

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037834**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.05.26

(21) Номер заявки
201990339

(22) Дата подачи заявки
2016.08.15

(51) Int. Cl. **B03D 1/02** (2006.01)
C22B 3/04 (2006.01)
C22B 3/22 (2006.01)
G01F 1/00 (2006.01)
B03D 103/02 (2006.01)

(54) СПОСОБ ФЛОТАЦИИ

(43) **2019.07.31**

(86) **PCT/FI2016/050562**

(87) **WO 2018/033658 2018.02.22**

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

(72) Изобретатель:
**Ринне Антти (FI), Бурк Питер
Джерард (AU)**

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

(56) **US-A-4133746**
US-A-3735931
WO-A1-2015028958
US-A-1402099

(57) Описан способ флотации для извлечения содержащих ценный металл частиц руды из частиц руды, взвешенных в суспензии. В этом способе суспензию обрабатывают по меньшей мере в одной переливной флотационной камере (41) и содержащие ценный металл частицы руды извлекают путем выведения непрерывного восходящего потока суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры (41) в виде потока (412, 422, 432) переливной суспензии. По меньшей мере часть потока (412, 422, 432) переливной суспензии направляют на дополнительную стадию обработки в системе обработки.

B1**037834****037834****B1**

Область техники

Настоящее изобретение относится к способу флотации для отделения содержащих ценный металл частиц руды от частиц руды, взвешенных в суспензии.

Сущность изобретения

В соответствии с настоящим изобретением предусмотрен способ флотации для извлечения содержащих ценный металл частиц руды из частиц руды, взвешенных в суспензии. В этом способе частицы руды измельчают на стадии измельчения, сортируют на сортировочной установке, из которой по меньшей мере переливной поток направляют как исходную суспензию в систему обработки, включающую по меньшей мере две флотационные камеры, из которых по меньшей мере одна является переливной флотационной камерой, работающей с постоянным потоком переливной суспензии. Суспензию обрабатывают по меньшей мере в одной переливной флотационной камере путем введения пузырьков флотационного газа в суспензию и создания непрерывного восходящего потока суспензии в вертикальном направлении первой флотационной камеры. По меньшей мере часть содержащих ценный металл частиц руды прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх благодаря плавучести, по меньшей мере часть содержащих ценный металл частиц руды прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх при непрерывном восходящем потоке суспензии, и по меньшей мере часть содержащих ценный металл частиц руды поднимается вверх при непрерывном восходящем потоке суспензии. Содержащие ценные металлы частицы руды извлекают путем выведения непрерывного восходящего потока суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры в качестве переливного потока суспензии. В этом способе анализируют объемную скорость потока переливной суспензии и скорость потока исходной суспензии регулируют соответствующим образом, так что создается непрерывный поток переливной суспензии. По меньшей мере часть переливной суспензии направляют на дополнительную стадию обработки в системе обработки.

Технические результаты по настоящему изобретению состоят в том, что путем стимулирования переливного потока захваченной суспензии вместо обычного перелива пены из флотационной камеры или камер можно эффективно извлекать крупные ценные частицы руды. Крупные частицы руды, которые могут первоначально прилипнуть к пузырькам флотационного газа, могут быть слишком тяжелыми, чтобы пузырьки флотационного газа смогли поднять их вверх за счет плавучести, или они могли бы всплыть в виде агломератов из пузырьков газа и частиц руды с восходящим потоком суспензии. Следовательно, крупные частицы руды не могут перемещаться полностью до пенного слоя в верхнюю часть флотационной камеры, где их собрали бы как переливную пену из флотационной камеры, как это происходит с захваченными частицами руды в обычной камере пенной флотации. Вместо этого более крупные частицы могут отделиться от пузырьков и упасть обратно в нижнюю часть флотационной камеры, если непрерывный восходящий поток суспензии не будет достаточно сильным, чтобы унести крупные частицы вверх за счет движения только потока, без помощи пузырьков флотационного газа. В обычной камере пенной флотации перемешивание внутри камеры является наиболее сильным в нижней области камеры и медленно снижается в направлении к верхней части камеры. Это снижение смешивания суспензии и увеличение скорости суспензии являются преднамеренными, чтобы поднимающиеся пузырьки воздуха с прикрепленными ценными частицами могли перемещаться в зону пены и образовывать толстый слой пены. Однако крупные частицы, прикрепленные к пузырькам воздуха, продолжают подниматься до тех пор, пока не достигнут этой границы раздела пульпа/пена. Именно в этот момент 80 % этих крупных частиц упадут обратно в фазу пульпы из-за их низкого краевого угла смачивания с воздушным пузырем и последующей потери плавучести, поскольку сливная пенная фаза не может выдержать их вес. Это обратное падение частиц происходит на границе пульпа/пена. Крупные частицы имеют низкий краевой угол смачивания с пузырьками газа, поэтому они легко смещаются на границе раздела пульпа/пена и из-за любой избыточной турбулентности во флотационной камере. Под крупными частицами здесь подразумевают частицы руды с P80 от 200 до 2000 мкм. Специалисту в данной области понятно, что P80 означает, что 80% частиц проходят через номинальный размер сита. Например, P80=600 мкм означает, что 80% всех присутствующих частиц будет проходить через сито с размером ячеек 600 мкм.

Возможность обработки крупных частиц во флотационной системе позволяет сэкономить затраты энергии на предварительную обработку (дробление, измельчение, разделение). В отличие от способа флотации, раскрытого в данном документе, обычный процесс пенной флотации требует измельчения и разделения частиц руды с достижением довольно однородного размера частиц, чтобы иметь возможность эффективно извлекать желаемую фракцию суспензии.

Возможность обрабатывать частицы более крупного размера означает, что энергопотребление на стадии измельчения или в цикле измельчения может быть значительно уменьшено, поскольку нет необходимости измельчать всю руду до малого размера частиц, чтобы обеспечить возможность обработки с помощью флотационного устройства. Другими словами, количество измельченного продукта, отвечающего параметрическим размерам P80, получаемого из цикла измельчения, может быть значительно увеличено.

Увеличение параметрических размеров P80 для продукта означает, что руда должна быть только достаточно измельчена в цикле измельчения, чтобы высвободить только ценные минералы, при этом не

нужно измельчать всю пустую породу. Все крупные частицы не могут быть полностью освобождены. Из-за недостаточного размола и более крупного материала будет больше сложных частиц. Для сравнения, необходимо измельчить всю руду, чтобы размеры частиц находились в пределах обычного интервала для прохождения через обычный контур флотации или устройство без запесочивания, оставаясь полностью суспендированными в процессе флотации.

В то же время способность обрабатывать частицы более крупных размеров означает, что распределение частиц по размерам в исходной суспензии может изменяться более широко, чем это обычно допускают. Например, можно обрабатывать мелкие частицы руды одновременно с крупными частицами. Таким образом, необходимость в разделении по размеру частиц может быть устранена или по меньшей мере сведена к минимуму. Например, может потребоваться только просеивание для извлечения очень крупных частиц и мелющих тел из пульпы, которую подают в систему флотации. Под мелкими частицами руды здесь подразумевают частицы руды с размером 200 мкм или менее.

