

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **019801**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2014.06.30

(51) Int. Cl. **C22B 3/10** (2006.01)
C22B 23/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201270162

(22) Дата подачи заявки
2010.07.14

(54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОКСИДНЫХ РУД

(31) **61/225,664; 12/835,445**

(32) **2009.07.14; 2010.07.13**

(33) **US**

(43) **2012.08.30**

(86) **PCT/BR2010/000227**

(87) **WO 2011/006223 2011.01.20**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ВАЛЕ С.А. (BR)

(72) Изобретатель:
**Кларети Перейра Антониу, Валентин
Берни Тиягу (BR)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) CN-A-101285127
CN-A-101509072
CN-A-101550491
CN-A-101509073
CN-A-01403035
CA-A1-2064543
US-A-3849269

(57) Предложен способ извлечения ценных цветных металлов из оксидной руды, где руда включает металл первой группы, выбранный из никеля, кобальта и меди. Данный способ включает уменьшение размера частиц руды, чтобы соответствовать последующей технологической операции, обеспечение контакта для элементов-металлов, контакт руды с хлоридом железа(III) или хлоридом железа(II), гидратированным или безводным, с образованием смеси руды и хлорида железа(II) или хлорида железа(III), приложение к смеси руды и хлорида железа(III) или хлорида железа(II) достаточной энергии для разложения хлоридов на хлористо-водородную кислоту и оксиды железа из второй группы, образование их соответствующих хлоридов, селективное растворение полученных хлоридов цветных металлов, оставление металлов в виде оксидов и в твердом состоянии и извлечение растворенных ценных цветных металлов из водного раствора.

B1**019801****019801****B1**

Настоящая заявка испрашивает приоритет временной патентной заявки США № 61/225264, озаглавленной "Способ извлечения ценных цветных металлов из оксидов" и поданной 14 июля 2009 г., которая во всей своей полноте включена в настоящий документ посредством ссылки.

Уровень техники, к которой относится изобретение

1. Область техники, к которой относится изобретение.

Настоящее изобретение относится к извлечению ценных цветных металлов, включая никель, кобальт, медь и т.п., из материалов оксидного типа.

2. Описание предшествующего уровня техники.

Существуют несколько способов, доступных для специалиста в данной области техники, для извлечения никеля и других цветных металлов из оксидных руд, в частности из латеритов. Эти традиционные способы обычно имеют несколько недостатков, которые делают производство никеля из латеритов трудной задачей.

Выбор гидрометаллургического пути для никелевых латеритов в значительной степени зависит от характеристик руды, потому что обычно никакой традиционный способ нельзя использовать в полном объеме. Параметры, в том числе гибкость, высокий выход и сбережение энергии, реагентов и воды, являются не только желательными, но и жизненно важными для гидрометаллургического завода. Существуют несколько способов выщелачивания, применимых для никелевых латеритов, в том числе способ Карона (Caron) (обжиг/восстановление/аммиачное выщелачивание) или автоклавное кислотное выщелачивание (PAL) или автоклавное кислотное выщелачивание высокого давления (HPAL), но данные способы выщелачивания обычно связаны со значительными эксплуатационными и капитальными расходами. Разрабатываются и другие способы в попытке сократить данные расходы, в том числе атмосферное кислотное выщелачивание в смесительных резервуарах или кучное выщелачивание (McDonald и Whittington, 2007 г.; Whittington, McDonald, Johnson и Muir, 2002 г.).

Несмотря даже на доступные для приобретения гидрометаллургические способы для никелевых латеритов и многочисленные разработки в данной области на хорошем техническом уровне, эти способы все же остаются дорогостоящими. Высокие капитальные и экономические издержки связаны с числом и сложностью технологических операций, которые в настоящее время требуются для извлечения никеля. Исследователи работают в поисках решений данных проблем, включая, помимо прочих, высокий расход кислоты, отделение примесей, разделение твердых и жидких фаз. В гидрометаллургической очистке никеля часто работают с большими объемами и низкими концентрациями ценных металлов, что, таким образом, существенно увеличивает общие эксплуатационные расходы.

