

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042426**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.13

(51) Int. Cl. **C22B 3/04** (2006.01)

(21) Номер заявки
202090081

(22) Дата подачи заявки
2018.05.15

(54) **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССА
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОТВАЛОВ**

(31) **15/631,137**(32) **2017.06.23**(33) **US**(43) **2020.04.17**(86) **PCT/IB2018/053394**(87) **WO 2018/234880 2018.12.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АНГЛО АМЕРИКАН ТЕКНИКЛ ЭНД
САСТЕЙНАБИЛИТИ СЕРВИСИЗ
ЛТД (GB)**

(56) US-A-6146444
US-B1-6319389
CN-A-105154671
WO-A1-2017195008
CL-A1-2016002682

(72) Изобретатель:
**Филмер Энтони Оуэн (AU),
Александр Дэниел Джон (GB)**

(74) Представитель:
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,
Кузнецова Т.В. (RU)**

(57) В изобретении описывается способ повышенного извлечения ценных металлов из сульфидной руды, включающий: а) дробление руды в дробилке (14) первичного дробления; б) первую стадию предварительного обогащения, на которой дробленую руду (14) подвергают объемной сортировке для получения отбрасываемой фракции (18) и потока (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, и отбрасываемую фракцию (18) сортируют (20) для получения потока (22) первичных отходов с размерами частиц и кусков от 2 мм до 40 см и нижней фракции (24) с размерами частиц менее 10 мм; в) дробление (30) и сортировку (34) потока (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, для получения: потока (38) вторичных отходов с размерами частиц, превышающими 1 мм, и отсортированной фракции (36), которую подвергают по меньшей мере одной из следующих дополнительных стадий предварительного обогащения: гравитационному разделению, магнитному разделению или флотации крупных частиц, для получения потока (52) остатков дополнительного процесса предварительного обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм, и потока продукта; г) укладку руды из потока (22) первичных отходов, потока (38) вторичных отходов и потока (52) остатков процесса предварительного обогащения в отвал или отдельные отвалы (26), в котором или которых размеры частиц превышают 100 мкм; д) осуществление выщелачивания отвала или отвалов (26); и е) измельчение потока продукта, полученного из дополнительного процесса предварительного обогащения, и подвержение его процессу (60) флотации мелких частиц.

042426
B1

042426
B1

Уровень техники

По мере снижения качества доступных руд в горнодобывающей промышленности становятся все более очевидными выгоды осуществления обогащения перед тонким измельчением руды (предварительное обогащение) для полного высвобождения ценных минеральных компонентов.

Способы предварительного обогащения работают таким образом, что низкосортные фракции руды могут быть отделены и отброшены в отходы, или же в некоторых случаях они могут быть складированы в отвалы и кучи (далее "отвалы") низкосортного материала, которые могут быть обработаны в будущем, а фракции с более высоким содержанием ценных компонентов остаются в потоке для непосредственного тонкого измельчения и обогащения.

Ожидаемые выгоды предварительного обогащения включают экономию энергии, расходуемой на измельчение, и возможность хранения отходов в сухой форме, в результате чего решается проблема формирования хвостов и связанных с этим потерь воды.

Падение качества (сортности) руды оказало влияние на промышленность также в том отношении, что капитальные затраты на большие комплексы, часто расположенные в удаленных и сложных местностях, также становятся чрезмерно высокими для объектов, создаваемых с "нуля", и для реконструируемых объектов.

Опять же технология предварительного обогащения может обеспечивать удаление низкосортных фракций руды перед осуществлением наиболее затратных процессов (тонкое измельчение и традиционная флотация) и уменьшение размеров площадки, необходимой для заданного уровня производства металла на комбинате.

Существуют разные технологии такого предварительного обогащения, но только одна из них нашла широкое распространение в промышленности. Бурение в системе управления качеством руды обычно используется для повышения точности ее направления на переработку или в отходы. На некоторых рудниках по добыче золота и вторичной меди система управления качеством руды может также направлять материал в отвалы, содержащие низкосортную руду, для переработки в будущем.

Проводились интенсивные исследования различных других технологий предварительного обогащения, однако очень редко дело доходило до промышленного применения. На практике удельные затраты на предприятиях, использующих такие технологии предварительного обогащения, увеличиваются по мере уменьшения размеров подаваемого материала от обломков породы до песка прежде всего из-за дополнительного измельчения и сортировки, необходимых для обеспечения подходящих характеристик подаваемого материала.

Варианты предварительного обогащения включают:

объемную сортировку (bulk sorting) руды - более точный способ управления качеством на основе определения сорта обломков взорванной породы после взрывных работ для более точного направления потока руды в соответствующее место назначения;

просеивание (через грохот или сито) - использование естественной или создаваемой фрагментации для выборочного разрушения породы по минерализованным границам, в результате чего обеспечивается возможность разделения на основе размеров обломков породы для более точного направления их в соответствующее место назначения;

гравитационное разделение - использование разницы плотностей составляющих минеральных фракций, от обломков до песчинок, для более точного определения для каждой группы плотностей их соответствующего места назначения, примерами таких устройств являются тяжелосредные сепараторы (DMS), отсадочные машины, спиральные сепараторы, сортировочные грохоты и т.д.;

магнитное разделение - использование разницы магнитных характеристик, обычно для частиц размерами песчинок, для более точного определения соответствующего места назначения для минералов;

флотацию крупных частиц - флотационный процесс, используемый для более крупных частиц по сравнению с частицами, для которых используется традиционная флотация, в результате чего отделяются частицы с частичными обнажениями минералов, и для них более точно определяется соответствующее место назначения.

Несмотря на разнообразие возможных технологий предварительного обогащения, на предприятиях используются только специально подобранные технологии для тех добываемых руд, которые хорошо подходят для применения такой конкретной технологии предварительного обогащения.

Отсутствие широкого применения, возможно, связано с зависимостью выхода от качества руды, которая характерна для всех технологий предварительного обогащения. Если технология предварительного обогащения разрабатывается и осуществляется для обеспечения высокой степени извлечения ценного компонента, то доля пустой (малоценной) породы, которая может быть отброшена, будет небольшой. Соответственно, выгоды такого отбрасывания пустой породы будут недостаточными для того, чтобы окупить расходы на предварительное обогащение.

