

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201890721** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2018.09.28

(22) Дата подачи заявки
2016.10.12

(51) Int. Cl. **B03D 1/06** (2006.01)
B03D 101/06 (2006.01)
B03D 103/02 (2006.01)

(54) **ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТРУДНОВСКРЫВАЕМОГО ЗОЛОТА**

(31) **20155726**

(32) **2015.10.13**

(33) **FI**

(86) **PCT/FI2016/050713**

(87) **WO 2017/064369 2017.04.20**

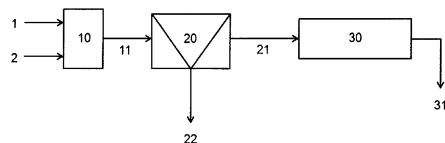
(71) Заявитель:
ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)

(72) Изобретатель:
Мойланен Яри, Леппинен Яакко (FI)

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

(57) В настоящем изобретении предложен способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы, в частности золотосодержащие трудновскрываемые сульфидные минералы, включающий: (a) получение золотосодержащего сырья, содержащего трудновскрываемые золотосодержащие сульфидные минералы, включающие трудновскрываемый сульфидный минерал первого типа с высоким содержанием золота и сульфидный минерал второго типа с низким содержанием золота; (b) формирование минеральной пульпы, включающей трудновскрываемые сульфидные минеральные частицы первого типа с высоким содержанием золота и сульфидные минеральные ча-

стицы второго типа с низким содержанием золота, путем суспендирования измельченного золотосодержащего материала в воде и, возможно, дополнительного измельчения материала; (c) кондиционирование минеральной пульпы путем добавления химического вещества, модифицирующего поверхность, для модификации поверхности трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота, что делает указанные частицы нефлотируемыми, с получением кондиционированной пульпы; (d) обработку кондиционированной пульпы посредством процесса пенной флотации для отделения трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота от сульфидных минеральных частиц второго типа с низким содержанием золота; (e) извлечение нефлотируемых трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота в качестве флотационных хвостов; (f) окисление под давлением (POX) флотационных хвостов, извлеченных на стадии (e), с получением выпускаемой суспензии, включающей освобожденное золото, и (g) извлечение золота из выпускаемой суспензии, полученной на стадии (f).



A1

201890721

201890721

A1

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТРУДНОВСКРЫВАЕМОГО ЗОЛОТА

Область техники

Настоящее изобретение относится к извлечению золота из материалов, включающих трудновскрываемые золотосодержащие минералы, а в частности, к способу обогащения золотосодержащих материалов, включающих трудновскрываемые золотосодержащие сульфидные минералы, перед выщелачиванием золота для увеличения концентрации выщелачиваемого золота в золотосодержащем материале.

Уровень техники

В настоящее время золотосодержащие материалы, такие как золотоносные руды и концентраты, почти исключительно подвергают цианидному выщелачиванию для извлечения золота. Однако в трудно обогащаемых золотосодержащих материалах, таких как трудновскрываемые руды и концентраты, частицы золота блокированы внутри матрицы, чаще всего в сульфидных минералах, и раствор цианида не может разрушить сульфидные структуры, такие как пирит (FeS_2) и/или арсенопирит (FeAsS). Таким образом, для разрушения структуры минерала необходима предварительная обработка, чтобы вскрыть золото для последующего его извлечения. Обычно золотосодержащие трудновскрываемые сульфидные материалы предварительно обрабатывают перед выщелачиванием путем окисления под давлением (POX), чтобы обеспечить извлечение золота на рентабельном уровне. Существуют также способы извлечения золота из сульфидных или других золотосодержащих материалов с использованием галогенидных сред. Однако, из-за наличия трудновскрываемых сульфидных материалов, извлечение золота обеспечивается в меньшей степени и в этих способах.

При окислении под давлением сульфидные минералы окисляются, обнажая инкапсулированное золото, и оно высвобождается в раствор, после чего его извлекают путем выщелачивания. Процесс окисления под давлением происходит в автоклаве в жестких условиях при высокой температуре и высоком давлении. Стоимость такого автоклавного оборудования высока, и часто объем автоклава

ограничивает перерабатывающую способность золотоперерабатывающего завода.

Для поддержания теплового и кислотного баланса при осуществлении процесса окисления под давлением также необходимо определенное содержание серы в обрабатываемом материале. Содержание серы можно регулировать перед осуществлением процесса окисления под давлением путем обработки всего или части материала в процессе флотации сульфидов, когда материал с низким содержанием серы удаляют в виде флотационных хвостов, а флотационный концентрат направляют на окисление под давлением.

