Область применения изобретения

Настоящее изобретение относится к созданию способа извлечения меди и других металлов из содержащих металл материалов, а более конкретно, к способу извлечения меди и других металлов из содержащих металл материалов с использованием управляемого, сверхмелкого размалывания и среднетемпературного автоклавного выщелачивания.

Предпосылки к созданию изобретения

Плавление представляет собой хорошо известный процесс, который используют для извлечения металла, такого как медь, из содержащего металл сульфидного материала. Однако из-за высокой стоимости плавления, минералы сульфида меди в рудном теле обычно прежде всего подвергают обогащению (концентрации) при помощи технологий флотации, чтобы получить меньший объем для плавления. После этого концентрат отправляют в плавильную печь, в которой производят обработку концентрата пирометаллургически при высокой температуре, для того, чтобы получить неочищенный медный продукт, который затем рафинируют для получения металла высокой чистоты.

Извлечение меди из концентратов сульфида меди с использованием автоклавного выщелачивания показало себя потенциально экономически привлекательной альтернативой плавлению. За счет операций автоклавного выщелачивания, как правило, выпускают меньше загрязняющих веществ в атмосферу, чем за счет операций плавления, в результате чего может быть улучшено состояние окружающей среды. Кроме того, системы для автоклавного выщелачивания с меньшими затратами могут быть построены в непосредственной близости от обогатительной фабрики, что снижает расходы, связанные с транспортировкой концентрата, которые могли бы потребоваться для проведения операций плавления. Более того, любая кислота, полученная в виде побочного продукта в контуре автоклавного выщелачивания, может быть использована в смежных операциях кучного выщелачивания, что позволяет снизить расходы на покупку кислоты.

Механизм, при помощи которого процессы автоклавного выщелачивания позволяют извлекать медь из матриц сульфидного минерала, такого как халькопирит, обычно зависит от температуры, наличия кислорода и химии процесса. Например, при высокотемпературном процессе автоклавного выщелачивания для халькопирита, то есть при процессе автоклавного выщелачивания, протекающем при температуре выше ориентировочно 200°C, сера, как правило, полностью преобразуется в сульфат. Однако, при низкотемпературных процессах автоклавного выщелачивания (то есть при температуре ниже ориентировочно 100°C), выщелачивание халькопирита протекает медленно и не полностью. В последние годы большой объем исследований и разработок был сфокусирован на среднетемпературных процессах автоклавного выщелачивания для халькопирита, то есть на процессах автоклавного выщелачивания, протекающих при температурах ориентировочно от 120 до 190°C, причем такие процессы оказались многообещающими в достижении удовлетворительного компромисса между высоко- и низкотемпературными процессами. Однако, как это обсуждается далее более подробно, даже после всех предпринятых усилий, такие процессы все еще страдают существенными технологическими недостатками.

Низкотемпературные процессы автоклавного выщелачивания исторически не снискали популярности по причине характерно низкой экстракции меди и других металлов, а также длительных времен обработки. Высокотемпературные процессы автоклавного выщелачивания, несмотря на их относительно короткие времена обработки и высокую экстракцию металла, имеют более высокое потребление кислорода, более высокое производство кислоты в виде побочного продукта, а также большее выделение теплоты в резервуаре для автоклавного выщелачивания, что требует повышенного охлаждения. Известные ранее среднетемпературные процессы автоклавного выщелачивания обычно страдают неполной экстракцией меди в результате пассивирования поверхности частиц сульфида меди металл-полиусульфидным слоем, или в результате того, что частично вступившие в реакцию частицы сульфида меди становятся покрытыми жидкой элементарной серой и/или другими продуктами реакции. Более того, в известных ранее среднетемпературных процессах, при определенных условиях, расплавленная элементарная сера обычно агломерирует в резервуаре для автоклавного выщелачивания, с образованием грубых "гранул" или "комков" серы, что тормозит экстракцию меди и других металлов, а также может создавать существенные трудности при обработке и транспортировке материалов.

Уже были предприняты многочисленные попытки решения проблем, связанных со среднетемпературным автоклавным выщелачиванием, чтобы реализовать его потенциальные преимущества. Например, при применении известного процесса автоклавного выщелачивания для обработки цинковых сульфидных материалов, была сделана попытка использования поверхностно-активных веществ, таких как производные лигнина, соединения танина (такие как квебрахо) и ортофенилен диамин (OPD), для диспергирования образовавшейся элементарной серы и для обеспечения экстрагируемости меди в концентратах халькопирита. Однако указанные попытки не были полностью успешными, так как удалось обеспечить только относительно низкую экстракцию меди, даже при существенных продолжительностях обработки.

Среди других попыток можно указать автоклавное окисление в присутствии кислотного раствора галогенида (патент США № 5,874,055), а также использование тонко диспергированного (мелко измельченного) порошкового углеродистого материала для торможения пассивирования не полностью выщелаченных частиц сульфида меди (патент США № 5,730,776). Была также исследована возможность использования расплавленных диспергирующих серу поверхностно-активных веществ для усиления автоклавного выщелачивания халькопирита в диапазоне температур от 125 до 155°C; однако, было обнаружено, что частицы халькопирита (P90, размером 25-38 мкм) выщелачиваются слишком медленно, даже если расплавленная сера не может пассивировать поверхности материала (см. статью "Воздействие диспергирующих серу поверхностно-активных веществ на окислительное автоклавное выщелачивание халькопирита", Hackl et al., "Effect of sulfur-dispersing surfactants on oxidation pressure leaching of chalcopyrite," proceedings of COPPER 95-COBRE 95 International Conference, Volume III, Electrorefining and Hydrometallurgy of Copper, The Metallurgical Society of CIM, Montreal, Canada). Авторы этого исследования четко сообщают, что можно управлять скоростью реакции для халькопирита, по меньшей мере частично, за счет механизма пассивирования, не связанного с образованием серы.

В целом известно, что гидрометаллургические процессы, а в особенности процессы автоклавного выщелачивания, являются чувствительными к размеру частиц. Поэтому обычной практикой в области экстрактивной гидрометаллургии является мелкое измельчение, дробление и/или размалывание минералов для снижения размера частиц ранее проведения обработки при помощи автоклавного выщелачивания. Например, в патенте США № 5,232,491 "Активирование минералов" описан способ активирования минералов для окислительной гидрометаллургии за счет размалывания до P80, около 30 мкм или меньше. Кроме того, в международной публикации WO 01/00890 "Процесс экстракции меди," обсуждается автоклавное выщелачивание частиц сульфида меди (P80, 5-20 мкм) в присутствии поверхностно-активного вещества при температурах от 130 до 160°C. В соответствии с приведенными в этой публикации экспериментальными данными автоклавное выщелачивание халькопирита при указанных условиях позволяет обеспечить благоприятные результаты экстракции меди, в диапазоне ориентировочно от 88,2 до 97,9%.

В целом известно, что снижение размера частиц минералов, таких как, например, сульфид меди, позволяет производить автоклавное выщелачивание при менее тяжелых условиях давления и температуры. Авторы настоящего изобретения обнаружили, однако, что кроме чувствительности к общему распределению частиц по размерам подлежащих обработке минералов, процессы автоклавного выщелачивания, а именно, процессы экстракции меди при помощи среднетемпературного автоклавного выщелачивания, являются чувствительными к наличию крупных частиц в технологическом потоке, имеющих размеры ориентировочно выше 25 мкм. В самом деле, микрофотография автоклавного остатка из крупно размолотого (P80 ориентировочно от 30 до 100 мкм) халькопиритного питающего материала показывает, что непрореагировавшие частицы халькопирита крупнее ориентировочно 20 мкм, были капсулированы в элементарной сере, причем обнаружили, что очень мало частиц халькопирита мельче 10 мкм остается в остатке.