Высокий расход кислоты представляет собой одну из основных составляющих эксплуатационных расходов на выщелачивание латерита. Никель и другие цветные металлы обычно связаны в железосодержащих рудах, включая лимонит (бурый железняк), или в сапролитовых породах, которые богаты магнием. Соответственно, чтобы эффективно выщелачивать данные элементы, требуется выщелачивать железо и магний, причем и железо, и магний присутствуют в больших количествах и, таким образом, увеличивают общий расход кислоты. Это представляет собой основную проблему традиционных способов атмосферного или кучного выщелачивания, как описано в доступной литературе, включая, например, патентные заявки WO 2010000029, WO 2009146518, WO 2009018619, EP 1790739 и многие другие. Требуется избыток кислоты для достижения высокой степени извлечения ценных металлов. Как известно специалистам в данной области техники, автоклавное кислотное выщелачивание высокого давления (PAL или HPAL) можно применять для руд с высоким содержанием железа, так как все железо гидролизует, но магний по-прежнему представляет собой проблему.

В документе WO 2010000029 (BHP Billiton SSM) описан способ извлечения никеля и кобальта из железоникелевой оксидной руды путем кучного выщелачивания и/или атмосферного чанового выщелачивания, причем данный способ обычно включает смешивание серосодержащего восстановителя, выбранного из восстановителей, которые не включают медь, с железоникелевой оксидной рудой, выщелачивание смеси восстановителя и руды кислотным выщелачивателем для получения насыщенного раствора для выщелачивания, содержащего никель, кобальт, железо, преимущественно в степени окисления +2, и другие растворимые в кислоте примеси, и извлечение никеля и кобальта из данного насыщенного раствора для выщелачивания.

В документе WO 2009146518 (VALE S.A.) описан способ извлечения никеля и кобальта и регенерации основных исходных материалов, причем данный способ включает гранулометрическое разделение, выщелачивание, нейтрализацию, образование смешанного гидроксидного осадка (СГО) в единственной стадии и кристаллизацию под давлением сульфата магния. Данный способ открывает путь к извлечению никеля и кобальта из латеритовых руд в процессе атмосферного и кучного выщелачивания с поэтапным введением руды (с сортировкой по размерам) и H_2SO_4 , что позволяет уменьшить потери никеля, упростить схему нейтрализации и производить лучше очищенный СГО. Данный способ используют для извлечения никеля, в том числе из латеритовых руд с высоким содержанием магния.

В документе WO 2009018619 (BHP Billiton SSM) описан способ атмосферного выщелачивания для извлечения никеля и кобальта из латеритовых руд, причем данный способ включает приготовление лимонитовой и сапролитовой фракций латеритовой руды, раздельное суспендирование лимонитовой и са-

пролитовой рудных фракций с получением суспензии лимонитовой руды и суспензии сапролитовой руды, отделение любых минералов лимонитового типа от суспензии сапролитовой руды для получения исходной сапролитовой суспензии, помол или мокрое измельчение исходной сапролитовой суспензии, выщелачивание суспензии лимонитовой руды концентрированной серной кислотой на стадии первичного выщелачивания, введение исходной сапролитовой суспензии в процесс выщелачивания на стадии вторичного выщелачивания соединением исходной сапролитовой суспензии с выщелоченной лимонитовой суспензией после практического завершения стадии первичного выщелачивания и введение серной кислоты, которая способствует выщелачиванию исходной сапролитовой суспензии, где исходная сапролитовая суспензия практически не содержит минералов лимонитового типа перед ее введением в процесс выщелачивания.

В документе EP 1790739 (Companhia Vale do Rio Doce) описан способ извлечения никеля, кобальта и других металлов из латеритовых руд путем кучного выщелачивания, а также полученный продукт, причем данный способ отличается тем, что он включает стадии дробления, агломерации, укладки и кучного выщелачивания, и эта последняя стадия представляет собой систему непрерывного противоточного кучного выщелачивания из одной или нескольких стадий, включающая две фазы, одна из которых состоит из руды или растворенного вещества, и другая состоит из раствора для выщелачивания или растворителя, которые поступают с противоположных сторон ряда стадий и текут в противоположных направлениях. После завершения выщелачивания на последней стадии растворенное вещество удаляют, и новую стадию выводят на исходное положение, используя новую руду, подлежащую выщелачиванию в растворе растворителя, который вводится с последней стадии, просачивается или протекает через все предшествующие стадии до тех пор, пока он не достигает первой стадии, и выделяется, если он содержит целевые металлы.