Если же технология предварительного обогащения рассчитана и осуществляется для обеспечения отбрасывания большой массы пустой породы, то в этом случае низкосортный материал не подходит для направления в отходы, и он должен будет направлен в отвал низкосортного материала для переработки в будущем. Такая практика обычно указывается как технология для рудных тел с неоднородным содержа-

нием ценного компонента (Grade Engineering). Как следствие, соответствующие доходы, связанные с ценными компонентами в отвалах низкосортной руды, будут получены лишь через много лет. Таким образом, все расходы на добычу руды и предварительное обогащение должны окупаться выгодами, получаемыми в результате переработки высокосортной руды, направляемой на тонкое измельчение.

Итак, повышение качества материала и выход конечного продукта, достигаемые с использованием технологий предварительного обогащения, обычно недостаточны для того, чтобы окупить введение дополнительных стадий переработки материалов и задержки в получении окончательного дохода от переработки всей добытой руды.

Так что, вместо широкого распространения технологии предварительного обогащения была предложена совершенно другая концепция производства.

Низкосортная фракция из процессов управления качеством руды направляется в отвал с последующим немедленным выщелачиванием отвала. Высокосортный материал из процессов управления качеством руды подвергают тонкому измельчению и обогащают для получения высокосортного концентрата, пригодного для рафинирования.

Указанное выщелачивание отвалов было предложено для извлечения многих металлов, включая никель, уран и цинк, однако практическое применение оно нашло в переработке золотосодержащих руд и вторичных и окисленных медных руд.

Продукт выщелачивания просачивается сквозь отвал обычно в течение нескольких лет, и естественная вентиляция воздуха обеспечивает достаточное количество кислорода для окисления и повышения растворимости минерала, представляющего интерес. Продукт выщелачивания, содержащий металл, представляющий интерес, извлекают из нижней части отвала, и затем осуществляют концентрирование и электролиз ценного металла.

Степень извлечения ценных компонентов в таком процессе выщелачивания отвалов существенно ниже, 50-60%, по сравнению с 85-90% в случае тонкого измельчения и флотации, а процесс осуществляется гораздо медленнее, 1-3 года против нескольких дней. Однако поскольку в случае выщелачивания в отвалах исключаются высокие капитальные и эксплуатационные затраты на осуществление процессов грубого дробления, измельчения и обогащения, то этот вариант является экономически привлекательным для руд, качество которых слишком низкое, так что затраты на их измельчение не окупаются.

Однако даже выщелачивание в отвалах также имеет ограничения на его применение в отношении низкосортных руд. Скорость диффузии продукта выщелачивания сквозь частично дробленую породу представляет собой трудноразрешимое ограничение в отношении ускорения процессов выщелачивания и добычи из отходов. Хотя мелкодробленые руды выщелачиваются более активно и с повышенной скоростью, однако при мелком дроблении образуются мельчайшие пылеватые частицы, которые снижают проницаемость материалов в отвале, в результате чего выгоды выщелачивания нивелируются.

Даже тонкие пылеватые частицы, образующиеся при взрывных работах и при обработке материалов в процессе формирования отвала, могут формировать зоны низкой проницаемости в отвале, затрудняющие распространение как продукта выщелачивания, так и воздуха, в результате чего выход также ограничивается.

Для первичных медных руд преобладающей формой минерала для большинства мировых запасов меди является халькопирит. Халькопирит пассивируется при кислотном выщелачивании с биологической обработкой, в результате чего суммарный выход будет мал. Выщелачивание отвалов первичных медных руд для извлечения меди осуществляется с использованием гибких технологий, и выход обычно не превышает примерно 20%.

Аналогично, предлагалось выщелачивание отвалов для извлечения металлов группы платины, но выход обычно был слишком низок, чтобы представлять практический интерес.

Однако совсем недавно были осуществлены многообещающие разработки в технологии выщелачивания отвалов как халькопиритных руд, так и руд металлов группы платины. Некоторые из этих разработок описаны в нижеуказанных публикациях, содержание которых вводится ссылкой в настоящую заявку: "Исследования выщелачивания Pt и Pd из куперита, сперилита и из концентратов с биовыщелачиванием в колонне в тиоцианат-цианидных системах", Shaik и др. "Гидрометаллургия", 173 (2017), 210-217.

"Повышение выхода платины и палладия из окисленных руд элементов группы платины рудоносного массива Great Dyke, Зимбабве, с использованием биогенного сидерофор десферриоксамина В", Крамер и др. "Гидрометаллургия", 152 (2015), 169-177.

"Методика бактериального выщелачивания отвалов для переработки низкосортной первичной руды, содержащей сульфид меди", Институт ЮАР горных разработок и металлургии", Третья африканская конференция по цветным металлам, стр. 471-484.

WO2015/059551, Rautenbach.

"Принципиальная схема технологического процесса для выщелачивания отвалов для получения металлов группы платины из концентрата низкосортной руды", "Гидрометаллургия", 111-112 (2012), 129-135.

Во-первых, было обнаружено, что скорость выщелачивания халькопирита в отвалах с использованием традиционного кислого раствора сульфата железа повышается при повышенных температурах и

при поддержании нужного окислительного потенциала в отвале (Robertson).

Приемлемая скорость выщелачивания халькопирита в отвале была получена с использованием процесса выщелачивания отвала кислым раствором хлорида меди, осуществляемого в условиях низкого уровня pH (Rautenbach). В этом процессе в качестве окислителя используется соединение одновалентной или двухвалентной меди при окислительном потенциале, причем пирит, основной потребитель кислорода при выщелачивании, не выщелачивается. Использование меди в качестве окислителя позволяет решать некоторые проблемы обеспечения эффективной аэрации отвала.

Также была предложена новая методика выщелачивания халькопирита в отвалах с использованием глицинового выщелачивающего реагента в щелочной среде (Eksteen). При оптимальной величине pH и окислительном потенциале реакция продукта выщелачивания с минералами пустой породы ограничивается, в результате чего предотвращаются проблемы растворения и повторного осаждения железа, что может ухудшать проницаемость отвала. Хотя указывается, что воздух используется в качестве окислителя вместе с глицином, возможность использования других окислительно-восстановительных пар очевидна.

Целью настоящего изобретения является создание системы, обеспечивающей более высокий выход продукта по сравнению с обычным выщелачиванием отвалов, содержащих несортированную низкосортную руду.