Необходим эффективный и действенный способ извлечения меди из содержащих медь материалов, а в особенности меди из сульфидов меди, таких как халькопирит и халькоцит, который позволяет обеспечить высокие коэффициенты извлечения меди при пониженной стоимости по сравнению с известными технологиями обработки.

Краткое изложение изобретения

В то время как преимущества, которые обеспечивает настоящее изобретение по сравнению с известными ранее техническими решениями, страдающими рядом недостатков, и меры устранения таких недостатков, описаны более подробно ниже, здесь следует упомянуть, что, вообще говоря, в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения, предлагается способ извлечения меди и других металлов из содержащего металл материала, который включает в себя различные процессы физического приведения к требуемым условиям (кондиционирования), химически активные процессы и процессы извлечения, а в частности предусматривает проведение управляемого, сверхмелкого размалывания содержащего металл материала, ранее проведения химически активной обработки, для содействия извлечению меди и/или других желательных металлов. В соответствии с различными вариантами осуществления настоящего изобретения, управляемое, сверхмелкое размалывание содержащего металл материала ранее проведения обработки при помощи среднетемпературного автоклавного выщелачивания, приводит к улучшению извлечения металла, а также создает множество других преимуществ по сравнению с известными ранее процессами извлечения металлов.

В соответствии с примерным вариантом осуществления настоящего изобретения, предлагается способ извлечения меди из содержащего медь материала, который в целом включает в себя следующие операции: (i) использование питающего потока (потока сырья), имеющего содержащий медь материал; (ii) проведение процесса управляемого, сверхмелкого размалы-

вания для содержащего медь питающего потока; (iii) автоклавное выщелачивание содержащего медь питающего потока для получения содержащего медь раствора; и (iv) извлечение катодной меди из содержащего медь раствора.

Использованный здесь термин "автоклавное выщелачивание" относится к процессу извлечения металла, в котором материал вводят в контакт с кислотным раствором и кислородом в условиях повышенных температуры и давления. В соответствии с одним из аспектов предпочтительного варианта настоящего изобретения, может быть обеспечено извлечение меди 98% при сохранении различных других важных экономических преимуществ. В соответствии с другим аспектом предпочтительного варианта настоящего изобретения использование диспергирующего вещества в ходе автоклавного выщелачивания снижает нежелательную агломерацию элементарной серы в резервуаре для автоклавного выщелачивания и пассивирование непрореагировавших частиц несущего медь материала при помощи жидкой элементарной серы. Более того, в соответствии с другим аспектом предпочтительного варианта настоящего изобретения уменьшается потребление кислоты, что снижает требования к добавлению кислоты.

Указанные и другие преимущества процесса в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения будут более ясны специалистам после прочтения и осмысления последующего детального описания, данного в качестве примера, не имеющего ограничительного характера и приведенного со ссылкой на сопроводительные чертежи.

Краткое описание чертежей

Предмет настоящего изобретения четко определен в формуле изобретения. Однако более полное понимание настоящего изобретения может быть получено из совместного анализа его полного описания и формулы изобретения, проводимого со ссылкой на чертежи, на которых аналогичные элементы имеют одинаковые позиционные обозначения.

На фиг. 1 показана блок-схема процесса извлечения меди в соответствии с первым вариантом настоящего изобретения.

На фиг. 2 показана блок-схема процесса извлечения меди в соответствии с другим вариантом настоящего изобретения.

На фиг. 3 показан график экстракции меди в функции температуры и времени, в соответствии с различными вариантами осуществления настоящего изобретения.

Подробное описание примерных вариантов изобретения

Настоящее изобретение является существенным шагом вперед по сравнению с известными ранее процессами, в особенности в том, что касается степени извлечения металла и эффективности обработки. Более того, существующие процессы извлечения меди, в которых используют обычную последовательность технологических операций, а именно атмосферное или автоклавное выщелачивание, экстракцию растворителем и электролиз, во многих случаях могут быть легко модернизированы для использования различных коммерческих выгод, которые позволяет получить настоящее изобретение.

Обратимся теперь к рассмотрению фиг. 1, на которой показано, что, в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения, для обработки используют содержащий металл материал 102. Содержащим металл материалом 102 может быть руда, концентрат или любой другой материал, из которого можно извлечь медь и/или другие металлы. Такие металлы, как, например, медь, золото, серебро, цинк, металлы группы платины, никель, кобальт, молибден, рений, уран, редкоземельные металлы и т.п., могут быть извлечены из содержащих металл материалов в соответствии с различными вариантами настоящего изобретения. Однако различные аспекты и варианты настоящего изобретения оказались особенно предпочтительными в случае извлечения меди из руд сульфида меди, таких как, например, руды и/или концентраты, которые содержат халькопирит ($CuFeS_2$), халькоцит (Cu_2S), борнит (Cu_5FeS_4), ковеллит (CuS), а также их смеси. Таким образом, содержащий металл материал 102 преимущественно представляет собой медную руду или концентрат, а предпочтительно руду или концентрат сульфида меди.

Содержащий металл материал 102 может быть приготовлен для технологии извлечения металла любым подходящим образом, который допускают условия содержащего металл материала 102, такие как, например, состав и концентрация компонентов, которые должны быть подходящими для избранного технологического процесса, так как такие условия могут влиять на полную эффективность и производительность технологических операций. Желательные параметры состава и концентрации компонентов могут быть достигнуты за счет различных химических и/или физических производственных стадий, выбор которых зависит от рабочих параметров выбранной технологической схемы, от стоимости оборудования и характеристик материала. Например, как это описано далее более подробно, содержащий металл материал 102 может претерпевать измельчение, флотацию, перемешивание и/или суспендирование (образование пульпы), а также химическое и/или физическое приведение к требуемым техническим условиям, которое проводят ранее и/или после стадии управляемого, сверхмелкого размалывания.

В соответствии с первым аспектом настоящего изобретения, содержащий металл материал 102 подготавливают для операций извлечения металла при помощи управляемого, сверхмелкого размалывания. Преимущественно

обеспечивают однородное распределение сверхмелких частиц (однородный гранулометрический состав), так как экспериментальные результаты подсказывают, что экстракция меди при помощи среднетемпературного автоклавного выщелачивания является чувствительной к частицам более крупных размеров в технологическом потоке содержащего медь материала. Как уже было упомянуто здесь ранее, микрофотография остатка среднетемпературного автоклавного выщелачивания из крупно размолотого питающего материала, содержащего халькопирит (то есть из питающего материала, который не подвергался управляемому, сверхмелкому размалыванию в соответствии с настоящим изобретением), показывает, что непрореагировавшие частицы халькопирита крупнее ориентировочно 20 мкм были капсулированы в элементарную серу. Однако в остатке наблюдали очень небольшое число частиц халькопирита мельче, чем ориентировочно 10 мкм. Авторы настоящего изобретения добились прогресса в области гидрометаллургии меди за счет того, что они обнаружили, что необходимо не только снижать размер частиц содержащего медь материала в технологическом потоке, но и снижать до минимума весовую пропорцию более крупных частиц. Отметим, что в известных публикациях предлагают производить измельчение, дробление и/или размалывание минералов ранее проведения экстрактивной гидрометаллургической обработки, например, таким образом, чтобы ориентировочно 80% частиц были меньше определенного размера (например, P80, ориентировочно менее 20 мкм, в соответствии с международной публикацией WO 01/0890; или P80, ориентировочно менее 30 мкм, в соответствии с патентом США № 5,232,491), причем в известных публикациях допускается существенная фракция (например, по меньшей мере 20%) частиц в технологическом потоке, которые крупнее ориентировочно 20 мкм. Однако, как уже было упомянуто здесь ранее, частицы крупнее ориентировочно 20 мкм не полностью вступают в реакцию в ходе среднетемпературного выщелачивания и обволакиваются за счет реакции элементарной серой и/или другими побочными продуктами. Отметим, что существенные преимущества в обеспечении эффективной обработки и повышении коэффициентов извлечения меди могут быть достигнуты при полном введении в реакцию главным образом всех частиц. Однако P80 распределения (частиц) и другие аналогичные виды выражения гранулометрического состава обычно не позволяют получить такие результаты.