Другая проблема кислотного выщелачивания цветных металлов из оксидных руд представляет собой нейтрализацию и разделение твердой и жидкой фаз. Требуется нейтрализатор, в том числе, но не ограничиваясь этим, известь, известняк или оксид магния, чтобы повысить значение pH раствора и гидролизовать некоторые примеси, выводя их из раствора. В этой операции образуются гидроксиды, например, гидроксиды железа(III), которые делают разделение твердой и жидкой фаз весьма затруднительным. Кроме того, часто возникает реологическая проблема. Чтобы преодолеть эту проблему, требуется высокая степень разбавления раствора, и необходимо очищать большие объемы обедненного раствора.

Очистка сточных вод также может представлять собой проблему, поскольку содержание в них магния может быть ограничено. Существуют несколько способов извлечения магния из раствора, но все они связаны с высокими расходами. Твердый остаток также не является очень устойчивым и требует больших прудов-хвостохранилищ.

В одной патентной заявке (WO 2009026694 от Berni и др.) сделана попытка решить обсуждаемые выше проблемы путем контакта газообразного HCl и оксидной руды. В данной патентной заявке использован тот факт, что можно отделять железо, алюминий и магний от ценных металлов селективным разложением хлоридов, затем отделять HCl и получать для дальнейшей переработки более чистый раствор, в котором не содержатся железо, магний, марганец или алюминий. Данный способ позволяет также получать устойчивый твердый остаток, причем в небольшом количестве.

Основное препятствие в использовании HCl для извлечения цветных металлов, как правило, представляет собой необходимость применения обладающих высокой коррозионной стойкостью материалов и сокращения выбросов газообразного хлороводорода.

Gybson и Rice (1997 г.) показали преимущества использования хлористо-водородной (соляной) кислоты для извлечения никеля из латерита. Существует значительное количество литературы, посвященной исследованиям применения хлористо-водородной кислоты, и в последние годы предложено несколько новых способов на основе новых успехов химии, только что достигнутых в области высококонцентрированных хлоридных растворов.

Сущность изобретения

Различные аспекты настоящего изобретения предлагают регулируемый способ, который обеспечивает получение HCl на месте применения и решение проблем коррозии, таким образом, уменьшая капитальные расходы. Хлорид железа(III) или хлорида железа(II) агломерируют с рудой и затем направляют на селективный гидролиз хлорида железа. Агломерация и гидролиз зависят от степени окисления железа и образуют на месте применения хлороводород, который реагирует с оксидами цветных металлов, образуя хлориды данных металлов. Эти хлориды затем растворяются в воде, образуя не содержащие железа и алюминия сточные воды после выщелачивания. Данные сточные воды можно затем подвергать любому известному и более упрощенному способу очистки, потому что больше не существует необходимости в стадии отделения железа.

Аспекты настоящего изобретения уменьшают влияние прямого использования HCl для выщелачивания оксидных руд путем непрямого гидрохлорирования с применением хлорида железа(III) или хлорида железа(II). В результате этого использование HCl ограничено меньшим масштабом технологических операций, что уменьшает общие и эксплуатационные расходы.

Способ извлечения ценных цветных металлов из оксидных руд предложен согласно различным ас-

пектам настоящего изобретения. Согласно различным аспектам руда включает первый металл, выбранный из группы, состоящей по меньшей мере из одного элемента, включая железо, магний и алюминий, и второй металл, выбранный из никеля, кобальта и меди. Данный способ может включать стадии уменьшения размера частиц руды, чтобы соответствовать последующим технологическим операциям, обеспечения контакта элементов-металлов, контакта руды по меньшей мере с одним соединением, выбранным из хлорида железа(III) или хлорида железа(II), гидратированным или безводным, с образованием смеси руды и хлорида железа(III) или хлорида железа(II), приложения к смеси руды и хлорида железа(III) или хлорида железа(II) достаточной энергии для разложения хлоридов на хлористо-водородную кислоту и оксид железа, предпочтительно гематит, контакта легко полученной хлористо-водородной кислоты с оксидами цветных металлов из второй группы, описанной выше, образования их соответствующих хлоридов и селективного растворения полученных хлоридов цветных металлов, оставления металлов из первой группы в виде оксидов и в твердом состоянии. Данный способ может также включать способы извлечения растворенного цветного металла из водного раствора.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет иллюстрацию способа выделения цветных металлов из латеритовой руды, согласно различным аспектам настоящего изобретения;

фиг. 2 представляет график, иллюстрирующий зависимость свободной энергии Гиббса (Gibbs) от температуры для косвенного гидрохлорирования с использованием хлорида железа(III), согласно различным аспектам настоящего изобретения; и

фиг. 3 представляет график, иллюстрирующий зависимость свободной энергии Гиббса (Gibbs) от температуры для косвенного гидрохлорирования с использованием хлорида железа(II), согласно различным аспектам настоящего изобретения.