Сущность изобретения

В настоящем изобретении предлагается способ повышенного извлечения ценных металлов из сульфидной руды, включающий:

- а) дробление руды в дробилке (14) первичного дробления;
- б) первую стадию предварительного обогащения, на которой дробленую руду (14) подвергают объемной сортировке для получения отбрасываемой фракции (18) и потока (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, и отбрасываемую фракцию (18) сортируют (20) для получения потока (22) первичных отходов с размерами частиц и кусков от 2 мм до 40 см, включительно и нижней фракции (24) с размерами частиц менее 10 мм;
- в) дробление (30) и сортировку (34) потока (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, для получения:
 - потока (38) вторичных отходов с размерами частиц, превышающими 1 мм, и
 - отсортированной фракции (36), которую подвергают по меньшей мере одной из следующих дополнительных стадий предварительного обогащения:
 - гравитационному разделению,
 - магнитному разделению или
 - флотации крупных частиц,
 - для получения потока (52) остатков дополнительного процесса предварительного обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм, и потока продукта;
- г) укладку руды из потока (22) первичных отходов, потока (38) вторичных отходов и потока (52) остатков процесса предварительного обогащения в отвал или отдельные отвалы (26), в котором или которых размеры частиц превышают 100 мкм;
- д) осуществление выщелачивания отвала или отвалов (26); и
- е) измельчение потока продукта, полученного из дополнительного процесса предварительного обогащения, и подвержение его процессу (60) флотации мелких частиц.

В одном из вариантов осуществления отбрасываемую фракцию (18) сортируют (20) для получения потока (22) первичных отходов с размерами частиц и кусков от 5 мм до 40 см, включительно, и нижней фракции (24) с размерами частиц менее 5 мм. Предпочтительно, размеры частиц и кусков в потоке (22) первичных отходов находятся в диапазоне от 5 мм до 30 см, включительно, в частности, от 5 мм до 20 см, включительно, или от 5 мм до 10 см, включительно.

Предпочтительно отбрасываемую фракцию (18) объединяют с потоком (38) вторичных отходов и потоком (52) остатков процесса предварительного обогащения, и на стадии в) размеры частиц в объединенном потоке (54) отходов превышают 100 мкм вплоть до 2 мм, и на стадии г) размеры частиц в отвале (26) превышают 100 мкм вплоть до 5 мм; или на стадии в) размеры частиц в объединенном потоке отходов превышают 100 мкм вплоть до 5 мм, и на стадии г) размеры частиц в отвале (26) превышают 100 мкм вплоть до 5 мм.

Предпочтительно на стадии е) поток продукта, получаемого из процесса/процессов предварительного обогащения, подвергают последующему измельчению и обрабатывают в процессе (60) флотации мелких частиц, например, поток продукта может быть измельчен до размеров частиц р80 менее 150 мкм и подвергнут процессу флотации мелких (тонких) частиц.

Предпочтительно на стадии в) дробленую руду сортируют для обеспечения отбрасываемой фракции (18) и потока (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность. Отбрасываемую фракцию (18) обычно пропускают через сито (20) и сортируют для обеспечения:

потока (22) первичных отходов с размерами частиц, обычно превышающими 2 мм, предпочтительно 5 мм, вплоть до максимального размера, генерируемого дробилкой, например, максимальный размер

частиц может достигать 15 мм, обычно 10 мм; и

нижней фракции (24) с размерами частиц обычно менее 10 мм, предпочтительно менее 5 мм.

Поток (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, подвергают дроблению и последующему предварительному обогащению с использованием одного или более из следующих способов: просеивание;

гравитационное разделение; магнитное разделение; или флотация крупных частиц;

для обеспечения потока (38) отходов процесса предварительного обогащения с размерами частиц, превышающими 1-1,5 мм, который объединяют с потоком (22) первичных отходов и укладывают в отвал (26).

Нижнюю фракцию (24) сита (20) предпочтительно объединяют с потоком (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, и подвергают дроблению (30).

Предпочтительно руду подвергают дроблению на стадии (30) до размеров частиц для р80 от 1 мм до 1,5 мм (р80) и просеивают через сито с размерами отверстий от 1 мм до 1,5 мм для обеспечения:

потока (38) вторичных отходов с размерами частиц, превышающими 1-1,5 мм, который объединяют с потоком (22) первичных отходов; и

отсортированной фракции (36) с размерами частиц 1-1,5 мм и менее, которую подвергают процессу флотации крупных частиц, или гравитационному разделению, или магнитному разделению, в результате чего получают остатки (52) процесса предварительного обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм, подходящими для выщелачивания в отвалах.

Отсортированную фракцию (36) предпочтительно подвергают дополнительной сортировке для разделения дробленой руды на:

первую фракцию (44) процесса обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм вплоть до 0,5 мм, подходящую для флотации крупных частиц, или для гравитационного разделения, или для магнитного разделения для получения утилизируемых хвостов (48) процесса обогащения;

вторую фракцию (42) процесса обогащения, подходящую для флотации крупных частиц, или для гравитационного разделения, или для магнитного разделения для получения остатков (52) процесса обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм, подходящими для выщелачивания в отвалах; и

отсортированную фракцию (41) с размерами частиц менее 100 мкм, подходящими для традиционной флотации (60) мелких частиц. Остатки (52) процесса обогащения фракции более крупных частиц в процессе (50) флотации крупных частиц могут быть соединены с потоком (22) отходов, а хвосты (48) предварительного обогащения фракции более мелких частиц в процессе флотации (46) крупных частиц укладывают отдельно.

Перерабатываемая руда может содержать:

сульфиды меди;

сульфиды свинца, цинка и серебра,

сульфиды благородных металлов, включая платину и золото, или

сульфиды никеля.

Благодаря предшествующему удалению мелких частиц отвал (26), подвергаемый выщелачиванию, содержит частицы с размерами, превышающими 100 мкм, и, соответственно, свободно дренируется. Термин "свободно дренируется" означает достаточную проницаемость как для выщелачивающего реагента, так и для воздуха (если это необходимо), для обеспечения возможности перколяционного выщелачивания содержащихся ценных минералов с использованием вышеуказанных типов реагентов.

В зависимости от минерала этот отвал может выщелачиваться с использованием определенного выщелачивающего реагента, подходящего для минерального комплекса, подлежащего извлечению. Например, первичная медная руда наверно будет выщелачиваться либо раствором серной кислоты (Robertson), либо кислым раствором хлорида меди (Rautenbach).