Путем обработки суспензии с помощью способа, как он определен в этом изобретении, извлечение ценного материала, содержащего частицы, может быть увеличено. Начальная степень извлечения материала может быть ниже, но материал (т.е. суспензия) также, таким образом, легко может быть подготовлен для дальнейшей обработки, которая может включать, например, повторное измельчение и/или очистку. Стадия очистки может быть выполнена в первую очередь, например, с помощью обычной перечистой камеры или камер для пенной флотации, после чего суспензия может быть направлена на стадию измельчения. Например, хвосты из перечистой камеры или камер, содержащие крупные композитные частицы, могут быть отправлены в цикл повторного измельчения, а оттуда в цепь камер повторной очистки для дальнейшего обогащения. Также другие типы камер, такие как камера Джеймсона или колонная камера, можно использовать в качестве перечистой камеры вместо обычной камеры пенной флотации. В одном из воплощений суспензия может быть сначала направлена на дополнительную стадию измельчения, а затем на стадию очистки.

Дополнительный технический эффект состоит в том, что камеры флотации могут быть больше (т.е. диаметр камер может быть больше), чем обычные камеры пенной флотации. Поскольку частицы руды непрерывно выводят из флотационной камеры с помощью регулируемого восходящего потока суспензии, а не просто захватывают их в слой пены, то нет необходимости в том, чтобы частицы руды двигались в слое пены к краям флотационной камеры собираясь в желоб, окружающий верхнюю часть флотационной камеры. Таким образом, диаметр камеры не является критической характеристикой флотационной камеры, и она может быть значительно больше.

Настоящий способ может быть использован с обычными механически перемешиваемыми флотационными камерами или резервуарами, т.е. флотационные установки с псевдоожиженным слоем не используют. В некоторых воплощениях дополнительная подача воды и/или флотационного газа может не потребоваться, что позволяет экономить расход воды, и это может быть очень полезным при операциях в определенных частях мира, где воды может находиться в недостаточном количестве.

С помощью способа, описанного в настоящем документе, фокус обработки суспензии может быть смещен на эффективное отделение бесполезной фракции от частиц руды и извлечение максимального количества ценных частиц. Другими словами, частицы руды, содержащие очень малые или даже минимальные количества ценного материала, могут быть извлечены для дальнейшей переработки/обработки. Это может быть особенно полезно для руд низкого качества, т.е. руд с очень небольшим количеством ценного материала. Понятно, что переливные камеры действуют как сортировочные устройства, выполняющие первоначальное отделение ценного материала, содержащего частицы руды, от частиц руды, содержащих только пустую породу.

В настоящем способе используют явления, когда более мелкие и/или более легкие частицы руды в основном прилипают к пузырькам флотационного газа с образованием агломератов из частиц руды и газа, которые поднимаются вверх внутри флотационной камеры либо за счет плавучести, либо с восходящим потоком суспензии, чему дополнительно способствует подача флотационного газа. Крупные и/или более тяжелые частицы, которые в обычной флотационной камере будут иметь тенденцию падать обратно вниз, будучи слишком тяжелыми для пузырьков флотационного газа или умеренного восходящего потока они не всплывают при этом полностью до слоя пены, однако могут быть подняты вверх достаточно сильным восходящим потоком суспензии, созданным во флотационной камере, вызывающим перелив суспензии. Восходящий поток суспензии создают подачей суспензии во флотационную камеру. Кроме того, в отличие от обычной камеры пенной флотации, крупные частицы могут действительно быть собраны из камеры флотации путем перелива суспензии, тогда как в обычной камере пенной флотации, даже если крупные частицы каким-то образом окажутся в слое пены, скорее всего, из-за слишком большой массы, они не смогут оставаться в слое пены достаточно долго, чтобы продвигаться к самому внешнему периметру или краям слоя пены, вытекая затем с пеной через край флотационной камеры в желоб. Скорее всего, в обычной камере пенной флотации крупные частицы будут опускаться вниз, возможно, даже нарушая восходящий поток агломератов из газовых пузырьков и частиц руды. Другими словами, в обычных камерах пенной флотации до 80% частиц крупной руды, т.е. частиц с размером более 200 мкм, подвержены явлению обратного падения на границе раздела пульпа/пена. Поскольку круп-

ные частицы имеют очень низкий краевой угол смачивания с пузырьками газа, они остаются в слое пены всего на несколько секунд, прежде чем упадут и вернуться в фазу пульпы.

С поверхности суспензии в верхней части флотационной камеры содержащие ценные металлы частицы руды переливаются через губу желоба флотационной камеры, собираясь в желобе, и их направляют на дальнейшую обработку. В данном случае под губой желоба подразумевают периферийный край флотационной камеры в верхней части камеры, через который переливается пена с частицами ценного материала, стекая в желоб. Собранный материал затем выгружают для дальнейшей обработки. Некоторая часть потока переливной суспензии может быть пеной, но для большинства частей переливной поток намеренно захватывает суспензию, чтобы обеспечить эффективное извлечение содержащих ценный металл частиц руды. Так как массовый выход концентрата может быть удвоен с помощью настоящего способа, то количество захваченной суспензии будет эффективно удваиваться в продукте, который переливается в концентрационный желоб. Например, может быть извлечено по меньшей мере 15 мас.%, твердых крупных содержащих ценный металл частиц руды из суспензии. Массовая доля твердых частиц в суспензии зависит от обрабатываемой руды. Для сравнения, например, в обычном медном флотационном устройстве 7-8% (от массы твердого материала суспензии) содержащих ценный металл частиц руды извлекают в поток концентрата.

Поскольку переливная камера работает практически без обширной пены или слоя пены, фактически на поверхности пульпы в верхней части флотационной камеры пенная зона не образуется. Пена может быть прерывистой наверху камеры. Результатом этого является то, что содержащие более ценный минерал частицы руды могут быть вовлечены в поток концентрата. В одном воплощении количество этих частиц может быть на 50% выше, чем в обычной камере пенной флотации. В результате общее извлечение ценного материала увеличивается.

Возвратный поток, т.е. фракцию суспензии, содержащую частицы, которые являются гидрофильными и/или не были захвачены пузырьками воздуха/поднялись на поверхность и были извлечены, удаляют в виде хвостов из переливной камеры путем гравитационного отвода ее из емкости как поток хвостов. Поток хвостов затем направляют в следующую флотационную камеру в качестве входного потока. Хвосты из переливной камеры или камер могут быть переведены по меньшей мере в одну последующую переливную камеру, за которой следуют одна или более обычных камер пенной флотации; или прямо в одну или более обычных камер пенной флотации, в зависимости от сорта и типа частиц руды, подлежащих обработке. Последующая флотационная камера расположена ниже от переливной камеры. В одном из воплощений последующая флотационная камера может быть еще одной переливной камерой. В другом воплощении это может быть обычная камера пенной флотации. В еще одном воплощении может быть более одной обычной камеры пенной флотации, расположенной последовательно после по меньшей мере одной переливной камеры флотации. Поток хвостов из каждой предыдущей камеры направляют в каждую последующую камеру в качестве входного потока. Конечные хвосты направляют на обычную обработку отходов в качестве конечного остатка или отходов.