Подробное описание настоящего изобретения

Аспекты настоящего изобретения относятся к способу извлечения ценных цветных металлов из оксидных материалов, в частности металлов, находящихся, например, в латеритовых рудах, включая никель, кобальт и медь.

В соответствии с аспектами настоящего изобретения оксидные материалы, в том числе, например, латеритовые руды, смешивают с хлоридом железа(III) или железа(II), получая не содержащий железа, алюминия и магния раствор, который содержит хлориды цветных металлов, в том числе никеля, кобальта и меди, через не прямое гидрохлорирование, как описано ниже уравнениями (1)-(3).

Фиг. 1 представляет иллюстрацию способа 100 извлечения цветных металлов из латеритовой руды согласно различным аспектам настоящего изобретения. Как описано ниже более подробно в отношении фиг. 1, оксидный материал можно первоначально дробить или гранулировать, освобождая оксиды цветных металлов перед смешиванием с хлоридом железа(III) или железа(II), как показано на стадии S101. Измельченные частицы оксидного материала можно смешивать с хлоридом железа(III) или железа(II) и агломерировать с минеральной кислотой, если это необходимо, как показано на стадии S102. Согласно различным аспектам, смесь измельченной руды и хлорида железа(III) или хлорида железа(II) вступает в контакт с достаточным количеством влажного воздуха при высокой температуре, чтобы перевести цветные металлы в хлориды, а железо, алюминий и магний в их соответствующие оксиды, как показано на стадии S103. Температурная зависимость свободной энергии Гиббса для гидрохлорирования с использованием хлорида железа(III) и хлорида железа(II) проиллюстрирована на фиг. 2 и 3. Чтобы получить не содержащий железа, алюминия и магния раствор, воду можно добавлять к переработанной руде при значении pH, составляющем приблизительно от 8 до 2. Значение pH можно регулировать с помощью минеральной кислоты, в том числе, например, хлористо-водородной кислоты, чтобы предотвратить выщелачивание вновь образованных оксидов.

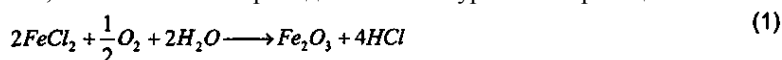
В соответствии с аспектами настоящего изобретения после разделения твердой и жидкой фаз, как проиллюстрировано на стадии S104, раствор становится, таким образом, не содержащим железа, алюминия и магния. Растворенные цветные металлы можно затем очищать и получать товарные продукты различными способами, которые известны специалистам в данной области техники. После разделения твердой и жидкой фаз и соответствующей промывки остаточного раствора твердую фазу можно направлять на разделение в высокоинтенсивном магнитном поле, чтобы отделить гематит от других оксидов. Может необязательно потребоваться нейтрализация. Гематит можно затем вводить в контакт с хлористо-водородной кислотой и получать хлорид железа(III) и воду. Чтобы получить хлорид железа(II), в систему можно добавлять восстановитель, в том числе, но не ограничиваясь этим, железо.

В соответствии с аспектами настоящего изобретения, руду добывают из рудника, обеспечивая рудным материалом обоганительную установку. Рудный материал можно затем готовить к поставке на установку для извлечения металлов. Для этого предпочтительно, чтобы частицы руды имели соответствующий размер и выделяли оксиды цветных металлов для надлежащего непрямого гидрохлорирования и эффективного растворения. В соответствии с аспектами настоящего изобретения, руда может содержать частицы, размер которых составляет от 2 до 0,050 мм и необязательно менее чем 0,5 мм. Такие размеры можно получить, используя различные традиционные технологические операции, которые хорошо известны и описаны в литературе, в том числе, но не ограничиваясь этим, дробление и помол. Руду можно

разделять на две фракции: первую фракцию, обогащенную никелем и содержащую частицы, приближенные размеры которых описаны выше, и другую фракцию, обедненную никелем. Фракцию руды, которая обеднена никелем, можно отбрасывать. Следует отметить, что обсуждаемые выше фракции и размеры являются примерными, и специалисты в данной области техники могут предложить больше или меньше фракций частиц различных размеров.