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 - блок-схема способа по настоящему изобретению;

на фиг. 2 - блок-схема способа по настоящему изобретению с указанием разделения масс и сортов руды.

Подробное описание осуществления изобретения

В настоящей заявке испрашивается конвенционный приоритет по заявке US 15/631137, содержание которой вводится здесь ссылкой.

В настоящем изобретении предлагается интегрированный процесс, в котором используется предварительное обогащение, наилучшим образом подходящее для характеристик конкретного рудного тела, причем в результате предварительного обогащения одновременно формируется поток низкосортной руды, который дает существенно более высокий выход по сравнению с выходом, получаемым для обычно-го выщелачивания отвалов, содержащих несортированную низкосортную руду.

Целью настоящего изобретения является использование известных достоинств предварительного обогащения вместе с достоинствами выщелачивания отвалов, причем изобретение обеспечивает повышение качества руды, используемой для дальнейшей переработки, и одновременную подготовку низко-

сортной руды, которая значительно более пригодна для извлечения ценных компонентов по сравнению с известными способами выщелачивания отвалов. В частности, в изобретении предлагается способ предварительного обогащения, интегрированный в предложенные новые способы выщелачивания отвалов первичных источников меди. С использованием такой интеграции может быть ускорено и увеличено суммарное извлечение ценных компонентов с одновременным уменьшением хвостов и потребления рудником чистой воды, а также с сокращением капитальных и эксплуатационных затрат.

Хотя в нижеприведенном описании иллюстрируются выгоды изобретения для первичных источников меди, для которых выщелачиваемость халькопирита открывает новые возможности, однако основные принципы изобретения в равной степени применимы и к другим металлам, таким как металлы группы платины, золото, никель, цинк, вторичная медь и т.п.

Этот интегрированный процесс может быть сконфигурирован таким образом, чтобы для каждой стадии предварительного обогащения выбирался подходящий размер частиц для обеспечения возможности эффективного повышения качества руды с последующим тонким измельчением и традиционной флотацией, а также обеспечения подходящего качества и размеров частиц потока низкосортной руды, выщелачивание которой в отвалах дает более высокий экономический эффект.

За счет вывода фракции мелких частиц в концентрат на стадии предварительного обогащения (как это будет происходить естественным образом в выбранных процессах обогащения) проницаемость формируемых отвалов повышается, в результате чего повышается выход процесса выщелачивания.

И в результате постепенного уменьшения размеров частиц, требуемого для процессов предварительного обогащения (как это будет происходить естественным образом при оптимизации выбранных процессов предварительного обогащения), скорость выщелачивания ценных компонентов в отвалах повышается по сравнению с выщелачиванием отвалов несортированной низкосортной руды, и суммарный выход также повышается.

Реагенты, используемые для выщелачивания отвалов, и рабочие условия выбирают из известных в технике, и их адаптируют для обеспечения эффективного выщелачивания потоков низкосортной руды с разными размерами частиц, которые формируются в процессе предварительного обогащения, так что размеры варьируются от размеров фрагментов, получаемых в результате первоначального просеивания дробленых обломков руды, до размеров частиц крупного песка вплоть до 200 мкм.

И в результате использования выщелачивания отвалов для извлечения ценных компонентов из отбрасываемой фракции предварительного обогащения каждая стадия такого предварительного обогащения может экономично обеспечивать удаление большего количества пустой породы, в результате чего снижаются капитальные и эксплуатационные расходы на процессы тонкого измельчения и флотации мелких частиц.

Такая интегрированная система может быть сбалансирована для оптимизации доходов для конкретной руды, подлежащей переработке, на основе относительных выходов производства путем обогащения и выщелачивания.

Выгоды и преимущества изобретения

Выгоды и преимущества предварительного обогащения хорошо известны специалистам в данной области техники:

- снижение затрат на энергоемкое тонкое измельчение, необходимое для полного высвобождения ценного минерала;

- уменьшение размеров измельчительного оборудования и, соответственно, капитальных затрат и площади, занимаемой этим оборудованием;

- меньшее потребление воды в связи с хранением остатков в сухом состоянии;

- уменьшение количества вырабатываемых хвостов в связи с хранением остатков в сухом состоянии.

Интеграция предварительного обогащения с выщелачиванием отвалов, являющаяся объектом настоящего изобретения, также обеспечивает:

- быстрые доходы, связанные с концентратом предварительного обогащения и с потоком низкосортных остатков предварительного обогащения, причем во втором случае доходность обеспечивается за счет использования совместно с процессами выщелачивания отвалов;

- суммарное извлечение, обеспечивающее остатки с таким содержанием ценного компонента, которое не окупает затраты на их переработку, в результате чего исключаются затраты на применение при предварительном обогащении обычной технологии Grade Engineering;

- увеличенное суммарное извлечение ценных металлов из источника;

- фракция, отбрасываемая на каждой стадии предварительного обогащения, пригодна для выщелачивания в отвалах, причем в этом случае выход выщелачивания будет выше по сравнению с традиционным выщелачиванием отвалов;

- снижение минимально допустимого содержания ценного компонента в источнике, при котором добыча становится нерентабельной;

- возможность задания более высокого минимально допустимого содержания ценного компонента для руды, которая требует более высоких и интенсивных капитальных затрат, более качественных процессов обогащения, таких как флотация крупных частиц, магнитное разделение и флотация;

меньшее количество хвостов на выходе, меньшее потребление воды.

Резюмируя, можно сказать, что интегрированный процесс исключает влияние неоднородного качества руды на эффективность извлечения ценного компонента, что всегда ограничивало применение предварительного обогащения:

для одного и того же уровня производства металла больше не требуется обеспечивать дополнительную производительность рудника;

исключаются затраты на хранение и переработку отвалов с низкосортной рудой;

предотвращаются задержки доходов от отвалов с низкосортной рудой.

В дополнение к экономической оптимизации работы рудника, качество промежуточного концентрата, получаемого с использованием интеграции процессов предварительного обогащения и выщелачивания отвалов, будет гораздо выше по сравнению с концентратом, получаемым из несортированной руды. Соответственно, существует возможность перекачивания суспензии промежуточного концентрата на удаленный перерабатывающий комбинат.