В этом описании используют следующие определения, касающиеся флотации. Флотация включает в себя явления, связанные с относительной плавучестью объектов. Пенная флотация - это процесс отделения гидрофобных материалов от гидрофильных материалов путем добавления газа, например воздуха. Пенная флотация может быть выполнена на основе природных гидрофобных/гидрофильных различий или на основе гидрофобных/гидрофильных различий, возникающих при добавлении поверхностно-активного вещества или химического коллектора. Газ может быть добавлен к исходному сырью, подлежащему флотации (суспензия или пульпа), различными способами.

Под системой обработки или флотационной системой здесь подразумевают совокупность устройств, включающих по меньшей мере два флотационных блока или флотационные камеры, которые расположены в гидравлическом соединении друг с другом для обеспечения либо потока суспензии под действием силы тяжести, либо перекачиваемого потока суспензии между флотационными блоками. Система обработки предназначена для обработки частиц минеральной руды, взвешенных в пульпе, путем флотации. Таким образом, ценные содержащие металл частицы руды извлекают из частиц руды, взвешенных в суспензии. Суспензию подают через входное отверстие в первый флотационный блок флотационной линии для инициирования процесса флотации. Флотационная линия является частью большой совокупности устройств. Следовательно, ряд различных устройств для предварительной и последующей обработки может быть в технологическом сообщении с компонентами флотационной линии, как это известно специалисту в данной области техники.

Под флотационной камерой здесь подразумевают резервуар, в котором выполняют стадию процесса флотации. Флотационная камера обычно имеет цилиндрическую форму. Флотационные камеры имеют нормальное круглое сечение. Флотационные камеры также могут иметь многоугольное, например, прямоугольное, квадратное, треугольное, шестиугольное или пятиугольное или иное радиально-симметричное сечение. В настоящем описании диаметр D относится к диаметру флотационной камеры, имеющей круглое поперечное сечение. Если форма флотационной камеры отклоняется от круглой, следует понимать, что D относится к флотационной камере, имеющей соответствующую площадь внутренней поверхности дна. Кроме того, под диаметром D здесь подразумевают средний диаметр флотацион-

ной камеры между днищем и губой желоба, если не указано иное. Количество флотационных камер может варьироваться в зависимости от конкретной системы обработки и/или операции для обработки определенного типа и/или сорта руды, как известно специалисту в данной области.

Под предварительной обработкой и/или последующей обработкой подразумевают, например, дробление, измельчение, сепарацию, сортировку, разделение, фракционирование, кондиционирование или очистку, которые являются обычными процессами, известными специалисту в данной области.

В одном воплощении способа флотации по меньшей мере одна флотационная камера представляет собой флотационную камеру, работающую с обычным переливом пены.

В одном воплощении способа флотации суспензию механически перемешивают во флотационных камерах.

Суспензия может быть подвергнута механическому перемешиванию по меньшей мере одной механической мешалкой, такой как обычная роторно-статорная конструкция с электроприводом, расположенная в нижней части флотационной камеры. Камера может иметь вспомогательные мешалки, расположенные выше в вертикальном направлении камеры для обеспечения достаточно сильного и непрерывного восходящего потока суспензии.

В одном воплощении способа флотации объемную скорость потока переливной суспензии анализируют прямым измерением.

В одном воплощении способа флотации объемную скорость потока переливной суспензии анализируют путем измерения разницы между объемной скоростью исходной суспензии и объемной скоростью потока хвостов по меньшей мере в одной переливной флотационной камере. Также возможно, что объемную скорость потока концентрата измеряют либо с помощью расходомера после его подачи вперед, либо с помощью устройства для измерения перелива. Под потоком концентрата здесь подразумевают поток переливной суспензии.

В одном воплощении способа флотации дополнительная стадия обработки в системе обработки включает по меньшей мере одно из следующего: вторую переливную камеру, флотационную камеру, работающую с обычной пенной флотацией, флотационную перечистную камеру, работающую с обычной пенной флотацией. Дополнительные стадии также могут включать по меньшей мере одно из следующего: машину первичной флотации, камеру вторичной флотации или контур.

В одном воплощении способа флотации дополнительная стадия обработки в системе обработки включает стадию измельчения.

В зависимости от типа и сорта руды, подлежащей обработке, для получения желаемого конечного результата, т.е. свойств конечного продукта, поток переливной суспензии или поток суспензии, выходящий из переливной камеры или камер либо в виде потока хвостов, либо в виде принимаемого потока или переливного потока, может быть направлен по меньшей мере на одну дополнительную стадию обработки. Требуемая дополнительная обработка зависит от сорта и типа руды, а также от распределения частиц руды по размеру, как это известно специалисту в данной области. Например, качество частиц руды, извлеченных путем перелива, может быть довольно однородным, а распределение частиц по размеру может быть широким. Следовательно, возможно будет необходимо повторно измельчить извлеченные частицы, взвешенные в переливном потоке, до некоторой степени, чтобы получить однородный конечный продукт. Кроме того, по тем же причинам требуется дополнительная очистка.

Возможно, что в воплощении по меньшей мере одна переливная камера может работать как классификатор, из которого затем обрабатывают приемный поток (т.е. переливной поток) в последующем обычном процессе флотации. Дополнительная стадия может включать обработку в отдельном обрабатывающем блоке, таком как отдельная флотационная камера или мельница, или в контуре, включающем подпроцесс, такой как контур очистки, включающий несколько перечистных камер.

В одном воплощении способа флотации поток переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной камеры направляют на дополнительную стадию в системе обработки с помощью силы тяжести.

Благодаря расположению линии или системы флотационных камер таким образом, чтобы обеспечить возможность отвода суспензии под действием силы тяжести, можно снизить потребность в перекачке в ходе всей операции и, таким образом, можно добиться экономии энергии и затрат на техническое обслуживание.

В одном воплощении способа флотации объем по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 300 м³.

По сути, обычную камеру пенной флотации или резервуар можно использовать в качестве переливной камеры без каких-либо особых модификаций или конструкционных операций. Существующие флотационные установки и/или конфигурации флотационных камер могут быть легко и просто изменены или реконструированы для переливной суспензии, используемой вместо обычного перелива пены.

В одном воплощении способа флотации объем по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 500 м³.

В одном воплощении способа флотации диаметр по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 8 м.

В одном воплощении способа флотации диаметр по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 10 м.

Фактически, используя более крупную флотационную камеру (больше по объему, диаметру), чем обычная флотационная камера, можно добиться более эффективной работы для конкретных типов и/или сортов руды. Может быть достигнута экономия за счет масштабного эффекта, т.е. экономия на капитальных затратах, а также на операционных расходах. При использовании более крупных флотационных камер такое же количество суспензии можно обработать за счет меньшего количества отдельных флотационных камер, требующих меньшего количества конструктивных частей, таких как впускные отверстия, выпускные отверстия, трубопроводы, средства переноса, а также фундаменты и строительное пространство для линии флотации. Кроме того, флотационные камеры, следующие за переливной камерой или камерами, могут быть меньше и/или может потребоваться меньшее количество последующих флотационных камер, что дополнительно снижает вышеупомянутые затраты.