Используемый здесь термин "управляемое, сверхмелкое размалывание" относится к любому процессу, при помощи которого размер частиц материала снижается так, что главным образом все частицы становятся достаточно малыми для того, чтобы они полностью вступали в реакцию в ходе среднетемпературного автоклавного выщелачивания. Например, в соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения, около 98% частиц проходят через отверстие (сита) размером ориентировочно 25 мкм, преимущественно около 98% имеют размер ориентировочно от 10 до 23 мкм, а еще лучше, ориентировочно от 13 до 15 мкм. Указанные распределения частиц по размерам были получены при помощи оптического анализатора размера частиц типа Malvern, хотя для этого с успехом могут быть использованы и другие способы и устройства.

В соответствии с одним из аспектов примерного варианта настоящего изобретения, удовлетворительное управляемое, сверхмелкое размалывание концентрата халькопирита с получением ориентировочно 98% частиц с проходным размером (частиц, проходящих через сито с размером ячейки) около 172 мкм может быть получено с использованием устройства типа Isamill для сверхмелкого размалывания, которое представляет собой шаровую мельницу с мешалкой и горизонтальным валом, разработанную совместно фирмами Mount Isa Mines (MIM), Австралия, и Netzsch Feinmahltechnik, ФРГ. В случае использования устройства Isamill, в качестве размалывающей среды (размалывающего средства) преимущественно применяют песок 1.2/2.4 мм или 2.4/4.8 мм Colorado sand, который может быть получен на фирме Oglebay Norton Industrial Sands Inc., Colorado Springs, Colorado (США). Этот кварцевый песок имеет такие желательные характеристики, как круглота и сферичность. Однако может быть использована также и любая другая размалывающая среда, которая позволяет получить желательный гранулометрический состав, причем ее тип и размер может зависеть от конкретного вида применения, желательного размера продукта, технических условий производителя устройства и т.п. В качестве примерных размалывающая сред можно привести песок, кремнезем, а также металлические и керамические шарики.

Измельчение в соответствии с настоящим изобретением преимущественно проводят многоэтапно или в замкнутом контуре. Это означает, что самые крупные частицы содержащего металл материала 102 доводят до желательного размера, в то время как частицы, уже имеющие желательный меньший размер, не подвергаются дополнительному измельчению. При этом может быть получена экономия средств на проведение операций измельчения, при одновременном ограничении размера и весовой пропорции крупных частиц.

На фиг. 1 показано, что после того, как содержащий металл материал 102 подготовлен соответствующим образом для последующей обработки при помощи управляемого, сверхмелкого размалывания 104 и, возможно, при помощи других физических и/или химических

процессов приведения к требуемым условиям, он поступает на операцию химически активной обработки 106, например, на операцию экстракции металла. Отметим, что в качестве операции химически активной обработки 106 могут быть использованы любой подходящий процесс или реакция, которые приводят медь в содержащем металл материале 102 в такое состояние, в котором она готова для проведения дальнейшей операции извлечения меди. В соответствии с одним из вариантов настоящего изобретения, операция химически активной обработки 106 предусматривает проведение среднетемпературного автоклавного выщелачивания, причем операция химически активной обработки 106 преимущественно предусматривает проведение процесса среднетемпературного автоклавного выщелачивания, протекающего при температуре в диапазоне ориентировочно от 140 до 180°C, а преимущественно в диапазоне ориентировочно от 150 до 175°C. Авторы настоящего изобретения нашли, что температуры ориентировочно выше 160°C, а преимущественно в диапазоне ориентировочно от 160 или от 165 до 175°C являются предпочтительными в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения.

В соответствии с особенно предпочтительным аспектом настоящего изобретения, выбранный для проведения указанной операции оптимальный диапазон температур позволяет максимально повысить экстракцию меди и других металлов, а также снизить до минимума потребление кислоты и, за счет этого, понизить требования к добавлению кислоты. Отметим, что при более высоких температурах сульфид серы главным образом преобразуется в сульфат в соответствии со следующей реакцией:

$$4CuFeS_2+17O_2+4H_2O\rightarrow 2Fe_2O_3+4Cu^{2+}+8H^{+}+8SO_4^{2-} \quad (1)$$

Однако при высоких уровнях кислоты экстракция меди понижается, вероятно за счет характеристик смачивания элементарной серы. При более низких температурах кислота обычно поглощается и образуется элементарная сера в соответствии со следующей реакцией:

$$4CuFeS_2+8H^{+}+5O_2\rightarrow 2Fe_2O_3+4Cu^{2+}+8S^{\circ}+4H_2O \quad (2)$$

В соответствии с настоящим изобретением температуру преимущественно выбирают таким образом, чтобы обеспечить благоприятный баланс между реакциями (1) и (2), но при этом стремятся снизить потребление кислоты и, следовательно, понизить расходы, связанные с добавлением кислоты, однако, без снижения степени экстракции меди.

Операция химически активной обработки 106 может быть проведена в любом резервуаре для автоклавного выщелачивания, который позволяет создавать смесь для автоклавного выщелачивания при условиях желательных температуры и давления, для требуемой продолжительности обработки при помощи автоклавного выщелачивания. В соответствии с одним из аспектов предпочтительного варианта настоящего изобретения резервуар для автоклавного выщелачивания, который используют в технологической операции 106, представляет собой имеющий мешалку и множество отделений резервуар для автоклавного выщелачивания. Однако следует иметь в виду, что в соответствии с настоящим изобретением может быть использован любой резервуар для автоклавного выщелачивания, который позволяет подготовить содержащий металл материал 102 для извлечения меди.

В ходе проведения операции химически активной обработки 106 медь и/или другие металлы могут быть солюбилизированы (растворены) или освобождены иным образом для подготовки к проведению дальнейших процессов извлечения, причем может быть использовано любое вещество, которое помогает солюбилизировать металл и за счет этого освободить металл из содержащего металл материала. Например, в случае извлечения меди, кислота, такая как серная кислота, может быть введена в контакт с содержащим медь материалом, для того, чтобы солюбилизировать медь для подготовки к проведению дальнейших операций извлечения. Однако следует иметь в виду, что в соответствии с настоящим изобретением может быть использован любой подходящий способ солюбилизации металлов для подготовки к проведению дальнейших операций извлечения металлов.

После проведения операции химически активной обработки 106 содержащего металл материала 102 медь и/или другие металлы, которые были выявлены за счет химически активного процесса, претерпевают один или несколько различных процессов извлечения металлов. На фиг. 1 показано, что в качестве процесса извлечения металла 110 может быть использован любой способ извлечения меди и/или других металлов, причем может быть использовано любое число подготовительных операций или операций приведения к требуемым условиям (факультативная операция 108). Например, содержащий медь раствор может быть подготовлен и приведен к требуемым условиям (кондиционирован) для извлечения металла, за счет использования одной или нескольких химических и/или физических технологических операций. Поток продукта после операции химически активной обработки 106 может быть кондиционирован для корректировки состава, концентрации компонентов, содержания твердых веществ, объема, температуры, давления и/или других физических и/или химических параметров, чтобы получить соответствующие желательные величины и в результате образовать подходящий содержащий медь раствор. Как правило, надлежащим образом кондиционированный содержащий медь раствор имеет относительно высокую концентрацию растворимой меди, например, сульфата меди, в растворе кислоты, и преимущественно имеет незначительные при-

меси. Более того, условия содержащего медь раствора преимущественно поддерживают главным образом постоянными, для повышения качества и однородности медного продукта, который получают в конечном счете.