Такой вариант разделения местонахождения производств обеспечивает следующие возможные выгоды:

создание группы рудников-спутников для обеспечения концентратом центрального перерабатывающего предприятия;

расположение перерабатывающего предприятия в таком месте, которое идеально подходит для утилизации хвостов;

расположение перерабатывающего предприятия в таком месте, которое идеально подходит для доступа к квалифицированной рабочей силе.

Для любого конкретного рудника существует определенный баланс потребностей и ограничений. Интеграция процессов предварительного обогащения и выщелачивания отвалов обеспечивает возможность адаптации установленных режимов для соблюдения указанных требований без существенной потери извлечения ценных компонентов из источника.

На фиг. 1 приведена блок-схема одного из предпочтительных вариантов осуществления изобретения, как оно может быть применено в отношении первичной медной руды в тех местах, где вода является дефицитным ресурсом.

Другие варианты включают альтернативные конфигурации с предварительным обогащением, получаемые путем изменения количества процессов предварительного обогащения или заменяющих альтернатив, и регулирования их рабочих режимов в процессе измельчения для выполнения специфических требований, определяемых минеральным сырьем и местонахождением рудника.

Взорванную руду 10 загружают и определяют место назначения для нее с использованием традиционных способов управления качеством, после чего руду направляют либо в отходы 12, если ее качество недостаточно для того, чтобы окупить затраты на ее переработку, либо в дробильную машину для последующей обработки в дробилке 14 первичного дробления.

После дробилки 14 используется процесс 16 объемной сортировки руды для отделения той ее части 18, которую экономически выгоднее выщелачивать в отвалах, а не перерабатывать с использованием стадий измельчения и обогащения.

Качество разделения, обеспечиваемого объемной сортировкой руды, для направления на выщелачивание в отвалах или на обогащение, повышается по сравнению с традиционными процессами управления качеством благодаря повышенной пространственной точности системы объемной сортировки.

Низкосортную руду 18, получаемую в результате объемной сортировки, просеивают или промывают на стадии 20 для отделения нижней фракции 24, размеры частиц которой обычно не превышают примерно 20 мм, и которая имеет более высокий сорт по сравнению с потоком 18, с использованием разницы в размерах обломков, получаемых в результате взрыва и первичного дробления.

Такое просеивание обеспечивает возможность направления нижней фракции 24, содержащей руду самого высокого качества, на дополнительное предварительное обогащение, а также улучшает проницаемость остающейся верхней фракции 22 руды, в результате чего повышается выход процесса выщелачивания отвала.

Верхняя фракция 22 процесса просеивания 20 складывается для осуществления стадии 26 выщелачивания отвала.

Высокосортную фракцию 28 со стадии 16 объемной сортировки руды и нижнюю фракцию 24 со стадии 20 просеивания подвергают грубому измельчению в устройстве 30 мелкого дробления, таком как дробилка третичного дробления, валковый пресс высокого давления (HPGR), дробилка с вертикальным валом (VSI) или шаровая дробилка, для уменьшения размеров частиц руды в потоке 32 измельченной руды для р80 обычно до примерно 1-2 мм.

Поток 32 направляют на стадию 34 сортировки. Эта сортировка, обычно осуществляемая с помощью просеивания, обеспечивает отделение фракции 36, содержащей более мелкие частицы с более высоким содержанием ценного компонента, которая подходит для дополнительного предварительного обогащения, от более крупных частиц песка 38 с несколько меньшим содержанием ценного компонента, и этот песок подходит для выщелачивания в отвалах, либо в одних отвалах 26 с потоком 22 руды, либо в

отдельных отвалах.

Теперь частицы песка 38 имеют такие размеры, что проницаемость отвалов будет высокой, и процесс выщелачивания будет проходить быстрее по сравнению с традиционным выщелачиванием отвалов, в результате чего может быть получен более высокий выход, благодаря дополнительному растрескиванию породы в процессе измельчения.

Следующей стадией обогащения для большинства медных руд будет флотация крупных частиц для дополнительного удаления пустой породы, чтобы обеспечить возможность регенерации воды из большей части остатков флотации. В этом случае на стадии 34 сортировки будет удален материал с размерами частиц < 1 мм, из которого будет отсортирован материал с размерами частиц примерно 100 мкм, направляемый непосредственно в традиционный процесс 60 флотации.

Фракция с более крупными частицами может быть подвергнута дополнительной сортировке на стадии 40 для обработки получаемых субфракций 42 и 44 в отдельных установках 46 и 50 флотации крупных частиц, причем различные рабочие условия флотации крупных частиц (CPF) выбирают таким образом, чтобы обеспечить извлечение наиболее качественного материала для каждого размера частиц.

Если извлечение из потока более крупных частиц на стадии 50 флотации не привело к формированию отбрасываемого остатка, то эту остающуюся фракцию 52 с размерами частиц обычно от 0,4 мм до 1 мм соединяют с верхней фракцией 22 руды (поток 54) и направляют на стадию выщелачивания в отвале 26. Отвал 26 орошают выщелачивающим реагентом 56, который просачивается через отвал 26. Поскольку размеры частиц в отвале превышают 100 мкм, то в отвале обеспечивается свободное дренирование, обычно с гидропроводностью, превышающей 1 см/с. Из отвала 26 получают маточный раствор 58, из которого посредством экстракции растворителем или ионного обмена извлекают ценный компонент с последующей подготовкой выщелачивающего раствора 56 для повторного использования в выщелачивании ценных компонентов.

Промежуточные концентраты, получаемые в результате флотации крупных частиц, направляют на повторное измельчение и на традиционную флотацию мелких частиц. В традиционном процессе флотации мелких частиц размеры частиц обычно не превышают 0,1 мм (100 мкм).

Отходы процесса флотации крупных частиц (46/50) представляют собой свободно дренируемый песок, который может быть уложен в отвал с использованием гидравлических средств для постоянного хранения, причем отвал дренируют для регенерации воды.

Основные хвосты, получаемые из процесса традиционной флотации, представляют собой незначительную часть исходной добытой руды, а потоки 22, 38, 48 и 52 свободно дренируемых отходов, направляют в отвалы для выщелачивания или непосредственно для удаления, то есть они не рассматриваются как хвосты.

Затем это незначительное количество флотационных хвостов может быть направлено на хранение в специальном хвостохранилище или же может надежно храниться в качестве сухого покрытия для выщелоченных отвалов для предотвращения выхода в будущем кислотных шахтных вод.

Выщелачивание отвалов.

