

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039769**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.03.11

(21) Номер заявки
202091634

(22) Дата подачи заявки
2018.01.23

(51) Int. Cl. **B03D 1/14** (2006.01)
B03D 1/24 (2006.01)
B03D 1/02 (2006.01)
B03D 1/16 (2006.01)
B03D 103/02 (2006.01)

(54) ЛИНИЯ ФЛОТАЦИИ

(43) **2020.10.30**

(86) **PCT/FI2018/050048**

(87) **WO 2019/145591 2019.08.01**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)

(72) Изобретатель:
**Шеррелл Иэн, Джайн Риддхика (US),
Либерато Реджинальдо (BR)**

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

(56) WO-A1-2015162340
WO-A1-2013169141
WO-A1-2015028958
CN-B-104984835
CN-U-205868558
WO-A1-2018033658
Outotec flotation TankCell e-series, Finland: [online], September 2016, [retrieved on 2018-05-16], retrieved from http://www.outotec.com/globalassets/products/flotation/ote_outotec_tankcell_e-series_en.pdf, the whole document

(57) Описана линия флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. Линия флотации содержит часть грубой флотации с по меньшей мере одной камерой грубой флотации, из которой верхний продукт протекает непосредственно в линию перемешивающей флотации, и часть контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами контрольной флотации, из которых обеспечена возможность протекания верхнего продукта обратно в камеру грубой флотации или на стадию доизмельчения, а затем в линию перемешивающей флотации. Обеспечена возможность удаления нижнего продукта последней камеры контрольной флотации из линии флотации в качестве хвостов. По меньшей мере 75% флотационных камер содержат механическую мешалку, содержащую систему для введения флотационного газа во флотационную камеру. Флотационные камеры соединены последовательно и расположены проточно сообщающимися друг с другом. Последующая флотационная камера предназначена для приема нижнего продукта из предыдущей флотационной камеры. По меньшей мере одна из флотационных камер линии флотации, содержащая механическую мешалку, содержит генератор микропузырьков для введения микропузырьков в пульпу.

039769 B1

039769 B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к линии флотации для отделения частиц руды, содержащих ценный металл, от частиц руды, взвешенных в пульпе. Кроме того, описаны применение линии флотации, флотационная установка и способ отделения частиц руды, содержащих ценный металл, от частиц руды, взвешенных в пульпе.

Сущность изобретения

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

Применение линии флотации, в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется тем, что представлено в п.28 формулы изобретения.

Флотационная установка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется тем, что представлено в п.31 формулы изобретения.

Способ, в соответствии с настоящим изобретением, характеризуется тем, что представлено в п.35 формулы изобретения.

Для обработки взвешенных в пульпе частиц минеральной руды предложена линия флотации, содержащая часть грубой флотации с по меньшей мере одной камерой грубой флотации для разделения пульпы на нижний и верхний продукты с помощью флотационного газа. Верхний продукт из камеры грубой флотации направляется непосредственно в линию перераспределения флотации. Линия флотации также содержит часть контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами контрольной флотации для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа, причем обеспечена возможность протекания верхнего продукта из камеры контрольной флотации обратно в камеру грубой флотации в часть грубой флотации линии флотации или в стадию доизмельчения, а затем в линию перераспределения флотации. Нижний продукт каждой предыдущей флотационной камеры линии флотации направляется в последующую флотационную камеру линии флотации в качестве питания, вплоть до последней флотационной камеры линии флотации, причем последняя флотационная камера является камерой контрольной флотации, из которой нижний продукт направляется из линии в виде хвостов. По меньшей мере 75% флотационных камер в линии флотации содержат механическую мешалку, содержащую ротор, статор и систему для ввода флотационного газа во флотационную камеру. Причем флотационные камеры линии флотации соединены последовательно и расположены в проточном сообщении. Линия флотации отличается тем, что по меньшей мере одна из флотационных камер, содержащих механическую мешалку, содержит генератор микропузырьков для введения микропузырьков в пульпу, и тем, что обеспечена возможность протекания нижнего продукта из предыдущей флотационной камеры в последующую флотационную камеру под действием силы тяжести.

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

Флотационная установка, выполненная в соответствии с настоящим изобретением, содержит линию флотации, выполненную в соответствии с настоящим изобретением.

В способе обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, пульпу подвергают прохождению стадии грубой флотации с по меньшей мере одним этапом грубой флотации, на котором пульпу разделяют на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа,

при этом верхний продукт из этапа грубой флотации направляют для протекания непосредственно в стадию перераспределения флотации;

нижний продукт из стадии грубой флотации направляют в стадию контрольной флотации с по меньшей мере двумя этапами контрольной флотации, на которых пульпу разделяют на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа;

верхний продукт из стадии контрольной флотации направляют обратно на этап грубой флотации стадии грубой флотации или в стадию доизмельчения, а затем в стадию перераспределения флотации;

пульпу механически перемешивают с использованием механической мешалки, содержащей ротор, статор и систему для ввода флотационного газа во флотационную камеру по меньшей мере на 75% этапов флотации;

этапы флотации расположены последовательно и проточно сообщаются;

нижний продукт из предыдущего этапа флотации направляют на последующий этап флотации,

причем верхний продукт содержит концентрат, а нижний продукт содержит хвосты.

Способ отличается тем, что формируют в пульпе микропузырьки по меньшей мере на одном из этапов флотации, на котором пульпу механически перемешивают, при этом нижний продукт из предыдущего этапа флотации направляют в последующий этап флотации под действием силы тяжести.

С помощью описанного в настоящем документе изобретения можно улучшить извлечение мелких частиц минеральной руды в процессе флотации. При пенной флотации облагораживание концентрата направлено на получение частиц минеральной руды размером от 10 до 120 мкм, тогда как извлечение очень крупных или очень мелких частиц является сложной задачей, поскольку в традиционном механической контуре или линии флотационной камеры мелкие частицы теряются в хвостах. Обычно при пен-

ной флотации флотационный газ вводится во флотационную камеру или резервуар посредством механической мешалки. Образующиеся таким образом пузырьки флотационного газа имеют относительно большой диапазон размеров, обычно от 0,8 до 2,0 мм, и не особенно подходят для сбора частиц минеральной руды, имеющих более мелкий размер.

Традиционно извлечение мелких частиц улучшается благодаря использованию камер колонной флотации, в которых отсутствие механического перемешивания и введение промывочной воды сверху камеры минимизируют улавливание частиц руды пенной. В камерах колонной флотации пульпа содержит рециркулят из нижней части камеры, закачиваемый в барботажное устройство, в котором пузырьки прикрепляются к частицам минеральной руды. Образованные таким образом агломераты пузырьков флотационного газа и частиц руды закачиваются обратно во флотационную камеру, где пузырьки поднимаются к слою пены. Однако камеры колонной флотации обычно ограничены использованием в контурах или линиях перечистой флотации, где количество твердого материала в пульпе значительно ниже, чем в типичной линии или контуре перечистой флотации. Перемещение пульпы между любыми соседними камерами колонной флотации требует перекачивания, которое эффективно отделяет частицы минеральной руды от пузырьков флотационного газа и таким образом уменьшает время пребывания агломератов пузырьков частиц минеральной руды и флотационного газа внутри флотационной камеры. Кроме того, скорость подачи камер колонной флотации, а также количество твердого материала в пульпе, подлежащей обработке, должны быть ниже, чем в камере механической флотации, чтобы предотвратить осаждение частиц минеральной руды на дно флотационной камеры.

Напротив, камера механической флотации обычно используется в линии или контуре, включающем группу таких камер, и используется в основном в грубой или контрольной флотации, а также в перечистой флотации. Камера механической флотации содержит механическую мешалку, обычно представляющую собой роторно-статорный механизм, который создает пузырьки флотационного газа в области перемешивания флотационной камеры. Как описано выше, относительно крупные пузырьки флотационного газа, образующиеся таким образом, не особенно эффективны для захвата или улавливания мелких частиц минеральной руды. Следовательно, для улучшения извлечения этих мелких частиц минеральной руды выгодно вводить во флотационную камеру микропузырьки, причем эти микропузырьки эффективно захватывают более мелкие частицы и таким образом улучшают извлечение более мелких частиц в концентрат. Обычно распределение размеров микропузырьков составляет от 1 мкм до 1 мм.

Путем введения микропузырьков непосредственно в камеру механической флотации можно увеличить время пребывания агломератов микропузырьков и мелких частиц минеральной руды внутри линии флотации. Это время пребывания может быть дополнительно увеличено благодаря организации потока пульпы, т.е. путем подачи нижнего продукта одной флотационной камеры в последующую флотационную камеру под действием силы тяжести, так что перекачка, которая может разрушить агломераты микропузырьков и частиц руды, не требуется. Это может улучшить степень извлечения, так что лишь небольшое количество ценного материала оканчивается в конечных хвостах в частях грубой и/или контрольной флотации линии флотации.

С помощью описанного в настоящем документе изобретения акцент обработки пульпы может быть смещен на эффективное отделение бесполезной фракции от частиц руды и извлечение максимального количества ценных частиц. Другими словами, частицы руды, содержащие очень небольшие или даже минимальные количества ценного материала, могут быть извлечены для дальнейших технологических операций/обработки. Это может быть особенно выгодно для руд низкого качества, т.е. руд изначально с очень низким содержанием ценного материала, например, из бедных месторождений полезных ископаемых, которые ранее могли считаться экономически слишком незначительными, чтобы оправдать их использование. Даже очень мелкие частицы минеральной руды, которые обычно не улавливаются и попадают в концентрат, могут быть извлечены вместо того, чтобы оказаться в окончательных хвостах.

