

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201792316 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2018.05.31

(51) Int. Cl. B03B 5/28 (2006.01)
B03B 7/00 (2006.01)
C22B 3/04 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2016.01.29

(54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РУДЫ

(31) 62/150,920

(32) 2015.04.22

(33) US

(86) PCT/IB2016/050463

(87) WO 2016/170437 2016.10.27

(71) Заявитель:

АНГЛО АМЕРИКАН СЕРВИСИЗ
(ЮК) ЛТД (GB)

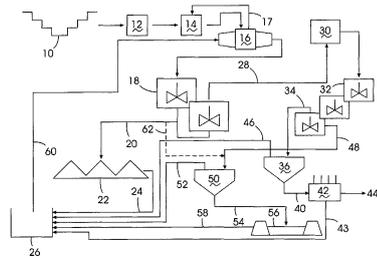
(72) Изобретатель:

Филмер Энтони Оуэн (AU),
Александр Дэниел Джон (GB)

(74) Представитель:

Веселицкая И.А., 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) Настоящее изобретение относится к способу извлечения ценных металлов из руды со значительно сниженным расходом воды вследствие дискретной обработки и хранения крупных хвостов. Руду размалывают с получением руды в виде крупных частиц. Руду в виде крупных частиц обрабатывают на стадии грубой флотации с получением фракции концентрата с низким содержанием и фракции крупных хвостов. Фракцию концентрата с низким содержанием обрабатывают с получением мелких хвостов и товарного концентрата. Крупные хвосты обрабатывают отдельно от мелких хвостов, и воду извлекают из крупных хвостов путем складирования в виде гидроотвала, фильтрации или просеивания, после чего крупные хвосты складировать в сухом виде без воссоединения с мелкими шламами.



201792316

A1

A1

201792316

СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РУДЫ

5 УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к способу извлечения ценных металлов из руды.

10 Вода и хвосты

Большое количество минеральных ресурсов во всем мире расположены в засушливой местности, где при хранении мокрых хвостов расходуется дополнительная вода. В качестве примера, около 40% мирового производства меди имеет место в пустынном районе Анд Чили и Перу. По мере развития медно-добывающей промышленности конкуренция за воду между добычей руды, сельским хозяйством и урбанистической деятельностью усиливается, что делает получение разрешений на новые горнорудные проекты проблематичным. Для существующих технологических операций нехватка легкодоступной воды преодолевается путем использования подземной воды (истощимый ресурс). Альтернативой является опреснение морской воды и перекачка в место разработки (часто расположенное далеко от побережья или на возвышенности, превышающей 3000 м). Опресненная вода может быть стабильным источником, но она является очень дорогой. Вследствие этого доступ к минеральному фонду в области ограничивается водой.

Аналогично этому, много мировых месторождений золота и меди находятся в областях, где локальная местность и сейсмическая активность делают постоянное хранение больших количеств хвоста очень проблематичным.

Учитывая гористую местность, складирование мелких хвостов для многих шахт также является затруднительным. Дамбы для хвоста часто расположены в лощинах с отвесными склонами, при этом для них требуются стены дамб очень большой высоты, в областях, которые характеризуются потенциальной

возможностью крупных землетрясений. Таким образом, риск аварии на дамбе и нанесения существенного ущерба окружающей среде, ассоциированного с большими объемами мелкого шлама, стекающей на много километров вниз, является постоянным. Этот значительный риск уменьшается посредством

5 использования разработанных на высоком техническом уровне и регулируемых сооружений для складирования хвостов. В связи с этим, хранение хвостов часто является наиболее дорогостоящей частью совокупного капитала для новой шахты.

10 При использовании общепринятых переработки и отвала хвостов, сооружение для хранения хвостов (TSF) также представляет собой основного потребителя (до 80%) воды, израсходованной в процессе добычи руды. Гидрофильная природа мелких хвостов делает разделение смеси на твердое

15 вещество/жидкость посредством механических или химических средств дорогостоящим, причем мелкие хвосты могут содержать 0,6—0,7 тонн воды на тонну хвостов. Высокое содержание воды обеспечивает ожигение хранящегося материала в случае любого разрушения дамбы. Таким образом, любая методика, при помощи которой можно свести к минимуму количество

20 получаемых мелких хвостов, будет оказывать значительное воздействие на капитальные затраты на добычу минерального ресурса, содержащего медь, золото или смесь меди и золота, и непосредственное влияние на количество необходимой воды.

Принимая это во внимание, на некоторых технологических операциях

25 обрабатывают хвост после них с помощью циклонного уловителя для отделения около 10—60% материала в виде песчаной фракции, как правило, с диаметром, составляющим более 100 микрон. Фракция песка осушается тем легче, чем больше размеры частиц, так что воду можно частично извлекать для повторного использования путем фильтрации, либо просеивания либо

30 естественного дренажа из отвала. Как правило, оставшиеся мелкие хвосты будут характеризоваться содержанием воды, составляющим 65% по весу, тогда как при осушении мелкий песок с размером частиц, составляющим ± 100 микрон, будет удерживать 20—30% воды по весу. Песчаная фракция может быть складирована в виде гидроотвала, или отфильтрована или

просеяна, и складирована в сухом виде. В некоторых случаях песок можно использовать в качестве компонента стены дамбы TSF, либо же его складировать отдельно. Помимо того, что песчаная фракция характеризуется не только более низким содержанием влаги, больший размер ее частиц делает ее более устойчивой к ожижению в случае землетрясения.

