

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 035708

(13) B1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.07.29**

(51) Int. Cl. C22B 11/00 (2006.01)  
C22B 3/04 (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201501141**

(22) Дата подачи заявки  
**2014.05.28**

---

### (54) СПОСОБ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ОКСИДНЫХ РУД

---

(31) 61/828,558

(56) WO-0142519

(32) 2013.05.29

Feng D. et al., The role of oxygen in thiosulphate leaching of gold. Hydrometallurgy, Volume 85, Issues 2-4, March 2007, Pages 193-202

(33) US

(43) 2016.06.30

(86) РСТ/IB2014/001378

(87) WO 2014/191832 2014.12.04

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**БАРРИК ГОЛД КОРПОРЕЙШН (СА)**

(72) Изобретатель:

**Чой Йеонук, Гхарелар Ахмад  
Чахреманинежад (СА)**

(74) Представитель:

**Кольцов И.Л. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к предварительной обработке оксидных руд, содержащих драгоценный металл, перед выщелачиванием драгоценного металла тиосульфатом. Способ содержит перемешивание оксидной руды в насыщенной кислородом воде и в присутствии углеродного материала (например, активированного угля или другого вида угля). Углеродный материал может быть отделен от пульпы руды, после чего золото выщелачивают с помощью тиосульфатного выщелачивающего реагента.

B1

035708

035708  
B1

### Перекрестная ссылка на родственную заявку

По настоящей заявке испрашивается приоритет по дате подачи предварительной заявки США № 61/828558, поданной 29 мая 2013 г., под названием "Способ предварительной обработки золотосодержащих оксидных руд", содержание которой полностью включено в настоящую заявку посредством ссылки.

### Область техники

Изобретение, в целом, относится к извлечению драгоценного металла из материалов, содержащих драгоценный металл, и, в частности, к извлечению золота из золотосодержащих материалов.

### Уровень техники

Десятилетиями основным способом извлечения золота был традиционный процесс цианирования/сорбции на уголь. Хотя цианирование эффективно для выщелачивания золота из некоторых карбонатных или комплексных руд, использование цианида в процессе выщелачивания золота связано с серьезными экологическими проблемами. Одним из лучших альтернативных выщелачивающих реагентов для эффективного выщелачивания золота является тиосульфат. Пример процесса тиосульфатного выщелачивания для материалов, содержащих драгоценный металл, представлен в US 7544232.

Некоторые оксидные руды могут быть упорными в силу своей природы. В тиосульфатной системе выщелачивания из них не выщелачивается достаточное количество золота, и они выщелачиваются не так эффективно, как с помощью цианида. Тиосульфатное извлечение золота из некоторых оксидных руд может быть минимальным. Так как оксидные руды не содержат сульфидов (или содержат их в очень малом количестве), их упорность невозможно уменьшить таким же образом, как для сульфидных руд (например, посредством обжига, биологического окисления или окисления под давлением).

Имеется необходимость в способе тиосульфатного выщелачивания, решающем проблему упорности некоторых оксидных руд в тиосульфатной системе выщелачивания.

### Сущность изобретения

Эти и другие потребности рассматриваются в различных аспектах, вариантах и конфигурациях настоящего изобретения. Изобретение в основном относится к предварительной обработке содержащих драгоценный металл материалов перед тиосульфатным выщелачиванием драгоценного металла.

Способ предварительной обработки может включать стадии:

(а) контактирование материала, содержащего драгоценный металл, с углем и окислителем (например, с содержащим молекулярный кислород газом) для получения предварительно обработанной пульпы;

(б) факультативное удаление угля из предварительно обработанной пульпы для получения обедненной углем пульпы (например, содержащей значительно меньше угля, чем предварительно обработанная пульпа); и

(с) контактирование предварительно обработанной пульпы или обедненной углем пульпы с тиосульфатом для выщелачивания драгоценного металла из предварительно обработанного материала, содержащего драгоценный металл.

Драгоценным металлом может быть, например, золото.

Наличие или отсутствие удаления угля зависит от размера частиц применяемого угля. Если используют крупноизмельченный уголь, то его обычно удаляют перед тиосульфатным выщелачиванием. Если используют мелкоизмельченный уголь, то его обычно не удаляют перед тиосульфатным выщелачиванием.