На начальном или переднем конце линии флотации можно извлекать частицы руды высокой сортности, содержащие ценный минерал, тогда как конец линии флотации может использоваться для извлечения как можно большего количества частиц руды, содержащих даже небольшое количество ценного минерала, и при этом могут быть извлечены даже более мелкие частицы. Линия флотации, выполненная в соответствии с изобретением, обеспечивает эффективное общее извлечение частиц руды, содержащих ценный минерал, обеспечивая тем самым значительные преимущества по сравнению с существующим уровнем техники.

Линия флотации, ее применение, флотационная установка и способ флотации в соответствии с изобретением обеспечивают технический результат, позволяющий удобным образом извлекать частицы различных размеров, а также эффективно извлекать ценные минералы, содержащие частицы руды, из обедненного рудного сырья изначально с относительно небольшим количеством ценного минерала. Преимущества, обеспечиваемые конструкцией линии флотации, позволяют точно регулировать конструктивные параметры линии флотации в соответствии с целевым ценным материалом на каждой установке.

В соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения линия флотации может быть расположена ступенчато, так что по меньшей мере некоторые из флотационных камер (т.е. нижние части флотационных камер) либо в части грубой флотации, либо в части контрольной флотации, или в обеих

частях расположены на разных уровнях, например нижняя часть первой флотационной камеры грубой флотации может быть расположена выше, чем нижняя часть последующей камеры (камер) грубой флотации и/или контрольной флотации. Таким образом, уровень поверхности пульпы по меньшей мере некоторых из флотационных камер, следующих за первыми флотационными камерами грубой флотации, ниже, что создает ступень между любыми двумя последующими флотационными камерами, находящимися в прямом проточном соединении друг с другом. Созданная таким образом ступень обеспечивает возможность получения гидростатического напора или перепада гидростатического давления (гидравлического градиента) между двумя последующими флотационными камерами, в результате чего поток пульпы из одной камеры в следующую может осуществляться под действием силы тяжести без каких-либо специальных насосов. Гидравлический градиент вынуждает поток пульпы перемещаться к выпускному отверстию или отверстиям для хвостов линии флотации. Это может уменьшить потребность в дополнительной перекачке. Кроме того, требуемая мощность для перекачки может быть уменьшена, поскольку поток материала направляется вниз по потоку под действием силы тяжести из-за перепада уровней поверхности пульпы. Это может относиться даже к вариантам выполнения, в которых уровни поверхности пульпы соседних флотационных камер в линии флотации находятся на одном уровне. В дополнение к уже описанному преимуществу сохранения агломератов микропузырьков и частиц руды и увеличения времени их пребывания во линии флотации снижение потребности в энергоемкой перекачке приводит к экономии энергии, а также к упрощению конструкции флотационной установки и к меньшей потребности в пространстве для строительства.

Также можно расположить линию флотации так, чтобы по меньшей мере некоторые или все флотационные камеры (т.е. нижние части камер) находились на одном уровне. Это может увеличить скорость строительства, упростить планирование и строительство и, следовательно, снизить затраты. Эта так называемая "унипланарность" флотационных камер или линии флотации может дать преимущества благодаря снижению инвестиционных затрат, поскольку для создания установки требуется меньше земляных работ и меньше места. Это может быть особенно выгодно при увеличении размера флотационной камеры. Это опять же может быть желательным с точки зрения оптимизации производительности процесса при одновременном снижении капитальных затрат на инвестиции.

В этом изобретении в отношении флотации используются следующие определения.

Флотация связана с явлениями, связанными с относительной плавучестью объектов. Флотация - это процесс отделения гидрофобных материалов от гидрофильных материалов путем добавления в процесс флотационного газа, например воздуха. Флотация может быть осуществлена на основе естественной разницы в гидрофобных/гидрофильных свойствах или на основе гидрофобных/гидрофильных различий, возникающих при добавлении поверхностно-активного вещества или химического коллектора. Газ может добавляться к исходному сырью, подлежащему флотации (пульпе или суспензии), несколькими различными способами.

Флотация в основном направлена на извлечение концентрата частиц руды, содержащего ценный минерал. Под концентратом в настоящем документе понимается часть пульпы, извлеченной в верхнем 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. 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 быть добавлен к сырью, подлежащему флотации (пульпе или суспензии), несколькими различными способами.

Под флотационной линией в настоящем документе подразумевается узел, содержащий ряд флотационных камер или флотаторов, которые расположены в проточном соединении друг с другом для обеспечения возможности перемещения пульпы между флотационными камерами либо под действием силы тяжести, либо с помощью перекачки, чтобы сформировать линию флотации. Линия флотации предназначена для обработки взвешенных в пульпе частиц минеральной руды путем флотации. Таким образом, ценные металлсодержащие частицы руды извлекаются из частиц руды, взвешенных в пульпе. Пульпа подается через впускное отверстие для питания в первую флотационную камеру линии флотации для запуска процесса флотации. Линия флотации может быть частью более крупной флотационной установки, содержащей одну или несколько линий флотации. Следовательно, ряд различных устройств или ступеней для предварительной и последующей обработки может находиться в фактическом соединении с компонентами линии флотации, как известно специалисту в данной области техники.

В линии флотации 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 хвостов или

отходов. В связи со способом флотации в соответствии с настоящим изобретением, под флотацией в настоящем документе подразумевается весь процесс флотации, происходящий на линии флотации.

Флотационные камеры во флотационном устройстве проточно соединены друг с другом. Проточное соединение может быть достигнуто с помощью трубопроводов разной длины, таких как трубы или трубки, причем длина трубопровода зависит от физической конструкции флотационного устройства в целом.

В качестве альтернативы флотационные камеры могут быть расположены в непосредственном соединении друг с другом. Под непосредственным соединением камер в настоящем документе понимается расположение, при котором наружные стенки любых двух последующих флотационных камер соединены друг с другом, чтобы обеспечивать соединение выпускного отверстия первой флотационных камеры 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.

Проточное соединение между флотационными камерами или флотаторами может быть непосредственным, т.е. две флотационных камеры линии флотации могут непосредственно примыкать друг к другу. В качестве альтернативы две флотационные камеры могут быть расположены на расстоянии друг от друга и соединены трубой, каналом или другими средствами, известными в данной области техники. Проточное соединение между флотационными камерами может содержать различные механизмы регулирования.

Под непосредственным проточным сообщением в настоящем документе подразумевается, что любые две соседние или смежные или смежные флотационные камеры соединены таким образом, что между любыми двумя флотационных камерами или стадиями флотации нет дополнительных стадий процесса, таких как измельчение. Это не следует путать с определением непосредственного соединения камер, как описано выше.

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.

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, пятиугольное или другое радиально-симметричное поперечное сечение. Количество флотационных камер может варьироваться в зависимости от конкретного флотационного устройства и/или операции по обработке руды определенного типа и/или сортности, как известно специалисту в данной области техники. Применительно к способу флотации в соответствии с настоящим изобретением под стадией флотации в настоящем документе понимается процесс флотации, происходящий в одной флотационной камере.

Флотационная камера может представлять собой камеру пенной флотации, такую как камера с механическим перемешиванием или резервуарная камера или сдвоенная флотационная камера. Сдвоенная флотационная камера содержит по меньшей мере два отдельных резервуара, а именно 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 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, содержащих ценный металл, прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх благодаря плаваемости, по меньшей мере часть частиц руды, содержащих ценный металл, прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх при непрерывном восходящем потоке пульпы и по меньшей мере часть частиц руды, содержащих ценный металл, поднимается вверх при непрерывном восходящем потоке пульпы. Частицы руды, содержащие ценные металлы, извлекаются путем создания непрерывного восходящего потока пульпы из указанной 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, 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.

Флотационная камера содержит механическую мешалку для перемешивания пульпы, чтобы поддерживать ее во взвешенном состоянии. Под механической мешалкой в настоящем документе подразуме-

меваются любое подходящее средство для перемешивания пульпы во флотационной камере. Механическая мешалка может содержать ротор-статор с двигателем и приводным валом, причем конструкция ротор-статора расположена в нижней части флотационной камеры.

Под верхним продуктом в настоящем документе подразумевается та часть пульпы, которая собирается в переливной желоб флотационной камеры и таким образом покидает флотационную камеру в виде концентрата. Верхний продукт может содержать пену, пену и пульпу или в некоторых случаях только или по большей части пульпу.

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

Под направлением вниз по потоку в настоящем документе подразумевается направление, параллельное потоку 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. 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", "второй" могут относиться к двум (или более) концентратам частиц руды, включающим один и тот же ценный минерал, но два четко различающихся распределения по гранулометрическому составу.

Под грубой флотацией, узлом грубой флотации линии флотации и/или камерами грубой флотации в настоящем документе понимается стадия флотации, которая производит предварительный концентрат. Цель состоит в удалении максимального количества ценного минерала с максимально практически возможным размером частиц. Для грубой флотации не требуется полное освобождение, только достаточное освобождение, чтобы высвободить достаточно породы из ценного минерала для получения высокой степени извлечения. Основной целью стадии грубой флотации является извлечение как можно большего количества ценных минералов с меньшим акцентом на качество получаемого концентрата.

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

Грубая флотация часто сопровождается контрольной флотацией, которая применяется к более грубым хвостам. Под контрольной флотацией понимается контрольная часть линии флотации и/или камера контрольной флотации, целью которой является извлечение какого-либо ценного минерального материала, который не был извлечен во время начальной грубой стадии. Это может быть достигнуто путем изменения условий флотации, чтобы сделать их более строгими, чем первоначальная грубая обработка, или в некоторых вариантах выполнения изобретения путем введения микропузырьков в пульпу. Концентрат из контрольной камеры или стадии может быть возвращен в питание узла грубой флотации для повторной флотации или направлен в стадию повторного измельчения, а затем в линию перечистой контрольной флотации.