Также существует несколько маленьких технологических операций, на которых фильтруется весь хвост традиционной флотации после них для складирования в сухом виде вследствие специфических ограничивающих условий для хранения хвостов, связанных с их местоположением. Однако эти технологические операции являются редкими вследствие высокой стоимости фильтрации материала, представляющего собой мелкие хвосты.

Флотация

Флотация традиционно используется для отделения ряда ценных минералов, содержащих металлы, такие как медь, золото, никель, металлы платиновой группы, свинец, цинк, фосфаты и железо, от пустопородной фракции руды. Технология флотации создает условия для прикрепления воздушного пузырька к фракции тонкоразмолотого исходного материала с флотацией одной или другой фракции и отделением концентрата с высоким содержанием от относительно пустых хвостов. Например, виды порфировой руды, как правило, размалывают до диаметра около 50—250 микрон, чтобы практически полностью высвободить минеральные частицы сульфида меди, а затем подвергают флотации с извлечением около 90% меди в виде концентрата, содержащего около 25—35% меди.

Переработка (дробление, тонкий размол и флотация) таких видов руды характеризуется как высокими капитальными затратами, так и высоким расходом энергии. Эти высокие затраты (около 40% от общих затрат на добычу и переработку) определяют, отчасти, минимальное содержание в видах руды, при котором добыча является экономически выгодной. По этой причине компании исследуют другие методики физического разделения руды на потоки с высоким содержанием и низким содержанием перед размалыванием для

полного высвобождения ценных минералов. Эти методики физического разделения подпадают под основное название предварительного концентрирования и различным образом включают селективную добычу, разделение по размеру, разделение по плотности или механическую сортировку. В случае успеха эта модернизация обеспечивает либо 5 повышенный общий объем производства за счет полезных свойств переработки, либо снижение затрат переработки на единицу путем снижения количества энергии, необходимой для высвобождения ценного минерала. В тех случаях, когда предварительное концентрирование выполняют в отношении 10 крупнокусковой фракции, эффект заключается в сокращении объема материала, который размалывают до мелкого размера, и, следовательно, также снижении объема, требующего специального хранения в виде хвостов. Однако низкая избирательность таких методик предварительного концентрирования обычно приводит к относительно низкой степени извлечения общих добытых 15 ресурсов.

В то время как флотацию используют в течение многих лет для разделения полностью высвобожденных видов руды, грубую флотацию частично 20 освобожденной руды не считали пригодной технологией до недавнего времени. Это частично обусловлено сложностью флотации крупных частиц, учитывая их свойство отделяться от флотационных пузырьков, в частности, во флотационной камере с интенсивным перемешиванием или при прохождении 25 слоя пены, предназначенного для повышения содержания. Также существует компромисс между извлечением и содержанием, т. е. в тех случаях, когда ценные частицы только частично высвобождены из пустой породы, непосредственно в результате флотации не получают и высокую степень 30 извлечения, и товарное содержание. Повторное размалывание материала является необходимым для получения удовлетворительного содержания концентрата.

В последнее время некоторые сторонники грубой флотации изучили возможности флотации крупноразмерной фракции для ряда минералов (Improving the recovery of low grade coarse composite particles in porphyry copper ores Saeed Farrokhpay, Igor Ametov, Stephen Grano Advanced Powder technology

22 (2011) 464—470; Coarse gold recovery using flotation in a fluidized bed; Julio Jairo Carmona Franco, Maria Fernanda Castillo, Jose Concha, Lance Christodoulou & Eric Wasmund, 47th Annual Canadian Mineral Processors Operators Conference, Ottawa, Ontario, January 20—22, 2015; Jameson, G.J., 2010, “New directions in flotation machine design”, Minerals Engineering, Volume 23, pp 835 841; Flotation technology for coarse and fine particle recovery; Eric Bain Wasmund I Congreso internacional de flotacion de minerals, Lima, Peru, Aug 2014; Flotacion de finos y gruesos aplicada a la recuperacion de minerals de cobre; J. Concha, E. Wasmund).
5
10
15
20
Содержание этих документов включено в данный документ посредством ссылки. Концепция предусматривает получение концентрата с первоначально низким содержанием путем флотации большей части композитных частиц, и затем перемалывание этого концентрата с низким содержанием с обеспечением его повторной флотации с образованием готового товарного концентрата. Преимуществом грубой флотации, заявляемым сторонниками, является снижение общей израсходованной энергии при перемалывании. Остатки, полученные из предлагаемых циклов флотации с получением концентрата как с низким содержанием, так и товарного, направляют в общее хранилище хвостов. Таким образом, расход воды и количество хвостового шлама, подлежащей хранению, после этой грубой флотации остаются такими же, как и для традиционной флотации, несмотря на то, что гранулометрический состав хвостов будет немного крупнее.