В WO2013110757A1 раскрыт способ обогащения металл-сульфидных руд в желаемых минералах в тех случаях, когда руды имеют сульфидсодержащую пустую породу, путем добавления окислителя к полученным из руд суспензиям во время пенной флотации или непосредственно перед ней без какой-либо обработки пульпы.

В US6210648B1 раскрыт способ флотации трудновскрываемых золотосодержащих сульфидов с использованием флотационного газа с дефицитом кислорода для неселективной флотации различных железосодержащих сульфидных разновидностей минералов перед окислением под давлением. Способ обеспечивает флотацию трудновскрываемых золотосодержащих сульфидов и, как заявлено, он обеспечивает лучшее отделение сульфидных минералов, включая трудновскрываемые золотосодержащие сульфиды, от несульфидных пустых пород. Флотационные концентраты извлекают из флотационной пены, обогащенной сульфидными минералами. Однако этот способ не позволяет селективно отделять сульфидные минералы друг от друга.

Краткое описание изобретения

Таким образом, целью изобретения является создание способа и устройства для реализации этого способа для устранения вышеупомянутых недостатков. Цели изобретения достигают с помощью способа и процесса, которые характеризуются признаками, указанными в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные воплощения изобретения раскрыты в зависимых пунктах формулы изобретения.

Поверхностно-модифицирующая пенная флотация основана на селективной модификации поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц с высоким содержанием золота. Это может быть достигнуто путем установления электрохимического потенциала в процессе пенной флотации на таком уровне, при котором происходит химическая модификация поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, при этом реакционноспособные сульфидные минеральные частицы с высоким содержанием золота становятся гидрофильными и нефлотируемыми, в то время как нерекционноспособные сульфидные минеральные частицы с низким содержанием золота остаются гидрофобными. Модификация поверхности частицы может быть достигнута путем добавления химического реагента, модифицирующего поверхность, такого как окислитель или восстановитель, или другими химическими средствами.

Преимущество настоящего способа состоит в том, что при обработке материалов, включающих главным образом золотосодержащие сульфидные минералы, увеличивается производительность при проведении окисления под давлением и/или уменьшаются капитальные затраты, связанные с процессом окисления под давлением.

Краткое описание чертежей

Далее изобретение описано более подробно с помощью предпочтительных воплощений со ссылкой на чертежи, где:

на Фиг. 1 показана в качестве первого примера технологическая схема способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы, и

на Фиг. 2 показана в качестве второго примера технологическая схема способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы;

на Фиг. 3 показана в качестве третьего примера технологическая схема способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы;

на Фиг. 4 показана зависимость степени извлечения при флотации различных типов сульфидных пиритных минералов от электрического потенциала флотационной пульпы.

Подробное описание изобретения

Настоящее изобретение относится к извлечению золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие сульфидные минералы. Золото в трудновскрываемых золотосодержащих минералах плохо поддается выщелачиванию, что делает процесс извлечения неэкономичным при использовании прямого цианирования. Типичный золотосодержащий материал, включающий трудновскрываемые золотосодержащие минералы, имеет степень извлечения золота менее 80% при прямом цианировании. Термин «трудновскрываемый золотосодержащий материал» относится к материалам, блокирующим золото или расходующим цианид, в частности, сульфидным минералам, таким как сульфиды железа (например, пирит, марказит, пирротин), сульфиды мышьяка (например, арсенопирит, аурипигмент, реальгар), сульфиды меди (например, халькопирит), сульфиды сурьмы (например, ауристобит, стибнит), теллуриды, элементарная сера или любая их смесь.

Указанное золотосодержащее сырье обычно содержит менее 80 % масс., в частности менее 50 % масс., предпочтительно менее 35 % масс., более предпочтительно менее 25 % масс., еще более предпочтительно от 0 до 10 % масс. самородного золота от общего золота в указанном сырье, причем общее золото включает самородное золото и золото, заблокированное в сырье, в частности, в сульфидных минералах. Термин «самородное золото» относится к легко добываемому золоту, в противоположность золоту, заблокированному в материале, в частности, в сульфидных минералах, таких как сульфиды железа (например, пирит). Обычно указанное трудновскрываемое золотосодержащее сырье является рудой или концентратом, или их производными, в которых основной минерал представляет собой пирит или арсенопирит. Помимо золота и серы, указанное сырье может дополнительно содержать другие элементы, такие как серебро, медь, никель, кобальт, цинк, железо, свинец, алюминий и/или кремний.

