_1$ , может составлять меньше 1,0. Кроме того, расстояние  $h_3$  до дна 440 импинджера 44 от дна 13 резервуара 10 может составлять по меньшей мере 0,3 м. Например, расстояние  $h_3$  может составлять 0,4 м, 0,55 м, 0,75 м или 1,0 м.

Импинджер 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 двухфазную смесь газа и жидкости, поднимаясь из импинджера 44, попадает в верхнюю часть резервуара 10, при этом пузырьки флотационного газа поднимаются вверх и отделяются от жидкости, образуя слой пены. Пена поднимается вверх и выходит через кромку 21 желоба в желоб 2 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 10 через выпускное отверстие, расположенное на дне 13 резервуара 10 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 10 в результате слияния пузырьков в пене. Однако большинство таких частиц падают обратно в резервуар 10 таким образом и в таком положении, что они могут быть захвачены пузырьками, вновь поступающими в резервуар 10 из нагнетательных труб 4, и снова перенесены в слой пены.

Может быть предусмотрено от 2 до 40 нагнетательных труб 4 или от 4 до 24 нагнетательных труб 4, расположенных во флотационной камере 1. 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, типа пульпы, обрабатываемой во флотационной камере 1, объемным расходом питания, подаваемого во флотационную камеру 1, массовым

расходом питания, подаваемого во флотационную камеру 1, или объема или размеров резервуара 10. Чтобы должным образом диспергировать флотационный газ внутри флотационного резервуара 10, можно использовать от 4 до 6 нагнетательных труб 4.

Нагнетательные трубы 4 могут быть расположены концентрично периметру 12 резервуара 10 на некотором расстоянии от его центра 11. Это может иметь место, когда резервуар 10 имеет круглое поперечное сечение. Нагнетательные трубы 4 могут быть дополнительно расположены так, что каждая нагнетательная труба 4 расположена на расстоянии  $L_1$  выпускного сопла 43 от центра 11 резервуара 10, причем расстояние предпочтительно одинаковое для каждой нагнетательной трубы 4. Например, расстояние  $L_1$  может составлять от 10 до 40% от диаметра  $D$  резервуара 10. В соответствии с различными вариантами выполнения флотационной камеры 1, расстояние  $L_1$  может составлять 12,5%, или 15%, или 25%, или 32,5% от диаметра  $D$  резервуара 10.

Нагнетательные трубы 4 могут быть расположены параллельно боковой стенке 14 резервуара 10 на некотором расстоянии от нее. Это может иметь место, когда резервуар 10 имеет прямоугольное поперечное сечение. Расстояние  $L_2$  до выпускного сопла 43 нагнетательной трубы 4 от боковой стенки 14 резервуара 10 может составлять от 10 до 40% диаметра  $D$  резервуара 10. В одном варианте выполнения расстояние  $L_2$  составляет 25% от диаметра  $D$  резервуара 10. В соответствии с различными вариантами выполнения флотационной камеры 10, расстояние  $L_2$  может составлять 12,5%, или 15%, или 27%, или 32,5% от диаметра  $D$  резервуара 10. Кроме того, параллельно расположенные нагнетательные трубы 4 могут быть также расположены на прямой линии внутри резервуара 10.

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 выводиться из флотационного резервуара 10 через выпускное отверстие 31, расположенное на боковой стенке 14 резервуара 10. 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 пульпы, взятой из резервуара 10, обратно во флотационную камеру, но питание 100

пульпы содержит 100% свежей пульпы 200, например, из предыдущей флотационной камеры (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 10 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, либо поток пульпы из некоторой предыдущей стадии процесса, в зависимости от расположения флотационной камеры 1 внутри линии 8 флотации. Выпускное отверстие 31 может быть расположено на расстоянии  $L_4$  от дна 13 резервуара 10. Это расстояние следует понимать как расстояние до самой нижней точки выпуска или выпускного отверстия в боковой стенке 14 резервуара 10 от дна резервуара 13. Расстояние  $L_4$  составляет от 0 до 50% от высоты  $H$  резервуара 10. 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 13 резервуара 10. В одном варианте выполнения выпускное отверстие 31 расположено в нижней части резервуара 10. Например, расстояние  $L_4$  может составлять 2%, или 8%, или 12,5%, или 17, или 25% от высоты  $H$  резервуара 10. 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 10, то есть рядом с дном 13 резервуара или вблизи него. Более конкретно, фракция 300 пульпы удаляется из нижней части резервуара 10.

Флотационный резервуар 10 дополнительно содержит сгуститель 6 пены, форма которого обеспечивает направление пены на открытой поверхности  $A_f$  пены к кромке 21 желоба или для направления потока поднимающихся агломератов пузырьков флотационного газа и частиц руды к слою 5 пены на открытой поверхности  $A_f$  пены (см. особенно Фиг.4). Сгуститель 6 пены может представлять собой центральный сгуститель 6 пены или внутренний периферийный сгуститель 6 пены, установленный внутри резервуара 10 на требуемой глубине на боковой стенке 14 резервуара 10.

Центральный сгуститель 61 пены расположен концентрично центру 11 резервуара 10. Центральный сгуститель 61 пены может иметь форму конуса или усеченного конуса. Центральный сгуститель 61 пены может иметь форму пирамиды или усеченной пирамиды. Другими словами, вертикальное поперечное сечение центрального сгустителя

61 пены может представлять собой перевернутый треугольник с вершиной, направленной ко дну 13 флотационного резервуара. В случае, если центральный сгуститель 61 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 61 пены. Угол  $\alpha$  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 61 пены, флотационный резервуар может содержать внутренний периферийный сгуститель 62 пены, расположенный в боковой стенке 14 резервуара 10, так что самая нижняя точка 620 внутреннего периферийного сгустителя пены расположена на расстоянии  $h_2$  от дна 13 флотационного резервуара 10. Расстояние  $h_2$  может составлять от 1/2 до 2/3 высоты  $H$  резервуара 10. Внутренний периферийный сгуститель 62 пены может содержать диагональный отборник 14с, начинающийся с самой нижней точки 620, расположенный под углом к центру 11 резервуара 10 и проходящий между первой частью боковой стенки 14 резервуара 10 и второй частью боковой стенки 14, так что угол наклона диагонального отборника относительно первой части боковой стенки 14 составляет от 20 до 80°. Угол наклона может составлять, например, 22°, 37,5°, 45°, 55°, 63,75° или 74°. Сгуститель 62 пены, расположенный по внутреннему периметру, может быть выполнен с возможностью блокирования от 1/5 до 1/4 площади  $A_p$  пульпы, которая измеряется на расстоянии  $h_1$  до выходного сопла 43 нагнетательной трубы 4 от дна 13 резервуара 10, в зоне  $A$  смешивания. Зона  $A$  смешивания, то есть часть или зона флотационного резервуара в вертикальном направлении, где пульпа перемешивается или иным образом индуцируется смешивание взвешенных в пульпе частиц руды с пузырьками флотационного газа, формируется примерно в вертикальной части резервуара 10 вокруг нижних частей нагнетательных труб 4 и импиджеров 44 (см. Фиг.5).