В соответствии с одним из аспектов предпочтительного варианта настоящего изобретения, кондиционирование содержащего медь раствора, предназначенного для извлечения меди в контуре электролиза, начинают путем задания некоторых физических параметров пульпы продукта после операции химически активной обработки. В соответствии с предпочтительным аспектом этого варианта изобретения, в котором операция химически активной обработки представляет собой среднетемпературное автоклавное выщелачивание, желательно понизить температуру и давление пульпы продукта ориентировочно до условий окружающей среды. Предпочтительным способом такой регулировки характеристик температуры и давления содержащей медь пульпы продукта из стадии среднетемпературного автоклавного выщелачивания является атмосферное мгновенное испарение. Более того, может быть проведена соответствующая обработка полученных при этом испаренных газов, твердых веществ, растворов и пара, например, за счет использования скруббера Вентури, в котором может быть отделена вода и предотвращено выделение вредных веществ в атмосферу.

В соответствии с дополнительными аспектами этого предпочтительного варианта, после того, как пульпа продукта прошла атмосферное мгновенное испарение, с использованием, например, резервуара для мгновенного испарения, чтобы получить ориентировочно окружающие условия давления и температуры, пульпа продукта может быть дополнительно кондиционирована для подготовки к проведению дальнейших операций извлечения металла. Например, могут быть использованы одна или несколько стадий разделения жидкой фазы и твердого тела, для разделения солюбилизированного раствора металла от твердых частиц. Это может быть выполнено любым обычным образом, в том числе с использованием систем фильтрации, контуров противоточной декантации (CCD), концентраторов и т.п. Ряд факторов, таких как баланс обрабатываемого материала, природоохранительное законодательство, состав остатка, экономические соображения и т.п., могут влиять на принятие решения относительно того, следует ли использовать контур противоточной декантации (CCD), концентратор, фильтр или любое другое подходящее устройство для разделения жидкости и твердого тела. Однако следует иметь в виду, что за рамки настоящего изобретения не выходит использование любой технологии подготовки (кондиционирования) пульпы продукта для последующего извлечения металла.

Как это обсуждается далее более подробно, отделенные твердые материалы могут быть направлены на дополнительные операции обработки, в том числе на операции извлечения драгоценных или иных металлов, например на извлечение таких металлов, как золото, серебро, металлы группы платины, молибден, цинк, никель, кобальт, уран, рений, редкоземельные металлы и т.п., при помощи цианирования или других технологий. Альтернативно, отделенные твердые материалы могут быть направлены в пруд-отстойник или на свалку.

Жидкость, которую получают из устройства разделения жидкой фазы и твердого тела, также может проходить ряд операций кондиционирования для подготовки растворенной в ней меди для извлечения. Например, отделенная жидкость может проходить стадии введения различных реагентов и/или жидкостной экстракции, для приведения меди в состояние, приемлемое для проведения обычных операций извлечения меди. Более того, могут быть проведены дополнительные операции кондиционирования и/или обработки для повышения скорости извлечения меди.

После проведения любых желательных операций подготовки, поток продукта автоклавного выщелачивания поступает на желательную операцию извлечения меди. Операция извлечения меди может предусматривать использование любого подходящего способа или способов кондиционирования и/или извлечения меди, например, электролиз, осаждение, жидкостную экстракцию (которую иногда именуют экстракцией раствором или ионообменом жидкости), ионообмен, и/или ионную флотацию, в результате чего преимущественно получают относительно чистый медный продукт.

В примерном варианте настоящего изобретения, который показан на фиг. 2, для извлечения металла используют содержащий медь питающий поток 20, который имеет несущий медь материал. Медь в содержащем медь материале может иметь любую форму, которая позволяет извлекать медь, такую как оксид меди или сульфид меди, например халькопирит ($CuFeS_2$), халькоцит (Cu_2S), борнит (Cu_5FeS_4) и ковеллит (CuS). Содержащий медь материал может также иметь любое число других металлов, таких как, например, золото, серебро, металлы группы платины, цинк, никель, кобальт, молибден, рений, редкоземельные металлы, уран, и/или их смеси.

Питающий поток несущего медь материала может быть получен различным образом, так чтобы условия питающего потока были пригодными для проведения среднетемпературного автоклавного выщелачивания в соответствии с настоящим изобретением. Например, такие условия питающего потока, как размер частиц, состав и концентрация компонентов, должны обеспечивать полную производительность и

эффективность среднетемпературного автоклавного выщелачивания.

В соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения, исходный несущий медь питающий материал может быть измельчен для облегчения струйной транспортировки и/или для оптимизации условий на входе операции управляемого, сверхмелкого размалывания. В настоящее время имеется множество приемлемых технологий и устройств для снижения размера частиц содержащего медь материала, в том числе шаровые мельницы, башенные мельницы, дробилки, фрикционные мельницы, мельницы с мешалкой, горизонтальные мельницы и т.п., которые позволяют получить желательный результат снижения размера частиц содержащего медь материала, подлежащего транспортировке; могут быть использованы и подходящие новые разрабатываемые технологии.

На фиг. 2 показан вариант настоящего изобретения, в котором поток несущего медь материала 24 представляет собой концентрат сульфида меди, такой как концентрат халькопирита. В соответствии с одним из аспектов предпочтительного варианта настоящего изобретения, поток несущего медь материала 24 поступает из штабеля или резервуара (не показан) в блок управляемого, сверхмелкого размалывания 206. В поток несущего медь материала 24 преимущественно добавляют технологическую воду 22 для приведения процентного содержания твердых веществ к оптимальной плотности пульпы, заданной для блока управляемого, сверхмелкого размалывания 206. Для подготовки к процессу автоклавного выщелачивания (операция 208), размер частиц потока несущего медь материала 24 уменьшают в блоке сверхмелкого размалывания 206. Блок управляемого, сверхмелкого размалывания 206 может иметь любое устройство размалывания или измельчения, или комбинацию устройств, которые позволяют получить мелкие частицы в потоке содержащего медь материала 26. Для решения этой задачи могут быть использованы имеющиеся шаровые мельницы, башенные мельницы, дробилки, фрикционные мельницы, мельницы с мешалкой, горизонтальные мельницы и т.п., а также подходящие новые разрабатываемые технологии, которые позволяют обеспечить управляемое, сверхмелкое размалывание в соответствии с настоящим изобретением. Как уже было упомянуто здесь ранее, измельчение в соответствии с настоящим изобретением преимущественно проводят многоэтапно или в замкнутом контуре. Это означает, что самые крупные частицы содержащего металл материала 102 доводят до желательного размера, в то время как частицы, уже имеющие желательный меньший размер, не подвергаются дополнительному измельчению.

Управляемое, сверхмелкое размалывание выполняет различные функции, которые являются предпочтительными для гидрометаллургической обработки сульфидов меди, таких как халькопирит. Прежде всего, оно позволяет увеличить площадь поверхности частиц сульфида меди, в результате чего повышается кинетика реакции. Более того, управляемое сверхмелкое размалывание улучшает освобождение частиц минерала сульфида меди из пустой породы и снижает абразивный износ пульпы сульфида меди, так что эта пульпа может быть легче введена в блок автоклавного выщелачивания. В соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения размер частиц потока содержащего медь материала снижают при помощи управляемого, сверхмелкого размалывания до 98% проходного размера (то есть до P98) ориентировочно менее 25 мкм, преимущественно до P98 ориентировочно от 10 до 23 мкм, а еще лучше, ориентировочно от 13 до 15 мкм.