В случае золота в качестве выщелачивающего реагента используется цианид, а в случае вторичной меди используется серная кислота, как это осуществляется на многих рудниках по всему миру.

Для первичной медной руды выщелачивающий реагент может быть выбран из реагентов, участвующих в настоящее время в перспективных разработках, описанных, например, в публикациях Rautenbach, Robinson или Eksteen. Уменьшение среднего размера частиц в отвалах будет увеличивать скорость выщелачивания от обычных 2 лет для традиционного выщелачивания отвалов до примерно 1 года.

Изобретение особенно подходит для применения в выщелачивании отвалов первичных источников меди (халькопирит), что было нерентабельным. В способе, предложенном в изобретении, повышается эффективность интегрированного обогащения, используемого автономно, и повышается сама по себе эффективность выщелачивания отвалов.

Объемная сортировка руды.

На стадии объемной сортировки дробленую руду подают на конвейере из дробилки 14 первичного дробления в дробилку 30 мелкого дробления. На конвейере осуществляется анализ качества руды (или вредных загрязнений) с использованием технических средств, использующих рентгеновское излучение, нейтронную активацию или магнитный резонанс, для отделения потока низкосортной руды от основного потока руды. Установка 16 объемной сортировки руды может содержать ленту конвейера с отклоняющим механизмом, управляемым датчиком системы непрерывного анализа (таким как быстродействующий сканирующий датчик устройства магнитного резонанса, или нейтронной активации, или рентгеновского излучения), так что отклоняющий механизм отбрасывает в поток отходов те части потока породы, содержание ценного компонента в которых ниже заданной минимально допустимой величины.

Магнитное разделение.

Магнитное разделение слабомагнитных материалов с использованием технических средств, таких как установка мокрой сепарации в сильном магнитном поле, может использоваться в качестве средства предварительного обогащения, обычно работающего для частиц с размерами в диапазоне 0,2-1 мм. Таким образом, оно может быть эффективной альтернативой процесса флотации крупных частиц.

Гравитационное разделение.

Гравитационное разделение с помощью таких технологий, как тяжелосредная сепарация и противоточная обогатительная сортировка, может использоваться в качестве процесса предварительного обогащения при условии, что между пустой породой и ценными компонентами имеется существенная разница плотностей. Эта технология также может эффективно использоваться для частиц с размерами в диапазоне 0,2-1 мм.

Флотация крупных частиц.

Флотация крупных частиц может осуществляться с использованием специализированной флотационной машины, такой как Eriez™ Hydrofloat. Машина Eriez Hydrofloat™ осуществляет процесс концентрирования на основе комбинации ожижения и флотации с использованием ожижающей воды, которую насыщают микропузырьками воздуха. Флотацию осуществляют с использованием концентраций флотационного реагента и реагента-коллектора и времени пребывания, подходящих для конкретного минерала, подлежащего флотации. Для получения частиц этого размера руду измельчают в достаточной степени для высвобождения большей части частиц пустой породы и раскрытия зерен ценного минерала, при этом они необязательно высвобождаются полностью. Выход процесса флотации крупных частиц с частично раскрытыми зернами минерала достаточно высок, и остающаяся пустая порода формирует песок, затраты на последующее измельчение и традиционную флотацию которого не окупаются.

Не все стадии предварительного обогащения будут применимы для всех руд, и возможны разные конфигурации настоящего изобретения, поскольку существуют разные оптимальные размеры для применения технологий предварительного обогащения.

Например, если руда однородная, то затраты на ее объемную сортировку могут не окупаться. Если разница размеров обломков и, соответственно, коэффициент повышения сортности малы, то:

отделение мелких частиц от материала, отобранного для выщелачивания в отвале, может осуществляться с меньшими размерами частиц, или соответствующие затраты могут вообще не окупаться;

весь материал, отобранный для мелкого дробления, может быть измельчен для получения частиц с размерами, не превышающими примерно 400 мкм, для использования флотации крупных частиц, в результате которой получают остатки, подходящие для непосредственной утилизации;

весь материал, отобранный для мелкого дробления, может быть измельчен для получения частиц с размерами, не превышающими 0,8 мм, и в этом случае используется флотация крупных частиц вместе с выщелачиванием отвалов для извлечения ценных компонентов.

Если гравитационное разделение или магнитное разделение обеспечивает более эффективное повышение сортности по сравнению с флотацией крупных частиц, то они могут использоваться вместо флотации.

Однако независимо от оптимальной конфигурации процессов предварительного обогащения, измельчения и сортировки для конкретной руды, сохраняется сущность настоящего изобретения, а именно: процессы предварительного обогащения используются для существенного снижения количества руды, для которой требуется тонкое измельчение, осуществляемое вместе с выщелачиванием отвалов для поддержания высокого суммарного выхода ценного компонента.

Таким образом, в изобретении используются стадии предварительного обогащения при постепенном уменьшении размеров частиц для получения потоков отбрасываемого материала, каждый из которых экономически выгоднее перерабатывать путем выщелачивания отвалов, чем осуществлять их измельчение.

Сортность этого отбрасываемого материала после каждой стадии предварительного обогащения может быть выше, чем сортность материала, обычно направляемого на выщелачивание в отвалах, так что обеспечивается более быстрое и более полное выщелачивание.

Повышение сортности и снижение массы подаваемой руды в результате обогащения обеспечивает существенное снижение капитальных затрат и потребления энергии на тонну извлекаемого металла.

Окончательно формируемые хвосты представляют собой малую часть исходной, несортированной руды, и, соответственно, сокращаются потери воды, и хвостохранилища могут быть исключены или существенно уменьшены.

Пример разделения масс и выходы (цифры ориентировочные).

Ориентировочный пример разделения масс и качества для чилийского медного месторождения приведен на фиг. 2.

Исходные предположения о разделении масс и выходе меди при обогащении основываются на геостатистическом анализе пространственной неоднородности и испытательных работах по оценке просеивания и флотации крупных частиц. Исходные предположения о выходе халькопирита в процессе выщелачивания отвалов с использованием новых выщелачивающих реагентов делаются на основе опубликованных данных и неопубликованной информации для выщелачивания песка с использованием таких же реагентов. Выход для традиционной флотации и традиционного выщелачивания отвалов взят из информации о работе рудника.

Блок-схема процесса, используемая для расчета разделения масс, аналогична схеме варианта осуществления изобретения, приведенной на фиг. 1.