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

Под предварительной обработкой и/или следующей обработкой и/или последующей обработкой подразумевают, например, измельчение, истирание, разделение, просеивание, классификацию, разделение на фракции, подготовку или очистку, такую как линия перечистой флотации, причем все они представляют собой традиционные процессы, известные специалисту в данной области техники.

Под микропузырьками в настоящем документе понимаются пузырьки флотационного газа размером от 1 мкм до 1,2 мм, вводимые в суспензию с помощью специального генератора микропузырьков. В частности, микропузырьки вводятся в суспензию за пределами нормальной области перемешивания или области высоких сдвиговых усилий внутри флотационной камеры, резервуара или емкости. Более конкретно в зависимости от того как устроен генератор микропузырьков большинство микропузырьков попадают в определенный диапазон размеров. Например, большинство микропузырьков, создаваемых струйным разбрызгивателем, попадает в диапазон размеров от 0,5 до 1,2 мм. Например, микропузырьки создаются барботажным устройством Вентури и большинство из них имеют размер от 0,3 до 0,9 мм.

Напротив, "нормальные" пузырьки флотационного газа, используемые при пенной флотации, имеют размер в диапазоне приблизительно от 0,8 до 2 мм и вводятся в пульпу с помощью или посредством механической мешалки или через/во выпускные отверстия для флотационного газа за пределами механической мешалки. Кроме того, эти пузырьки флотационного газа могут иметь тенденцию сливаться в еще

более крупные пузырьки во время их пребывания в области перемешивания, где происходят столкновения между частицами минеральной руды и пузырьками флотационного газа, а также только между пузырьками флотационного газа. Поскольку микропузырьки вводятся во флотационную камеру за пределами области турбулентного перемешивания, такое слияние с микропузырьками маловероятно, при этом их размер может оставаться меньше на протяжении всего времени пребывания во флотационной камере, тем самым влияя на способность микропузырьков улавливать мелкие частицы руды.

Таким образом, в контексте изобретения следует понимать, что микропузырьки не только характеризуются своим конкретным размером или диапазоном размеров, который в некоторых случаях может перекрываться диапазоном размеров пузырьков флотационного газа, вводимых во флотационную камеру с помощью/посредством механической мешалки (или в некоторых случаях через/в отдельные впускные отверстия для флотационного газа), но также по способу и месту их введения во флотационную камеру, т.е. генератором микропузырьков, так что микропузырьки вводятся во флотационную камеру на высоте или в месте внутри флотационной камеры за пределами области перемешивания.

В одном варианте выполнения линии флотации верхние продукты из флотационных камер содержат концентрат, а нижние продукты из флотационных камер выполнены с возможностью перетекания в хвосты.

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

Путем организации потока пульпы под действием силы тяжести можно избежать отделения более мелких частиц минеральной руды от микропузырьков и увеличить время пребывания агломератов микропузырьков и частиц руды. Кроме того, может быть достигнута экономия энергопотребления, поскольку для принудительного перемещения пульпы вниз по потоку не требуется дополнительной перекачки.

Избегая энергоемких перекачиваний при флотации, можно достичь значительной экономии энергии, в то же время обеспечивая эффективное извлечение ценного минерального материала из руд низкого качества, т.е. содержащих даже очень мало ценных минералов для начала. Представляется возможным произвести некоторую часть концентрата с высокой сортностью, но в то же время иметь хорошую степень извлечения требуемого ценного минерала. Лишь незначительное количество ценного минерала может попасть в поток хвостов.

Предлагаемое изобретение направлено на улучшение процесса извлечения полезных ископаемых, в то же время снижая потребление энергии этим процессом. Это становится возможным благодаря использованию собственных потоков пульпы процесса, т.е. путем перемещения потока пульпы на повторную обработку в последующих флотационных камерах. Таким образом, организовав процесс флотации, можно направлять поток пульпы под действием силы тяжести. В некоторых вариантах выполнения поток пульпы также можно направлять с помощью перекачивания с низкой интенсивностью или с помощью подходящей комбинации этих двух способов, т.е. с помощью гравитационного и низкоинтенсивного перекачивания. Например, можно управлять потоком пульпы с помощью насоса с низким напором или под действием силы тяжести, когда нижний продукт из контрольной флотационной камеры может протекать обратно в камеру грубой флотации в качестве питания.

Под насосом с низким напором в настоящем документе понимается насос любого типа, создающий низкое давление для приведения в движение потока пульпы ниже по потоку. Обычно насос с низким напором производит максимальный напор до 1,0 м, т.е. может использоваться для перемещения потока пульпы между двумя соседними флотационными камерами с разницей в уровне поверхности раствора менее 30 см. Насос с низким напором обычно может иметь импеллер для создания осевого потока.

В одном варианте выполнения линии флотации по меньшей мере одна из флотационных камер, предшествующая последней флотационной камере линии флотации, содержит генератор микропузырьков.

В одном варианте выполнения линии флотации все флотационные камеры, предшествующие последней флотационной камере линии флотации, содержат генератор микропузырьков.

В еще одном варианте выполнения линии флотации по меньшей мере одна из камер контрольной флотации контрольного узла линии флотации содержит генератор микропузырьков.

В еще одном варианте выполнения линии флотации все камеры контрольной флотации контрольного узла линии флотации содержат генератор микропузырьков.

Путем введения микропузырьков конкретно в одну или несколько камер контрольной флотации, микропузырьки не теряются без надобности в части процесса флотации, предназначенной для извлечения частиц минеральной руды большего размера, т.е. части грубой флотации линии флотации. Вместо этого микропузырьки направляются в ту часть процесса, где они будут больше всего влиять на извлечение более мелких частиц минеральной руды, которые в противном случае могут оказаться в пустой порода и, наконец, в хвостах.

В одном варианте выполнения линии флотации последняя флотационная камера содержит генератор микропузырьков.

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

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

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

Наличие достаточного количества флотационных камер позволяет производить часть концентрата высокой сортности и в то же время обеспечивать высокое извлечение требуемого ценного минерала во всей линии флотации, что позволяет избежать попадания любого ценного минерала в поток хвостов. Максимально возможное большое количество частиц руды, содержащих ценный минерал, может всплывать, при этом минимизируя требуемую энергию перекачки для достижения этого.

В одном варианте выполнения линии флотации объем первой флотационной камеры линии флотации составляет не менее 25 м^3 или не менее 100 м^3 .

В одном варианте выполнения линии флотации объем второй флотационной камеры линии флотации составляет не менее 25 м^3 или не менее 100 м^3 .

Использование флотационных камер с относительно большим объемным размером увеличивает вероятность столкновений между пузырьками газа, создаваемыми во флотационных камерах, например, с помощью ротора и частицами, содержащими ценный минерал, улучшая, тем самым 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 из-за более длительного времени нахождения пульпы во флотационной камере может происходить большее количество столкновений. Таким образом, большая часть частиц руды, содержащих ценный минерал, может плавать. Кроме того, обратное оседание всплывающих частиц руды может быть выше, что означает, что частицы руды, содержащие очень небольшое количество ценного минерала, падают обратно на дно флотационной камеры. Таким образом, сортность верхнего продукта и/или концентрата из более крупных флотационных камер может быть выше. Кроме того, во флотационной камере большего размера риск объединения или слияния микропузырьков с образованием агломератов микропузырьков ниже. Кроме того, введение микропузырьков во флотационную камеру может быть выполнено в области или положении внутри флотационной камеры, где эффект перемешивания механической мешалкой менее резкий, а турбулентность ниже, что дополнительно минимизирует вышеупомянутый риск объединения микропузырьков, но также сводит к минимуму разрушение образующихся агломератов частиц минеральной руды с более мелкими микропузырьками.

Кроме того, флотационные камеры с механическим перемешиванием и относительно большим объемом способны справляться с более высокими скоростями подачи пульпы и более широким диапазоном размеров частиц, повышая, таким образом, общую эффективность линии флотации и также снижая потребность в энергоёмком измельчении, поскольку пульпа не обязательно должна иметь особенно однородный гранулометрический состав, чтобы гарантировать извлечение ценного материала.

С помощью линии флотации вышеуказанных вариантов выполнения можно производить или извлекать по меньшей мере некоторую часть концентрата с очень высокой сортностью.

В случае если первые флотационные камеры имеют относительно большой объем, то может не быть необходимости в последующих флотационных камерах большого размера, скорее, флотационные камеры ниже по потоку от первой первичной камеры или камер могут иметь меньший размер и, следовательно, быть более эффективными. В процессах флотации некоторых минералов может легко плавать значительная часть частиц руды, содержащих ценный минерал с высокой сортностью. В этом случае возможно иметь флотационные камеры меньшего объема ниже по потоку в первичной линии и при этом достигать высокой степени извлечения.

В одном варианте выполнения линии флотации отношение высоты, измеренной как расстояние между дном флотационной камеры и переливной кромкой, к диаметру, измеренному на высоте механической мешалки, составляет 1,5 или меньше.

Путем выполнения флотационных камер с таким отношением высоты к диаметру становится возможным гарантировать равномерное и достаточное перемешивание пульпы внутри флотационной камеры. Агломераты пузырьков флотационного газа и частиц минеральной руды эффективно переносятся в область пены, поскольку их подъем не слишком продолжительный в вертикальном направлении флотационной камеры, что улучшает извлечение ценного материала. Кроме того, введение микропузырьков во флотационную камеру может быть выполнено в области или положении внутри флотационной камеры, где эффект перемешивания механической мешалки менее резкий, а турбулентность ниже, что дополнительно минимизирует вышеупомянутый риск объединения микропузырьков, но также сводит к минимуму разрушение образующихся агломератов частиц минеральной руды с более мелкими микропузырьками.

В одном варианте выполнения линии флотации механическая мешалка содержит ротор и статор.