Такое золотосодержащее трудновскрываемое сырье включает: 1) первый тип трудновскрываемых сульфидных минералов с высоким содержанием золота и 2) второй тип трудновскрываемых сульфидных минералов с низким содержанием золота. Неожиданно было обнаружено, что существует заметное различие в химической реакционной способности между указанным первым типом

трудновскрываемых сульфидных минералов с высоким содержанием золота и указанным вторым типом трудновскрываемых сульфидных минералов с низким содержанием золота, хотя указанный первый и указанный второй типы сульфидных минералов следует классифицировать как один вид трудновскрываемых сульфидных минералов, например, пирит. Оказалось, что первый тип трудновскрываемых сульфидных минералов с высоким содержанием золота, имеет реакционноспособную поверхность, а второй тип трудновскрываемых сульфидных минералов с низким содержанием золота имеет менее реакционноспособную или неакционноспособную поверхность. Поскольку золото, в частности, связано с реакционноспособными сульфидными минералами, то желательно иметь возможность разделять различные типы трудновскрываемых сульфидных минералов для улучшения качества материала для процессов окисления под давлением. Настоящий способ основан на селективной модификации поверхностей реакционноспособных трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц с высоким содержанием золота, что делает указанные частицы нефлотируемыми.

Например, золотоносный пирит отличается по минеральной морфологии, в частности, площадью поверхности сульфидного минерала. Реакционноспособный пирит с высоким содержанием золота обычно присутствует в сырье в виде микрокристаллического пирита, тогда как неакционноспособный пирит с низким содержанием золота присутствует в виде крупного пирита.

Содержание золота в реакционноспособных сульфидных минералах с высоким содержанием золота выше, чем содержание золота в неакционноспособных сульфидных минералах с низким содержанием золота. В частности, содержание золота в реакционноспособных сульфидных минералах с высоким содержанием золота составляет более 5 частей на миллион, предпочтительно более 8 частей на миллион, более предпочтительно от 10 до 100 частей на миллион. Кроме того, в частности, содержание золота в неакционноспособных сульфидных минералах с низким содержанием золота составляет менее 5 частей на миллион, предпочтительно менее 1 частей на миллион, более предпочтительно от 0 до 0,1 частей на миллион.

Соответственно, в настоящем изобретении предложен способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые

золотосодержащие минералы, в частности, золотосодержащие трудновскрываемые сульфидные минералы, включающий:

(a) получение золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие сульфидные минералы, включающие первый тип трудновскрываемого сульфидного минерала с высоким содержанием золота и второй тип сульфидного минерала с низким содержанием золота;

(b) формирование минеральной пульпы, включающей первый тип трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц с высоким содержанием золота и второй тип сульфидных минеральных частиц с низким содержанием золота, путем суспендирования измельченного золотосодержащего материала в воде и, возможно, дополнительного измельчения материала;

(c) кондиционирование минеральной пульпы путем добавления химического реагента для модификации поверхности трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота, что делает указанные частицы нефлотируемыми, с получением кондиционированной пульпы;

(d) обработку кондиционированной пульпы посредством процесса пенной флотации для отделения трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота от сульфидных минеральных частиц второго типа с низким содержанием золота;

(e) извлечение нефлотируемых трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота в качестве флотационных хвостов;

(f) окисление под давлением (POX) флотационных хвостов, извлеченных на стадии (e), с получением выпускаемой суспензии, включающей освобожденное золото, и

(g) извлечение золота из выпускаемой суспензии, полученной на стадии (f).

На Фиг. 1 показан первый пример способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, содержащего трудновскрываемые золотосодержащие минералы. Как показано на Фиг. 1, золотосодержащее трудновскрываемое сырье, включающее: 1) первый тип трудновскрываемого сульфидного минерала с высоким содержанием золота, т.е. «реакционноспособный трудновскрываемый сульфидный минерал», и 2) второй тип трудновскрываемого сульфидного минерала с низким содержанием золота, т.е. «нереакционноспособный трудновскрываемый сульфидный минерал», обычно поставляемое в виде