В одном воплощении способа флотации объем по меньшей мере одной флотационной камеры, в которой используют обычную пенную флотацию, составляет менее 75% от объема по меньшей мере одной переливной флотационной камеры.

В одном воплощении способа флотации объем по меньшей мере одной флотационной камеры, в которой используют обычную пенную флотацию, составляет менее 60 % от объема по меньшей мере одной переливной флотационной камеры.

В одном воплощении способа флотации объем по меньшей мере одной флотационной камеры, в которой используют обычную пенную флотацию, составляет менее 10% от объема по меньшей мере одной переливной флотационной камеры.

Фактически, поскольку переливная камера или камеры сконфигурированы для извлечения значительно более крупных ценных частиц (по массе), нет необходимости в больших последующих камерах, и, скорее последующие камеры, расположенные ниже от переливной камеры или камер, могут быть меньше и, следовательно, будут более эффективно извлекать частицы, которые, скорее всего, содержат менее ценный металл, т.е. их труднее направить на поверхность и в пенный слой.

В одном воплощении способа флотации объемную скорость потока хвостов по меньшей мере из одной переливной камеры регулируют с помощью регулирующего клапана.

В одном воплощении способа флотации уровень суспензии по меньшей мере в одной переливной флотационной камере измеряют с помощью устройства для измерения уровня, а регулирующий клапан налаживают на основе измеренного уровня суспензии, чтобы поддерживать поток переливной суспензии по меньшей мере в одной переливной флотационной камере на заданном уровне.

В одном воплощении способа флотации объемную скорость потока переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной камеры анализируют с помощью анализирующего устройства, а регулирующий клапан налаживают на основе анализируемой объемной скорости потока переливной суспензии, чтобы поддерживать поток переливной суспензии по меньшей мере в одной переливной флотационной камере на заданном уровне.

В одном воплощении способа флотации анализирующее устройство представляет собой лазерный экспресс-анализатор.

Объемную скорость потока переливной суспензии можно регулировать путем регулирования потока хвостов на основе измерения уровня суспензии и анализа качества потока переливной суспензии, что позволяет дополнительно регулировать количество твердых частиц, извлеченных в результате постоянного перелива. Объемную скорость потока переливной суспензии регулируют путем анализа свойств выходящего потока из переливной камеры. Анализ может быть выполнен путем анализа потока суспензии, выходящего из переливной камеры и направляемого для дальнейшей обработки. Лазерный экспресс-анализатор дает возможность косвенно и точно анализировать суспензию в потоке. На основании анализа уровня суспензии в переливной камере регулируют посредством управления потоком хвостов, т.е. гравитационного потока отходов из переливной камеры, с помощью клапана.

Как устройства для измерения уровня, так и экспресс-анализаторы потока подходят для установки в существующие флотационные системы, что означает, что не требуется дорогостоящее переоборудование. Система управления, основанная на вышеупомянутых простых измерениях, является одновременно рентабельной и простой в эксплуатации, при этом обеспечивая эффективное извлечение желаемого материала.

В одном воплощении способа флотации после измельчения на стадии измельчения по меньшей мере 80% частиц руды имеют размер частиц менее 650 мкм.

В одном воплощении способа флотации после измельчения на стадии измельчения по меньшей мере 80% частиц руды имеют размер частиц менее 400 мкм.

В сущности, настоящий способ может быть использован для обработки более крупных и/или более грубых частиц, чем те, которые можно обрабатывать с помощью обычной пенной флотации или флотационных растворов с использованием псевдооживления. Как упоминалось ранее, значительная экономия потребления энергии при измельчении руды может быть достигнута, когда нет необходимости измельчать частицы до равномерного распределения частиц и относительно небольшого значения P80. В спосо-

бе согласно этому изобретению фактическое распределение частиц руды по размерам является менее значительным, чем в традиционных способах предшествующего уровня техники. Поскольку суспензию, подлежащую обработке, сначала направляют во флотационную камеру с постоянной скоростью переливного потока, достигаемой благодаря сильному восходящему потоку суспензии внутри камеры, даже более крупные содержащие ценный металл частицы могут достигать поверхности и вытекать, где их собирают для дальнейшей обработки. При пенной флотации это не происходит эффективно, поскольку пузырьки флотационного газа могут не обладать достаточной плавучестью, чтобы поднять более крупные частицы вверх, или более крупные частицы, достигающие пенного слоя, с низким углом смачивания, скорее всего упадут обратно в фазу суспензии, поскольку они слишком тяжелые, чтобы перемещаться к губе желоба по периметру пенного слоя. При увеличении восходящего потока за счет увеличения скорости механического перемешивания и/или скорости подачи на вход в обычных пенных флотационных камерах или флотационных камерах, в которых используют псевдоожиженные слои, происходит разрушение агломератов между частицами и пузырьками, которые необходимы для эффективного извлечения ценных частиц.

В одном воплощении способа флотации количество твердых частиц в переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 20 мас. %.

В одном воплощении способа флотации количество твердых частиц в переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 10 или 15-55 мас. %.

При обработке суспензии, содержащей относительно большие количества твердых веществ, количество (разбавляющей) воды, необходимое для подачи во флотационную систему, может быть уменьшено. При этом это также может благоприятно повлиять на потребление энергии за счет сокращения в перекачивающих операциях.

В одном воплощении способа флотации массовый выход по меньшей мере одной переливной камеры составляет по меньшей мере 10%.

В одном воплощении способа флотации массовый выход по меньшей мере одной переливной камеры составляет 15-20%.

Фактически, по меньшей мере одна переливная камера может быть не очень избирательной при извлечении желаемого ценного материала, содержащего частицы руды. Вместо этого она может быть эффективна для удаления пустых нежелательных частиц, содержащих мало или совсем не содержащих ценный материал. В частности, когда суспензии содержат относительно бедное сырье, т.е. частицы руды с относительно небольшим количеством ценного материала; и суспензии, содержащие 1) крупные частицы 2) частицы с широким распределением по размерам и/или 3) мелкие частицы, то переливная камера может быть очень эффективной.

При этом под массовым выходом подразумевают процент материала (массы), подаваемого в систему флотации, который выводят из системы в качестве концентрата приемного потока. Чтобы процесс флотации считался избирательным, массовый выход должен быть как можно меньшим. Переливной флотационный резервуар предназначен для обеспечения по меньшей мере удвоенной массы в концентрационном желобе, т.е. целью является не селективность, а увеличение или даже максимальное извлечение любых частиц руды, содержащих даже небольшое количество ценного материала.