Путем размещения статора в механической мешалке можно препятствовать переносу струйных потоков, создаваемых ротором, дальше в радиальном направлении флотационной камеры. Вокруг механи-

ческой мешалки расположена большая область перемешивания, обеспечивающая создание относительно большого пузырька флотационного газа, который эффективно захватывает и поднимает частицы минеральной руды с более крупными частицами в пену и, наконец, концентрируется, в то время как ближе к периметру флотационной камеры область, в которой имеется относительно низкая турбулентность и меньшие разрушающие силы, гарантирует, что микропузырьки, введенные во флотационную камеру, могут захватывать частицы руды с более мелким размером частиц, а образованные таким образом агломераты сохраняют свою когерентность и могут также подниматься в область пены.

В одном варианте выполнения линии флотации статор содержит систему для ввода флотационного газа во флотационную камеру.

При подаче флотационного газа через статор пузырьки флотационного газа могут иметь больший размер. Это означает, что частицы минеральной руды даже с относительно большими размерами могут быть захвачены пузырьками флотационного газа, тем самым улучшая извлечение более крупных частиц руды.

В одном варианте выполнения линии флотации флотационный газ подают в подготовительную флотационную камеру, в которой размещена механическая мешалка, причем подготовительная флотационная камера содержит генератор микропузырьков.

Под подготовительной флотационной камерой в настоящем документе подразумевается флотационный резервуар, в котором пульпа может быть приготовлена для флотации, обычно путем введения флотационного газа и использования механического перемешивания, перед направлением пульпы во второй резервуар, где происходит фактический процесс флотации. Подготовительная флотационная камера может, например, представлять собой первый резервуар двойной флотационной камеры, описанной выше в этом описании.

В одном варианте выполнения линии флотации частицы минеральной руды содержат Cu, или Zn, или пирит, или сульфид металла.

В одном варианте выполнения линии флотации частицы минеральной руды содержат Cu из низкосортной руды.

Медь обычно рассматривается как легко флотируемый минерал, а это означает, что частицы минеральной руды, содержащие Cu, с более крупными размерами частиц, могут быть эффективно извлечены уже в грубой части линии флотации. Однако часть ценного материала может состоять из более мелких частиц руды, которые, несмотря на то что они содержат ценный материал, могут оказаться в нижнем продукте первой камеры(камер) грубой флотации. Путем введения микропузырьков в последующие камеры или стадии флотации, эти более мелкие частицы, содержащие Cu, могут быть эффективно извлечены, тем самым повышая общую эффективность линии флотации.

В одном варианте выполнения линии флотации первая флотационная камера выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80, равный по меньшей мере 75 мкм.

В одном варианте выполнения линии флотации первая флотационная камера выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80 менее 300 мкм.

В одном варианте выполнения линии флотации последняя флотационная камера выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80 менее 200 мкм.

Под D80 в настоящем документе понимается максимальный диаметр частиц, меньше которого имеют 80% частиц руды в объеме пульпы, т.е. 80-перцентиль размера частиц, измеренного как диаметр частицы. Чем меньше значение D80, тем мельче частицы. Микропузырьки особенно эффективны при извлечении более мелких частиц минеральной руды, поскольку их размер от 1 мкм до 1 мм идеально подходит для прикрепления к более мелким частицам.

В одном варианте выполнения линии флотации генератор микропузырьков выполнен с возможностью приема пульпы со дна флотационной камеры через выпускное отверстие и для возврата пульпы, содержащей микропузырьки, обратно во флотационную камеру через по меньшей мере одно возвратное впускное отверстие, расположенное выше, в вертикальном направлении флотационной камеры, выпускного отверстия.

В одном варианте выполнения линии флотации генератор микропузырьков содержит систему рециркуляции пульпы.

Благодаря отбору пульпы со дна флотационной камеры гарантируется, что более мелкие частицы минеральной руды, 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, скорость извлечения ценных минералов повышается, поскольку материал, содержащий даже минимальные количества ценной минеральной руды, может быть собран в концентрат. Путем введения микропузырьков в пульпу, поступающую со дна флотационной камеры, до ее возврата в камеру, можно облегчить прикрепление микропузырьков к частицам минеральной руды. Благодаря возврату пульпы, содержащей агломераты микропузырьков и частиц минеральной руды, во флотационную камеру в местоположении над выпускным отверстием, более конкретно над областью перемешивания вокруг механической мешалки в нижней части флотационной камеры, устойчивость и возможность удержания агломератов могут быть гарантированы, так как место-

положение является менее турбулентным и подвержено действию меньшего количества разрушающих сил, чем область перемешивания. Кроме того, расстояние подъема агломератов в область пены короче, что может дополнительно улучшить извлечение, так как вероятность того, что агломераты микропузырьков и частиц руды попадут в верхний продукт и концентрат, увеличивается, а риск обратного падения в нижнюю часть флотационной камеры уменьшается.

В типичной механической флотационной камере, которая представляет собой флотационную камеру с механической мешалкой, механическая мешалка, а точнее узел ротор-статор, используется для создания турбулентности в нижней части флотационной камеры для предотвращения запесочивания и облегчения обработки пульпы с относительно высоким содержанием твердых частиц (т.е. высоким процентом частиц минеральной руды по весу пульпы). Однако ввиду введения микропузырьков в пульпу для улучшения извлечения более мелких частиц механическое перемешивание является негативным. Как объяснялось выше, турбулентность в области перемешивания не только предотвращает прикрепление микропузырьков к более мелким частицам, но также разрывает и разрушает образовавшиеся агломераты микропузырьков и частиц минеральной руды. Чтобы преодолеть отрицательный эффект механического перемешивания, необходимого для эффективной флотации, в линии флотации, выполненной в соответствии с изобретением, микропузырьки вводят в пульпу с помощью генератора микропузырьков, содержащего систему рециркуляции пульпы, предназначенную для образования микропузырьков в пульпе, взятой из флотационной камеры, а точнее из нижней части флотационной камеры, и повторно вводят пульпу, содержащую агломераты микропузырьков и частиц руды, обратно во флотационную камеру в местоположении, где негативный эффект механического перемешивания может быть сведен к минимуму, улучшая тем самым извлечение ценных материалов в линии флотации.

В одном варианте выполнения линии флотации система рециркуляции пульпы содержит рециркуляционный насос, выполненный с возможностью забора пульпы из флотационной камеры через выпускное отверстие;

распределительный узел, выполненный с возможностью равномерного распределения пульпы в системе рециркуляции;

барботажный узел, выполненный с возможностью создания микропузырьков и прикрепления микропузырьков к частицам минеральной руды в пульпе и также выполненный с возможностью введения пульпы обратно во флотационную камеру через возвратное впускное отверстие; и

компрессор или нагнетатель, выполненный с возможностью подачи сжатого воздуха/газа в барботажный узел.

Пульпа, рециркулированная из нижней части флотационной камеры, как объяснено выше, нагнетается в распределительную коробку для равномерного распределения между барботажными устройствами, которые в одном варианте выполнения расположены равномерно и радиально по периметру флотационной камеры. Затем пульпа принудительно пропускается через барботажное устройство, в котором посредством компрессора к пульпе добавляется воздух или другой газ. Смесь принудительно проталкивается через мелкие отверстия, что создает микропузырьки и одновременно заставляет микропузырьки прикрепляться к частицам минеральной руды в рециркулированной пульпе. Затем агломераты микропузырьков и частиц руды повторно вводятся обратно во флотационную камеру, чтобы подняться в область пены, таким образом принося также более мелкие частицы руды в верхний продукт и концентрат.

В еще одном варианте выполнения линии флотации барботажный узел расположен радиально по периметру флотационной камеры.

Благодаря равномерному и радиальному расположению барботажного узла по периметру флотационной камеры повторное введение пульпы, содержащей агломераты микропузырьков и частиц минеральной руды, обеспечивается равномерно по всей флотационной камере, что дополнительно повышает эффективность флотации.

В одном варианте выполнения линии флотации генератор микропузырьков содержит систему прямого барботирования.

В еще одном варианте выполнения линии флотации система прямого барботирования содержит барботажный узел, расположенный радиально по периметру флотационной камеры и выполненный с возможностью введения микропузырьков непосредственно в пульпу внутри флотационной камеры.

В еще одном варианте выполнения линии флотации барботажный узел содержит струйные барботажные устройства, или кавитационные барботажные устройства, или барботажные устройства Вентури.

По периметру флотационной камеры могут использоваться струйные разбрызгиватели для непосредственного введения микропузырьков размером от 0,5 до 1,2 мм. В частности, если микропузырьки вводятся в область турбулентности (область перемешивания) или рядом с ней, то они могут иметь более высокую вероятность столкновения с более мелкими частицами в области перемешивания, улучшая, таким образом, попадание этих частиц в область пены. Кавитационные барботажные устройства или барботажные устройства Вентури могут использоваться для подачи воды и воздуха или другого флотационного газа во флотационную камеру путем расположения кавитационных барботажных устройств по периметру флотационной камеры для введения микропузырьков размером в диапазоне от 0,3 до 0,9 мм. В этих вариантах выполнения пульпа не рециркулируется, но воздух/газ или воздух/газ и вода, соответ-

ственно, будут вводиться в барботажные устройства для создания микропузырьков размером от 0,3 до 1,2 мм, путем введения непосредственно во флотационную камеру. Микропузырьки прикрепляются к более мелким частицам минеральной руды и увеличивают степень извлечения ценного минерала.

Вариант выполнения применения устройства флотации в соответствии с настоящим изобретением, в частности, предназначен для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из низкосортной руды.

Вариант выполнения устройства флотации в соответствии с настоящим изобретением предназначен для извлечения частиц минеральной руды, содержащих медь, из низкосортной руды.

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

В одном варианте выполнения флотационной установки линия флотации выполнена с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, и/или Zn, и/или пирит, и/или металл из сульфида.