В качестве базы для оценки настоящего изобретения принимаются известные данные: сейчас на каждые 100 тонн руды, добываемой в результате горных работ, при использовании традиционных процессов управления качеством, 70 тонн с содержанием меди 0,75% направляются на дробление/измельчение/флотацию и примерно 30% с содержанием меди 0,35% направляется на выщелачивание в отвалах. Средний выход первичной медной руды из процесса выщелачивания отвалов составляет 30%, причем извлекается лишь 10% халькопирита, и 50% - это другие медьсодержащие минералы.

Извлечение целевого минерала из 70 тонн руды осуществляется с помощью процессов тонкого измельчения и традиционной флотации, и выход составляет 85%. Таким образом, суммарный выход меди из исходной, несортированной руды в случае традиционной переработки с использованием флотации высокосортной руды и выщелачивания в отвалах низкосортной руды составляет примерно 76%, с 70 тоннами пустой породы в форме хвостов, содержащих 45 тонн воды.

Влияние изобретения на распределения масс и сортов показано на фиг. 2. Для тех же 100 тонн исходной, несортированной руды, только примерно 40 тонн направляются на традиционную флотацию (вместо 70 тонн).

Размер частиц после первоначального измельчения составляет 2 мм для р80 (вместо 0,25 мм).

Суммарный выход меди составляет 78% (вместо 76%).

Таким образом, сравнение изобретения с традиционной переработкой позволяет сделать вывод о том, что изобретение обеспечивает:

одинаковый или повышенный выход меди из источника;

масса измельчаемого материала и, соответственно, мощность, потребляемая на измельчение, снижается на 40%;

масса хвостов уменьшается на 50% по сравнению с традиционной переработкой.

Такая существенно улучшенная переработка на площадке рудника и подача высокосортной руды на традиционную флотацию, так что суспензия может без проблем перекачиваться на удаленное перерабатывающее предприятие, оказывает значительное влияние на капитальные затраты на все оборудование.

В случае модернизации традиционного обогатительного комплекса выгоды настоящего изобретения могут быть получены за счет сокращения расходов или за счет ускорения добычи руды для использования повысившейся производительности предприятия.

Основные аспекты изобретения:

1. Способ, в котором процесс предварительного обогащения полностью интегрирован с процессом выщелачивания отвалов, так что выход процесса предварительного обогащения оптимизирован с отсортированными остатками, подходящими для выщелачивания в отвалах с высоким выходом.

2. Способ, в котором распределение руды между процессами предварительного обогащения и выщелачивания отвалов улучшают за счет объемной сортировки руды для оптимизации суммарной экономической эффективности для конкретного рудника.

3. Способ, в котором технологию предварительного обогащения выбирают из следующих вариантов: просеивание, флотация крупных частиц, магнитное разделение и гравитационное разделение.

4. Способ, в котором руда, подлежащая переработке, подходит для обогащения с помощью традиционной флотации и содержит медь, никель, цинк, золото или металлы группы платины.

5. Способ, в котором размеры кусков и частиц, отобранных для стадий предварительного обогащения, находятся в диапазоне от 50 мм до 0,2 мм и предпочтительно от 30 мм до 0,2 мм.

6. Способ, в котором процесс предварительного обогащения используется для получения остаточной фракции руды, сорт, размеры частиц и содержание пылеватых частиц в которой подходят для повышенного выхода процесса выщелачивания отвалов.

7. Способ, в котором руда содержит значительное количество халькопирита, и выщелачивающий агент для остатков - это хлорид меди или глицин.

8. Способ, в котором размеры частиц процесса предварительного обогащения выбирают таким образом, чтобы уменьшить формирование мелких хвостов и потребление воды.

9. Способ, в котором ограниченное количество хвостов обеспечивает возможность их смешивания с материалом отработанного отвала (после выщелачивания), в результате чего исключается необходимость в стационарном хвостохранилище.

10. Способ, обеспечивающий возможность существенного уменьшения площади, занимаемой рудником, за счет снижения требований к измельчению и возможности разделения горнодобывающего и перерабатывающего оборудования путем транспортировки концентрата из процесса предварительного обогащения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ повышенного извлечения ценных металлов из сульфидной руды, отличающийся тем, что он включает следующие стадии:

- а) дробление руды в дробилке (14) первичного дробления;
- б) первая стадия предварительного обогащения, на которой дробленую руду (14) подвергают объемной сортировке для получения отбрасываемой фракции (18) и потока (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, и отбрасываемую фракцию (18) сортируют (20) для получения потока (22) первичных отходов с размерами частиц и кусков от 2 мм до 40 см, включительно и нижней фракции (24) с размерами частиц менее 10 мм;
- в) дробление (30) и сортировка (34) потока (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, для получения:
 - потока (38) вторичных отходов с размерами частиц, превышающими 1 мм, и
 - отсортированной фракции (36), которую подвергают по меньшей мере одной из следующих дополнительных стадий предварительного обогащения:
 - гравитационному разделению,
 - магнитному разделению или
 - флотации крупных частиц,
 - для получения потока (52) остатков дополнительного процесса предварительного обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм, и потока продукта;
- г) укладка руды из потока (22) первичных отходов, потока (38) вторичных отходов и потока (52) остатков процесса предварительного обогащения в отвал или отдельные отвалы (26), в котором или которых размеры частиц превышают 100 мкм;
- д) осуществление выщелачивания отвала или отвалов (26); и
- е) измельчение потока продукта, полученного из дополнительного процесса предварительного обогащения, и подвержение его процессу (60) флотации мелких частиц.

2. Способ по п.1, в котором отбрасываемую фракцию (18) объединяют с потоком (38) вторичных отходов и потоком (52) остатков процесса предварительного обогащения.

3. Способ по п.2, в котором на стадии в) размеры частиц в объединенном потоке отходов превышают 100 мкм вплоть до 2 мм, и на стадии г) размеры частиц в отвале (26) превышают 100 мкм вплоть до 2 мм.

4. Способ по п.2, в котором на стадии в) размеры частиц в объединенном потоке отходов превышают 100 мкм вплоть до 5 мм, и на стадии г) размеры частиц в отвале (26) превышают 100 мкм вплоть до 5 мм.

5. Способ по п.1, в котором поток продукта, получаемого из процесса/процессов предварительного обогащения, измельчают до размеров частиц r_{80} менее 150 мкм и подвергают процессу (60) флотации мелких частиц.