измельченной руды, смешивают с водой с образованием минеральной пульпы 1. Указанную минеральную пульпу, включающую реакционноспособные трудновскрываемые сульфидные минеральные частицы с высоким содержанием золота и неакционноспособные сульфидные минеральные частицы с низким содержанием золота, подвергают стадии 10 кондиционирования, на которой реакционноспособные трудновскрываемые сульфидные минеральные частицы дезактивируют, т.е. становятся аэрофобными и неспособными к взаимодействию с флотационными химическими реагентами, путем добавления химического реагента 2, модифицирующего поверхность, который модифицирует поверхность реакционноспособных сульфидных минеральных частиц. Таким образом, дезактивация реакционноспособных трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц делает указанные частицы нефлотируемыми, в то время как неакционноспособные сульфидные минеральные частицы, которые не взаимодействуют или не реагируют с химическим реагентом 2, остаются флотируемыми. В результате дезактивации сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота, соответственно, не происходит обогащение пены золотом на следующей стадии 20 селективной пенной флотации сульфидных минералов и, таким образом, можно селективно удалять сульфидные минеральные частицы второго типа с низким содержанием золота.

Для обеспечения возможности дезактивации реакционноспособных сульфидных минеральных частиц перед стадией флотации, перед стадией 20 селективной пенной флотации сульфидных минералов выполняют стадию 10 кондиционирования. Химический реагент 2, модифицирующий поверхность, добавляют предпочтительно по меньшей мере за 2 минуты до начала проведения стадии 20 селективной флотации сульфидных минералов. Для повышения селективности химический реагент 2, модифицирующий поверхность, добавляют по меньшей мере за 5 минут до начала проведения стадии 20 флотации. Поскольку при длительном воздействии химического реагента 2, модифицирующего поверхность, часть сульфидных минеральных частиц второго типа с низким содержанием золота может дезактивироваться и, таким образом, стать менее флотируемой, продолжительность стадии 10 кондиционирования предпочтительно не превышает 30 мин, более предпочтительно 15 мин, еще более предпочтительно 10 мин. Однако требуемая продолжительность стадии 10 кондиционирования зависит от соответствующей природы сульфидных

минеральных частиц первого и второго типов, и поэтому даже более длительная продолжительность стадии 10 кондиционирования может быть допустимой.

Стадию 10 кондиционирования предпочтительно осуществляют в реакторе с мешалкой, упоминаемом здесь как «дезактивирующий реактор».

Модификации поверхности реакционноспособных пиритовых минералов с высоким содержанием золота достигают на стадии 10 кондиционирования путем введения химического реагента 2, модифицирующего поверхность. Необходимое количество химического реагента, модифицирующего поверхность, зависит от площади поверхности реакционноспособного пирита и количества других минералов, расходуемых химический реагент 1, модифицирующий поверхность. Количество химического реагента 1, модифицирующего поверхность, предпочтительно составляет от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды. Химический реагент 2, модифицирующий поверхность, предпочтительно выбирают из группы, состоящей из азота, окислителей, восстановителей, комплексообразователей и любых их смесей.

В конкретном примере модификацию поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, в результате которой указанные частицы становятся нефлотируемыми, осуществляют окислением поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц путем введения дозы окислителя. Указанный окислитель предпочтительно выбирают из группы, состоящей из пероксида водорода, кислорода, озона, перманганата щелочного металла, хлора, брома, серной кислоты и любых их смесей. Более предпочтительно указанный окислитель представляет собой пероксид водорода. Подходящее количество окислителя зависит от площади поверхности реакционноспособного пирита и количества других минералов, потребляющих окислитель при выбранном условии, таком как электрохимический потенциал. Количество окислителя составляет предпочтительно от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

В альтернативном примере модификацию поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, в результате которой указанные частицы становятся нефлотируемыми, осуществляют путем восстановления поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц посредством добавления дозы восстановителя. Указанный восстановитель предпочтительно выбирают из группы, состоящей из водорода, монооксида

углерода, сульфида натрия, гидросульфида натрия, дитионита натрия, диоксида серы, сульфата двухвалентного железа, порошка Fe, порошка Zn и любых их смесей. Подходящее количество восстановителя зависит от площади поверхности реакционноспособного пирита и количества других минералов, потребляющих восстановитель при выбранном условии, таком как электрохимический потенциал. Количество восстановителя составляет предпочтительно от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

В альтернативном примере модификацию поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, в результате которой указанные частицы становятся нефлотируемыми, осуществляют путем модификации поверхности реакционноспособных сульфидных минеральных частиц посредством добавления дозы комплексообразователя. Указанный комплексообразователь предпочтительно выбирают из группы, состоящей из этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), диэтилентриамина (ДЕТА), цианида щелочного металла, аммиака, хлорида щелочного металла и любых их смесей. Подходящее количество комплексообразователя зависит от площади поверхности реакционноспособного пирита и количества других минералов, потребляющих восстановитель при выбранном условии, таком как электрохимический потенциал. Количество комплексообразователя составляет предпочтительно от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