В соответствии с одним из аспектов предпочтительного варианта настоящего изобретения содержащий медь материал после управляемого сверхмелкого размалывания 26 объединяют с жидкостью 28 для образования содержащего медь входного потока 27. Эта жидкость преимущественно представляет собой воду, однако, может быть использована и любая другая подходящая жидкость, такая как, например, повторно используемый рафинат, выщелачивающий раствор или истощенный электролит.

Комбинация жидкости 28 с содержащим медь материалом 26 после управляемого, сверхмелкого размалывания может быть получена с использованием любых одной или нескольких различных технологий и устройств, таких как, например, поточное смешивание или смешивание с использованием смесительного бака или другого подходящего резервуара. В соответствии с предпочтительным аспектом этого варианта настоящего изобретения поток материала имеет концентрацию содержащего медь материала ориентировочно менее 50 вес.% потока, а преимущественно около 40 вес.% потока. Однако могут быть использованы и другие концентрации, которые подходят для транспортировки и последующей обработки.

На фиг. 2 также показано, что входной поток 27 поступает в резервуар для автоклавного выщелачивания, для проведения среднетемпературного автоклавного выщелачивания. Этот резервуар для автоклавного выщелачивания преимущественно представляет собой имеющий мешалку и множество отделений резервуар для автоклавного выщелачивания 208. Как уже подробно обсуждалось здесь ранее, входной поток 27 преимущественно имеет такой размер твердых частиц, что не более ориентировочно 2% частиц содержащего медь материала имеют размер более 23 мкм (то есть P98 ориентировочно менее 23 мкм). В соответствии с предпочтительным аспектом этого варианта входной поток 27 преимущественно имеет такое отношение жидкой фазы и твердого тела, что он со-

держит ориентировочно от 5 до 50 вес.% твердых веществ, а преимущественно ориентировочно от 10 до 35 вес.% твердых веществ.

Любое вещество, которое может способствовать солюбилизации меди, такое как, например, серная кислота, может быть получено в ходе процесса автоклавного выщелачивания различными путями. Например, такая кислота может быть получена в потоке охлаждения, полученном за счет повторного использования раствора рафината 56 из операции жидкостной экстракции 214, и/или за счет производства, в ходе автоклавного выщелачивания, серной кислоты при помощи окисления сульфидных минералов в питающей пульпе. Однако следует иметь в виду, что за рамки настоящего изобретения не выходит любой способ солюбилизации меди. Количество кислоты, добавляемой в ходе автоклавного выщелачивания, выбирают с учетом кислоты, необходимой для оптимизации экстракции меди. При достижении оптимального извлечения меди, элементарная сера, образованная в виде побочного продукта реакции, становится тесно связанной с побочным продуктом гематитом, так как она осаждается и как правило существенно не влияет на реакцию выщелачивания меди. Однако при более высоком содержании кислоты (то есть при более высоком, чем стехиометрическое содержание), количество осажденного гематита в резервуаре для автоклавного выщелачивания главным образом снижается и элементарная сера в виде побочного продукта может капсулировать и/или пассивировать непрореагировавшие частицы халькопирита, причем дополнительно сера может образовывать агломераты. Образование таких агломератов элементарной серы или "гранул" серы, как их иногда называют, обычно приводит к снижению уровня извлечения меди, как уже было описано здесь ранее.

Количество кислоты, вводимой в резервуар для среднетемпературного автоклавного выщелачивания 208, варьируется в зависимости от условий протекания реакции. В некоторых случаях вводят ориентировочно от 300 до 650 кг добавочной кислоты на тонну концентрата, или меньше; однако при снижении количества добавочной кислоты требуется повышать температуру. Например, при 160°C, экстракция меди 98,0% достигается при чистом химическом потреблении кислоты 320 кг/т.

При 170°C экстракция меди 98,0% достигается при чистом химическом потреблении кислоты 250 кг/т. При 180°C экстракция меди 98,1% достигается при чистом химическом потреблении кислоты 225 кг/т (однако в ходе этого теста могут образовываться гранулы серы, в результате чего экстракция меди может изменяться).

Среднетемпературный процесс автоклавного выщелачивания в резервуаре для автоклавного выщелачивания 208 преимущественно протекает таким образом, чтобы содействовать главным образом полной солюбилизации меди. Различные параметры влияют на процесс среднетемпературного автоклавного выщелачивания. Например, в ходе автоклавного выщелачивания может быть желательно вводить соответствующие материалы для содействия процессу автоклавного выщелачивания. В соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения в ходе автоклавного выщелачивания в резервуаре для автоклавного выщелачивания 208, достаточное количество кислорода 31 вводят в резервуар для поддержания парциального давления кислорода на уровне ориентировочно от 50 до 200 psi (фунт на кв. дюйм), преимущественно ориентировочно от 75 до 150 psi, а еще лучше, ориентировочно от 100 до 125 psi. Более того, за счет природы среднетемпературного автоклавного выщелачивания полное рабочее давление в резервуаре для автоклавного выщелачивания 208 обычно является сверхатмосферным и составляет ориентировочно от 100 до 750 psi, преимущественно ориентировочно от 300 до 700 psi, а еще лучше, ориентировочно от 400 до 600 psi.

Продолжительность обработки при помощи процесса среднетемпературного автоклавного выщелачивания может изменяться в зависимости от таких факторов, как, например, характеристики содержащего медь материала и рабочие давление и температура в резервуаре для автоклавного выщелачивания. В соответствии с одним из аспектов предпочтительного варианта настоящего изобретения продолжительность обработки для среднетемпературного автоклавного выщелачивания халькопирита составляет ориентировочно от 30 до 180 мин, преимущественно ориентировочно от 60 до 120 мин, а еще лучше, около 90 мин.

Управление процессом автоклавного выщелачивания, в том числе управление температурой в резервуаре для автоклавного выщелачивания 208, может быть осуществлено при помощи любых подходящих известных или новых способов. Например, для управления температурой, резервуар для автоклавного выщелачивания преимущественно содержит схему управления температурой с обратной связью. Например, в соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения температуру в резервуаре для автоклавного выщелачивания 208 поддерживают в диапазоне ориентировочно от 140 до 180°C, а преимущественно в диапазоне ориентировочно от 150 до 175°C. Авторы настоящего изобретения нашли, что температуры выше ориентировочно 160°C, а преимущественно в диапазоне ориентировочно от 160 или от 165 до 175°C являются предпочтительными в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения. За счет экзотермической природы автоклавного выщелачивания сульфидов металла, теплота, которая выделяется в результате среднетемпе-