В одном варианте выполнения флотационной установки флотационное устройство выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих медь, из низкосортной руды.

Например, при извлечении меди из низкосортных руд, полученных из бедных залежей минеральной руды, количество меди может составлять всего 0,1% от веса сырья, т.е. питания пульпы в линию флотации или установку. Флотационное устройство, выполненное в соответствии с настоящим изобретением, может быть очень практичным для извлечения меди, поскольку медь является так называемым легко флотируемым минералом. При выделении частиц руды, содержащих медь, можно получить относительно высокую сортность из первых камер (грубой) флотации.

Используя линию флотации и установку, выполненные в соответствии с настоящим изобретением, можно эффективно увеличить извлечение таких низких количеств ценного минерала, например меди, и даже использовать бедные месторождения с минимальными затратами. Поскольку известные богатые месторождения уже в большей степени использованы, существует необходимость в переработке менее благоприятных месторождений, которые ранее могли остаться неразработанными из-за отсутствия подходящей технологии и процессов для извлечения ценного материала в очень малых количествах в руде.

В одном варианте выполнения способа флотации в соответствии с изобретением микропузырьки формируют по меньшей мере на одном этапе флотации, предшествующем последнему этапу флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации в соответствии с изобретением микропузырьки формируют на всех этапах флотации, предшествующих последнему этапу флотации.

В еще одном варианте выполнения способа флотации в соответствии с изобретением микропузырьки формируют по меньшей мере на одном этапе контрольной флотации стадии контрольной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации в соответствии с настоящим изобретением микропузырьки формируют на всех этапах контрольной флотации стадии контрольной флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации в соответствии с настоящим изобретением микропузырьки формируют на последнем этапе флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации в соответствии с изобретением микропузырьки формируют путем введения пульпы из этапа флотации в генератор микропузырьков и возврата пульпы, содержащей микропузырьки, обратно в этап флотации.

В одном варианте выполнения способа флотации в соответствии с изобретением микропузырьки формируют путем рециркуляции пульпы.

Краткое описание чертежей

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

фиг. 1 иллюстрирует часть варианта выполнения изобретения;

фиг. 2 изображает упрощенную схематическую иллюстрацию линии флотации, выполненной в соответствии с изобретением;

фиг. 3а и 3б изображают иллюстрации блок-схем вариантов выполнения изобретения;

фиг. 4 изображает блок-схему одного варианта выполнения флотационной установки, выполненной в соответствии с одним вариантом выполнения изобретения.

Подробное описание

Ниже подробно описаны варианты выполнения настоящего изобретения, пример которых проиллюстрирован 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, выполненные в соответствии с изобретением. Не все этапы вариантов выполнения описаны подробно, так как многие из этапов будут очевидны для специалиста в данной области техники на основе этого изобретения.

Для простоты при повторении компонентов номера позиций в последующих иллюстративных вариантах выполнения сохранены.

Прилагаемые фиг. 2 и 3а, 3б чертежей иллюстрируют линию 10 флотации, и на фиг. 1 флотационная камера 110 представлена с некоторыми подробностями. Фигуры чертежей показаны не в пропорции, и многие компоненты флотационной камеры 110 и линии 10 флотации не показаны для ясности. Прямое направление потока пульпы показано на чертежах стрелками.

Несмотря на то что флотация раскрыта в следующих примерах в основном со ссылкой на пенную флотацию, следует отметить, что принципы в соответствии с изобретением могут быть реализованы независимо от конкретного типа флотации, т.е. техника флотации может представлять собой любой из самих по себе известных способов флотации, таких как пенная флотация, флотация растворенным воздухом или флотация с газовым барботажем.

Основной принцип работы линии 10 флотации представлен на фиг. 2 и 3а, 3б. Следующее описание следует читать в основном в отношении этих фигур чертежей, если не указано иное.

Линия 10 флотации содержит часть 11 грубой флотации с по меньшей мере одной камерой 111а грубой флотации. Из камеры 111а, 111b грубой флотации верхний продукт 51 может перетекать непосредственно в линию перемешивающей флотации, которая представляет собой линию перемешивающей грубой флотации. Линия 10 флотации также содержит часть 12 контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами 112а, 112b контрольной флотации. Верхний продукт флотационных камер 112а, 112b может перетекать обратно в камеру 111а, 111b грубой флотации (см. фиг. 3б) или в стадию 91 доизмельчения, а затем в линию перемешивающей флотации, которая представляет собой линию контрольной перемешивающей флотации (см. фиг. 3а). Нижний продукт 40 из флотационной камеры может направляться в соседнюю флотационную камеру в качестве питания, т.е. последующая флотационная камера выполнена с возможностью приема нижнего продукта 40 из предыдущей флотационной камеры. Флотационные камеры 111а-б, 112а-б соединены последовательно и расположены в проточном сообщении 500 друг с другом.

В первую флотационную камеру 111а линии 10 флотации поступает поток пульпы, т.е. поток 11 пульпы, содержащий частицы руды, воду и в некоторых случаях флотационные химикаты, такие как химические коллекторы и реагенты флотации, не являющиеся коллекторами, для разделения пульпы на нижний продукт 40 и верхний продукт 50а. Типичная флотационная камера представлена на фиг. 1. Флотационная камера содержит перемешивающее устройство в виде механической мешалки 70, например узел ротор 72-статор 71, как показано на фиг. 1, или любое другое подходящее перемешивающее устройство для стимулирования столкновения пузырьков флотационного газа с частицами руды. В одном варианте выполнения статор 71 содержит систему или узел для введения флотационного газа во флотационную камеру 110, 111а-б, 112а-б.

В одном варианте выполнения флотационный газ может подаваться или вводиться во флотационную камеру, где пульпа разделяется на верхний продукт и нижний продукт. В одном варианте выполнения флотационный газ может подаваться в ту часть флотационной камеры, в которой установлено перемешивающее устройство, т.е. в подготовительную флотационную камеру, предшествующую флотационной камере, в которой флотируют частицы руды и таким образом разделяются на верхний продукт и нижний продукт. В этом варианте выполнения подготовительная флотационная камера содержит генератор 60 микропузырьков.

По меньшей мере 75% флотационных камер 111а-б, 112а-б линии флотации содержат механическую мешалку 70.

В процессе флотации с использованием флотационных химикатов имеет место процесс пенной флотации: в процессе адсорбции химические молекулы коллектора прикрепляются к поверхностям на частицах руды, содержащих ценный минерал. Ценный минерал действует как адсорбент, а химический коллектор действует как адсорбат. Химические молекулы коллектора образуют пленку на участках ценных минералов на поверхности частицы руды. Химические молекулы коллектора имеют неполярную часть и полярную часть. Полярные части молекул коллектора адсорбируются на участках поверхности частиц руды, содержащих ценные минералы. Неполярные части являются гидрофобными и поэтому отталкиваются от воды. Отталкивание заставляет гидрофобные хвосты молекул коллектора прилипать к пузырькам флотационного газа. Примером флотационного газа является атмосферный воздух, закачиваемый во флотационную камеру. Достаточное количество адсорбированных молекул-коллекторов на достаточно больших площадях поверхности ценных минералов на частице руды может вызвать прикрепление частицы руды к пузырьку флотационного газа. Также возможно, что процесс флотации может выполняться без флотационных химикатов. Дальнейшие примеры раскрываются с учетом обычной флотации.

Частицы руды прикрепляются или прилипают к пузырькам газа с образованием агломератов частиц руды и пузырьков газа. Эти агломераты поднимаются на поверхность флотационных камер 110, 111а-б, 112а-б в самой верхней части или в верхней части 130 камеры 110 благодаря плавучести пузырьков газа, а также непрерывного восходящего потока пульпы, который может быть вызван как механическим перемешиванием, так и подачей пульпы в камеру 110а-д.

Пузырьки газа образуют слой пены или область пены в верхней части 130 флотационной камеры 110. Пена, собранная на поверхности пульпы во флотационной камере 110, 111а-б, 112а-б и содержащая агломераты частиц руды и пузырьков газа, выходит из флотационной камеры через переливную кромку 21

желоба и в желоб 20.

С поверхности пульпы в верхней части 130 флотационной камеры 110a-d ценный минерал, содержащий частицы руды, перетекает через переливную кромку 21 желоба флотационной камеры и собирается в желоб 20.

Ценный минерал, содержащий частицы руды, перетекающие переливную кромку 21, называется основным верхним продуктом 50a-d. Под переливной кромкой 21 в настоящем документе понимается периферийная кромка флотационной камеры 110a-d в верхней части 112 камеры, через которую верхний продукт пены с частицами ценного материала течет в желоб 20.

Верхние продукты 51, 52 из линии 10 флотации извлекаются в виде концентрата 81. Концентрат 81 частиц руды, содержащий ценный минерал, находится в форме текучей среды, которую можно направить на дальнейшую обработку. В одном варианте выполнения (см. фиг. 3a) некоторые или все из верхних продуктов 52 из контрольной части 12 линии 10 флотации могут направляться непосредственно на стадию 91 повторного измельчения, за которой следует стадия последующей флотации, включающая линию перечистной флотации, т.е. очистной контур, состоящий из ряда камер перечистной флотации (на чертежах не показаны). В одном варианте выполнения (см. фиг. 3b) некоторые или все из верхних продуктов 52 из контрольной части 12 могут быть возвращены в камеру 111a, 111b грубой флотации для повторной обработки в линии 10 флотации. Верхний продукт 52 из одной или нескольких камер 112a-b контрольной флотации могут быть возвращены в камеру 111a, 111b грубой флотации, тогда как нижний продукт 52 из других камер 112a-b контрольной флотации может быть направлен непосредственно на стадию 91 доизмельчения (этот вариант выполнения не показан на чертежах). Для специалиста очевидно, что возможна любая комбинация организации верхних продуктов 52 из контрольной части 12 описанным выше способом в соответствии с конкретной конструкцией и использованием линии 10 флотации, несмотря на то что на фиг. 3a и 3b показаны только два конкретных варианта выполнения.