В соответствии с аспектами настоящего изобретения, после измельчения руду смешивают или агломерируют с достаточным количеством хлорида железа(III) или хлорида железа(II), чтобы полностью гидрохлорировать ценные цветные металлы. Хлорид железа(III) или хлорида железа(II) можно добавлять в количестве, составляющем, например, от 0,05 и 1,5 по отношению к массе руды и необязательно от 0,1 до 0,5 по отношению к массе руды. Воду или минеральную кислоту также можно необязательно добавлять для улучшения агломерации. Если используют хлорид железа(II), к руде можно также добавлять окислитель, в том числе, но не ограничиваясь этим, кислород, перманганат калия, озон или пероксид водорода. Окислитель можно добавлять в массовых соотношениях, интервал которых аналогичен интервалу соотношений хлорида железа(II). Следует отметить, что хлорид железа(III) или хлорида железа(II) можно получать из любого доступного источника.

В соответствии с аспектами настоящего изобретения, окислитель реагирует с хлоридом железа(II), образуя гематит и HCl, как показывает приведенное ниже уравнение реакции.



В соответствии с аспектами настоящего изобретения температурный интервал, который требуется для данной реакции, может составлять от 60 до 600°C, необязательно от приблизительно 100°C до приблизительно 300°C по кинетическим соображениям. Время обработки может составлять от 0,5 до 12 ч, необязательно от 1 до 2 ч.

Когда используют хлорид железа(III), окислитель может не требоваться. Надлежащим образом агломерированную руду направляют на стадию гидролиза, обычно, но не ограничиваясь этим, в обжиговую печь, где на руду воздействуют условия, в которых хлорид железа(III) и/или хлорид железа(II) разлагается, образуя устойчивый гематит или другой гидратированный оксид железа и HCl. Во время данной стадии на агломерированную руду действует повышенная температура, составляющая от 60°C до 600°C, в течение от приблизительно 5 мин (минимум) до приблизительно 24 ч (максимум). Может потребоваться добавление достаточного количества воды, но это достаточное количество воды может уже содержаться во влажной руде.

Реакцию разложения хлорида железа(III) можно описать приведенным ниже уравнением.



Температурный интервал, который требуется для механизма данной второй реакции, может составлять от 60 до 600°C и необязательно приблизительно от 150 до 350°C. Требуемое время обработки может быть таким же, как требуемое время обработки в случае хлорида железа(II).

Соответственно, как очевидно показывают реакции, выраженные уравнениями (1) и (2), в систему должно быть введено достаточное количество воды, чтобы обеспечить надлежащий гидролиз. Таким образом, содержание влаги, не связанной рудой, можно регулировать в интервале от 1 до 20 мас.%, и водяной пар можно также вводить в систему, чтобы обеспечить достаточное количество воды.

Хлороводород, образующийся внутри агломерированной руды, как описано выше уравнениями реакций (1) и (2), используют для образования хлоридов ценных цветных металлов, как показано ниже в общем случае переходного металла M, который образует оксид MO:



Согласно различным аспектам настоящего изобретения вновь образованные хлориды растворимы в воде, но металл M, в том числе железо, алюминий и магний, уже находится в устойчивой форме оксида. Соответственно, в результате реакции, описанной уравнением (3), образуются не содержащие железа, магния и алюминия сточные воды, легко очищаемые различными способами, которые описаны в литературе и известны специалистам в данной области техники.

Согласно различным аспектам настоящего изобретения после прекращения описанного выше гидрохлорирования руду можно укладывать в кучи и выщелачивать подкисленной водой, у которой значение pH составляет по меньшей мере 7. Можно использовать любую минеральную кислоту, в том числе, например, серную кислоту, азотную кислоту или хлористо-водородную кислоту.