Дополнительно или в качестве альтернативы, резервуар 10 может дополнительно содержать нижнюю конструкцию 7 (см. Фиг.5 и 7), расположенную на дне (13) и имеющую форму, которая позволяет частицам, взвешенным в пульпе, смешиваться в зоне  $A$  смешивания, созданной над нижней конструкцией 7, и оседать в зоне осаждения, окружающей нижнюю конструкцию 7.

Форму нижней конструкции 7 можно определить следующим образом (см. Фиг. 8): следует принять во внимание, что вертикальное поперечное сечение нижней конструкции имеет форму функционального треугольника 700, который содержит первую (верхнюю) вершину 71, направленную от дна 13 резервуара 10, вторую вершину 71а и третью вершину 71b, причем две последние вершины расположены на дне 13 резервуара 10. Первая сторона  $a$  образована между первой вершиной 71 и второй вершиной 71а. Вторая сторона  $b$  образована между первой вершиной 71 и третьей вершиной 71b. Основание  $c$  образовано между второй вершиной 71а и третьей вершиной 71b, при этом основание  $c$  параллельно дну 13 резервуара 10 и расположено на нем. Центральная ось 70 функционального треугольника 700 по существу концентрична центру 11 резервуара 10. «По существу» в этом контексте следует понимать так, что во время изготовления и/или установки нижней конструкции 7 возможно, что естественным образом могут возникнуть небольшие отклонения от центра 11 резервуара 10. Тем не менее, предполагается, что две оси, центральная ось 70 функционального треугольника (которая также является центральной осью нижней конструкции 7) и центр резервуара 10, соосны.

Угол  $\alpha$  при основании между первой стороной  $a$  и основанием  $c$  (и/или между второй стороной  $b$  и основанием  $c$ ) относительно дна 13 резервуара 10 составляет от 20 до 60°. Например, угол  $\alpha$  может составлять 22°, 27,5°, 35°, 45° или 53,75°. Кроме того, внутренний угол  $\beta$  между первой стороной  $a$  и второй стороной  $b$  составляет от 20 до 100°. Предпочтительно, внутренний угол  $\beta$  составляет от 20 до 80°. Например, внутренний угол  $\beta$  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 7, которая может, в зависимости от поперечного сечения и других конструктивных деталей резервуара 10, 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 с прямоугольным поперечным сечением.

Нижняя конструкция 7 содержит основание 73, соответствующее основанию  $c$  функционального треугольника 700 (т.е. основание  $c$  функционального треугольника 700 определяет основание 73 нижней конструкции 7) и расположено на дне 13 резервуара 10. Кроме того, нижняя конструкция содержит кожух 72. Кожух 72 ограничен по меньшей

мере первой вершиной 71, второй вершиной 71a и третьей вершиной 71b треугольника 700. Следовательно, независимо от фактической формы нижней конструкции 7, треугольник 700 определяет крайние физические размеры нижней конструкции 7. Например, в случае, когда нижняя конструкция 7 имеет неправильную форму, но при этом остается вращательно симметричной, она полностью вписывается в треугольник 700 (см. последнее изображение на Фиг.8). В одном варианте выполнения кожух 72, по меньшей мере частично, ограничен первой стороной  $a$  и второй стороной  $b$  функционального треугольника. Примером такого варианта выполнения является нижняя конструкция 7, имеющая форму усеченного конуса (см. среднее изображение на Фиг.8). В одном варианте выполнения кожух 72 по существу полностью ограничен первой стороной  $a$  и второй стороной  $b$  треугольника 700, то есть нижняя конструкция 7 имеет форму конуса (см. первое изображение на Фиг.8).

Нижняя конструкция 7 имеет высоту  $h_4$ , измеренную от самой верхней части нижней конструкции 7 до дна 13 резервуара 10. В случае, если форма нижней конструкции представляет собой конус или пирамиду, самой верхней частью также является первая вершина 71 треугольника 700. В случае если нижняя конструкция 7 имеет несколько усеченную форму, высота  $h_4$  измеряется от уровня верха усеченной формы (см. среднее изображение на Фиг.8) до нижней части 13 резервуара 10. Высота  $h_4$  больше  $1/5$  и меньше  $3/4$  высоты  $H$  резервуара 10. Кроме того, диаметр  $d_3$  основания 73 нижней конструкции 7 может составлять от  $1/4$  до  $3/4$  диаметра  $d_1$  дна 13 резервуара 10. В случае если резервуар 10 и/или нижняя конструкция 7 имеют некруглое поперечное сечение, диаметры измеряются как максимальные диагонали соответствующих частей (основания 73 и дна 13). В одном варианте выполнения площадь поверхности основания 73 нижней конструкции 7 составляет менее 80% площади поверхности дна 13 резервуара 10. Площадь поверхности основания 73 может составлять от 25 до 80% площади поверхности дна 13 резервуара 10.

Кроме того, объем резервуара 10, занимаемый нижней конструкцией 7, может составлять от 30 до 70% объема резервуара 10, занимаемого зоной А смешивания.

Нижняя конструкция 7 может дополнительно содержать любые подходящие опорные конструкции и/или соединительные конструкции для установки нижней конструкции 7 в резервуар 10 на его дно 13. Нижняя конструкция 7 может быть изготовлена из любого подходящего материала, такого как металл, например, из нержавеющей стали.

Флотационная камера 1 может также содержать контур 3 кондиционирования.