Из области, расположенной близко ко дну 120 флотационной камеры, пустая порода или часть пульпы, содержащая частицы руды, которые не поднимаются на поверхность пульпы, выводятся из камеры 111a грубой флотации в качестве нижнего продукта 40. Нижний продукт 40 направляется в последующую камеру 111b грубой флотации (или последующую камеру 112a контрольной флотации; см. фиг. 2), которая принимает нижний продукт 40 в качестве питания из предыдущей камеры 111a грубой флотации. Пульпу обрабатывают в последующей камере 110b первичной флотации так же, как и в первой камере 110a первичной флотации, способом, хорошо известным специалисту в данной области техники.

Линия 10 флотации может содержать по меньшей мере три флотационные камеры 111a-b, 112a-b. В качестве альтернативы линия 10 флотации может содержать от 3 до 10 флотационных камер 111a-b, 112a-b. В качестве альтернативы линия 10 флотации может содержать от 4 до 7 флотационных камер 111a-b, 112a-b. Часть 11 грубой флотации может содержать по меньшей мере две камеры 111a-b грубой флотации. В качестве альтернативы часть 11 грубой флотации может содержать от 2 до 7 камер 111a-b грубой флотации. В качестве альтернативы часть 11 грубой флотации может содержать от 2 до 5 камер 111a-b грубой флотации. Дополнительно или в качестве альтернативы часть 12 контрольной флотации может содержать по меньшей мере две камеры 112a-b контрольной флотации, или от 2 до 7 камер 112a-b контрольной флотации, или от 2 до 5 камер 112a-b контрольной флотации.

Флотационные камеры 111a-b, 112a-b соединены последовательно и расположены в проточном сообщении 500 друг с другом. Проточное сообщение может быть реализовано посредством трубопровода (трубы или трубки, как показано на чертежах), так что соседние флотационные камеры расположены на некотором расстоянии друг от друга. В качестве альтернативы по меньшей мере две флотационные камеры 111a-b, 112a-b могут быть расположены с непосредственным соединением камер, так что между двумя флотационными камерами не требуется отдельного трубопровода (не показано на чертежах). В вариантах выполнения изобретения, в которых линия 10 флотации содержит более двух флотационных камер, все соседние или последующие флотационные камеры линии 10 флотации могут быть расположены в проточном соединении 500 с трубопроводами, расположенными между флотационными камерами для направления нижнего продукта 40 из одной флотационной камеры в последующую флотационную камеру.

В качестве альтернативы все флотационные камеры могут быть расположены в непосредственном соединении с соседними флотационными камерами. В качестве альтернативы некоторые из смежных флотационных камер могут быть расположены в непосредственном соединении с соседними флотационными камерами, тогда как другие соседние флотационные камеры могут иметь трубопровод для реализации проточного соединения 500. Расположение и конструкция линии 10 флотации может зависеть от общих технологических требований и ее физического расположения.

Из последней флотационной камеры 112b линии 10 флотации нижний продукт 40 или отходы выводятся из линии 10 флотации в виде хвостов 83.

Первая флотационная камера 111a линии 10 флотации имеет объем, равный по меньшей мере 25 м³. В качестве альтернативы объем первой камеры 100a первичной флотации может составлять по меньшей мере 100 м³.

Вторая флотационная камера 111b или любая одна из последующих флотационных камер 111b,

112a-b после первой флотационной камеры 111a имеет объем, равный по меньшей мере 25 м^3 . В качестве альтернативы объем второй флотационной камеры 111b или любой из последующих флотационных камер 111b, 112a-b после первой флотационной камеры 111a может составлять по меньшей мере 100 м^3 .

Флотационные камеры 111a-b, 112a-b имеют определенные размеры. Более конкретно, флотационная камера имеет высоту h , измеренную как расстояние между дном 120 камеры и кромкой 21 желоба (см. фиг. 1), и диаметр D , измеренный на высоте механической мешалки 70. Обычно поперечное сечение флотационной камеры может быть круглым. В этом случае диаметр D не требует пояснений. Однако поперечное сечение флотационной камеры также может иметь, например, прямоугольное, квадратное, треугольное, шестиугольное, пятиугольное или другое многоугольное поперечное сечение, причем форма поперечного сечения флотационной камеры определяется боковой стенкой или стенками флотационной камеры. В этом случае диаметр D следует понимать как максимальную ширину флотационной камеры, измеренную от боковой стенки к боковой стенке на высоте механической мешалки 70. В одном варианте выполнения отношение высоты h флотационной камеры к ее диаметру D составляет 1,5 и меньше. В дополнительных вариантах выполнения соотношения h/D может составлять 0,5, или 0,75, или 1,0, или 1,3.

Потоки пульпы, как нижние продукты 40, так и верхние продукты 51, 52, могут перемещаться под действием силы тяжести. Т.е. любой поток между любыми по меньшей мере двумя флотационными камерами, находящимися в проточном соединении друг с другом, может быть вызван силой тяжести. Например, нижний поток 40 пульпы между первой камерой 111a грубой флотации и дополнительной камерой 111b грубой флотации или камерой 112a контрольной флотации может приводиться в движение под действием силы тяжести.

Для облегчения перемещения потоков пульпы под действием силы тяжести по меньшей мере некоторые из флотационных камер 111a-b, 112a-b могут быть расположены ступенчато по отношению к уровню земли, на котором установлено флотационное устройство (см. фиг. 2). В качестве альтернативы или дополнительно кромки 21 флотационных камер 110a-c могут быть расположены на разной высоте. Ступень, выполненная между любыми соседними флотационными камерами, приводит к разнице в уровне пенного слоя или в уровне кромки 21 двух соседних флотационных камер. Гравитационный поток пульпы достигается благодаря гидравлическому градиенту между любыми двумя флотационными камерами с разными уровнями поверхности пульпы, что реализуется с помощью ступени между днищами 111 флотационных камер.

На фиг. 1 показаны некоторые конструктивные детали флотационной камеры 110. Помимо описанных выше особенностей, флотационная камера 110 может содержать генератор 60 микропузырьков для введения микропузырьков в пульпу. Более конкретно в линии 10 флотации по меньшей мере одна из флотационных камер, содержащих механическую мешалку 70, содержит генератор 60 микропузырьков. В одном варианте выполнения по меньшей мере одна из флотационных камер 111a-b, 112a, предшествующая в направлении потока последней флотационной камере 112b в линии 10 флотации, содержит генератор 60 микропузырьков. В одном варианте выполнения в качестве альтернативы или дополнительно все флотационные камеры 111a-b, 112a, предшествующие последней флотационной камере 112b линии 10 флотации, содержат генератор 60 микропузырьков (см. фиг. 3a, 3b). В одном варианте выполнения в качестве альтернативы или дополнительно последняя камера 112b линии 10 флотации содержит генератор микропузырьков (см. фиг. 2).

В одном варианте выполнения по меньшей мере одна из камер 112a, 112b контрольной флотации 12 линии 10 флотации содержит генератор 60 микропузырьков. В одном варианте выполнения в качестве альтернативы или дополнительно все камеры 112a-b контрольной флотации содержат генераторы 60 микропузырьков.

В одном варианте выполнения генератор 60 микропузырьков выполнен с возможностью приема пульпы со дна или из нижней части 120 флотационной камеры через выпускное отверстие 610, расположенное рядом с дном 120 камеры. Генератор микропузырьков также выполнен с возможностью возврата пульпы, содержащей микропузырьки, обратно во флотационную камеру через по меньшей мере одно возвратное впускное отверстие 620, расположенное выше выпускного отверстия 610. "Выше" означает положение выше в вертикальном направлении флотационной камеры 110 и предпочтительно (хотя и не обязательно) положение снаружи области перемешивания в непосредственной близости от механической мешалки и/или на уровне механической мешалки, обозначенном на фиг. 1 линией D.

Генератор 60 микропузырьков может содержать систему 600 рециркуляции пульпы. В одном варианте выполнения система 600 рециркуляции пульпы содержит рециркуляционный насос 61, выполненный с возможностью забора пульпы из флотационной камеры 110, 111a-b, 112a-b через выпускное отверстие 610;

распределительный узел, такой как распределительная коробка (не показана на чертежах), выполненный с возможностью равномерного распределения пульпы в системе 600 рециркуляции;

барботажный узел 62, выполненный с возможностью создания микропузырьков и прикрепления микропузырьков к частицам минеральной руды в пульпе и с возможностью подачи пульпы обратно во флотационную камеру через возвратное впускное отверстие 620.

Система 600 рециркуляции пульпы также содержит компрессор или нагнетатель (не показаны на

чертежах), выполненные с возможностью подачи сжатого воздуха или газа в барботажный узел 62. В одном варианте выполнения барботажный узел расположен радиально по периметру флотационного резервуара.

Например, барботажный узел может содержать ряд радиально расположенных барботажных устройств, равномерно разнесенных по периметру флотационного резервуара.

В одном варианте выполнения микропузырьки могут быть введены во флотационную камеру 110, 111a-b, 112a-b с помощью генератора 60 микропузырьков, содержащего систему прямого барботирования. В системе прямого барботирования пульпа не рециркулируется, а воздух/газ или воздух/газ и вода вводятся непосредственно во флотационную камеру через барботажный узел 62. В одном варианте выполнения система прямого барботирования содержит барботажный узел 62, расположенный радиально и равномерно по периметру флотационной камеры и выполненный с возможностью введения микропузырьков непосредственно в пульпу внутри флотационной камеры.