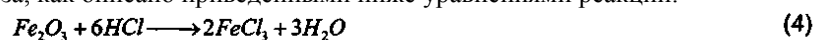
Согласно различным аспектам содержание кислоты можно увеличивать до 100 г/л, но значение pH можно поддерживать от приблизительно 1 до приблизительно 3. Раствор для выщелачивания можно рециркулировать с добавлением кислоты, чтобы увеличить концентрацию ценных металлов. В другом возможном способе растворения ценных металлов используют смесительные резервуары, поддерживая значение pH в таких же интервалах. Время обработки можно определять от приблизительно 5 мин до приблизительно 24 ч и необязательно от 30 до 120 мин. Кроме того, раствор можно нагревать, чтобы увеличить скорость растворения, и процентное содержание твердых веществ можно поддерживать в интервале

от приблизительно 5% до приблизительно 50%, в зависимости от того, насколько концентрированным должен быть раствор. Процентное содержание твердых веществ может необязательно находиться в интервале от 15 до 35%. Следует отметить, что можно также использовать любой другой способ растворения, который известен специалистам в данной области техники.

Согласно различным аспектам настоящего изобретения после соответствующего растворения и разделения твердой и жидкой фаз можно использовать любой способ дальнейшей очистки. Согласно различным аспектам отсутствует необходимость в стадии отделения железа и в стадии отделения алюминия или в очистке сточных вод для отделения магния или марганца, потому что данные элементы уже были стабилизированы в виде оксидов в печи.

Согласно различным аспектам настоящего изобретения хвосты, образующиеся при разделении твердой и жидкой фаз, можно подвергать воздействию высокоинтенсивного магнитного поля после предварительной промывки для удаления остатков раствора цветных металлов. Нейтрализация может также потребоваться, но она может быть и необязательной. Магнитное поле отделяет гематит от других оксидов. Следует отметить, что вместо магнитного сепаратора можно использовать другие способы разделения, которые известны специалистам в данной области техники.

Согласно различным аспектам настоящего изобретения для получения хлорида железа(III) или хлорида железа(II) гематит можно приводить в контакт с хлористо-водородной кислотой, образуя выбранный хлорид железа, как описано приведенными ниже уравнениями реакций:



Следует отметить, что для получения хлорида железа(II) можно использовать любой восстановитель, в том числе, например, металлическое железо (Fe). Хлорид железа(III) можно также получать при контакте металлического железа с хлористо-водородной кислотой в присутствии окислителя.

Хлористо-водородную кислоту можно получить по реакции соли хлористо-водородной кислоты, в том числе хлорида натрия или хлорида калия, с другой кислотой, в том числе серной кислотой. Согласно различным аспектам, хлорид калия можно использовать в качестве исходного хлорида. В реакции хлорида калия с серной кислотой образуется сухой хлорводород (безводная хлористо-водородная кислота) и сульфат калия, представляющий собой полезный побочный продукт.

Согласно различным аспектам настоящего изобретения одно из преимуществ данной технологии заключается в том, что HCl используют в регулируемой форме, сокращая необходимость в дорогостоящем оборудовании. Требуется менее дорогие конструкционные материалы и более простое оборудование. Взаимодействие газа и твердого вещества не представляет собой большой проблемы, потому что HCl образуется в массе агломерированной руды, диффундируя через весь материал. Таким образом, на стадии гидролиза можно использовать простую обжиговую печь, в том числе, но не ограничиваясь этим, барабанную печь, сокращая тем самым капитальные расходы. Упрощается также оборудование для последующей очистки, потому что не образуется раствор с высокой концентрацией хлоридов.

Различные аспекты способа согласно настоящему изобретению предоставляют преимущество в извлечении цветных металлов через хлориды, одновременно сокращая один из недостатков, который заключается в необходимости особого оборудования и конструкционных материалов.

Кроме того, следующие особенности также представляют собой полезную сущность различных аспектов настоящего изобретения: i) повышенное извлечение ценных металлов, в том числе меди, никеля и кобальта; ii) более эффективное использование полезных ископаемых; iii) уменьшение расхода кислоты; iv) повышение эффективности осаждения шлама; v) уменьшение расхода флокулянтов; vi) отсутствие необходимости разделения сапролита и лимонита; vii) регулируемое использование HCl; viii) упрощение оборудования; ix) упрощение технологии; и x) сокращение капитальных расходов. В следующих примерах проиллюстрирован экспериментальный способ согласно различным аспектам настоящего изобретения:

Пример 1. Смешивали 100 г руды типа лимонита с латеритовой рудой, содержащей 1,03% Ni, 35,06% Fe, 12% Si, 4,05% Mg, 1,94% Al, 0,64% Mn и 0,065% Co, и с 10 г гексагидрата хлорида железа(III) и выдерживали в течение 180 мин при 400°C. Результаты извлечения приведены ниже в табл. 1.