Контур 3 кондиционирования может содержать насосный резервуар 30 или другой такой дополнительный резервуар, проточно сообщающийся с резервуаром 10. В насосном резервуаре 30 питание свежей пульпы 200 и фракция 300 пульпы, отобранная из резервуара 10 через выпускное отверстие 31, могут быть объединены в питание 100 пульпы. Свежая пульпа 200 может, например, представлять собой нижний продукт 400 из предыдущей флотационной камеры, или, если флотационная камера 1 является первой флотационной камерой линии флотации, питание пульпы, поступающее из узла / стадии измельчения или узла / стадии классификации. Также возможно, что фракция 300 пульпы и свежая пульпа 200 распределяются в нагнетательные трубы 4 без предварительного объединения в насосном резервуаре 30.

Объединенная пульпа может подаваться обратно во все нагнетательные трубы 4 резервуара 10 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 или поток пульпы из некоторой предыдущей стадии процесса, в зависимости от расположения флотационной камеры 1 в линии 8 флотации.

Выпускное отверстие 31 может быть расположено на боковой стенке 14 резервуара 10 на расстоянии  $L_4$  от дна 13 резервуара 10. Расстояние  $L_4$  может составлять от 0 до 50% от высоты  $H$  резервуара 10. Например, расстояние  $L_4$  может составлять 2%, или 8%, или 12,5%, или 20%, или 33% от высоты  $H$  резервуара 10.

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 10 или рядом с ней. Дополнительно или в качестве альтернативы, контур 3 кондиционирования может дополнительно содержать распределительный узел (не показан на чертежах), 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 нагнетательным трубам 4, может использоваться распределительное устройство. Распределительное устройство может, например, содержать подающую трубу внутри резервуара 10, выполненную с возможностью распределения фракции 300 пульпы непосредственно в нагнетательные трубы 4.

Например, распределительное устройство может содержать трубопроводы, расположенные снаружи резервуара 10, 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.

В соответствии с другим аспектом изобретения, линии 8 флотации представлены на Фиг.6а и 6б. Линия 8 флотации содержит ряд проточно соединенных флотационных камер 1а, причем по меньшей мере одна из флотационных камер является флотационной камерой 1, выполненной в соответствии с вышеописанными вариантами выполнения флотационной камеры 1. В одном варианте выполнения линии 8 флотации перед флотационной камерой 1, выполненной в соответствии с изобретением, расположена флотационная камера 1а. Флотационная камера 1а может представлять собой камеру любого типа, известного в данной области техники. В качестве альтернативы или дополнительно, перед флотационной камерой 1 может быть расположена механическая флотационная камера 1б (см. Фиг.6а).

В одном варианте выполнения линия 8 флотации содержит узел 81 грубой флотации с флотационной камерой 1а, узел 82 контрольной флотации с флотационной камерой 1а, выполненной с возможностью приема нижнего продукта 400 для узла 81 грубой флотации, и узел 820 контрольной пересчетной флотации с флотационной камерой 1а, выполненной с возможностью приема верхнего продукта 500 из узла 82 контрольной флотации (см. Фиг.6б). В линии 8 флотации последняя флотационная камера 1 узла 82 контрольной флотации и, в качестве альтернативы или дополнительно, последняя камера 1 узла 820 контрольной пересчетной флотации, представляет собой флотационную камеру 1, выполненную в соответствии с изобретением, имеющую нагнетательные трубы 4. Кроме того, в линии 8 флотации, как описано выше, перед флотационной камерой 1, выполненной в соответствии с изобретением, имеющей нагнетательные трубы 4, может быть установлена механическая флотационная камера 1б.

Линии 8 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 8 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 8 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.

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. Флотационная камера, к которой 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. Флотационная камера (1) для обработки частиц, взвешенных в пульпе, и для разделения пульпы на нижний продукт (400) и верхний продукт (500), причем флотационная камера содержит

флотационный резервуар (10), имеющий центр (11), периметр (12), по существу горизонтальное дно (13) и боковую стенку (14),

желоб (2) и кромку (21) желоба, расположенную по периметру (12) резервуара (11), открытую поверхность ( $A_f$ ) пены в верхней части флотационного резервуара (10) и сгуститель (6) пены, имеющий форму, обеспечивающую направление пены (5) в открытой области ( $A_f$ ) пены к кромке (21) желоба,

**отличающаяся** тем, что флотационный резервуар дополнительно содержит нагнетательные трубы (4) для введения в него питания (100) пульпы, причем нагнетательная труба содержит

впускное (41) сопло для подачи питания (100) пульпы в нагнетательную трубу (4), впускное отверстие (42) для сжатого газа, при этом питание пульпы при выходе из впускного сопла подвергается воздействию сжатого газа,

удлиненную камеру (40), выполненную с возможностью приема питания пульпы под давлением, и

выпускное сопло (43), выполненное с возможностью ограничения потока питания пульпы из выпускного сопла и поддержания питания пульпы в удлиненной камере под давлением.

2. Флотационная камера по п.1, отличающаяся тем, что выпускное сопло (43) выполнено с возможностью создания сверхзвуковой ударной волны в питании (100) пульпы, причем сверхзвуковая ударная волна вызывает образование агломератов пузырьков флотационного газа и частиц.

3. Флотационная камера по п.1 или 2, отличающаяся тем, что высота (H) флотационного резервуара (10), измеренная как расстояние от дна (13) до кромки (21) желоба, по периметру (12) флотационного резервуара не более чем на 20% меньше, чем в центре (11) флотационного резервуара.

4. Флотационная камера по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что сгуститель (6) пены представляет собой конический центральный сгуститель (61) пены, расположенный концентрично центру (11) флотационного резервуара.

5. Флотационная камера по п.4, отличающаяся тем, что центральный сгуститель

(61) пены выполнен с возможностью блокирования от 25 до 40% открытой поверхности ( $A_f$ ) пены.

6. Флотационная камера по п.4 или 5, отличающаяся тем, что угол ( $\alpha$ ) при вершине центрального сгустителя (61) пены составляет от 20 до 80°.

7. Флотационная камера по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что сгуститель (6) пены представляет собой внутренний периферийный сгуститель (62) пены, расположенный в боковой стенке (14) флотационного резервуара (10) так, что самая нижняя точка (620) внутреннего периферийного сгустителя расположена на расстоянии ( $h_2$ ) от дна (13) флотационного резервуара.