Грубая флотация, как правило, нацелена на размалывание частиц до диаметра, превышающего 150 микрон. Целью является сведение к минимуму
25
общих затрат путем снижения количества энергии, потраченной на размалывание и, следовательно, достижение равновесия между предварительным размалыванием с получением высокой степени общего извлечения и ограниченного выхода для обеспечения сниженного расхода энергии при тонком размоле.

30
Специальные флотационные машины были сконструированы для увеличения этой степени извлечения крупных минеральных частиц, в том числе тех частиц, которые не полностью высвобождены из пустой породы. Эти машины для грубой флотации, как правило, функционируют с применением воздушного

барботаж в компоновке с псевдооживленным слоем и характеризуются тонким слоем пены или его отсутствием для сведения к минимуму открепления целевых минеральных частиц при достижении ими слоя с продуктом. Шламы, полученные из такой системы для грубого и последующего тонкого размола, представляют собой смесь пустого материала, полученного в результате грубой флотации, и пустого материала, полученного в результате повторного размалывания и повторной флотации.

Несмотря на то, что для таких специальных флотационных машин доступны промышленные конструкции, промышленное применение ограничено, предположительно, в связи с тем, что выигрыш в энергетической эффективности компенсируется другими факторами, такими как незначительная потеря объема общего извлечения. Важно отметить, что в конфигурациях, предлагаемых в настоящее время, не получено значительного выигрыша в отношении потребностей в расходе воды или хранению хвостов.

Целью настоящего изобретения является обеспечение улучшенного способа извлечения ценных металлов, который приводит к пониженным потребностям в расходе воды и хранении хвостов.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Согласно настоящему изобретению предоставляется способ извлечения ценных металлов (таких как медь, свинец, цинк, серебро, платина, золото или никель) из руды со значительно сниженным расходом воды вследствие дискретной обработки и хранения крупных хвостов, причем способ включает стадии:

размола руды с получением руды в виде крупных частиц с размером частиц, при котором воздействие на ценный минерал способствует флотации большинства ценных минерализованных компонентов. Как правило, значение r_{80} составляет от более 150 мкм до не более 1000 мкм, как правило, 200 мкм, предпочтительно от 250 мкм до не более 800 мкм, наиболее предпочтительно от 300 мкм до не более 600 мкм;

обработки руды в виде крупных частиц на стадии грубой флотации с получением фракции концентрата с низким содержанием и фракции крупных хвостов, где:

5 крупные хвосты обрабатывают отдельно от мелких хвостов, полученных при повторном размалывании концентрата с низким содержанием с получением товарного концентрата; и

при этом воду извлекают из крупных хвостов путем складирования в виде гидроотвала, фильтрации или просеивания; после чего:

10 крупные хвосты складируют в сухом виде без воссоединения с мелкими хвостами (или другими мелкими хвостами, такими как совокупность мелкозернистых отходов, или другими отработанными водами), равно как и не пропускают через концентратор. Под “концентратором” понимают традиционный способ дополнительного размалывания, наряду с оставшейся частью руды, до более мелкого размера с высвобождением

15 минерализованной руды, достаточного для образования концентрата с содержанием, подходящим для продажи или химической переработки.

Мелкие хвосты характеризуются значением размера частиц r_{80} , составляющим менее 150 мкм, как правило, от 10 до 100 мкм.

20 Предпочтительно, воду, извлеченную в результате складирования в виде гидроотвала, фильтрации или просеивания, повторно используют в способе или отводят экологически безопасным способом.

25 Руда может содержать сульфид Cu (меди), или сульфиды Pb (свинца), Zn (цинка) и Ag (серебра), или сульфиды драгоценных металлов, таких как Pt (платина) и Au (золото), или сульфид Ni (никеля).

30 В зависимости как от конкретного типа руды, так и от минералогического состава конкретных видов минералов и пустой породы, содержащихся в ней, оптимальный размер частиц для грубой флотации и последующего складирования в сухом виде, и выход, необходимый для достижения требуемых степеней извлечения, могут варьировать. Однако основные

принципы для настоящего изобретения остаются согласующимися со всеми типами руды.

5 Как правило, стадию грубой флотации осуществляют для достижения степени извлечения, составляющей 70—90%, предпочтительно 80—90%, в выходе, составляющем от 15 до 25%, предпочтительно приблизительно 20% руды, с получением крупных хвостов, составляющих более 70%, предпочтительно 80% по массе руды или больше, и концентрата, составляющего менее 30%, предпочтительно 20% по массе руды или меньше. Фракция мелких хвостов
10 может составлять менее 30%, как правило, менее 20% по массе руды.

Стадия грубой флотации может включать стадию вторичного извлечения, на которой фракцию промежуточных продуктов подвергают флотации с повышением степени общего извлечения ценного минерала, посредством либо
15 выщелачивания перколяцией, либо способа, основанного на применении действия силы тяжести, либо посредством дополнительных перемалывания и флотации традиционным способом.

В этом варианте осуществления настоящего изобретения стадию грубой
20 флотации можно осуществлять с достижением степени извлечения, составляющей 90—95%, в выходе, составляющем 35—45%, предпочтительно приблизительно 40%, руды, с получением крупных хвостов, составляющих по меньшей мере 55%, предпочтительно 60% по массе руды или больше, фракции промежуточных продуктов, составляющей 25%, предпочтительно 30% по массе
25 руды или больше, и концентрата, составляющего 15% или меньше, предпочтительно 10% по массе руды или меньше. Фракция мелких хвостов может составлять менее 15%, как правило, менее 10% по массе руды.