После завершения стадии 10 кондиционирования кондиционированную пульпу 11, включающую дезактивированные трудновскрываемые минеральные частицы первого типа, подвергают стадии 20 селективной пенной флотации сульфидных минералов. Кондиционированную пульпу 11 вводят в резервуары, известные как флотационные ячейки, которые аэрируют для образования пузырьков. Все аэрофильные и/или гидрофобные частицы присоединяются к газовым пузырькам, которые поднимаются к поверхности, образуя пену. На стадии 20 селективной пенной флотации сульфидных минералов оставшиеся нереакционноспособные сульфидные минеральные частицы делают аэрофильными путем возможного добавления одного или более поверхностно-активных веществ, пенообразователей или химического коллектора, и разделения достигают путем пропускания воздушных пузырьков через обработанную суспензию. Нежелательные трудновскрываемые сульфидные минеральные

частицы второго типа с низким содержанием золота прилипают к воздушным пузырькам, образуя пену, плавающую на поверхности пульпы.

Пену удаляют в виде верхнего продукта 22 флотации, а трудновскрываемые сульфидные минеральные частицы первого типа, содержание которых в пульпе является высоким, вместе с любой пустой породой, невосприимчивой к пенной флотации, могут быть извлечены в качестве нижнего продукта 21 флотации в виде минеральной пульпы, т.е. флотационных хвостов.

Флотационные хвосты 21 затем подвергают стадии 30 окисления под давлением, где в условиях, известных специалисту в данной области техники, сульфидные минералы окисляются, обнажая инкапсулированное золото, которое высвобождается в раствор. Затем золото может быть извлечено из полученной таким образом выпускаемой суспензии 31, включающей освобожденное золото, обычными способами, известными специалисту в данной области техники, например, путем выщелачивания.

Золотосодержащее сырье также обычно включает силикаты в дополнение к золотосодержащим минералам. При желании эти силикаты могут быть удалены из минеральной пульпы перед стадией 30 окисления под давлением. Удаление силикатов может быть осуществлено либо до разделения сульфидных минералов первого и второго типов, либо после него.

На Фиг. 2 показан второй пример способа извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы, где после разделения реакционноспособных и неакционноспособных сульфидных минералов путем кондиционирования 10 и селективной пенной флотации 20 сульфидов удаляют силикаты с помощью флотации. На Фиг. 2 подобные компоненты обозначены теми же номерами позиций, что и на Фиг. 1.

Как уже обсуждали в связи с Фиг. 1, минеральную пульпу 21, включающую сульфидные минералы второго типа с высоким содержанием золота, извлекают в качестве флотационных хвостов после стадии 20 селективной флотации сульфидных минералов. В примере, представленном на Фиг. 2, минеральную пульпу 21 затем подвергают стадии 40 флотации силикатов перед тем, как ее подвергают стадии 30 окисления под давлением.

Стадия 40 флотации силикатов может быть выполнена любым подходящим способом, известным специалисту в данной области техники. На стадии 40

флотации силикатов силикаты всплывают, образуя обедненную силикатами минеральную пульпу 41, включающую сульфидные минералы с высоким содержанием золота, обедненные силикатами, в качестве флотационных хвостов, т.е. нижнего продукта флотации, а силикаты удаляют в виде верхнего продукта 42 стадии флотации. После этой дополнительной обогащающей стадии полученную обедненную силикатом минеральную пульпу 41 затем подвергают окислению под давлением, как описано в связи с Фиг. 1.

На Фиг. 3 в качестве третьего примера показан способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы, в котором силикаты удаляют с помощью коллективной флотации сульфидных минеральных частиц перед разделением сульфидных минеральных частиц первого и второго типов путем кондиционирования 10 и селективной пенной флотации 20 сульфидов. На Фиг. 3 подобные компоненты обозначены теми же номерами позиций, что и на Фиг. 1 и/или на Фиг. 2.

Как показано на Фиг. 3, золотосодержащее сырье, обычно измельченную руду, смешивают с водой с образованием минеральной пульпы 1. Указанную минеральную пульпу подвергают стадии 50 коллективной флотации сульфидов, на которой сульфидные минералы всплывают и, таким образом, их отделяют от силикатов.