8. Флотационный резервуар по п.7, отличающийся тем, что указанное расстояние ( $h_2$ ) составляет от 1/2 до 2/3 высоты ( $H$ ) флотационного резервуара (10), измеренной как расстояние от дна (13) до кромки (21) желоба.

9. Флотационная камера по п.7 или 8, отличающаяся тем, что внутренний периферийный сгуститель (62) пены содержит диагональный отборник (14с), начинающийся от указанной самой нижней точки (620), расположенный под углом к центру (11) флотационного резервуара и проходящий между первой частью (14а) боковой стенки (14) флотационного резервуара (10) и второй частью (14b) боковой стенки, так что угол ( $\beta$ ) диагонального отборника (14с) относительно первой части (14а) боковой стенки составляет от 20 до 80°.

10. Флотационная камера по любому из пп.7 - 9, отличающаяся тем, что внутренний периферийный сгуститель (62) пены выполнен с возможностью блокирования от 1/5 до 1/4 площади ( $A_p$ ) пульпы, измеренной на расстоянии ( $h_1$ ) до выходного сопла (43) от дна (13) флотационного резервуара (10).

11. Флотационная камера по любому из пп.7-10, отличающаяся тем, что флотационный резервуар (10) также содержит центральный сгуститель (61) пены, расположенный концентрично центру (11) флотационного резервуара.

12. Флотационная камера по п.11, отличающаяся тем, что центральный сгуститель (61) пены выполнен с возможностью блокирования от 25 до 40% открытой поверхности ( $A_f$ ) пены.

13. Флотационная камера по п.11 или 12, отличающаяся тем, что угол ( $\alpha$ ) при вершине центрального сгустителя (61) пены составляет от 20 до 80°.

14. Флотационная камера по любому из пп.1-13, отличающаяся тем, что нагнетательная труба также содержит импиджер (44), выполненный с возможностью вхождения в контакт с потоком питания пульпы из выпускного сопла (43) и направления

потока питания (100) пульпы в радиальном наружном направлении и вверх от импинджера.

15. Флотационная камера по любому из пп.1-14, отличающаяся тем, что соотношение  $(H/D)$  высоты (H) флотационного резервуара (10), измеренной как расстояние от дна (13) до кромки (21) желоба, и диаметра (D), измеренного на высоте ( $h_1$ ) до выпускного сопла (43) от дна (13) флотационного резервуара, составляет от 0,5 до 1,5.

16. Флотационная камера по любому из пп.1-15, отличающаяся тем, что объем флотационного резервуара (10) составляет по меньшей мере  $20 \text{ м}^3$ , предпочтительно от 20 до  $1000 \text{ м}^3$ .

17. Флотационная камера по любому из пп.1-16, отличающаяся тем, что она содержит от 2 до 40 нагнетательных труб (4), предпочтительно от 4 до 24 нагнетательных труб.

18. Флотационная камера по любому из пп.1-17, отличающаяся тем, что нагнетательные трубы (4) расположены концентрично периметру (12) флотационного резервуара (10) на расстоянии от сгустителя (6) пены.

19. Флотационная камера по любому из пп.1-18, отличающаяся тем, что она содержит контур (3) кондиционирования.

20. Флотационная камера по п.19, отличающаяся тем, что контур кондиционирования содержит насосный резервуар (30), проточно сообщающийся с флотационным резервуаром (10), причем в насосном резервуаре обеспечена возможность объединения питания свежей пульпы (200) и фракции (300) пульпы, отбираемой из флотационного резервуара (10) через выпускное отверстие (31), в питание (100) пульпы.

21. Флотационная камера по п.20, отличающаяся тем, что выпускное отверстие (31) расположено на боковой стенке (14) флотационного резервуара (10) на расстоянии ( $L_4$ ) от дна (13) флотационного резервуара (10).

22. Флотационная камера по п.21, отличающаяся тем, что указанное расстояние ( $L_4$ ) составляет от 0 до 50% высоты (H) флотационного резервуара (10), измеренной как расстояние от дна (13) до кромки (21) желоба.

23. Флотационная камера по любому из пп.19-22, отличающаяся тем, что контур (3) кондиционирования также содержит насос (32), выполненный с возможностью отбора фракции (300) пульпы из флотационного резервуара (10) и переноса питания (100) пульпы из насосного резервуара (30).

24. Флотационная камера по любому из пп.19 - 23, отличающаяся тем, что контур (3) кондиционирования также содержит распределительный блок, выполненный с

возможностью распределения питания (100) пульпы.

25. Линия (8) флотации, содержащая проточно соединенные флотационные камеры (1a), отличающаяся тем, что по меньшей мере одна из флотационных камер представляет собой флотационную камеру (1) по любому из пп.1-24.

26. Линия флотации по п.25, отличающаяся тем, что перед указанной флотационной камерой (1) расположена флотационная камера (1a).

27. Линия флотации по п.25 или 26, отличающаяся тем, что перед указанной флотационной камерой (1) расположена механическая флотационная камера (1b).

28. Линия флотации по п.26, отличающаяся тем, что она содержит

узел (81) грубой флотации с флотационной камерой (1a),

узел (82) контрольной флотации с флотационной камерой (1a), выполненной с возможностью получения нижнего продукта (400) из узла грубой флотации, и

узел (820) контрольной перемешивающей флотации с флотационной камерой (1a), выполненной с возможностью получения верхнего продукта (500) из узла контрольной флотации,

при этом последняя флотационная камера узла контрольной флотации и/или узла контрольной перемешивающей флотации представляет собой флотационную камеру (1), выполненную по любому из пп.1-23.

29. Линия флотации по п.28, отличающаяся тем, что перед указанной флотационной камерой (1) расположена механическая флотационная камера (1b).

30. Применение линии (8) флотации по любому из пп.25-29 для извлечения частиц, содержащих ценный материал, взвешенных в пульпе.

31. Применение по п.30 для извлечения частиц, содержащих неполярные минералы, такие как графит, сера, молибденит, уголь и тальк.