ратурного автоклавного выщелачивания, обычно более чем достаточна для нагревания питающей пульпы 27 до желательной рабочей температуры. Следовательно, для поддержания предпочтительной температуры автоклавного выщелачивания, охлаждающая жидкость может быть введена в резервуар для автоклавного выщелачивания в ходе автоклавного выщелачивания. В соответствии с одним из аспектов этого варианта настоящего изобретения, охлаждающую жидкость преимущественно вводят в контакт с питающим потоком в резервуаре для автоклавного выщелачивания 208 в ходе автоклавного выщелачивания. Охлаждающей жидкостью может быть свежая добавочная вода, однако, в принципе это может любая подходящая охлаждающая жидкость из процесса рафинирования или из внешнего источника, такая как повторно используемая жидкая фаза из пульпы продукта или смесь охлаждающих жидкостей. Охлаждающая жидкость может быть введена в резервуар для автоклавного выщелачивания 208 через впуск для питающей пульпы, или, альтернативно, любым другим образом, позволяющим произвести эффективное охлаждение питающей пульпы 27. Количество охлаждающей жидкости, добавляемой в питающую пульпу 27 в ходе автоклавного выщелачивания, может изменяться в зависимости от количества сульфидных минералов и от плотности питающей пульпы 27, а также от других параметров процесса автоклавного выщелачивания. В соответствии с предпочтительным аспектом этого варианта настоящего изобретения, достаточное количество охлаждающей жидкости добавляют в резервуар для автоклавного выщелачивания 208 для того, чтобы получить содержание твердых веществ в пульпе продукта 32 ориентировочно менее 50 вес.%, преимущественно в диапазоне ориентировочно от 3 до 35 вес.%, а еще лучше, ориентировочно от 8 до 20 вес.% твердых веществ.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения, среднетемпературное автоклавное выщелачивание 208 входного потока 27 проводят в присутствии диспергирующего вещества 30. Подходящими диспергирующими веществами в соответствии с этим аспектом настоящего изобретения являются, например, органические соединения, такие как производные лигнина, такие как, например, лигносульфонаты кальция и натрия, соединения танина, такие как, например, квебрахо и ортофенилен диамин (OPD), алкилсульфонаты, такие как, например, натрий алкилбензол сульфонаты, а также комбинации указанных соединений. Диспергирующим веществом 30 может быть любое соединение, которое не испытывает существенной деградации в диапазоне температур среднетемпературного автоклавного выщелачивания (то есть ориентировочно от 140 до 180°C) и которое позволяет добиться желательного результата предотвращения образования агломератов элементарной серы в резервуаре для автоклавного выщелачивания, в ходе среднетемпературного автоклавного выщелачивания, а также предотвращения смачивания поверхности обрабатываемого содержащего медь материала. Диспергирующее вещество 30 может быть введено в резервуар для автоклавного выщелачивания 208 в таком количестве и/или в такой концентрации, которые достаточны для достижения желательного результата. В соответствии с одним из аспектов предпочтительного варианта настоящего изобретения, благоприятные результаты могут быть получены в ходе автоклавного выщелачивания халькопирита с использованием лигносульфоната кальция в количестве ориентировочно от 2 до 20 кг на тонну, а преимущественно в количестве около 10 кг на тонну концентрата халькопирита.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения, который показан на фиг. 2, пульпа продукта 32 из резервуара для автоклавного выщелачивания 208 может быть подвергнута мгновенному испарению в атмосферном баке для мгновенного испарения 210 или в другом подходящем резервуаре для стравливания давления и испарительного охлаждения пульпы продукта 32 за счет выпуска пара и образования испаренной (парообразной) пульпы продукта 34. В зависимости от специфических конфигураций технологического оборудования и от конкретных технических требований, может быть использовано несколько стадий мгновенного испарения (вскипания). Испаренная пульпа продукта 34 преимущественно имеет температуру в диапазоне ориентировочно от 90 до 105°C, концентрацию меди ориентировочно от 35 до 60 г на литр, и концентрацию кислоты ориентировочно от 10 до 60 г на литр.

На фиг. 2 также показано, что испаренная пульпа продукта 34 может быть направлена на устройство для разделения жидкой фазы и твердого тела 212, такое как контур CCD. Альтернативно, устройство для разделения жидкой фазы и твердого тела может представлять собой, например, концентратор или фильтр. В соответствии с одним из аспектов предпочтительного варианта настоящего изобретения, операция разделения жидкой фазы и твердого тела 212 может быть проведена в обычном контуре CCD с использованием обычного промывания в противотоке остатка, для извлечения, после выщелачивания, меди в содержащий медь раствора продукта и снижения до минимума количества растворимой меди, ранее процесса извлечения драгоценных металлов или хранения. Преимущественно используют высокие промывочные коэффициенты для усиления эффективности операции разделения жидкой фазы и твердого тела, а именно, добавляют относительно большие количества промывочной воды в поток остатка в контуре CCD 212. Преимущественно

проводят разбавление испаренной пульпы продукта 34 при помощи промывочной воды в контуре CCD 212, чтобы образовать содержащий медь раствор, который имеет концентрацию меди ориентировочно от 30 до 60 г на литр.

В зависимости от состава потока остатка 58 из устройства разделения жидкой фазы и твердого тела 212, он может быть направлен на свалку или подвергнут дополнительной обработке, такой как, например, извлечение драгоценного металла. Например, поток остатка 58, который содержит экономически существенную фракцию золота, может быть направлен на операцию извлечения золота при помощи процесса цианирования или другого подходящего процесса извлечения. Если производят извлечение золота или других драгоценных металлов из потока остатка 58 при помощи технологий цианирования, то преимущественно снижают до минимума содержание загрязняющих веществ в потоке, таких как элементарная сера, осадок железа и непрореагировавшие минералы меди. Наличие таких загрязняющих веществ обычно приводит к повышению потребления реагентов, в результате чего повышаются затраты на проведение операции извлечения драгоценного металла. Кроме того, как уже было упомянуто здесь ранее, преимущественно следует использовать большое количество промывочной воды или другого разбавителя в ходе процесса разделения жидкой фазы и твердого тела, для того, чтобы поддерживать низкие уровни меди и кислоты в CCD остатке, в попытке оптимизации потока остатка для извлечения драгоценного металла.

На фиг. 2 показано также, что в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения, извлечение меди может быть осуществлено при помощи технологий обычной жидкостной экстракции и электролиза. Например, разбавляющий раствор 38 может быть введен в контакт с жидкостью 36, отделенной в устройстве для разделения жидкой фазы и твердого тела 212, для того, чтобы снизить концентрацию кислоты в отделенной жидкости 36 в достаточной степени для создания желательных условий равновесия для жидкостной экстракции 214. Раствором 38 может быть любая подходящая жидкость, например вода или атмосферный выщелачивающий раствор, которые позволяют в достаточной степени понизить концентрацию меди и кислоты до желательных уровней. В соответствии с предпочтительным аспектом этого варианта настоящего изобретения, достаточное количество раствора 38 вводят в контакт с отделенным потоком жидкости 36, для того, чтобы получить концентрацию кислоты в разбавленном содержащем медь растворе 37 в диапазоне ориентировочно от 2 до 25 г на литр, а преимущественно ориентировочно от 4 до 7 г на литр, и значение pH в диапазоне ориентировочно от 1,5 до 2,5, преимущественно от 1,8 до 2,2, а еще лучше, ориентировочно около 2,0.

Разбавленный содержащий медь раствор 37 может быть подвергнут дополнительной обработке при помощи операции жидкостной экстракции 214. В ходе жидкостной экстракции 214, медь из содержащего медь раствора 29 может быть избирательно введена в органическую хелатную добавку, такую как, например, смесь альдоксима с кетоксимом, в результате чего получают содержащий медь органический поток 40 и раствор рафината 56. Рафинат 56 из операции жидкостной экстракции 214 может быть выгодно использован для различных целей, например весь рафинат 56 (или его часть) может быть повторно введен в резервуар для автоклавного выщелачивания 10 для управления температурой или может быть использован для операций кучного выщелачивания, или для того и другого. Использование рафината 56 для операций кучного выщелачивания является выгодным, так как кислота и трехвалентное железо, которые содержатся в рафинате 56, позволяют оптимизировать потенциал для выщелачивания оксидных и/или сульфидных руд, которые обычно доминируют при операциях кучного выщелачивания, то есть кислота и трехвалентное железо рафината 56 могут быть использованы для оптимизации Eh и pH операций кучного выщелачивания. Следует иметь в виду, что пропорции рафината 56, такие как концентрации компонентов, могут быть заданы в соответствии с желательным видом использования рафината 56.

Содержащий медь органический поток 40 затем поступает на операцию отгонки растворителя 216, в которой используют более кислотные условия для сдвига условий равновесия, чтобы поменять медь в реагенте на кислоту в высоко кислотном отгоночном растворе. Как это показано на фиг. 2, несущий кислоту реагент 42, а преимущественно серная кислота, и, возможно, истощенный электролит 54, входят в контакт с содержащим медь органическим потоком 40 в ходе операции отгонки растворителя 216. Серная кислота является предпочтительным несущим кислоту реагентом, а также желательной матрицей меди для операций электролиза. Несущий кислоту реагент вводят в контакт с содержащим медь органическим потоком для того, чтобы произвести обмен кислоты на медь, чтобы получить медь для электролиза.