Стадия 50 коллективной флотации сульфидов может быть выполнена любым удобным способом, известным специалисту в данной области техники, в результате чего получают предварительно обработанную минеральную пульпу 51, обедненную силикатами и включающую как трудновскрываемые сульфидные минеральные частицы первого типа с высоким содержанием золота, так и трудновскрываемые сульфидные минеральные частицы второго типа с низким содержанием золота в качестве верхнего продукта. Содержание силикатов снижают и удаляют в виде нижнего продукта 52 на стадии 50 флотации силикатов. После этой стадии 50 коллективной флотации сульфидов предварительно обработанную минеральную пульпу 51 затем подвергают стадии 10 кондиционирования и стадии 20 селективной флотации сульфидных минералов, а затем последующей стадии 30 окисления под давлением, как описано в связи с Фиг. 1.

На Фиг. 4 показана в качестве примера зависимость степени извлечения при флотации различных типов сульфидных пиритных минералов от электрического потенциала флотационной суспензии. На первом графике (Пирит 1) показана степень извлечения реакционноспособных пиритовых минералов с высоким содержанием золота, а на втором графике (Пирит 2) показана степень извлечения нереакционноспособных пиритовых минералов с низким содержанием золота. Как можно видеть из Фиг. 2, когда параметры флотационной суспензии выдерживают в требуемом диапазоне, в основном происходит извлечение пирита 1, что указывает на то, что в этих условиях модифицируется поверхность только реакционноспособных сульфидных минеральных частиц, таким образом, указанные частицы становятся нефлотируемыми, в то время как поверхность пирита 2 остается немодифицированной, и он может быть удален с помощью флотации.

Специалисту в данной области будет очевидно, что по мере развития технологии концепция изобретения может быть реализована различными способами. Изобретение и воплощения по изобретению не ограничиваются примерами, описанными выше, но могут варьироваться в пределах объема формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы, в частности, золотосодержащие трудновскрываемые сульфидные минералы, включающий:

(a) получение золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие сульфидные минералы, включающие первый тип трудновскрываемого сульфидного минерала с высоким содержанием золота и второй тип сульфидного минерала с низким содержанием золота;

(b) формирование минеральной пульпы, включающей первый тип трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц с высоким содержанием золота и второй тип сульфидных минеральных частиц с низким содержанием золота, путем суспендирования измельченного золотосодержащего материала в воде и, возможно, дополнительного измельчения материала;

(c) кондиционирование минеральной пульпы путем добавления химического реагента, модифицирующего поверхность, для модификации поверхности трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота, что делает указанные частицы нефлотируемыми, с получением кондиционированной пульпы;

(d) обработку кондиционированной пульпы посредством процесса пенной флотации для отделения трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота от сульфидных минеральных частиц второго типа с низким содержанием золота;

(e) извлечение нефлотируемых трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота в качестве флотационных хвостов;

(f) окисление под давлением (POX) флотационных хвостов, извлеченных на стадии (e), с получением выпускаемой суспензии, включающей освобожденное золото, и

(g) извлечение золота из выпускаемой суспензии, полученной на стадии (f).

2. Способ по п.1, в котором золотосодержащий материал, включающий трудновскрываемые золотосодержащие минералы, имеет коэффициент извлечения золота менее 80% при непосредственном цианировании.

3. Способ по п.1, в котором трудновскрываемый золотосодержащий материал включает блокирующие золото или расходующие цианид материалы, в частности, сульфидные минералы, такие как сульфиды железа (например, пирит, марказит, пирротин), сульфиды мышьяка (например, арсенопирит, аурипигмент, реальгар), сульфиды меди (например, халькопирит), сульфиды сурьмы (например, ауристобит, стибнит), теллуриды, элементарная сера или любая их смесь.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором содержание золота в первом типе сульфидного минерала с высоким содержанием золота выше, чем содержание золота во втором типе трудновскрываемого сульфидного минерала с низким содержанием золота.

5. Способ по п.4, в котором содержание золота в первом типе трудновскрываемого сульфидного минерала с высоким содержанием золота составляет более 5 частей на миллион, предпочтительно более 8 частей на миллион, более предпочтительно от 10 до 100 частей на миллион.

6. Способ по п.4 или п.5, в котором содержание золота во втором типе трудновскрываемого сульфидного минерала с низким содержанием золота составляет менее 5 частей на миллион, предпочтительно менее 1 части на миллион, более предпочтительно от 0 до 0,1 части на миллион.

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, выбирают из группы, состоящей из азота, окислителей, восстановителей, комплексообразователей и любых их смесей.

8. Способ по п.7, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является окислителем.

9. Способ по п.8, в котором окислитель выбирают из группы, состоящей из пероксида водорода, кислорода, озона и перманганата щелочного металла, хлора, брома, серной кислоты и любых их смесей.