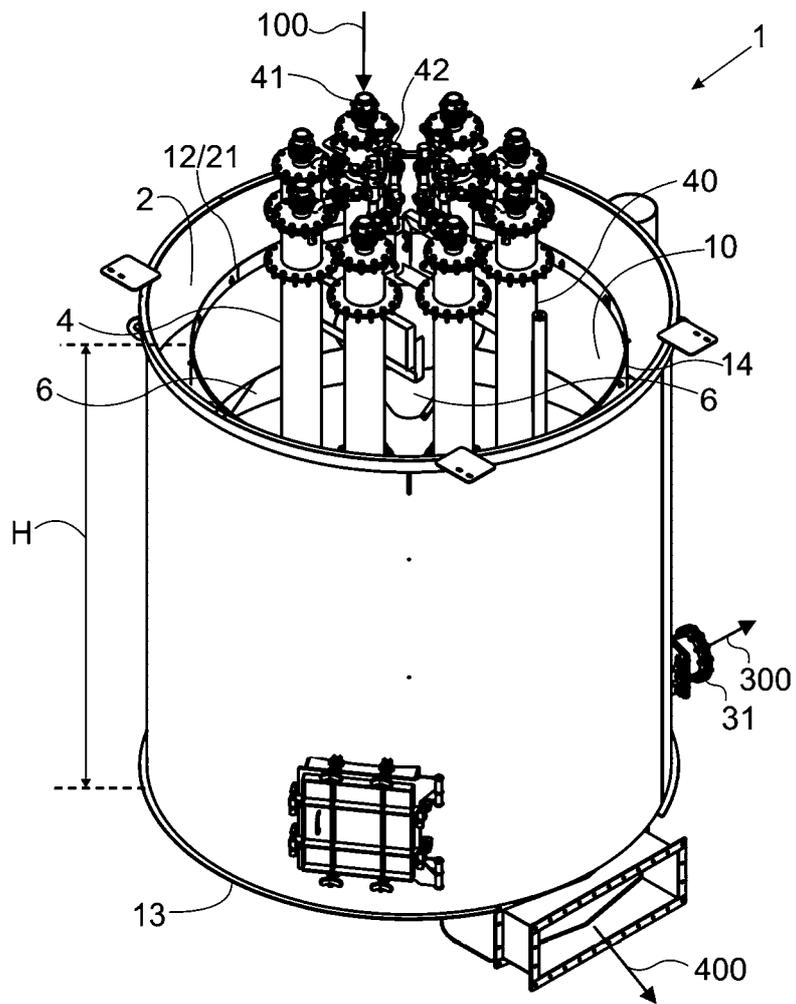
32. Применение по п.30 для извлечения частиц, содержащих полярные минералы.

33. Применение по п.32 для извлечения частиц из минералов, имеющих твердость по Моосу от 2 до 3, таких как галенит, сульфидные минералы, МПГ и/или минералы РЗО.

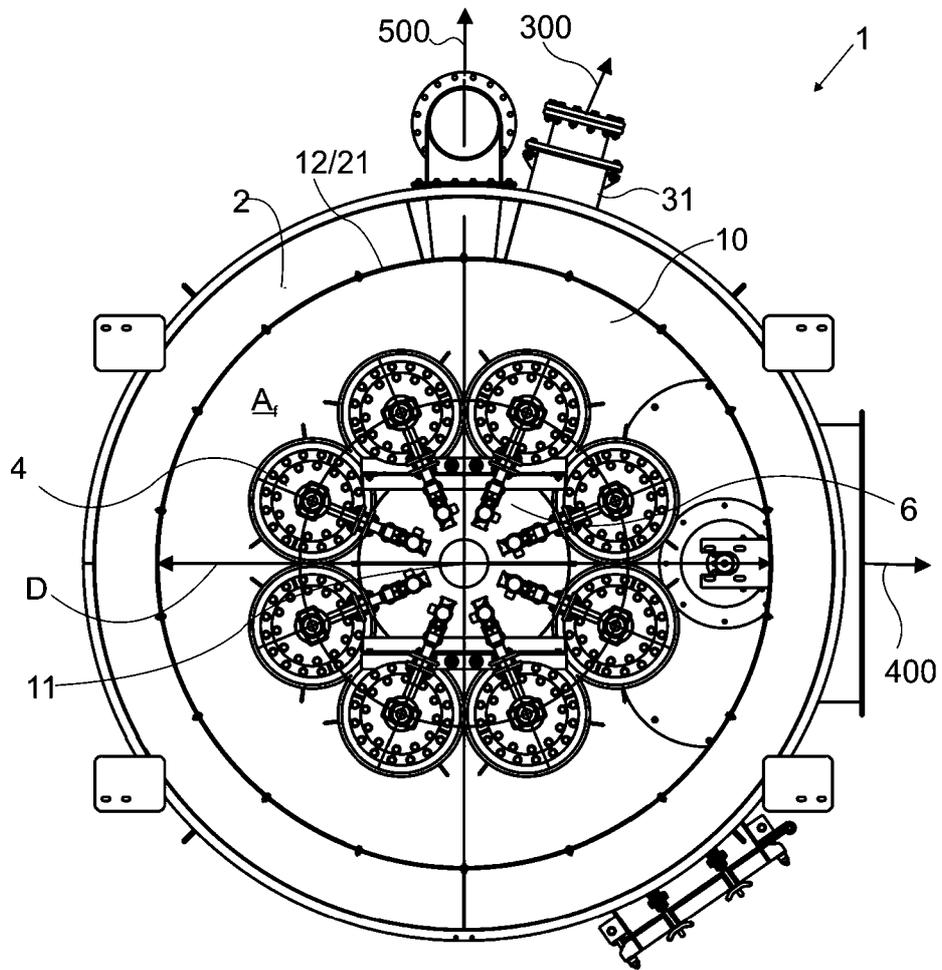
34. Применение по п.33 для извлечения частиц, содержащих Pt.

35. Применение по п.32 для извлечения частиц, содержащих Cu, из минералов, имеющих твердость по Моосу от 3 до 4.