Во всех вышеупомянутых вариантах выполнения барботажный узел может содержать большое разнообразие барботажных устройств для создания соответствующего распределения размеров микропузырьков путем нагнетания воздуха в рециркулируемую пульпу или непосредственно в пульпу. Например, можно использовать разбрызгиватель (такой как SonicSparger™ Jet), основанный на ультразвуковой инъекции воздуха или воздуха и воды. Другим примером барботажного устройства является кавитационное барботажное устройство или барботажное устройство Вентури (например, SonicSparger™ Vent), работа которого основана на принципе Вентури, который очень эффективен при формировании большого количества микропузырьков относительно небольшого размера (от 0,3 до 0,9 мм). В кавитационном барботажном устройстве рециркулированная пульпа из флотационной камеры пропускается через барботажное устройство для формирования пузырьков в результате кавитации. Кроме того, может вводиться воздух для обеспечения хорошего формирования микропузырьков.

Линия 10 флотации, выполненная в соответствии с изобретением, предназначена для обработки частиц минеральной руды, содержащих медь (Cu), цинк (Zn), пирит или сульфид металла. Линия 10 флотации специально предназначена для обработки частиц минеральной руды, содержащей медь, из руды с низким содержанием меди.

Первая флотационная камера, т.е. первая камера 111a грубой флотации, выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80, равный по меньшей мере 75 мкм. В качестве альтернативы или дополнения первая флотационная камера, т.е. первая камера 111a грубой флотации, выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80 менее 300 мкм. В качестве альтернативы или дополнительно последняя флотационная камера, т.е. последняя камера 112b контрольной флотации, выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80 менее 200 мкм.

Описанная в настоящем документе линия 10 флотации особенно подходит, но не ограничивается этим, для извлечения ценных минералов, содержащих руды, где частицы минеральной руды содержат Cu, Zn, пирит или сульфид металла, такой как сульфид золота. Линия 10 флотации подходит для использования при извлечении частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, в частности, из низкосортной руды. Линия 10 флотации особенно подходит для извлечения частиц минеральной руды, содержащей Cu, из руды с низким содержанием меди.

В соответствии с дополнительным аспектом изобретения флотационная установка 9 (см. фиг. 4) может содержать линию 10 флотации, предназначенную для извлечения меди. В качестве альтернативы или дополнительно флотационная установка 9 может содержать линию 10 флотации, предназначенную для извлечения Zn. В качестве альтернативы или дополнительно флотационная установка 9 может содержать линию 10 флотации, предназначенную для извлечения пирита. В качестве альтернативы или дополнительно флотационная установка 9 может содержать линию 10 флотации, предназначенную для извлечения металла из сульфида. В соответствии с дополнительным вариантом выполнения изобретения флотационная установка 9 может содержать линию 10 флотации, предназначенную для извлечения частиц минеральной руды, содержащей Cu, из руды с низким содержанием меди.

В одном варианте выполнения флотационная установка 9 может содержать по меньшей мере два или по меньшей мере три флотационных устройства 1, выполненных в соответствии с изобретением.

В соответствии с одним вариантом выполнения изобретения флотационная установка 9 может содержать по меньшей мере одну первую линию 10a флотации для извлечения первого концентрата 81 и по меньшей мере одну вторую линию 10b флотации для извлечения второго концентрата 82. В одном варианте выполнения флотационные камеры 111a-b, 112a-b по меньшей мере одной первой линии 10a флотации для извлечения первого концентрата 81 и камеры 111a-b, 112a-b по меньшей мере одной второй линии 10b флотации для извлечения второго концентрата 82 расположены последовательно. Таким образом, нижний продукт 40' из последней флотационной камеры 112a первой линии 10a флотации может быть направлен во вторую линию 10b флотации в качестве питания 1.

Флотационная установка 9 может также содержать устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, так что второй концентрат 82 отличается от первого концентрата 81. В одном варианте выполнения устройство для дополнительной обработки частиц минераль-

ной руды может представлять собой стадию 90 измельчения, расположенную между первой линией 10a флотации и второй линией 10b флотации. В одном варианте выполнения устройство для дополнительной обработки частиц минеральной руды может представлять собой устройство 92 для добавления флотационных химикатов, расположенное между первой линией 10a флотации и второй линией 10b флотации.

В соответствии с другим аспектом изобретения, предложен способ флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе. В этом способе пульпу подвергают стадии 11 грубой флотации с по меньшей мере одним этапом 111a грубой флотации, на котором пульпу разделяют на нижний продукт 40 и верхний продукт 51 с помощью флотационного газа. Верхний продукт 51 из этапа 111a, 111b грубой флотации направляют непосредственно в стадию перемешивания флотации. Нижний продукт 40 из стадии грубой флотации направляют на стадию 12 контрольной флотации с по меньшей мере двумя этапами 112a, 112b контрольной флотации, на которых пульпу разделяют на нижний продукт 40 и верхний продукт 52 с помощью флотационного газа. Верхний продукт 52 из этапа 112a, 112b контрольной флотации направляют обратно на этап 111a, 111b грубой флотации или на этап 91 доизмельчения, а затем в стадию перемешивания флотации. Пульпу механически перемешивают на по меньшей мере 75% этапов флотации, которые являются последовательными и проточно сообщаются 500. Нижний продукт 40 из предыдущего этапа флотации направляют в последующий этап флотации. Верхний продукт 51, 52 содержит концентрат 81, а нижний продукт 40, 40' содержит хвосты 83. В этом способе микропузырьки формируют в пульпе по меньшей мере на одном из этапов флотации, на котором пульпу механически перемешивают.

В одном варианте выполнения микропузырьки образуются по меньшей мере на одном этапе 111a-b, 112a флотации, предшествующем последнему этапу 112b флотации. В качестве альтернативы или дополнительно микропузырьки могут быть сформированы на всех этапах 111a-b, 112a флотации, предшествующих последнему этапу 112b флотации.

В одном варианте выполнения микропузырьки образуются по меньшей мере на одном этапе 112a контрольной флотации стадии 12 контрольной флотации. В качестве альтернативы или дополнительно микропузырьки могут быть сформированы на всех этапах 112a-b контрольной флотации стадии 12. В качестве альтернативы или дополнительно микропузырьки могут быть сформированы на последнем этапе 112b флотации.

В одном варианте выполнения микропузырьки могут быть сформированы путем введения пульпы из этапа флотации в генератор 60 микропузырьков и возврата пульпы, содержащей микропузырьки, обратно в этап флотации.

В одном варианте выполнения микропузырьки образуются благодаря рециркуляции пульпы.

Описанные выше варианты выполнения могут использоваться в любой комбинации друг с другом. Несколько вариантов выполнения могут быть объединены вместе, чтобы сформировать дополнительный вариант выполнения. Расположение, способ, установка или использование, к которым относится изобретение, могут включать по меньшей мере один из вариантов выполнения, описанных выше. Для специалиста очевидно, что с развитием технологий основная идея изобретения может быть реализована различными способами. Таким образом, изобретение и его варианты выполнения не ограничиваются описанными выше примерами; вместо этого они могут варьироваться в пределах объема формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Линия флотации для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, содержащая часть грубой флотации с по меньшей мере одной камерой грубой флотации для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа, причем обеспечена возможность протекания верхнего продукта из камеры грубой флотации непосредственно в линию перемешивания флотации, причем линия флотации также содержит часть контрольной флотации с по меньшей мере двумя камерами контрольной флотации для разделения пульпы на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа, при этом

обеспечена возможность протекания верхнего продукта из камеры контрольной флотации обратно в камеру грубой флотации части грубой флотации линии флотации или в стадию доизмельчения, а затем в линию перемешивания флотации,

обеспечена возможность направления нижнего продукта каждой предыдущей флотационной камеры линии флотации в последующую флотационную камеру линии флотации в качестве питания, вплоть до последней флотационной камеры линии флотации, причем последняя флотационная камера представляет собой камеру контрольной флотации, нижний продукт из которой направляется наружу из линии в виде хвостов,

по меньшей мере 75% флотационных камер в линии флотации содержат механическую мешалку, содержащую ротор, статор и систему для введения флотационного газа во флотационную камеру, и

флотационные камеры линии флотации соединены последовательно и расположены в проточном сообщении друг с другом,

отличающаяся тем, что по меньшей мере одна из флотационных камер, содержащих механическую

мешалку, содержит генератор микропузырьков для введения микропузырьков в пульпу, при этом обеспечена возможность направления нижнего продукта из предыдущей флотационной камеры в последующую флотационную камеру под действием силы тяжести.

2. Линия флотации по п.1, в которой верхние продукты из флотационных камер содержат концентрат и обеспечена возможность протекания нижних продуктов флотационных камер в хвосты.

3. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой по меньшей мере одна из флотационных камер, предшествующих последней флотационной камере линии флотации, содержит генератор микропузырьков.

4. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой все флотационные камеры, предшествующие последней флотационной камере линии флотации, содержат генератор микропузырьков.

5. Линия флотации по п.1 или 2, в которой по меньшей мере одна из камер контрольной флотации части контрольной флотации линии флотации содержит генератор микропузырьков.

6. Линия флотации по п.1 или 2, в которой все камеры контрольной флотации части контрольной флотации линии флотации содержат генераторы микропузырьков.

7. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой последняя флотационная камера линии флотации содержит генератор микропузырьков.

8. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, которая содержит по меньшей мере три флотационные камеры, или от 3 до 10 флотационных камер, или от 4 до 7 флотационных камер.

9. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой часть грубой флотации содержит по меньшей мере 2 камеры грубой флотации, или от 2 до 7 камер грубой флотации, или от 2 до 5 камер грубой флотации.

10. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой часть контрольной флотации содержит по меньшей мере 2 камеры контрольной флотации, или от 2 до 7 камер контрольной флотации, или от 2 до 5 камер контрольной флотации.

11. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой объем первой флотационной камеры линии флотации составляет по меньшей мере 25 м^3 или по меньшей мере 100 м^3 .

12. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой объем второй флотационной камеры линии флотации составляет по меньшей мере 25 м^3 или по меньшей мере 100 м^3 .

13. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой отношение высоты флотационной камеры, измеренной как расстояние между дном флотационной камеры и кромкой желоба, к ее диаметру, измеренному на высоте механической мешалки, составляет 1,5 или меньше.

14. Линия флотации по п.1, в которой статор содержит систему для введения флотационного газа во флотационную камеру.

15. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой флотационный газ подается в подготовительную флотационную камеру, в которой расположена механическая мешалка, причем подготовительная флотационная камера содержит генератор микропузырьков.

16. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой частицы минеральной руды содержат Cu, или Zn, или пирит, или сульфид металла.

17. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой частицы минеральной руды содержат медь из низкосортной руды.

18. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой первая флотационная камера выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80, равный по меньшей мере 75 мкм.

19. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой первая флотационная камера выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80 менее 300 мкм.

20. Линия флотации по п.19, в которой последняя флотационная камера выполнена с возможностью обработки частиц минеральной руды, имеющих D80 менее 200 мкм.

21. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой генератор микропузырьков выполнен с возможностью приема пульпы со дна флотационной камеры через выпускное отверстие и возврата пульпы, содержащей микропузырьки, обратно во флотационную камеру через по меньшей мере одно возвратное впускное отверстие, расположенное выше выпускного отверстия в вертикальном направлении флотационной камеры.

22. Линия флотации по любому из предшествующих пунктов, в которой генератор микропузырьков содержит систему рециркуляции пульпы.

23. Линия флотации по п.22, в которой система рециркуляции пульпы содержит рециркуляционный насос, выполненный с возможностью забора пульпы из флотационной камеры через выпускное отверстие;

распределительный узел, выполненный с возможностью равномерного распределения пульпы в системе рециркуляции;

барботажный узел, выполненный с возможностью создания микропузырьков и обеспечения прикрепления микропузырьков к частицам минеральной руды в пульпе, а также с возможностью подачи

пульпы обратно во флотационную камеру через возвратное впускное отверстие; и компрессор или нагнетатель, выполненный с возможностью подачи сжатого воздуха/газа в барботажный узел.

24. Линия флотации по п.23, в которой барботажный узел расположен радиально по периметру флотационной камеры.

25. Линия флотации по любому из пп.1-23, в которой генератор микропузырьков содержит систему прямого барботирования.

26. Линия флотации по п.25, в которой система прямого барботирования содержит барботажный узел, расположенный радиально по периметру флотационной камеры и выполненный с возможностью введения микропузырьков непосредственно в пульпу внутри флотационной камеры.

27. Линия флотации по п.26, в которой барботажный узел содержит струйные барботажные устройства, или кавитационные барботажные устройства, или барботажные устройства Вентури.

28. Применение линии флотации по любому из пп.1-27 в качестве линии для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал.

29. Применение по п.28 в качестве линии для извлечения частиц минеральной руды, содержащих ценный минерал, из низкосортной руды.

30. Применение по п.29 в качестве линии для извлечения частиц минеральной руды, содержащих медь, из руды с низким содержанием меди.

31. Флотационная установка, содержащая линию флотации по любому из пп.1-27.

32. Флотационная установка по п.31, которая содержит по меньшей мере две или по меньшей мере три линии флотации по любому из пп.1-27.

33. Флотационная установка по п.31 или 32, в которой линия флотации выполнена с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, и/или Zn, и/или пирит, и/или металл из сульфида.

34. Флотационная установка по любому из пп.31-33, в которой устройство флотации выполнено с возможностью извлечения частиц минеральной руды, содержащих Cu, из руды с низким содержанием меди.

35. Способ обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, в котором пульпу подвергают стадии грубой флотации по меньшей мере с одним этапом грубой флотации, на котором пульпу разделяют на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа;

верхний продукт из этапа грубой флотации направляют непосредственно в стадию перемешивания флотации;

нижний продукт из стадии грубой флотации направляют на стадию контрольной флотации с по меньшей мере двумя этапами контрольной флотации, на которых пульпу разделяют на нижний продукт и верхний продукт с помощью флотационного газа;

верхний продукт из этапа контрольной флотации направляют обратно на этап грубой флотации стадии грубой флотации линии флотации или на этап доизмельчения, а затем в стадию перемешивания флотации;

пульпу механически перемешивают с использованием механической мешалки, содержащей ротор, статор и систему для введения флотационного газа во флотационную камеру, по меньшей мере на 75% этапов флотации;

этапы флотации расположены последовательно и проточно сообщаются;

нижний продукт из предыдущего этапа флотации направляют в последующий этап флотации; и

верхний продукт содержит концентрат, а нижний продукт содержит хвосты,

отличающийся тем, что создают в пульпе микропузырьки по меньшей мере на одном из этапов флотации, на котором пульпу механически перемешивают, при этом нижний продукт из предыдущего этапа флотации направляют в следующий этап флотации под действием силы тяжести.

36. Способ по п.35, в котором микропузырьки создают по меньшей мере на одном этапе флотации, предшествующем последнему этапу флотации.

37. Способ по п.35 или 36, в котором микропузырьки создают на всех этапах флотации, предшествующих последнему этапу флотации.

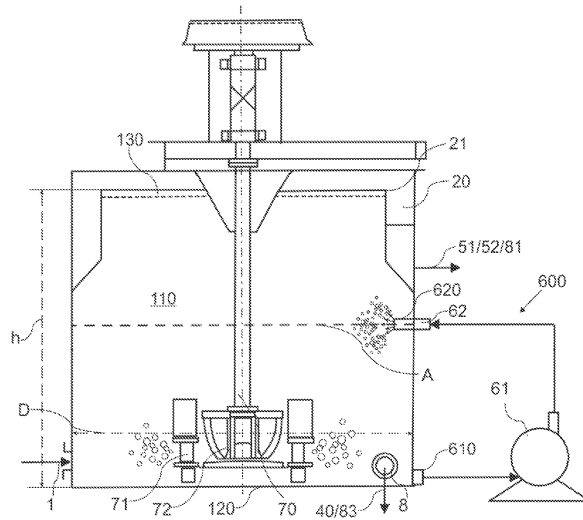
38. Способ по п.35, в котором микропузырьки создают по меньшей мере на одном этапе контрольной флотации стадии контрольной флотации.

39. Способ по п.35, в котором микропузырьки создают на всех этапах контрольной флотации стадии контрольной флотации.

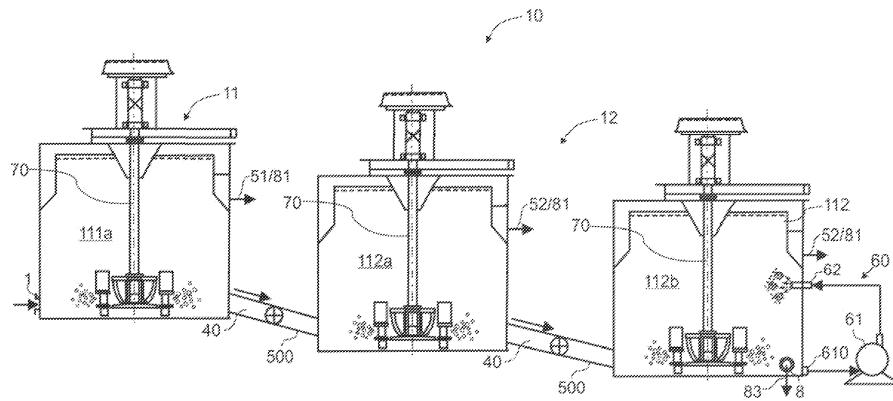
40. Способ по любому из пп.35-39, в котором микропузырьки создают на последнем этапе флотации.

41. Способ по любому из пп.35-40, в котором микропузырьки создают путем введения пульпы из этапа флотации в генератор микропузырьков и возврата пульпы, содержащей микропузырьки, обратно на этап флотации.

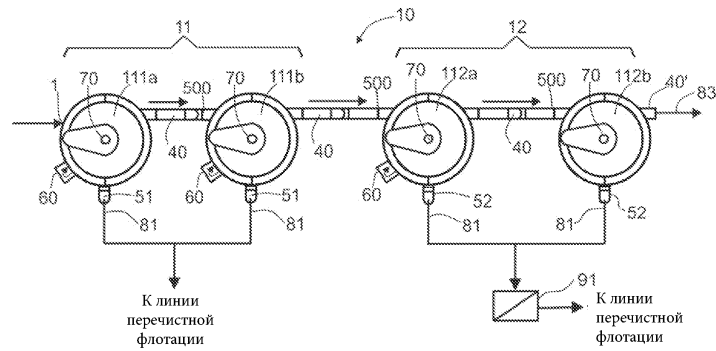
42. Способ по любому из пп.35-41, в котором микропузырьки создают путем рециркуляции пульпы.



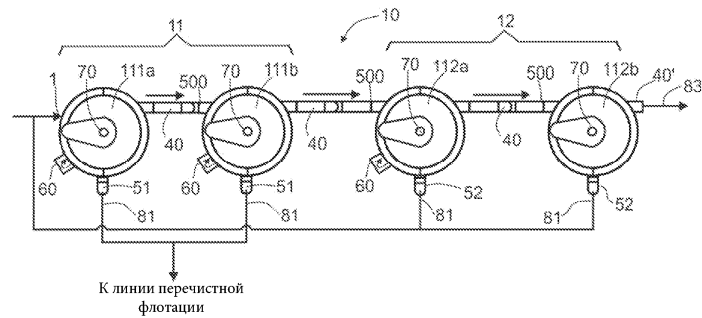
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3а



Фиг. 3б