10. Способ по п.7, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является восстановителем.

11. Способ по п.10, в котором указанный восстановитель выбирают из группы, состоящей из водорода, монооксида углерода, сульфида натрия, гидросульфида натрия, дитионита натрия, диоксида серы, сульфата двухвалентного железа, порошка Fe, порошка Zn и любых их смесей.

12. Способ по п.7, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является комплексообразователем.

13. Способ по п.12, в котором указанный комплексообразователь выбран из группы, состоящей из этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), диэтилентриамина (ДЕТА), цианида щелочного металла, аммиака, хлорида щелочного металла и любых их смесей.

14. Способ по любому из пп.1-13, в котором количество химического реагента, модифицирующего поверхность, составляет от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

15. Способ по любому из пп.1-14, в котором золотосодержащее сырье включает силикаты, помимо золотосодержащих минералов, и эти силикаты удаляют из минеральной пульпы перед стадией окисления под давлением.

16. Способ по п.15, в котором силикаты удаляют после стадии (d) селективной флотации минералов, но перед стадией окисления под давлением, предпочтительно с помощью флотации силикатов.

17. Способ по п.15, в котором силикаты удаляют из минеральной пульпы перед стадией (c) обработки и стадией (d) селективной флотации минералов, предпочтительно с помощью коллективной флотации сульфидов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

(измененная на международной стадии)

1. Способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие минералы, в частности, золотосодержащие трудновскрываемые сульфидные минералы, включающий:

(a) получение золотосодержащего сырья, включающего трудновскрываемые золотосодержащие сульфидные минералы, включающие первый тип трудновскрываемого сульфидного минерала с высоким содержанием золота и второй тип сульфидного минерала с низким содержанием золота, причем указанный первый и указанный второй типы сульфидных минералов следует классифицировать как один вид трудновскрываемых сульфидных минералов;

(b) формирование минеральной пульпы, включающей первый тип трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц с высоким содержанием золота и второй тип сульфидных минеральных частиц с низким содержанием золота, путем суспендирования измельченного золотосодержащего материала в воде и, возможно, дополнительного измельчения материала;

(c) кондиционирование минеральной пульпы путем добавления химического реагента, модифицирующего поверхность, для модификации поверхности трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота, что делает указанные частицы нефлотируемыми, с получением кондиционированной пульпы;

(d) обработку кондиционированной пульпы посредством процесса пенной флотации для отделения трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота от сульфидных минеральных частиц второго типа с низким содержанием золота;

(e) извлечение нефлотируемых трудновскрываемых сульфидных минеральных частиц первого типа с высоким содержанием золота в качестве флотационных хвостов;

(f) окисление под давлением (POX) флотационных хвостов, извлеченных на стадии (e), с получением выпускаемой суспензии, включающей освобожденное золото, и

(g) извлечение золота из выпускаемой суспензии, полученной на стадии (f).

2. Способ по п.1, в котором золотосодержащий материал, включающий трудновскрываемые золотосодержащие минералы, имеет коэффициент извлечения золота менее 80% при непосредственном цианировании.

3. Способ по п.1, в котором трудновскрываемый золотосодержащий материал включает блокирующие золото или расходующие цианид материалы, в частности, сульфидные минералы, такие как сульфиды железа, сульфиды мышьяка, сульфиды меди, сульфиды сурьмы, теллуриды, элементарная сера или любая их смесь.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором содержание золота в первом типе трудновскрываемого сульфидного минерала с высоким содержанием золота составляет более 5 частей на миллион, предпочтительно более 8 частей на миллион, более предпочтительно от 10 до 100 частей на миллион.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором содержание золота во втором типе трудновскрываемого сульфидного минерала с низким содержанием золота составляет менее 5 частей на миллион, предпочтительно менее 1 части на миллион, более предпочтительно от 0 до 0,1 части на миллион.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, выбирают из группы, состоящей из азота, окислителей, восстановителей, комплексообразователей и любых их смесей.

7. Способ по п.6, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является окислителем.

8. Способ по п.7, в котором окислитель выбирают из группы, состоящей из пероксида водорода, кислорода, озона и перманганата щелочного металла, хлора, брома, серной кислоты и любых их смесей.

9. Способ по п.6, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является восстановителем.

10. Способ по п.9, в котором указанный восстановитель выбирают из группы, состоящей из водорода, монооксида углерода, сульфида натрия, гидросульфида натрия, дитионита натрия, диоксида серы, сульфата двухвалентного железа, порошка Fe, порошка Zn и любых их смесей.