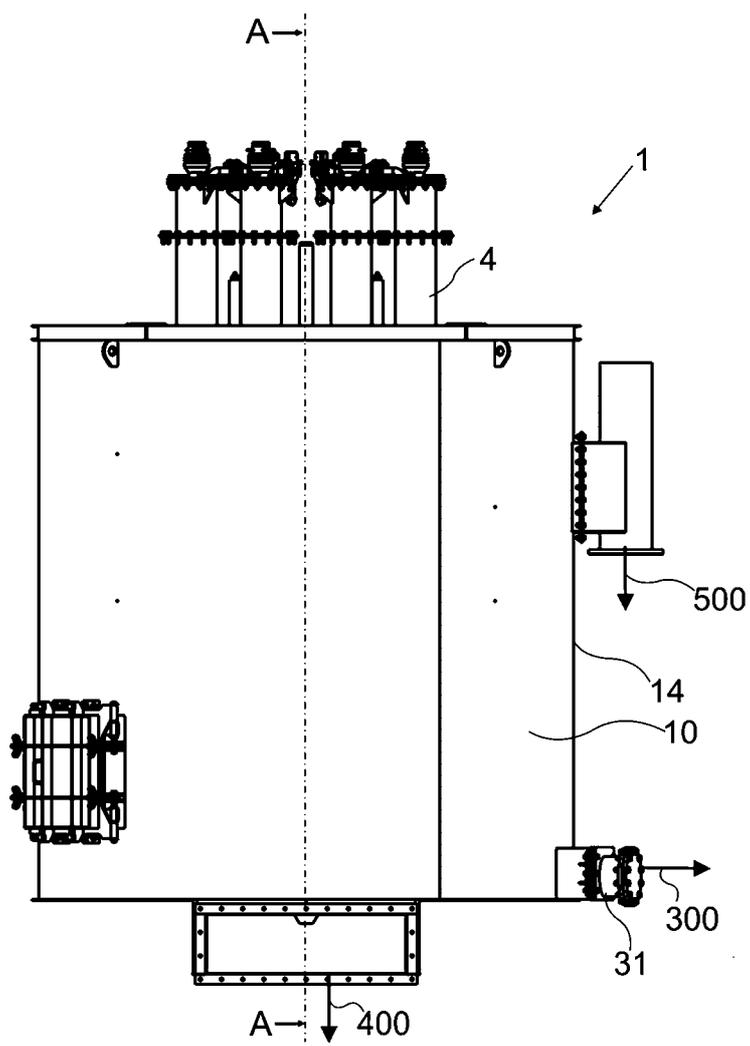
36. Применение по п.35 для извлечения частиц, содержащих Cu, из руды с низким содержанием меди.