Обычная камера пенной флотации может иметь массовый выход от 5 до 8%. В отличие от этого при использовании переливной флотационной камеры, как описано в настоящем документе, значительно больший массовый выход может привести к снижению степени чистоты концентрата, но при этом достигается более высокое общее извлечение ценного материала в процессе. Степень чистоты концентрата затем улучшают путем дальнейшей обработки переливной суспензии из переливной флотационной камеры, например, в обычной камере или камерах пенной флотации и/или в обычной перемешивающей камере или камерах пенной флотации.

Используя переливные флотационные камеры, как описано здесь, можно использовать, например, только две флотационные линии, включающие в общей сложности 10 флотационных камер (которые включают как флотационные камеры переливного типа, так и флотационные камеры обычного типа), вместо типичной конфигурации из пяти флотационных линий, каждая из которых оснащена семью камерами, т.е. всего 35 камерами. Фактически, с использованием переливных флотационных камер в системе обработки экономия на капитальных затратах может быть значительной, особенно при операциях по обработке низкосортной руды.

Воплощения по изобретению, описанные в данном документе, могут быть использованы в любой комбинации друг с другом. Несколько из воплощений могут быть объединены вместе для формирования дополнительного воплощения по изобретению. Устройство, или способ, или использование, к которому относится изобретение, могут включать по меньшей мере одно из воплощений по изобретению, описанных в данном документе.

Краткое описание чертежей

Прилагаемые чертежи, которые включены для дополнительного понимания изобретения и составляют часть этого описания, иллюстрируют воплощения по изобретению и вместе с описанием помогают

объяснить принципы изобретения.

На чертежах показано:

на фиг. 1 - схематическая блок-схема иллюстративного воплощения способа согласно изобретению;

на фиг. 2 - схематическая блок-схема другого иллюстративного воплощения способа согласно изобретению;

на фиг. 3 - схематическая блок-схема еще одного иллюстративного воплощения способа согласно изобретению;

на фиг. 4 - схематическая блок-схема еще одного иллюстративного воплощения способа согласно изобретению.

Подробное описание изобретения

Ниже будет сделана ссылка подробно на воплощения по настоящему изобретению, примеры для которых проиллюстрированы на прилагаемых чертежах.

Как показано на фиг. 1-4, во флотационную камеру 41 поступает поток суспензии, т.е. поток 410 суспензии, содержащий частицы руды, воду и флотационные химические вещества, такие как химические коллекторы химикаты и неколлекторные флотационные реагенты. Молекулы химического коллектора прилипают к поверхности частиц руды, содержащих ценный минерал, в процессе адсорбции. Ценный минерал действует как адсорбент, в то время как химический коллектор действует как адсорбат. Молекулы химического коллектора образуют пленку в участках нахождения ценных минералов на поверхности частицы руды. Молекулы химического 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 они отталкиваются от воды. Отталкивание заставляет гидрофобные хвосты молекул коллектора прилипать к пузырькам флотационного газа. Примером флотационного газа является атмосферный воздух, перекачиваемый во флотационную камеру 41, 42, 43. Достаточное количество адсорбированных молекул коллектора достаточно большими площадями поверхности с ценными минералами на частицах руды может привести к тому, что частицы руды будут прикрепляться к пузырькам флотационного газа.

Частицы руды прикрепляются или прилипают к газовым пузырькам, образуя агломераты из газовых пузырьков и частиц руды. Эти агломераты поднимаются к поверхности флотационной камеры в самую верхнюю часть 411 камеры 41 благодаря плавучести пузырьков газа, а также благодаря непрерывному восходящему потоку суспензии, вызванному как механическим перемешиванием, так и подачей суспензии в камеру 41, 42, 43. Кроме того, в переливной флотационной камере 41 частицы руды, не прилипшие или не прикрепленные к пузырькам газа, могут подниматься вверх при непрерывном восходящем потоке суспензии сами по себе.

Пузырьки газа могут образовывать слой пены. Это имеет место по меньшей мере в обычных пенных флотационных камерах 42, 43. Пена может также образовываться в переливной флотационной камере 41, но это не является необходимым для работы камеры.

Пену, собравшуюся на поверхности суспензии в камере 42, 43 пенной флотации, содержащей агломераты частиц из пузырьков газа и руды, выпускают из камеры 42, 43 флотации через губу желоба. В случае переливной флотационной камеры 41 непрерывный восходящий поток суспензии сам вытекает из камеры 41 через губу желоба в виде выносимой переливной суспензии, содержащей частицы руды, агломераты из газовых пузырьков и частиц руды и воду.

Собранные потоки 412, 422, 432 переливной суспензии, т.е. потоки суспензионного концентрата, могут быть направлены на дальнейшую переработку В или собраны как конечный продукт А, в зависимости от точки системы 100 обработки, в которой собирают потоки 412, 422, 432 переливной суспензии. В одном воплощении суспензия или поток суспензионного концентрата, содержащие ценный металл частицы, постоянно переливаются из камеры 41 через губу желоба, т.е. в самой верхней части 411 флотационной камеры 41 не образуется сплошная пенная зона. Хвосты 413 можно заставить протекать через выходное отверстие в последующую флотационную камеру и, наконец, выходить из процесса в виде пустой породы или конечного остатка С. Удаление может быть достигнуто под действием силы тяжести или откачки.

Система 100 обработки включает по меньшей мере две флотационные камеры 41, 42, 43. По меньшей мере одна из этих флотационных камер является переливной флотационной камерой 41, работающей с постоянным потоком переливной суспензии. По меньшей мере одна другая может быть флотационной камерой 42, 43, работающей с обычным переливом пены. Таким образом, флотационные камеры 42, 43 представляют собой обычные пенные флотационные камеры 42, 43.

До введения в систему 100 обработки суспендированные в суспензии 10 руда и частицы руды, подлежащие обработке, могут быть подвергнуты ряду стадий предварительной обработки. Во-первых, руда может быть измельчена на стадии 20 измельчения, включающей по меньшей мере одну мельницу, которая может быть любой подходящей мельницей, известной специалисту в данной области техники, и измельчение может быть выполнено любым подходящим способом, сухим или мокрым.

В одном воплощении по меньшей мере 80% частиц руды в суспензии 10 могут иметь размер частиц менее 650 мкм после измельчения на стадии 20 измельчения. В одном воплощении по меньшей мере 80%

частиц руды в суспензии 10 может иметь размер частиц менее 400 мкм после измельчения на стадии 20 измельчения.

После стадии 20 измельчения руду можно просеять (не показано на чертежах) для удаления очень крупных или неизмельченных частиц и мелющих тел, после чего следует стадия классификации в классификаторе 30, который может, например, включать по меньшей мере один гидроциклон. Классификацию частиц руды проводят для достижения подходящего распределения частиц по размерам. После классификатора 30 переливную суспензию 10 из классификатора можно направлять на стадию кондиционирования, где руду смешивают, например, с подходящим количеством разбавляющей воды и подходящими флотационными химическими веществами, способом, известным специалисту в данной области. Подготовленную таким образом суспензию затем подают в систему 100 обработки в качестве исходного потока 410 суспензии.