Фракция промежуточных продуктов может быть:

- 30 а) подвержена выщелачиванию перколяцией с извлечением доли содержащихся в ней ценных компонентов;
- б) подвержена способу, основанному на применении действия силы тяжести, с извлечением доли содержащихся в ней ценных компонентов или

с) складирована отдельно для повторной переработки позднее в ходе существования шахты с оптимизацией общей динамики добычи шахты.

5 Воду, извлеченную из сгустителя концентрата, предпочтительно повторно используют в способе.

10 Как правило, мелкие хвосты, полученные в результате стадии вторичной флотации, направляют в концентратор, причем воду, извлеченную из концентратора, повторно используют в способе, при этом хвосты из концентратора хранят в хранилище для хвостов, из которого дополнительную воду можно извлекать и повторно использовать в способе.

15 Общая потеря воды в системе может составлять приблизительно 0,3 т/т переработанной руды или меньше.

ГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

20 **Фиг. 1** представляет собой функциональную схему способа в соответствии с настоящим изобретением для извлечения ценных металлов из руды.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

25 Настоящее изобретение относится к способу извлечения ценных металлов из руды, в частности, к способу уменьшения расхода воды и необходимой площади для хранения хвостов путем применения извлечения из крупных частиц совместно с хранением крупных хвостов в сухом состоянии.

30 В соответствии с настоящим изобретением высвобожденные пустопородные минералы отбрасывают при размере более крупном, чем размер частиц, в данный момент подвергающихся флотации, с поддержанием, в то же время, извлечения ценных минералов в общий концентрат и в способе обработки отдельно крупных хвостов для снижения потребностей в воде, энергии и обработке мокрых мелких хвостов на тонну обработанной руды (т. е. снижения 35 интенсивности потребления воды, энергии и интенсивности образования хвостов). При обычном способе флотации применяют циклы снижения класса

размалывания для высвобождения ценных минералов для эффективной флотации с получением товарного содержания концентрата, тогда как при осуществлении изобретения, направленного на извлечение из крупных частиц, необходимы *частично* доступные виды руды, что значительно повышает значение P80 необходимого размалывания. Это снижает количество энергии, 5 необходимой для высвобождения руды. При извлечении из крупных частиц снижается количество пустопородного материала, подаваемого в традиционный производственный цикл, что высвобождает мощность предприятия и снижает объем воды, требуемый на тонну обработанного 10 материала посредством способа флотации. В случае отдельной обработки, отходы, полученные в результате способа флотации крупных частиц, можно легко складировать в виде гидроотвала или в сухом виде, и 60—90% вовлеченной воды извлекают и возвращают в цикл с отработавшей водой, что весьма снижает расход воды в способе экстракции. Отбрасывание отходного 15 материала с помощью флотации крупных частиц снижает количество отходов, в конечном итоге направляемых в дамбу для хвостов, на тонну полученного товарного концентрата. Способ по настоящему изобретению можно применять для действующих и реконструированных технологических операций, проектов, реализуемых на уже освоенной территории и еще не освоенной территории, в 20 области флотационного концентрирования и предварительного концентрирования руды.

Предметом настоящего изобретения является применение грубой флотации в сочетании с отдельным отвалом песка (складированием в виде гидроотвала 25 или в сухом виде) или хранением фракции пустой породы, полученной в результате грубой флотации, в комплексной системе, выполненной с возможностью в значительной степени увеличивать степени извлечения по сравнению с методикой предварительного концентрирования, оптимизировать объем сооружения для хранения хвостов и снизить количество расходуемой 30 воды на единицу получаемого минерального концентрата. Оно будет нацелено на отбрасывание материала, представляющего собой крупную высвобожденную пустую породу, и быстрое удаление его из процесса перед тем, как на него израсходуют воду, энергию и площадь для хвостов.

Без учета того, что грубая флотация предоставляет возможность хранить материал, представляющий собой пустые хвосты, отдельно, методика грубой флотации может улучшить расход энергии, как заявляют ее сторонники, но будет незначительно влиять на площадь для хранения хвостов и расход воды.

5 Однако, в сочетании с возможностью хранения песка отдельно от видов мелкого шлама, грубая флотация раскрывает потенциал для значительного изменения количества хвостов, требующих хранения в специально построенной дамбе для вмещения шлама, а также обеспечивает иную динамику добычи из
данного рудного скопления в рамках ограничений, связанных с доступной
10 водой.