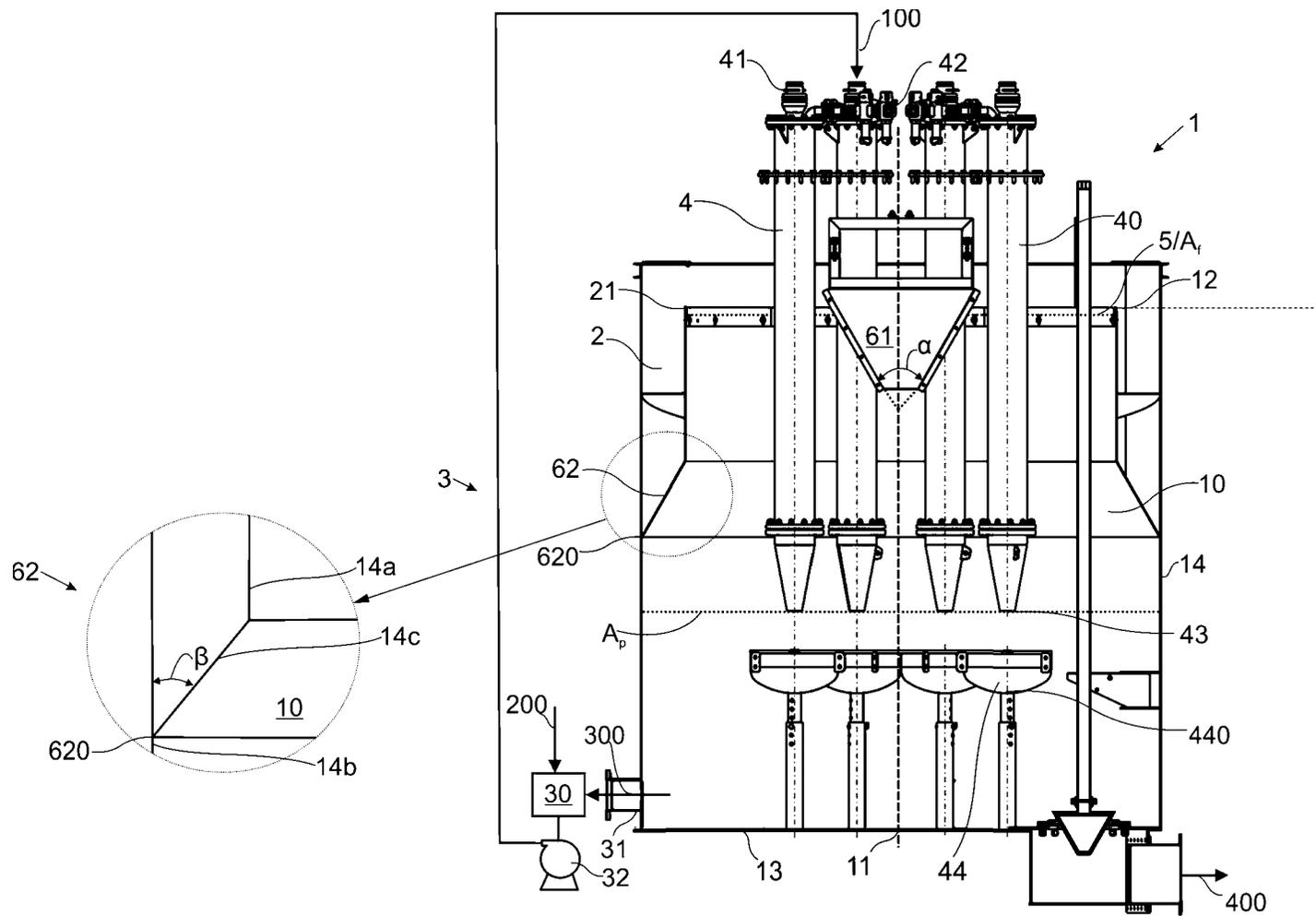
Фиг. 1



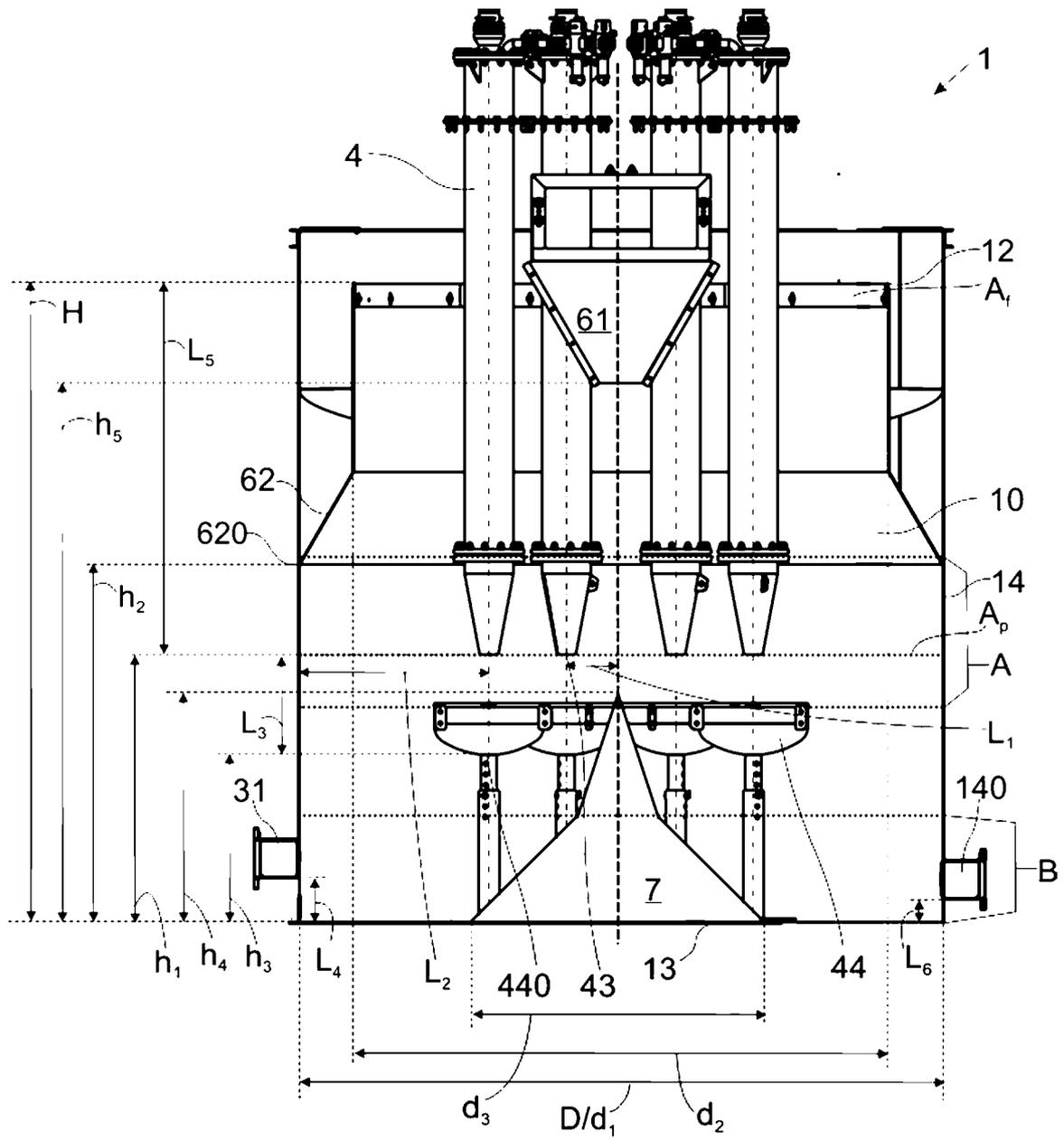
Фиг. 2



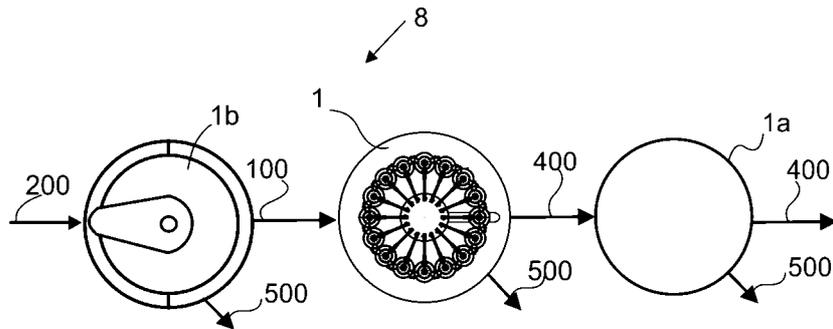
Фиг. 3