6. Способ по п.1, в котором отбрасываемую фракцию (18) сортируют (20) для получения:

потока (22) первичных отходов с размерами частиц и кусков от 5 мм до 40 см, включительно; и нижней фракции (24) с размерами частиц менее 5 мм.

7. Способ по п.6, в котором размеры частиц и кусков в потоке (22) первичных отходов находятся в диапазоне от 5 мм до 30 см, включительно.

8. Способ по п.7, в котором размеры частиц и кусков в потоке (22) первичных отходов находятся в диапазоне от 5 мм до 20 см, включительно.

9. Способ по п.8, в котором размеры частиц и кусков в потоке (22) первичных отходов находятся в диапазоне от 5 мм до 10 см, включительно.

10. Способ по п.1, в котором нижнюю фракцию (24) объединяют с потоком (28) отсортированной руды, имеющей более высокую сортность, и подвергают дроблению (30).

11. Способ по п.1, в котором руду подвергают дроблению (30) до размеров частиц r_{80} 1 мм и просеивают через сито (34) с размерами отверстий 1 мм для получения:

потока (38) вторичных отходов с размерами частиц, превышающими 1-1,5 мм, который объединяют с потоком (22) первичных отходов; и

отсортированной фракции (36) с размерами частиц 1,5 мм и менее, которую подвергают флотации крупных частиц или гравитационному разделению, или магнитному разделению, в результате чего получают поток (52) остатков дополнительного процесса предварительного обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм.

12. Способ по п.11, в котором отсортированную фракцию (36) подвергают дополнительной сортировке (40), для разделения дробленой руды на:

первую фракцию (44) процесса предварительного обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм вплоть до 0,5 мм, подходящими для флотации крупных частиц или для гравитационного разделения, или для магнитного разделения для получения утилизируемых хвостов (48) процесса предвари-

тельного обогащения;

вторую фракцию (42) процесса предварительного обогащения, подходящую для флотации крупных частиц или для гравитационного разделения, или для магнитного разделения для получения остатков (52) процесса предварительного обогащения с размерами частиц, превышающими 100 мкм, подходящими для выщелачивания в отвалах; и

продукт (41) отсортированной фракции с размерами частиц менее 100 мкм, подходящими для традиционной флотации (60) мелких частиц.

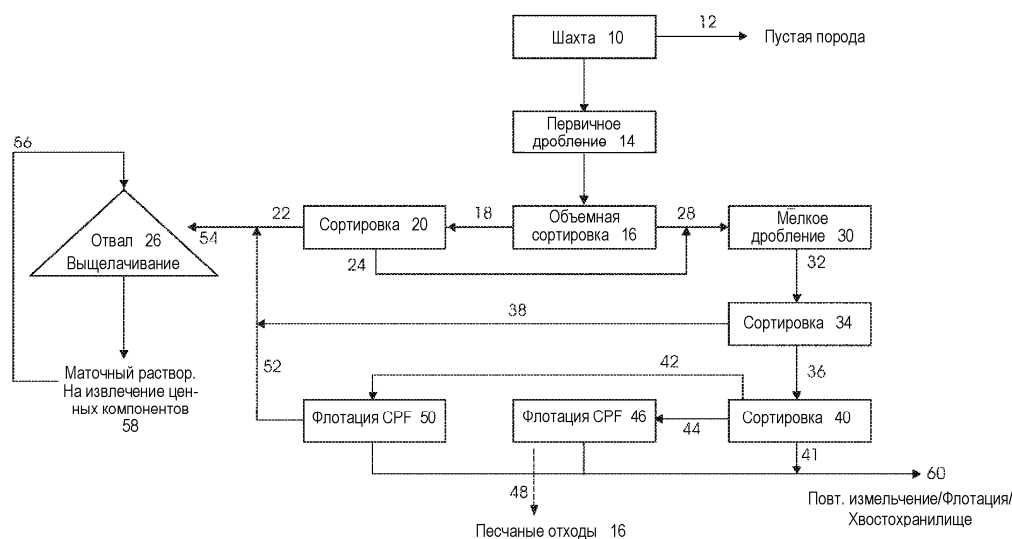
13. Способ по п.12, в котором поток (52) остатков дополнительного процесса предварительного обогащения из фракций более крупных частиц процесса (50) флотации крупных частиц объединяют с потоком (22) первичных отходов, а хвосты (48) обогащения из фракции более мелких частиц процесса флотации (46) крупных частиц укладывают отдельно.

14. Способ по п.1, в котором руда содержит:

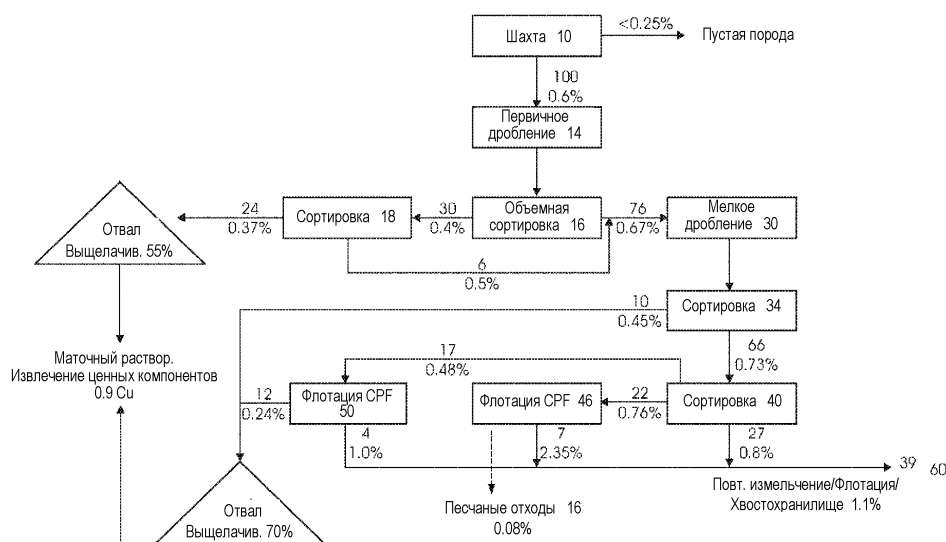
сульфид меди,

сульфиды свинца, цинка и серебра,

сульфиды благородных металлов, включая платину и золото, или сульфиды никеля.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2