Оптимальный размер размалывания для частичного высвобождения большей части частиц ценного минерала будет конкретным для каждой руды. Однако, как правило, большинство сульфидных минералов в медной руде по меньшей
15 мере частично будут представлены в размерах размалывания, составляющих от 150 до 1000 микрон, причем их можно успешно подвергать флотации в соответствующей флотационной машине. Что более важно, имеют место значимые 100% материала, представляющего собой пустую породу при этих размерах (более 50% в большинстве случаев), который может быть быстро
удален из процесса. Эти пустые хвосты из этой стадии грубой флотации имеют
20 размер, при котором дегидратации можно легко достигать в отдельном технологическом потоке из очень мелких отходов, полученных при конечном производстве товарного концентрата; и могут быть легко направлены в альтернативное местоположение для отвала и размещены с применением
25 другого способа. Это отведение, например, может осуществляться в виде гидроотвала, или фильтрацией и укладкой в сухом виде, причем ни один из вариантов не требует специального разработанного на высоком техническом уровне сооружения для вмещения хвостов. Эффективное осушение, которого
можно достигать с крупным песком, дает в результате немедленное и
30 существенно повышенное извлечение воды по сравнению с очень сложными способами, связанными со сведением к минимуму потери воды в традиционных хранилищах для хвостов.

В зависимости от минералогического состава исходного материала и выхода, который используют при грубой флотации с достижением приемлемого содержания хвостов, ожидается, что объем материала, направленного в цикл тонкого размола, снижается на приблизительно 50—95%.

5

Фракция хвостов, полученная в результате способа грубой флотации, с размером, составляющим более 150 микрон до не более около 1 мм, идеальна для складирования на открытом пространстве в течение продолжительного времени или для повторного применения в других отраслях промышленности.

10 Песок не переносится ветром легко и не требует какого-либо специального накопителя, за исключением такого, который требуется для сбора стока осадков. Он не будет подвергаться ожигению в случае землетрясения. Он характеризуется минимальным содержанием доступных сульфидных минералов, а значит, не будет обладать сильной склонностью к окислению и
15 образованию кислых шахтных вод. Песок имеет идеальный размер, когда его можно применять разными способами, например, либо хранить отдельно или совместно с породным отвалом, либо хранить для дальнейшего извлечения и повторной обработки, либо использовать для дорог и других гражданских конструкций в руднике, либо продавать в виде песка, подлежащего
20 использованию в качестве заполнителя для ландшафтного дизайна или в качестве вводимого материала для производства цемента.

Таким образом, путем отдельного хранения крупного песка уже на начальной стадии способа флотации, площадь для хвостов, необходимая для
25 манипуляции с мелкой пустой породой, полученной при повторном размалывании/повторной флотации, снижается до 5—50% количества на тонну добытой руды при сравнении с таковым при общепринятой переработке или в рамках способов грубой флотации, предложенных в литературе. Кроме того, путем расположения камер для грубой флотации должным образом, крупный
30 концентрат с наивысшим содержанием можно извлекать в начальных флотационных камерах (камерах основной флотации). На стадии вторичного извлечения (перечистки) фракцию промежуточных продуктов можно подвергать флотации в дополнительных флотационных камерах, расположенных последовательно, для дополнительной переработки хвостов, полученных в

результате начальной флотации, с получением в остатке практически пустого материала для отвала. Материал, представляющий собой промежуточные продукты, из камеры для перечистки будет иметь более низкое содержание, чем из аппарата для основной флотации, но все еще годным для
5 дополнительной обработки для извлечения меди. Такое расположение камер для флотации может обеспечивать материал с очень высоким содержанием для повторного размалывания на начальных стадиях существования шахты, и фракцию промежуточных продуктов, которая может быть с немного более
10 низким содержанием, чем исходная руда, но выше минимального содержания для переработки, при котором извлечение содержащихся минеральных ценных компонентов больше не является экономически выгодным.

Материал, представляющий собой промежуточные продукты, находится в форме, которую можно отдельно складировать для использования и обработки
15 намного позже в ходе существования шахты, несмотря на то, что могут потребоваться манипуляции с ним для снижения уровня кислых шахтных вод. Альтернативно, для меди и золота в качестве примера, материал характеризуется идеальным размером и проницаемостью для выщелачивания перколяцией с окислением и извлечением доступных минералов.

20 Путем использования такой комбинации камер основной флотации и перечистки и попутного хранения промежуточных продуктов, выход, который в конечном итоге направляют на тонкий размол, может быть больше или меньше в целом, чем тот, который предложен сторонниками грубой флотации, которая
25 была концептуально предназначена для оптимизации расхода энергии. Этот многопрофильный подход, основанный на комбинации грубой флотации и складирования крупных хвостов в сухом виде, обеспечивает существенную вариативность конструкции всей системы добычи, переработки и хранения отходов в зависимости от каждого конкретного важнейшего ограничивающего
30 условия добычи.

- Оптимизация расхода воды и площади для хранения мелких хвостов (в частности, на ранних стадиях существования шахты) путем сведения к минимуму выхода аппарата для основной флотации и, в первую очередь,

тонкого размола материала только с очень высоким содержанием; и в то же время, в конечном итоге, поддержание приемлемой общей степени извлечения путем хранения концентрата, содержащего промежуточные продукты.