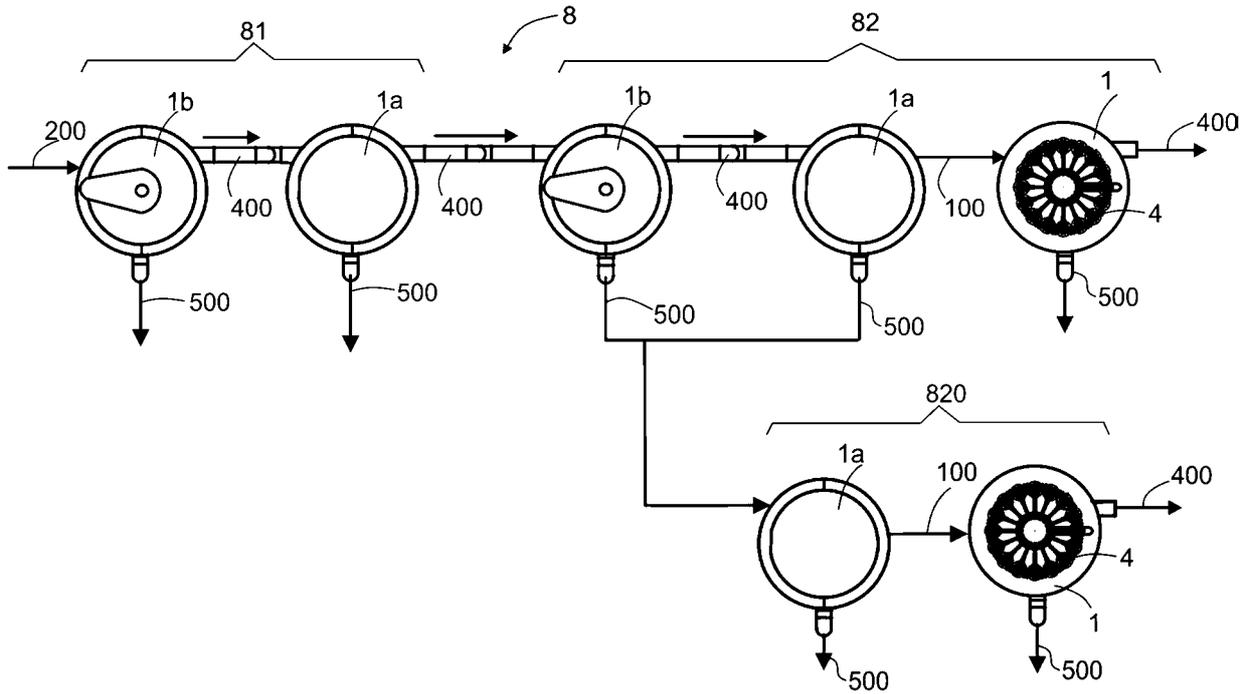
ФИГ. 4



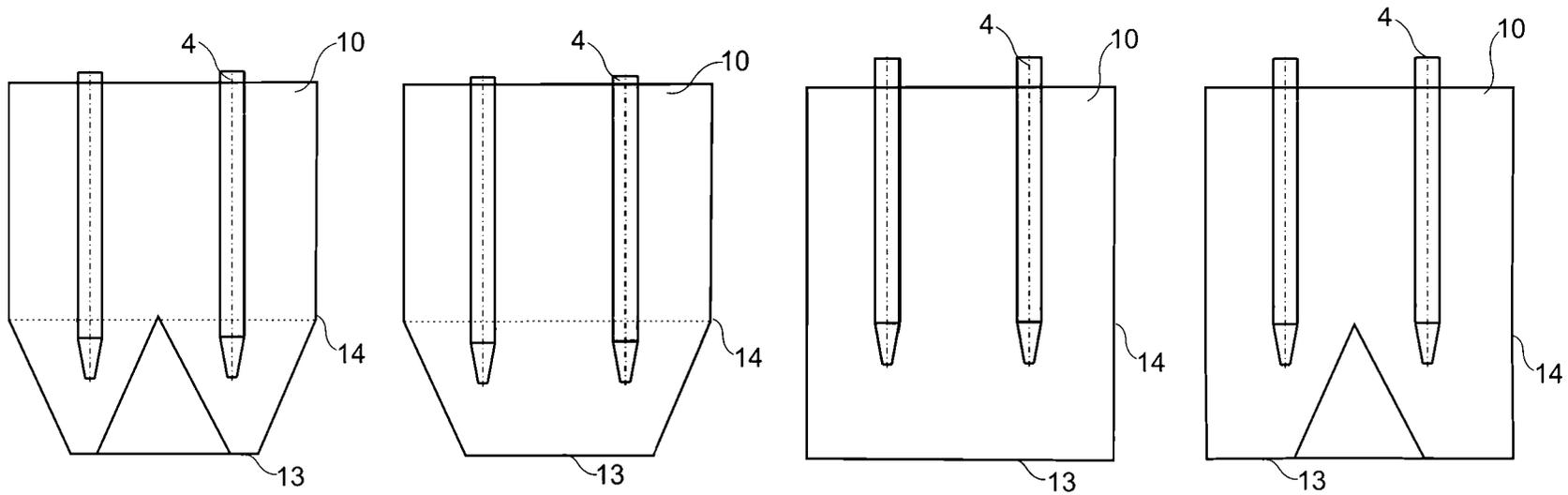
Фиг. 5



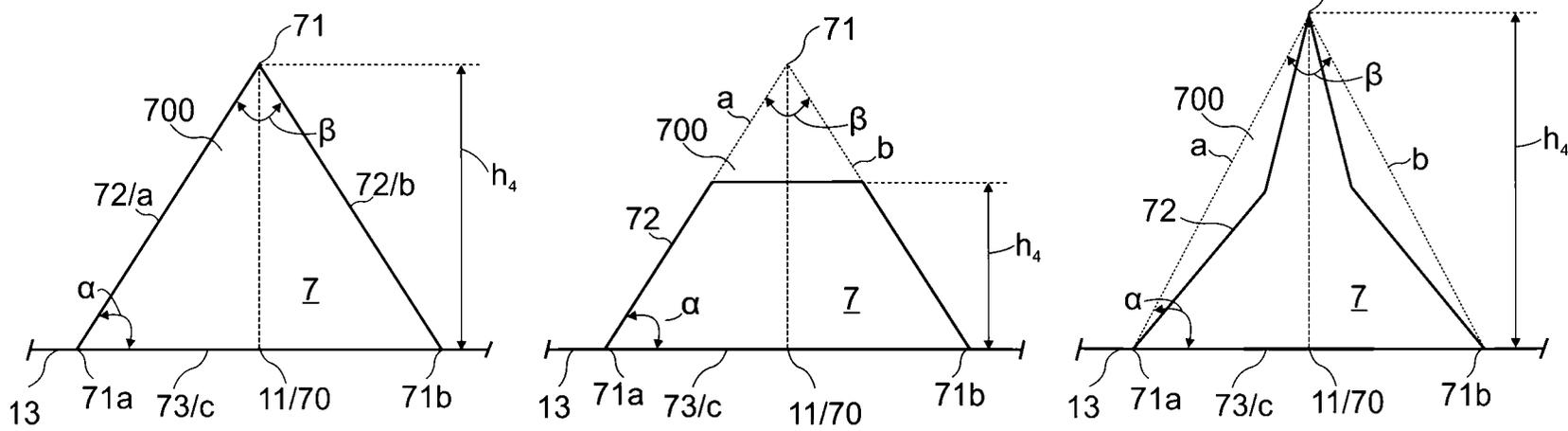
Фиг. 6а



Фиг. 6б



ФИГ. 7



Фиг. 8