Сначала суспензию вводят в переливную флотационную камеру 41, в которой суспензию обрабатывают путем введения пузырьков флотационного газа любым обычным способом. Суспензию можно перемешивать механически, например, с помощью мешалки роторно-статорного типа, расположенной во флотационной камере или с использованием любого другого типа механического перемешивания, известного в данной области техники. Также может быть одна или более вспомогательных мешалок, размещенных во флотационной камере в вертикальном направлении. Непрерывный восходящий поток суспензии создают в вертикальном направлении переливной флотационной камеры с помощью пузырьков газа и подаваемого потока 410 суспензии, который регулируют для получения нужного восходящего потока, который достаточно силён как для переноса агломератов из газовых пузырьков и частиц руды и плоских частиц руды даже с крупным размером частиц вверх по направлению к верхней части флотационной камеры 411 и, наконец, из камеры 41 через губу желоба вместе с дополнительными силами, создаваемыми механическим перемешиванием и пузырьками газа, как описано выше.

Скорость подачи потока 410 суспензии можно контролировать путем анализа объемной скорости потока 412 переливной суспензии, чтобы создать непрерывный поток переливной суспензии. Объемную скорость потока 412 переливной суспензии можно анализировать прямым измерением с помощью анализирующего устройства 50. В одном воплощении анализирующее устройство может представлять собой прямой анализатор. В другом воплощении анализирующее устройство может быть косвенным анализатором, таким как лазерный экспресс-анализатор, для косвенного анализа потока. Также возможны другие анализирующие устройства, известные специалисту в данной области.

В одном воплощении объемная скорость потока 412 переливной суспензии может быть проанализирована путем измерения разницы между объемной скоростью потока 410 подаваемой суспензии и объемной скоростью хвостового потока 413 из переливной флотационной камеры 41. Имеются также другие параметры для управления процессом. Например, параметрами могут быть количество газа и реагентов.

Кроме того, хвостовой поток 413 из камеры 41 можно регулировать регулирующим клапаном 70. Регулирующим клапаном 70 можно управлять на основании измерения уровня суспензии в переливной флотационной камере 41, причем уровень суспензии измеряют устройством 60 для измерения уровня. Устройство 60 для измерения уровня может быть любым подходящим устройством, известным в данной области техники. Таким образом, хвостовой поток 413 можно регулировать, поддерживая поток 412 переливной суспензии на целевом уровне. В одном воплощении регулирующий клапан 70 может быть отрегулирован на основе анализа объемной скорости потока 412 переливной суспензии для поддержания переливного потока на целевом уровне.

В одном воплощении количество твердых веществ в потоке 412 переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной камеры 41 может составлять по меньшей мере 20 мас.%. В другом воплощении количество твердых веществ в потоке 412 переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной камеры 41 может составлять по меньшей мере 10% или 15-55 мас.%.

В одном воплощении массовый расход по меньшей мере одной переливной камеры 41 может составлять по меньшей мере 10%. В другом воплощении массовый расход по меньшей мере одной переливной камеры 41 может составлять от 15 до 20%.

По меньшей мере часть потока 412 переливной суспензии может быть направлена по меньшей мере на одну дополнительную стадию 420, 430 обработки в системе 100 обработки. Дополнительная стадия 420, 430 обработки может включать вторую переливную камеру 41, камеру 42 флотации, работающую с обычной пенной флотацией, или флотационную перечистную камеру 43, работающую с пенной флотацией. Стадия дополнительной обработки может также включать, дополнительно или альтернативно, стадию 44 измельчения, например, отдельную мельницу для измельчения или схему измельчения (фиг. 2). Каждая из дополнительных стадий 420, 430, 44 обработки может включать по меньшей мере один блок обработки, как можно видеть на фиг. 1 или 2, или несколько блоков обработки, размещенных в схеме обработки, как показано на фиг. 3 или 4.

Как поток 412 переливной суспензии, так и/или хвостовой поток 413 могут быть направлены на дополнительную стадию обработки. Примеры систем 100 обработки представлены ниже со ссылками на фиг. 3 и 4.

В одном воплощении (фиг. 3) поток 410 подаваемой исходной суспензии направляют в первую

флотационную камеру, которая является переливной флотационной камерой 41. Суспензию обрабатывают в камере, как описано выше, после чего поток 412 переливной суспензии направляют на первую стадию 430 дополнительной обработки, а хвостовой поток 413 направляют во вторую переливную флотационную камеру 41, где суспензию снова обрабатывают аналогично как в первой переливной флотационной камере 41. Поток 412 переливной суспензии из второй переливной флотационной камеры направляют на первую стадию 430 дополнительной обработки, а хвостовой поток 413 направляют на вторую стадию 420 дополнительной обработки.

Стадия 430 дополнительной обработки включает перечистные камеры 43 пенной флотации, работающие с обычной пенной флотацией. В этом воплощении имеются три перечистные камеры 43, но их количество может варьироваться от 1 до 10 в зависимости от типа и качества сырьевой руды, подлежащей обработке. Поток переливной суспензии из первой переливной флотационной камеры 41 направляют в первую перечистную камеру 43, из которой собирают приемный поток 432 в виде переливного потока через губу желоба камеры, а затем направляют на дальнейшую обработку В. Приемный поток 432 также может быть дополнительно обработан во второй перечистной камере 43, из которой приемный поток 432 отводят в качестве потока конечного продукта А. Поток переливной суспензии из второй переливной камеры 41 направляют либо в третью перечистную камеру 43, из которой приемный поток 432 подают на дополнительную обработку В, либо в описанный выше контур из первой и второй перечистных камер 43 в зависимости от общего содержания металла. Таким образом, степень и скорость переливного потока будут влиять на распределение потока. Хвостовые потоки 433 из перечистных камер 43 выводят из системы 100 обработки для обработки любым подходящим способом, известным специалисту в данной области.

Вторая стадия 420 дополнительной обработки включает обычные камеры 42 пенной флотации. Хвосты 413 из второй переливной флотационной камеры 41 направляют в первую из этих камер 42 пенной флотации, где их обрабатывают обычным способом и собирают из слоя пены над губой желоба в качестве приемного потока 422.

Хвостовой поток 423 из первой камеры 42 пенной флотации направляют во вторую камеру 42 пенной флотации, из которой собирают приемный поток 422, как описано выше, а хвостовой поток 423 направляют в третью обычную камеру 43 пенной флотации. Приемный поток 422 из этой камеры также собирают и направляют вместе с приемными потоками 422 из других обычных камер 42 пенной флотации на дальнейшую обработку В. Конечный хвостовой поток 423 из третьей обычной камеры 42 пенной флотации выводят из системы 100 обработки в качестве конечного осадка С.

В другом воплощении (фиг. 4) поток 410 подаваемой суспензии направляют в первую флотационную камеру, которая является переливной флотационной камерой 41. Суспензию обрабатывают в камере, как описано выше, после чего переливной поток 412 направляют на первую стадию 430 дополнительной обработки, а хвостовой поток 413 направляют во вторую переливную флотационную камеру 41, где суспензию снова обрабатывают аналогично как в первой переливной флотационной камере 41. Поток 412 переливной суспензии из второй переливной флотационной камеры направляют на первую стадию 430 дополнительной обработки.