- 5
 - Оптимизация дегидратации и хранения/продажи песка, или получение крупных хвостов для выщелачивания перколяцией, или обработки способами, основанными на применении действия силы тяжести, путем отбора предпочтительного размера размалывания для дальнейшей переработки с образованием исходного материала для грубой флотации.
- 10
 - Оптимизация общей степени извлечения экономически выгодного минерального сырья путем снижения минимального содержания для добычи руды с увеличением общего количества извлекаемого ресурса, обработки этого большего количества ресурса путем грубой флотации и увеличения выхода в цикле перечистки с получением фракции
- 15
 - промежуточных продуктов, получения улучшенной экономически выгодной степени извлечения минерализованного ресурса в рамках ограничений, связанных со стоимостью воды, хранения хвостов и энергии.
- 20
 - Оптимизация производительности установленных сооружений для переработки минералов, и доступности воды, и сооружений для хранения хвостов путем переработки крупной фракции потока существующей системы перемалывания с отбрасыванием фракции пустого песка, полученного в результате цикла перемалывания.
- 25

Со ссылкой на графические материалы, в варианте осуществления настоящего изобретения руду из шахты 10 дробят на крупные частицы на стадиях 12 и 14. Крупные раздробленные частицы направляют в дробилку и блок 16 отбора по размеру, в котором происходит отбор частиц необходимого размерного диапазона с размером, составляющим 150—650 мкм, и затем в цикл 18
- 30

флотации крупных частиц. Надрешетные частицы 17 из блока 16 отбора по размеру возвращают на стадию 14 дробления. Цикл 18 флотации крупных частиц осуществляют с достижением степени извлечения, составляющей 80—90%, в выходе, составляющем приблизительно 20% руды, с получением фракции 20 крупных хвостов, составляющей 80% по массе руды или больше, и

- концентрата 28, составляющего 20% по массе руды или меньше. Подходящей флотационной камерой является Eriez Hydrofloat™, которая выполнена с возможностью осуществления способа концентрации, основанного на комбинации ожигения и флотации с использованием ожигающей воды, которая была насыщена микропузырьками воздуха. Флотацию выполняют с использованием подходящих концентраций активатора и средства для сбора и продолжительности пребывания для конкретного минерала, подлежащего флотации.
- 5
- 10 Фракцию 20 хвостов, полученную из цикла 18 флотации крупных частиц, направляют на песчаный отвал (складирование в виде гидроотвала или в сухом виде) или в хранилище 22. Воду 24 собирают из песчаного отвала (складирования в виде гидроотвала или в сухом виде) или хранилища 22 и хранят в резервуаре 26.
- 15
- Концентрат 28 из камеры 18 для грубой флотации направляют в дробилку 30, где его подвергают дроблению с высвобождением ценного минерала, с получением товарного содержания концентрата на последующих стадиях 32 вторичной флотации. Концентрат 34, полученный из стадий 32 флотации, направляют в сгуститель 36 концентрата. Сгущенный концентрат 40 из сгустителя 36 концентрата пропускают через фильтр 42 концентрата, с которого продукт 44 в виде концентрата отправляют потребителю. Воду 43 из фильтра 42 концентрата направляют в резервуар 26. Воду 46 из сгустителя 36 концентрата направляют в резервуар 26.
- 20
- 25 Шламы 48, полученные из стадий 32 флотации, направляют в сгуститель 50 хвостов. Воду 52 из сгустителя 50 хвостов направляют в резервуар 26. Шламы 54 из загустителя 50 хвостов направляют в хранилище 56 для хвостов для хранения и воду 58 из этого хранилища направляют в резервуар 26.
- 30
- Отработавшую воду 60 в резервуаре 26, извлеченную из процесса, повторно используют в блоке 16 отбора. Это повторное использование обеспечивает существенное увеличение степени извлечения отработавшей воды и

сниженную потребность пруда для хвоста. Общая потеря воды в системе может составлять приблизительно 0,3 т/т переработанной руды или меньше.

5 В варианте осуществления согласно настоящему изобретению в цикле 18 флотации крупных частиц камеры для грубой флотации расположены таким образом, чтобы наиболее высококачественный крупный концентрат подвергался извлечению в начальных флотационных камерах (камерах основной флотации), и на стадии вторичного извлечения (перечистки) фракцию промежуточных продуктов подвергают флотации в дополнительных флотационных камерах, расположенных последовательно, для дополнительной переработки хвостов 20, полученных в результате начальной флотации, с получением в остатке практически пустого материала для отвала. Материал, представляющий собой промежуточные продукты, из камеры для перечистки может быть:

- 15 d) подвержен выщелачиванию перколяцией с извлечением доли содержащихся в нем ценных компонентов;
- e) подвержена способу, основанному на применении действия силы тяжести, с извлечением доли содержащихся в ней ценных компонентов или
- 20 f) складирован отдельно для повторной переработки позднее со временем в ходе существования шахты с оптимизацией общей динамики добычи.

В этом варианте осуществления настоящего изобретения цикл 18 грубой флотации можно осуществлять с достижением степени извлечения, составляющей 90—95%, в выходе, составляющем приблизительно 40% руды, с 25 получением фракции 20 крупных хвостов, составляющей 60% по массе руды или больше, фракции промежуточных продуктов, составляющей 30% по массе руды или больше, и концентрата 28, составляющего 10% по массе руды или меньше.

30 В дополнительном варианте осуществления настоящего изобретения материал, представляющий собой промежуточные продукты, из камер для перечистки можно направлять в дробилку 32 и подвергать стадиям 36 вторичной флотации.

Пунктирной линией 62 обозначено перемещение хвостов из камеры 18 для грубой флотации с использованием существующей технологии. Шламы 62 поступают в сгуститель 50 хвостов, где они смешиваются с мелко перемолотыми хвостами, и их направляют в хранилище 56 для хвостов.