На фиг. 2 также показано, что содержащий медь поток раствора 44 из операции отгонки растворителя 216 может быть направлен в бак для рециркуляции электролита 218. Бак для рециркуляции электролита позволяет облегчить процесс управления на стадии электролиза 220, как это обсуждается далее более подробно. Содержащий медь поток раствора 44, который обычно содержит ориентировочно от 35 до 50 г на литр меди и ориентировочно от 145 до 180 г

на литр кислоты, преимущественно перемешивают с истощенным (отработанным) электролитом 54 (то есть с электролитом, который уже был использован в операции извлечения металла и из которого удалена часть растворенной в нем меди), а также перемешивают с добавочной жидкостью 46, такой как, например, вода, причем перемешивание проводят в баке для рециркуляции электролита 218, при отношении, которое позволяет получить поток продукта 48 с такими характеристиками, которые позволяют оптимизировать результирующий продукт операции электролиза 220. Концентрацию меди в потоке продукта 48 преимущественно поддерживают главным образом постоянной, на уровне ориентировочно от 20 до 60 г на литр, а преимущественно ориентировочно от 30 до 50 г на литр. Медь из содержащего медь потока продукта 48 извлекают в ходе операции электролиза 220, что позволяет получить продукт в виде чистой катодной меди. Следует иметь в виду, что в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения, за рамки настоящего изобретения не выходит использование процесса, в котором, при соответствующей подготовке (кондиционировании) содержащего медь раствора, может быть получен имеющий высокое качество, равномерно осажденный продукт в виде чистой катодной меди, без осуществления жидкостной экстракции содержащего медь раствора, проводимой ранее его введения в контур электролиза. Как уже было упомянуто здесь ранее, тщательный контроль характеристик содержащего медь раствора, поступающего в контур электролиза, а в особенности поддержание главным образом постоянной концентрации меди в потоке, позволяет повысить качество получаемой при электролизе меди, за счет, среди прочего, более равномерного осаждения меди на катоде и исключения пористости поверхности катодной меди, что ухудшает качество медного продукта и, следовательно, снижает его стоимость. В соответствии с этим аспектом настоящего изобретения, такой контроль процесса может быть осуществлен с использованием самых различных технологий и конфигураций оборудования, при условии, что выбранная система и/или способ управления позволяют поддерживать достаточно постоянный питающий поток для контура электролиза. Специалисты легко поймут, что любые различные способы и устройства, которые пригодны для электролиза меди и других металлов, с успехом могут быть использованы в соответствии с настоящим изобретением, при условии, что они обеспечивают требуемые параметры процесса для выбранного способа или устройства.

Приведенные далее примеры служат для пояснения различных аспектов некоторых предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения. Приведенные условия протекания процесса и параметры являются ориентировочными и предназначены для иллюстрации изобретения, причем они не носят ограничительного характера.

Пример 1.

Как уже подробно обсуждалось здесь ранее, управляемое, сверхмелкое размалывание концентратов халькопирита преимущественно проводят ранее среднетемпературного автоклавного выщелачивания, при температуре ориентировочно от 140 до 180°C, для того чтобы предотвратить капсулирование непрореагировавших минералов меди элементарной серой и/или полисульфидом меди. Были использованы различные указанные ниже системы измельчения для получения входного потока образцов очень мелко размолотого концентрата халькопирита, который содержат около 30.5 процентов меди, для проведения среднетемпературного автоклавного выщелачивания на опытной установке. Проходной размер частиц образцов концентрата халькопирита, которые были использованы при непрерывных тестах на опытной установке, составляет P98 = около 101 мкм. Проходной размер частиц образцов концентрата халькопирита, которые были использованы при тестах с одноразовой нагрузкой, составляет P98 = около 172 мкм.

1) Обычная мельница для доизмельчения с последующим непродолжительным измельчением в игольчатой мельнице с мешалкой фирмы Union Process - материал был доизмельчен в обычной мельнице для доизмельчения в течение 60 мин с последующим измельчением в течение 5 мин в мельнице с мешалкой фирмы Union Process с одноразовой загрузкой.

2) Обычная мельница для доизмельчения с последующим более продолжительным измельчением в игольчатой мельнице с мешалкой фирмы Union Process - материал был доизмельчен в обычной мельнице для доизмельчения в течение 60 мин с последующим измельчением в течение 20 мин в мельнице с мешалкой фирмы Union Process с одноразовой загрузкой.

3) Мельница фирмы Metprotech с разомкнутым контуром - материал был измельчен в течение 30 мин в непрерывной вертикальной игольчатой мельнице с мешалкой фирмы Metprotech. Были использованы стальные элементы (размером около 4 мм).

4) Мельница фирмы Metprotech с замкнутым контуром - материал был измельчен в течение 30 мин в непрерывной мельнице фирмы Metprotech, после чего он был введен в циклонный уловитель 2". Нижний продукт был измельчен в течение 15 мин в непрерывной мельнице фирмы Metprotech и объединен с верхним продуктом циклона для получения готового продукта.

4) Мельница фирмы Netzsch с однократным проходом - материал был измельчен при однократном проходе с использованием непрерывной мельницы фирмы Netzsch 4 емкостью 4

л, при чистой входной энергии 56 киловатт-час на тонну. В качестве средства измельчения использовали песок Colorado sand (1.2/2.4 мм или 2.4/4.8 мм).

6) Мельница фирмы Netzsch с двукратным проходом - материал был измельчен дважды в непрерывной мельнице фирмы Netzsch. Материал после первого прохода был измельчен еще раз при втором проходе с использованием чистой входной энергии 56 киловатт-час на тонну для второго прохода. В качестве средства измельчения был использован песок Colorado sand (1.2/2.4 мм).

Полученные при непрерывной работе установки результаты показывают, что экстракция меди зависит от крупности полученных при измельчении частиц. Например, нашли, что крупность измельчения ориентировочно 98% проходных частиц с размером около 23 мкм требуется для обеспечения ориентировочно 98% экстракции меди при температуре около 160°C и при введении около 500 кг/т серной кислоты в резервуар для автоклавного выщелачивания. Кроме того, нашли, что крупность измельчения ориентировочно 98% проходных частиц с размером около 12 мкм требуется для обеспечения ориентировочно 98% экстракции меди при температуре около 170°C и при введении около 400 кг/т серной кислоты в резервуар для автоклавного выщелачивания.

Таблица 1. Экстракция меди в зависимости от крупности полученных при измельчении частиц, при тестах на непрерывной опытной установке

Система измельчения	Размер, мкм P80	P90	P95	P98	% экстракции Cu	Остаток Вес.% Cu
160 °C, 500 кг/т H_2SO_4						
1	24.6	34.5	43.4	52.2	93.0	2.99
3	6.4	10.8	18.9	31.3	97.0	0.92
4	5.5	8.5	13.7	23.2	98.3	0.72
2	6.7	10.2	17.0	22.3	98.6	0.67
170 °C						
5*	7.7	11.7	16.5	23.9	96.9	1.39
6**	6.2	7.8	9.2	12.1	98.1	0.76

**500 кг/т H_2SO_4

** 400 кг/т H_2SO_4

Пример 2.

Полученные при работе с одноразовой загрузкой установки результаты показывают, что экстракция меди зависит от крупности полученных при измельчении частиц. Тесты с одноразовой загрузкой подтверждают, что продукты после обработки в мельнице Netzsch ведут себя в ходе реакции аналогично продуктам после обработки в мельнице Metprotech. Системы измельчения, приведенные в табл. 2, соответствуют системам измельчения, указанным в примере 1.