Таблица 1. Результаты извлечения в примере 1. Извлечение элементов

Al	Co	Fe	Mg	Mn	Ni
0,10%	98,10%	0,50%	0,30%	0,40%	95%

Пример 2. Латеритовую руду подвергали непрямому гидрохлорированию в течение 90 мин при 300°C с введением влажного воздуха. Образец содержал 2,01% Ni, 0,073% Co, 49,1% Fe, 3,07% Mg и 6% SiO₂. Результаты извлечения приведены ниже в табл. 2.

Таблица 2. Результаты извлечения в примере 2. Извлечение элементов

Al	Co	Fe	Mg	Mn	Ni
0,08%	94,12%	1,50%	0,21%	0,29%	96,70%

Хотя настоящее изобретение было описано в связи с примерными аспектами, определенными выше, разнообразные альтернативы, модификации, вариации, усовершенствования и/или существенные эквиваленты, в том числе те, которые уже известны, или которые фактически или вероятно не могут быть в настоящее время предсказаны, могут стать очевидными тем, кто обладает, по меньшей мере, обычным знанием техники. Соответственно, примерные аспекты настоящего изобретения, которые изложены выше, предназначены в качестве иллюстраций, но не ограничений. Можно осуществлять разнообразные изменения без отклонения от идеи и выхода за пределы объема настоящего изобретения. Таким образом, настоящее изобретение предназначено для объединения всех известных или разрабатываемых в будущем альтернатив, модификаций, вариаций, усовершенствований и/или существенных эквивалентов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения цветных металлов из оксидной руды, включающей первый металл, выбранный из группы, состоящей из железа, магния и алюминия, и второй металл, выбранный из группы, состоящей из никеля, кобальта и меди, причем данный способ включает

приведение в контакт оксидной руды по меньшей мере с одним соединением из хлорида железа(III) или хлорида железа(II) с образованием хлоридов;

нагревание смеси оксидной руды и по меньшей мере одного соединения из хлорида железа(III) и железа(II) для разложения хлоридов на хлористо-водородную кислоту и гематит;

контакт хлористо-водородной кислоты с оксидами вторых цветных металлов с образованием хлоридов вторых металлов и

селективное растворение хлоридов вторых металлов, оставляющее оксиды первых металлов в твердом состоянии.

2. Способ по п.1, в котором перед контактом оксидной руды по меньшей мере с одним соединением из хлорида железа(III) и хлорида железа(II) уменьшают размер частиц руды от приблизительно 2 до приблизительно 0,050 мм или от приблизительно 2 до менее чем 0,5 мм.

3. Способ по п.1, в котором хлорид железа(III) добавляют в количестве, составляющем от 0,05 до 1,5 по отношению к массе оксидной руды или от 0,1 до 0,5 по отношению к массе оксидной руды.

4. Способ по п.1, в котором хлорид железа(II) добавляют в количестве, составляющем от 0,05 до 1,5 по отношению к массе оксидной руды или от 0,1 до 0,5 по отношению к массе оксидной руды.

5. Способ по п.4, в котором к оксидной руде добавляют окислитель в количестве, составляющем от 0,0001 до 10 по отношению к массе руды, для реакции с хлоридом железа(II).

6. Способ по п.5, в котором окислитель выбирают из группы, состоящей из кислорода, перманганата калия, озона и пероксида водорода.

7. Способ по п.1, в котором нагревание осуществляют при температуре, составляющей от приблизительно 60 до приблизительно 600°C или от приблизительно 100 до приблизительно 300°C.

8. Способ по п.1, в котором нагревание осуществляют в течение периода времени, составляющего от приблизительно 0,5 до приблизительно 12 ч.

9. Способ по п.1, дополнительно включающий добавление воды во время нагревания смеси.

10. Способ по п.9, в котором добавление воды дополнительно включает введение влажного воздуха.