5

Примеры

Теперь настоящее изобретение будет описано более подробно со ссылкой на приведенные ниже примеры.

10

Пример 1 - Сравнительный

В качестве сравнительного примера, традиционная шахта может характеризоваться исходным содержанием меди, составляющим 0,6%, и каждую тонну руды будут размалывать до значения r_{80} , составляющего 125 мкм. Степень извлечения при флотации будет составлять 80—95% с содержанием меди 25—30%, с получением в остатке 99% руды в виде мелкого остатка, подлежащего отправке в сооружение для хранения хвостов. Объем содержащейся воды в этом будет составлять 0,6 тонны/тонну (т/т) переработанной руды.

20

Пример 2

При применении способа согласно настоящему изобретению, та же руда может быть размолота до значения r_{80} , составляющего 500 мкм. Степень извлечения начального концентрата в результате грубой флотации предположительно будет составлять 80—90% в выходе, составляющем 20% руды. Оставшийся песок (80% массы руды) будут складировать отдельно с потерей воды в этой фракции, составляющей 0,2 т/т остатка. Это оставит 20% массы в виде концентрата с низким содержанием для отправки на тонкий размол. Степень извлечения меди на этой стадии флотации будет составлять 95%, с получением остатка, составляющего 20% исходной руды, подлежащей хранению в сооружении для хранения хвостов с содержанием воды 0,6 т/т остатка. Таким образом, общая потеря воды в системе будет составлять около

30

0,3 т/т переработанной руды. Таким образом, настоящее изобретение в этом виде уменьшает наполовину объем израсходованной воды и снижает количество хвостов на 80%. Снижение степени извлечения меди, составляющее 5—15%, из исходной руды, можно компенсировать путем
5 повышения скорости добычи руды и переработки на дополнительные 10—15%.

Пример 3

10 При применении способа согласно настоящему изобретению, выход при грубой флотации может быть увеличен до 40% путем включения цикла перечистки, но с отдельным хранением промежуточных продуктов. С учетом более высокого выхода, степень извлечения меди из исходной руды повысится до 85—95%. Концентрат с более высоким содержанием может быть получен из аппаратов для основной флотации (например, около 5% Cu) при 10% исходной массы.
15 Этот исходный материал для тонкого размола будет содержать 75% меди в исходной руде, что, таким образом, снижает степень получения начальных хвостов до всего лишь 10% от добытой руды. Расход воды снижается до всего лишь 40% от обычных условий эксплуатации. Фракция промежуточных продуктов, извлеченная из аппаратов для перечистки, будет составлять,
20 например, 30% исходной руды с содержанием меди, составляющим 0,3%. Этот материал, представляющий собой промежуточные продукты, характеризуется содержанием, при котором он может быть либо тонко перемолот при закрытии шахты, либо подвергнут выщелачиванию перколяцией.

25 Вкратце, грубая флотация, используемая в системе совместно с хранением извлеченного пустого песка, может обеспечить улучшенную эффективность использования капиталоемкой площади для хвостов, более низкие общие производственные затраты на тонну продукта путем снижения необходимости в тонком перемалывании, более высокую степень извлечения минерального
30 ресурса путем снижения минимального содержания, при котором добыча оправдана с экономической точки зрения, и более эффективную в отношении воды шахту. Оптимизация комбинированной системы будет свойственной для определенной операции с учетом зависимости от размера и содержания ресурса, местоположения с ассоциированными ограничивающими условиями

воды и хвостов, и деловой стратегии для уравнивания непосредственного дохода от вложенного капитала в противовес долгосрочной действующей конкурентоспособности.

ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения ценных металлов из руды, включающий стадии:

5 размола руды с получением руды в виде крупных частиц со значением r_{80} для размера частиц, составляющим от более 150 мкм до не более 1000 мкм;

10 обработки руды в виде крупных частиц на стадии грубой флотации с получением фракции концентрата и фракции крупных хвостов со значением r_{80} для размера частиц, составляющим от более 150 мкм до не более 1000 мкм; и

15 перемалывания фракции концентрата с получением перемолотого концентрата и обработки перемолотого концентрата на стадии вторичной флотации с получением вторичной фракции концентрата и фракции мелких хвостов, где:

20 крупные хвосты из фракции крупных хвостов обрабатывают и/или хранят отдельно от фракции мелких хвостов или любых других мелких хвостов.

2. Способ по п. 1, где крупные хвосты из фракции крупных хвостов складировуют в сухом виде.

- 25 3. Способ по п. 1 или п. 2, где воду извлекают из крупных хвостов из фракции крупных хвостов путем складирования в виде гидроотвала, фильтрации или просеивания.

- 30 4. Способ по любому из предыдущих пунктов, где крупные хвосты из фракции крупных хвостов не объединяют с мелкими хвостами, равно как и не пропускают через концентратор.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, где руду размалывают с получением руды в виде крупных частиц со значением r_{80} для размера частиц, составляющим от 200 мкм до не более 800 мкм, причем крупные

хвосты из фракции крупных хвостов характеризуются значением r_{80} для размера частиц, составляющим от 200 мкм до не более 800 мкм.