Хвостовой поток 413 из второй переливной флотационной камеры 41 направляют в третью переливную флотационную камеру 41. Хвостовой поток 413 из третьей переливной камеры 41 направляют в четвертую переливную флотационную камеру 41, из которой хвостовой поток 413 направляют в еще одну, пятую переливную флотационную камеру 41, из которой конечный хвостовой поток 413 извлекают из системы 100 обработки в качестве конечного остатка С. Потоки 412 переливной суспензии из трех последних переливных флотационных камер 41 собирают и направляют на дальнейшую обработку В.

Эти два воплощения представлены здесь только в качестве иллюстративных конфигураций процесса. Любые другие конфигурации также возможны. Например, количество переливных флотационных камер 41, обычных камер 42 пенной флотации и перечистных камер 43 может варьироваться, и их относительный порядок относительно направления потока в системе 100 обработки может изменяться. Система 100 обработки может дополнительно включать дополнительные стадии, такие как стадия 44 измельчения в любой подходящей точке системы в направлении потока. Конкретная конфигурация процесса для системы 100 обработки может зависеть от типа и сорта обрабатываемой руды, а также от других технологических переменных.

Дальнейшая обработка В может включать любые необходимые технологические стадии для повышения качества продукта, например, измельчение и/или очистку.

Повторное измельчение может включать обработку в мельнице тонкого помола для высвобождения более ценного минерала, который затем может быть извлечен при дальнейшей обработке. Дальнейшая обработка может также включать, альтернативно или дополнительно, модернизацию приемного потока 412, 422, 432 в обычной флотационной камере. В одном воплощении дополнительная обработка В может также включать в себя просто подачу приемного потока 412, 422, 432 обратно в начало системы 100 обработки с помощью насоса или других средств для подачи обратно в линию флотации как часть потока 410 подаваемой суспензии, т.е. в виде рециркуляционной подачи. Способ дополнительной обработки В может зависеть от имеющегося содержания, т.е. качество концентрата будет влиять на способ обработки

конкретного потока.

Потоки 412, 422, 433 переливной суспензии, а также хвостовые потоки 413, 423, 433 могут быть направлены на любые последующие стадии 420, 430, 44 обработки под действием силы тяжести, т.е. без использования какой-либо перекачки или других специальных энергозатратных средств передачи. Некоторые из вышеупомянутых потоков могут двигаться под действием силы тяжести, а некоторые - с помощью насоса или других энергозатратных средств передачи.

Размер флотационных камер 41, 42, 43 может быть выбран в соответствии с переменными процесса, такими как тип, сорт или количество руды, подлежащей обработке в любой конкретной операции.

В одном воплощении по меньшей мере одна переливная флотационная камера 41 может иметь объем V_1 по меньшей мере 300 м^3 . В одном воплощении первая переливная флотационная камера 41 в системе 100 обработки может иметь объем V_1 по меньшей мере 300 м^3 . В одном воплощении по меньшей мере одна переливная флотационная камера 41 может иметь объем V_1 по меньшей мере 500 м^3 . В одном воплощении первая переливная флотационная камера 41 системы 100 обработки может иметь объем V_1 по меньшей мере 500 м^3 . Возможно, что объем V_1 по меньшей мере одной переливной флотационной камеры 41 или первой переливной флотационной камеры 41 в системе 100 обработки может быть даже больше, например иметь объем V_1 630, 775, 1000 или 2000 м^3 . В системе 100 обработки может быть более одной переливной флотационной камеры 41 с вышеуказанным объемом V_1 .

В одном воплощении по меньшей мере одна из переливных флотационных камер 41 может иметь диаметр D по меньшей мере 8 м. Диаметр D первой переливной камеры 41 флотационной системы 100 может составлять по меньшей мере 8 м. В одном воплощении по меньшей мере одна из переливных флотационных камер 41 может иметь диаметр D по меньшей мере 10 м. Диаметр D первой переливной камеры 41 флотационной системы 100 может составлять по меньшей мере 10 м. Возможно, что диаметр D по меньшей мере одной переливной флотационной камеры 41 или первой переливной флотационной камеры 41 в системе 100 обработки может иметь диаметр D , например, 11, 12 м 14 или 17 м. В системе 100 обработки может быть более одной переливной флотационной камеры 41 с указанным диаметром D .

В одном воплощении по меньшей мере одна из камер флотации, работающая с обычной пенной флотацией, т.е., например, обычные камеры 42 пенной флотации или пречистные камеры 43, может иметь объем V_2 , составляющий менее 75 % от объема V_1 по меньшей мере одной переливной флотационной камеры 41. В одном воплощении по меньшей мере одна из флотационных камер, работающих с обычной пенной флотацией 41, 42, может иметь объем V_2 , составляющий менее 60% от объема V_1 по меньшей мере одной переливной флотационной камеры. 41. В одном воплощении по меньшей мере одна из флотационных камер, работающая с обычной пенной флотацией 41, 42, может иметь объем V_2 , составляющий менее 10% от объема V_1 по меньшей мере одной переливной флотационной камеры 41. В одном воплощении все обычные камеры 41 пенной флотации или пречистные камеры 42 имеют объем V_2 , который по меньшей мере на 75% или по меньшей мере на 60 или на 10% меньше, чем объем V_2 по меньшей мере одной переливной флотационной камеры 41. В других воплощениях объем V_2 обычных пенных флотационных камер 42 или пречистных камер 43 может варьироваться, но он все же меньше, чем объем V_2 по меньшей мере одной пенной флотационной камеры 41.

Специалисту в данной области техники очевидно, что с развитием технологии основная идея изобретения может быть реализована различными способами. Изобретение и его воплощения, таким образом, не ограничены примерами, описанными выше, вместо этого они могут варьироваться в рамках формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ флотации для извлечения содержащих ценный металл частиц руды из частиц руды, взвешенных в суспензии, в котором

частицы руды измельчают на стадии измельчения;

частицы руды классифицируют в классификаторе, из которого по меньшей мере переливной поток направляют как суспензию, подаваемую в систему обработки, включающую по меньшей мере две флотационные камеры, из которых по меньшей мере одна является переливной флотационной камерой, работающей с постоянным потоком переливной суспензии и без слоя пены или практически без слоя пены;

суспензию обрабатывают по меньшей мере в одной переливной флотационной камере путем введения пузырьков флотационного газа в суспензию и создания непрерывного восходящего потока суспензии в вертикальном направлении первой флотационной камеры;

по меньшей мере часть содержащих ценный металл частиц руды прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх благодаря плавучести, по меньшей мере часть содержащих ценный металл частиц руды прилипает к пузырькам газа и поднимается вверх с непрерывным восходящим потоком суспензии и по меньшей мере часть содержащих ценный металл частиц руды поднимается вверх с непрерывным восходящим потоке суспензии;

содержащие ценный металл частицы руды извлекают путем выведения непрерывного восходящего потока суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры в виде потока перелив-

ной суспензии;

анализируют объемную скорость потока переливной суспензии и скорость потока исходной суспензии регулируют соответствующим образом так, чтобы создавать непрерывный поток переливной суспензии; и

по меньшей мере часть переливной суспензии направляют на дополнительную стадию обработки в системе обработки.

2. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одна флотационная камера является флотационной камерой, работающей с обычным переливом пены.

3. Способ по п.1 или 2, в котором суспензию механически перемешивают во флотационных камерах.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором объемную скорость потока переливной суспензии анализируют прямым измерением.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором объемную скорость потока переливной суспензии анализируют путем измерения разницы между объемной скоростью потока подаваемой суспензии и объемной скоростью хвостового потока по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором дополнительная стадия обработки в системе обработки включает по меньшей мере следующее: вторую переливную камеру, флотационную камеру, работающую с обычной пенной флотацией, флотационную перемешивающую камеру, работающую с обычной пенной флотацией.

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором стадия дополнительной обработки в системе обработки включает стадию измельчения.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором поток переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры направляют на дополнительную стадию в системе очистки под действием силы тяжести.

9. Способ по любому из пп.1-8, в котором объем по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 300 м^3 .

10. Способ по п.9, в котором объем по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 500 м^3 .

11. Способ по любому из пп.1-10, в котором диаметр по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 8 м.

12. Способ по п.11, в котором диаметр по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 10 м.

13. Способ по любому из пп.1-12, в котором объем по меньшей мере одной флотационной камеры, работающей с обычной пенной флотацией, составляет менее 75% от объема по меньшей мере одной переливной флотационной камеры.

14. Способ по п.13, в котором объем по меньшей мере одной флотационной камеры, работающей с обычной пенной флотацией, составляет менее 60% от объема по меньшей мере одной переливной флотационной камеры.

15. Способ по п.13, в котором объем по меньшей мере одной флотационной камеры, работающей с обычной пенной флотацией, составляет менее 10% от объема по меньшей мере одной переливной флотационной камеры.

16. Способ по любому из пп.1-15, в котором объемную скорость хвостового потока по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры регулируют регулирующим клапаном.

17. Способ по п.16, в котором уровень суспензии внутри по меньшей мере одной переливной флотационной камеры измеряют устройством для измерения уровня, а регулирующий клапан налаживают на основе измеренного уровня суспензии для поддержания потока переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры на целевом уровне.

18. Способ по п.16 или 17, в котором объемную скорость потока переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры анализируют анализирующим устройством, а регулирующий клапан налаживают на основе анализируемой объемной скорости потока переливной суспензии для поддержания потока переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры на целевом уровне.

19. Способ по п.18, в котором анализирующее устройство представляет собой лазерный экспресс-анализатор.

20. Способ по любому из пп.1-19, в котором после измельчения в мельнице по меньшей мере 80% частиц руды имеют размер менее 650 мкм.

21. Способ по п.20, в котором после измельчения на стадии измельчения по меньшей мере 80% частиц руды имеют размер частиц менее 400 мкм.

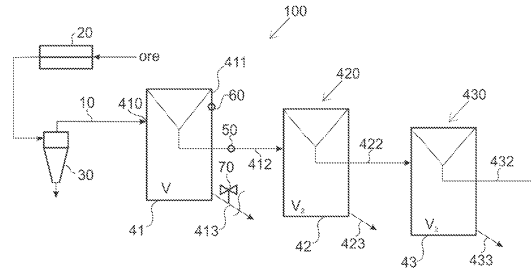
22. Способ по любому из пп.1-21, в котором количество твердых веществ в потоке переливной суспензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 20 мас. %.

23. Способ по любому из пп.1-22, в котором количество твердых веществ в потоке переливной суспензии

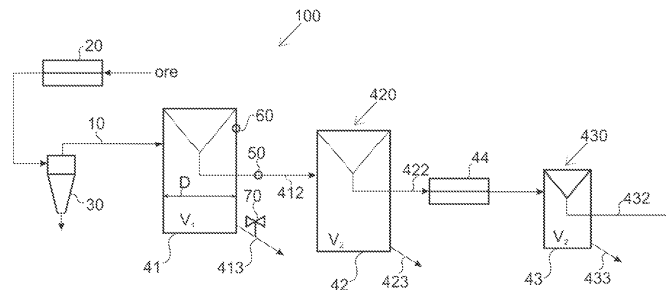
пензии по меньшей мере из одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 10 или 15-55 мас. %.

24. Способ по любому из пп.1-23, в котором массовый выход по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет по меньшей мере 10%.

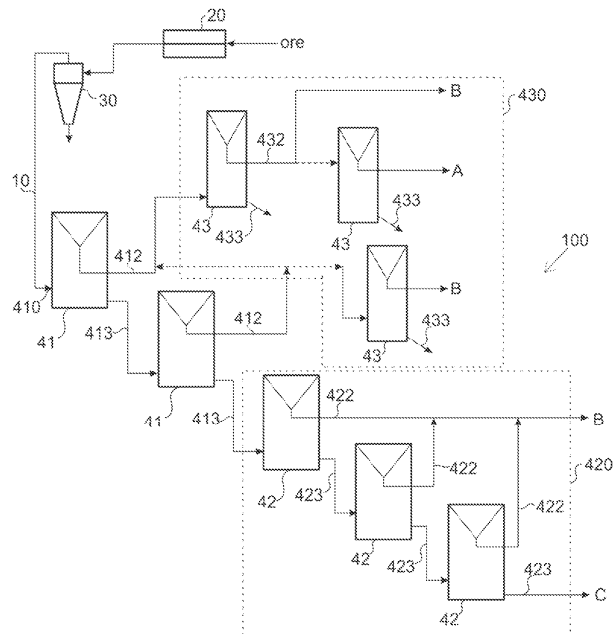
25. Способ по п.24, в котором массовый выход по меньшей мере одной переливной флотационной камеры составляет 15-20%.



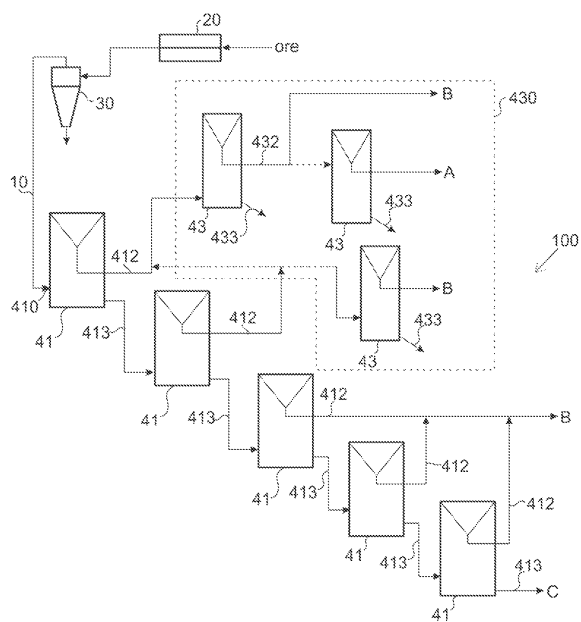
ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3



Фиг. 4