11. Способ по п.6, в котором химический реагент, модифицирующий поверхность, является комплексообразователем.

12. Способ по п.11, в котором указанный комплексообразователь выбран из группы, состоящей из этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), диэтиленetriами́на (ДЕТА), цианида щелочного металла, аммиака, хлорида щелочного металла и любых их смесей.

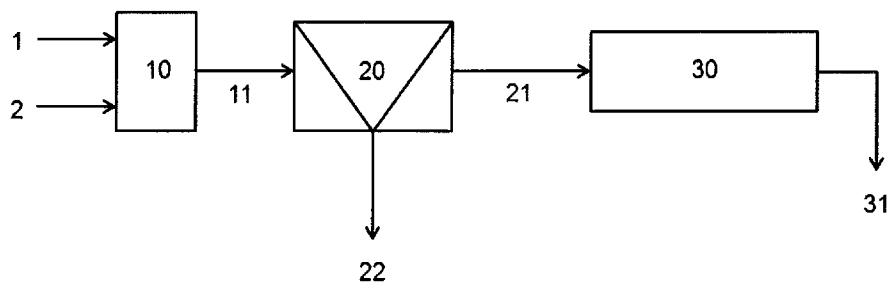
13. Способ по любому из пп.1-12, в котором количество химического реагента, модифицирующего поверхность, составляет от 50 до 500 г/т обрабатываемой руды.

14. Способ по любому из пп.1-13, в котором золотосодержащее сырье включает силикаты, помимо золотосодержащих минералов, и эти силикаты удаляют из минеральной пульпы перед стадией окисления под давлением.

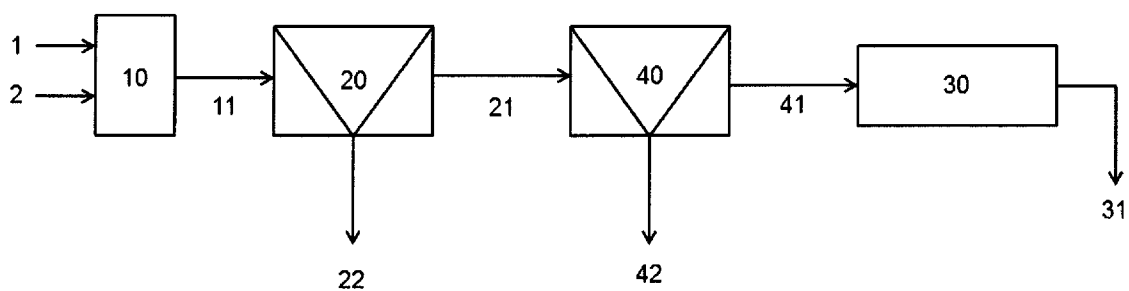
15. Способ по п.14, в котором силикаты удаляют после стадии (d) селективной флотации минералов, но перед стадией окисления под давлением, предпочтительно с помощью флотации силикатов.

16. Способ по п.14, в котором силикаты удаляют из минеральной пульпы перед стадией (c) обработки и стадией (d) селективной флотации минералов, предпочтительно с помощью коллективной флотации сульфидов.

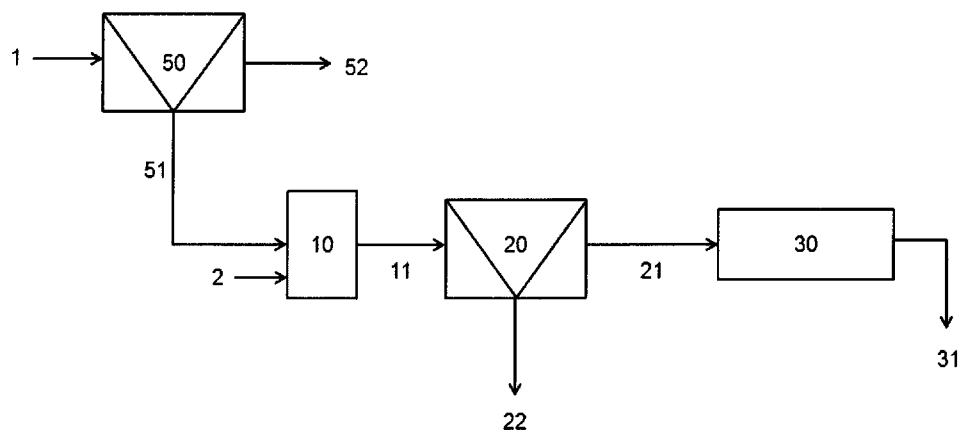
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