- 5 6. Способ по п. 5, где руду размалывают с получением руды в виде крупных частиц с размером частиц, составляющим от 300 мкм до не более 600 мкм, причем крупные хвосты из фракции крупных хвостов характеризуются значением r_{80} для размера частиц, составляющим от 300 мкм до не более 600 мкм.
- 10 7. Способ по п. 6, где руду размалывают с получением руды в виде крупных частиц с размером частиц, составляющим от 400 мкм до не более 600 мкм, причем крупные хвосты из фракции крупных хвостов характеризуются значением r_{80} для размера частиц, составляющим от 400 мкм до не более 600 мкм.
- 15 8. Способ по любому из предыдущих пунктов, где мелкие хвосты характеризуются значением r_{80} для размера частиц, составляющим менее 150 мкм.
- 20 9. Способ по п. 8, где мелкие хвосты характеризуются размером частиц, составляющим от 10 мкм до 100 мкм.
10. Способ по п. 3, где воду, извлеченную в результате складирования в виде гидроотвала, фильтрации или просеивания, повторно используют.
- 25 11. Способ по любому из предыдущих пунктов, где руда содержит:
сульфид Cu (меди); или
сульфиды Pb (свинца), Zn (цинка) и Ag (серебра); или
сульфиды драгоценных металлов, в том числе Pt (платины) и Au
30 (золота); или
сульфид Ni (никеля).

12. Способ по любому из предыдущих пунктов, где фракция крупных хвостов составляет более 70% по массе руды, и концентрат составляет менее 30% по массе руды.
- 5 13. Способ по п. 12, где фракция мелких хвостов составляет менее 30% по массе руды.
- 10 14. Способ по п. 12, где стадию грубой флотации осуществляют с достижением степени извлечения, составляющей 70—90%, в выходе, составляющем менее 25% руды.
- 15 15. Способ по п. 12, где фракция крупных хвостов составляет 80% по массе руды или больше, и концентрат составляет 20% по массе руды или меньше.
16. Способ по п. 15, где фракция мелких хвостов составляет менее 20% по массе руды.
- 20 17. Способ по п. 14, где стадию грубой флотации осуществляют с достижением степени извлечения, составляющей 80—90%, в выходе, составляющем приблизительно 20% руды.
- 25 18. Способ по любому из предыдущих пунктов, где стадия грубой флотации включает стадию вторичного извлечения, на которой фракцию промежуточных продуктов подвергают флотации.
- 30 19. Способ по п. 18, где стадию грубой флотации осуществляют с достижением степени извлечения, составляющей 90—95%, в выходе, составляющем 35—45% руды, с получением крупных хвостов, составляющих по меньшей мере 55% по массе руды, фракции промежуточных продуктов, составляющей 25% по массе руды или больше, и вторичного концентрата, составляющего 15% по массе руды или меньше.

20. Способ по п. 19, где фракция мелких хвостов составляет менее 15% по массе руды.
- 5 21. Способ по п. 18, где стадию грубой флотации осуществляют с достижением степени извлечения, составляющей приблизительно 95%, в выходе, составляющем приблизительно 40% руды, с получением крупных хвостов, составляющих 60% по массе руды или больше, фракции промежуточных продуктов, составляющей 30% по массе руды или больше, и вторичного концентрата, составляющего 10% по массе руды
10 или меньше.
22. Способ по п. 21, где фракция мелких хвостов составляет менее 10% по массе руды.
- 15 23. Способ по любому из пп. 18—22, где фракцию промежуточных продуктов
а) подвергают выщелачиванию перколяцией с извлечением доли содержащихся в ней ценных компонентов;
б) подвергают способу, основанному на применении действия силы тяжести, с извлечением доли содержащихся в ней ценных
20 компонентов или
с) хранят.
24. Способ по любому из предыдущих пунктов, где фракцию вторичного концентрата направляют в сгуститель концентрата.
25
25. Способ по п. 24, где воду, извлеченную из сгустителя концентрата, повторно используют.
- 30 26. Способ по п. 24 или п. 25, где:
мелкие хвосты, полученные в результате стадии вторичной флотации, направляют в концентратор;
воду, извлеченную из концентратора, повторно используют и хвосты из концентратора хранят в хранилище для мелких хвостов, воду из которого повторно используют.

27. Способ по п. 1, где фракцию концентрата, полученную в результате стадии грубой флотации, корректируют с отбрасыванием более 50% по массе пустой породы, причем расход воды и количество хвостов, полученных в результате повторной переработки этого крупного концентрата с получением товарного концентрата, являются низкими.
28. Способ по п. 1, где руду размалывают с получением руды в виде крупных частиц с размером частиц, составляющим от 300 мкм до не более 1000 мкм, причем крупные хвосты из фракции крупных хвостов характеризуются значением r_{80} для размера частиц, составляющим от 300 мкм до не более 1000 мкм, с получением фракции крупных хвостов, которая подходит для выщелачивания перколяцией или применения или продажи в качестве песка.
29. Способ по п. 1, где минимальное содержание при добыче руды снижают для увеличения общего количества ресурса, доступного для переработки.
30. Способ по любому из предыдущих пунктов, где общая потеря воды в способе составляет 0,3 т/т переработанной руды или меньше.