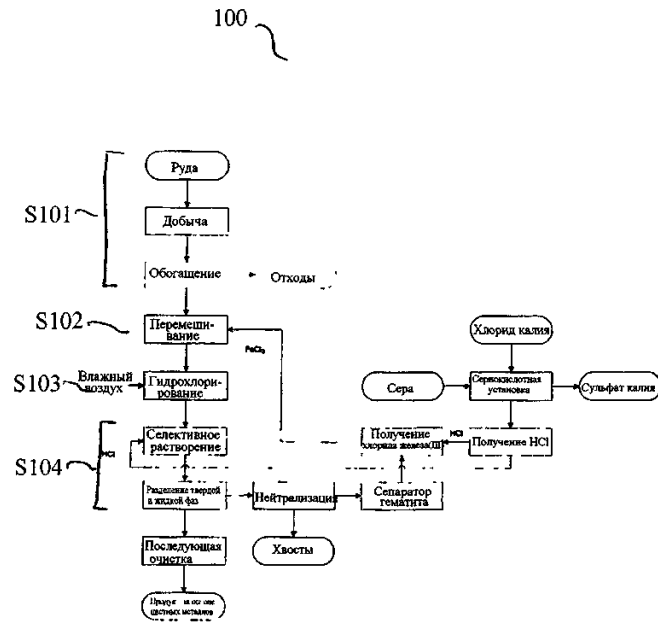
11. Способ по п.1, в котором оксидную руду укладывают в кучу и выщелачивают подкисленной водой, содержащей хлористо-водородную кислоту до приблизительно 100 г/л и при pH от приблизительно 1 до приблизительно 3, по меньшей мере, однократно до или во время селективного растворения хлоридов вторых металлов.

12. Способ по п.1, дополнительно включающий стадию разделения твердой и жидкой фаз после селективного растворения хлоридов вторых металлов.

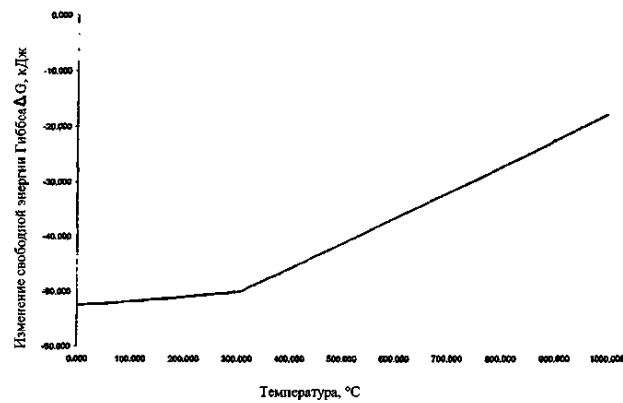
13. Способ по п.12, в котором хвосты после стадии разделения твердой и жидкой фаз подвергают воздействию высокоинтенсивного магнитного поля для отделения гематита.

14. Способ по п.1, дополнительно включающий регенерацию хлорида железа(III) или хлорида железа(II) посредством контакта рециркулируемого гематита с хлористо-водородной кислотой при повторном использовании по меньшей мере одного соединения из хлорида железа(III) или хлорида железа(II), используемого для контакта с оксидной рудой; и добавление восстановителя при регенерации хлорида железа(II).

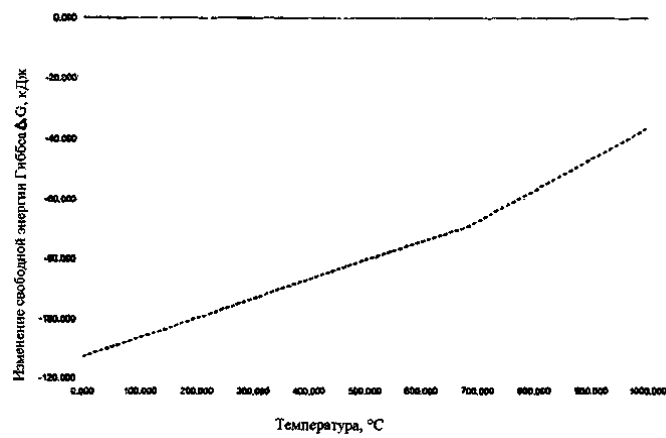
15. Способ по п.14, в котором восстановителем является металлическое железо.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