Таблица 2. Экстракция меди в зависимости от крупности полученных при измельчении частиц, при тестах на опытной установке с разовой загрузкой

Система измельчения	Размер, мкм P80	P90	P95	P98	% экстракции Cu	Остаток Вес.% Cu
160 °C, 500 кг/т H_2SO_4						
5	9,8	13.8	18.9	27.8	97.7	0.954
5	9.9	13.6	18.6	28.1	98.4	0.664
4	5.7	9.4	13,9	21.3	99.2	0.327
6	6.2	7.8	9.2	12.1	99.2	0.358
170 °C, 500 кг/т H_2SO_4						
5	9.8	13.8	18.9	27.8	95.1	1.930
6	6.2	7.8	9.2	12.1	99.2	0.343

Пример 3.

На фиг. 3 показан графический профиль экспериментальные данных, полученных при непрерывной работе опытной установки, иллюстрирующий экстракцию меди в функции времени, в соответствии с различными вариантами осуществления настоящего изобретения. Для каждой серии испытаний образцы концентрата халькопирита были измельчены до P98 менее ориентировочно 23 мкм. В резервуар для автоклавного выщелачивания был введен лигносульфонат кальция в количестве ориентировочно 10 кг на тонну концентрата.

На кривой 52 показана зависимость экстракции меди от продолжительности обработки для среднетемпературного автоклавного выщелачивания халькопирита при температуре около 160°C с добавкой в резервуар для автоклавного выщелачивания около 580 кг кислоты на тонну материала. По истечении ориентировочно 60 мин получили около 96% экстракции меди, и 98+% экстракции меди было получено при продолжительности обработки около 95 мин.

На кривой 54 показана зависимость экстракции меди от продолжительности обработки для среднетемпературного автоклавного выщелачивания халькопирита при температуре около 170°C с добавкой в резервуар для автоклавного выщелачивания около 507 кг кислоты на тонну материала. По истечении ориентировочно 60 мин получили около 96% экстракции меди, и 98+% экстракции меди было получено при продолжительности обработки около 80 мин.

На кривой 56 показана зависимость экстракции меди от продолжительности обработки, полученная для среднетемпературного автоклавного выщелачивания халькопирита при температуре около 180°C с добавкой в резервуар для автоклавного выщелачивания около 421 кг кислоты на тонну материала. По истечении ориентировочно 52 мин получили около 96% экстракции меди, и 98+% экстракции меди было получено при продолжительности обработки около 90 мин (однако в ходе этого испытания могут образовываться гранулы и поэтому действительная экстракция меди может варьироваться).

В соответствии с настоящим изобретением предложен эффективный и действенный способ извлечения меди из содержащих медь материалов, а в особенности меди из сульфидов меди, таких как халькопирит, причем указанный способ позволяет обеспечить высокие коэффициенты извлечения меди при пониженной стоимости по сравнению с известными технологиями обработки. Показано, что извлечение более 98% меди может быть достигнуто в соответствии с настоящим изобретением одновременно с получением ряда важных экономических преимуществ среднетемпературного автоклавного выщелачивания и решением технологических проблем, исторически связанных с использованием среднетемпературного автоклавного выщелачивания. Использование диспергирующего вещества в ходе автоклавного выщелачивания позволяет снизить нежелательное образование агломератов элементарной серы в резервуаре для автоклавного выщелачивания и пассивирование непрореагировавших частиц содержащего медь материала жидкой (расплавленной) элементарной серой. Более того, авторы настоящего изобретения добились прогресса в области гидрометаллургии меди в результате того, что они обнаружили, что необходимо не только снижать размер частиц содержащего медь материала в технологическом потоке, но и снижать до минимума весовую пропорцию самых крупных частиц.

Настоящее изобретение описано со ссылкой на ряд примерных вариантов его осуществления и ряд примеров. Однако следует иметь в виду, что описанные здесь конкретные варианты предназначены только для пояснения изобретения и ни в коей мере не ограничивают объем патентных притязаний, определенный в формуле изобретения. Специалисты после прочтения описания изобретения легко поймут, что в приведенные примерные варианты могут быть введены различные изменения и модификации, которые не выходят однако за рамки настоящего изобретения. Более того, несмотря на то, что некоторые предпочтительные аспекты настоящего изобретения описаны здесь в виде примерных вариантов, такие аспекты изобретения могут быть осуществлены также и при помощи ряда подходящих известных в настоящее время или вновь разработанных средств, при этом такие и любые другие изменения не выходят за рамки настоящего изобретения, определенные в формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения меди из содержащего медь материала, включающий в себя следующие операции:

использование питающего потока, который имеет содержащий медь материал;

проведение размалывания питающего потока для образования входного потока, причем размалывание предусматривает снижение размера частиц питающего потока до P98 менее 25 мкм;

автоклавное выщелачивание входного потока в резервуаре для автоклавного выщелачивания при температуре от 140 до 180°C, в присутствии поверхностно-активного вещества, с образованием содержащего медь раствора;

извлечение меди из содержащего медь раствора.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют питающий поток, который содержит руду или концентрат сульфида меди.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют питающий поток, который содержит халькопирит.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что операция проведения размалывания питающего потока предусматривает снижение размера частиц питающего потока до P98 от 10 до 23 мкм.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что операция проведения размалывания питающего потока предусматривает снижение размера частиц питающего потока до P98 от 13 до 15 мкм.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что автоклавное выщелачивание входного потока ведут при температуре от 160 до 170°C.

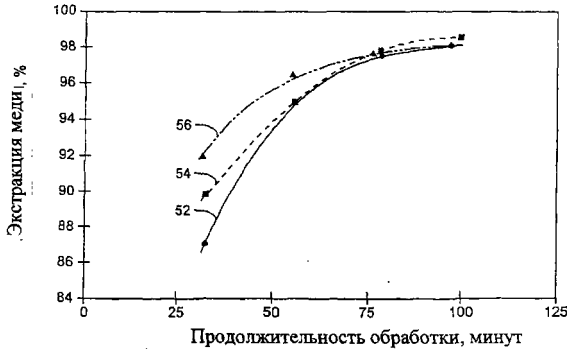
7. Способ по п.1, отличающийся тем, что автоклавное выщелачивание входного потока ведут в присутствии поверхностно-активного вещества, выбранного из группы, в которую входят производные лигнина, ортофенилен диамин, алкилсульфонаты, а также их смеси.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что автоклавное выщелачивание входного потока ведут в присутствии лигносульфоната кальция.

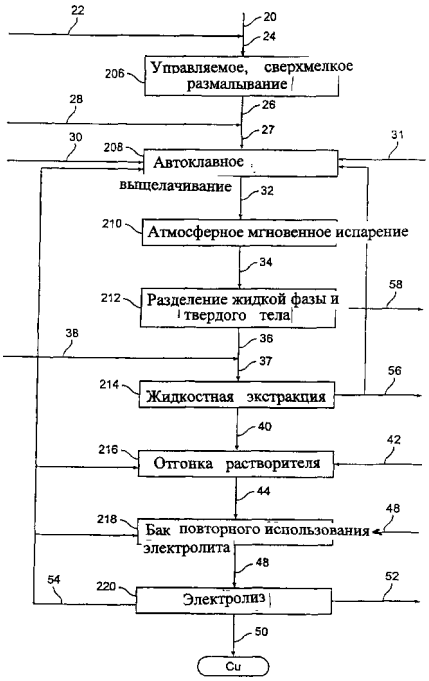
9. Способ по п.1, отличающийся тем, что автоклавное выщелачивание входного потока ведут в присутствии поверхностно-активного вещества в количестве от 2 до 20 кг на тонну концентрата во входном потоке.



Фиг. 1



Фиг. 3



Фиг. 2