Мелкоизмельченный уголь можно добавлять к материалу, содержащему драгоценный металл, либо отдельно после измельчения материала, либо до и/или во время измельчения. В последнем случае частицы угля могут быть крупными, но их измельчают до получения распределения мелких частиц угля по размерам, сходного с распределением частиц измельченного материала, содержащего драгоценный металл.

Перед выщелачиванием на стадии (с) материал, содержащий драгоценный металл, может, по существу, не контактировать с тиосульфатом. Другими словами, суспендированный материал, содержащий драгоценный металл, перед стадией (а) и во время нее обычно содержит тиосульфат в концентрации менее 0,005M, чаще не более примерно 0,0025M, а чаще всего не более примерно 0,001M. В некоторых вариантах применения тиосульфат или другой выщелачивающий реагент не контактируют с материалом, содержащим драгоценный металл, до или во время предварительной обработки на стадии (а).

Материал, содержащий драгоценный металл, может быть пригодным для цианидного выщелачивания (и, следовательно, не является упорным по отношению к цианиду), но не для тиосульфатного выщелачивания (т.е. материал является упорным по отношению к тиосульфату материалом, содержащим драгоценный металл). Другими словами, выщелачивание драгоценных металлов из материала, содержащего драгоценный металл, цианидом может быть более эффективным, чем выщелачивание драгоценного металла тиосульфатом.

Даже если использование либо цианида, либо тиосульфата в качестве выщелачивающего реагента приводит к одинаковому извлечению драгоценного металла в результате выщелачивания материала, содержащего драгоценный металл, процесс предварительной обработки может дополнительно увеличить

извлечение драгоценного металла тиосульфатом. Материал, содержащий драгоценный металл, может быть обогащенным или необогащенным. Как правило, драгоценный металл находится в матрице, которая в основном состоит из одного или нескольких оксидов. В качестве примера, материал, содержащий драгоценный металл, может содержать больше оксидов, чем сульфидов.

Пульпа перед предварительной обработкой и предварительно обработанная пульпа может иметь pH около 3 или выше (а в некоторых случаях около 7 или выше); окислительно-восстановительный потенциал во время предварительной обработки составляет примерно от 100 до 600 мВ (электрод Ag/AgCl); и/или скорость контакта содержащего молекулярный кислород газа с пульпой во время предварительной обработки составляет около 0,10 л O<sub>2</sub>/л пульпы/мин или выше.

Как правило, весовое отношение материала, содержащего драгоценный металл, к углю составляет примерно от 50:1 до 1:0,01, но количество угля, используемого в каком-либо конкретном случае, может зависеть от размера частиц угля. Весовое отношение материала, содержащего драгоценный металл, к крупному углю обычно составляет примерно от 1:5 до 1:0,01, а чаще примерно от 1:3 до 1:0,5. Весовое отношение материала, содержащего драгоценный металл, к мелкому углю обычно составляет примерно от 1:1 до 50:1, а чаще примерно от 10:1 до 30:1.

Способ предварительной обработки может осуществляться в условиях окружающей среды (комнатной температуры и атмосферного давления) меньше чем за 24 ч. Увеличение температуры процесса может дополнительно улучшить извлечение золота и/или кинетику предварительной обработки.

Уголь обычно удаляют из предварительно обработанной пульпы посредством просеивания, при этом обычно требуется, чтобы около 95% или более, чаще около 98% или более угля оставалось на сите, в то время как около 90% или более, а чаще около 95% или более материала, содержащего драгоценный металл, проходило через сито. Соответствующее средство, среднюю величину, режим и размеры частиц P<sub>80</sub> угля и материала, содержащего драгоценный металл, выбирают такими, чтобы получить, по меньшей мере, указанные уровни разделения.

После отделения угля выходящую из процесса предварительной обработки пульпу можно непосредственно направлять на тиосульфатное выщелачивание. Обедненная углем пульпа может контактировать с тиосульфатом, по существу, при отсутствии регулировки pH и/или регулировки плотности пульпы. Например, pH обедненной углем пульпы обычно регулируют в пределах примерно не более 0,1, а плотность пульпы в пределах примерно не более 5%.

Настоящее изобретение может обеспечить ряд преимуществ в зависимости от конкретной конфигурации. Предварительная обработка оксидных руд в насыщенной кислородом воде и в присутствии активированного угля или других углеродных материалов может значительно улучшить извлечение золота посредством тиосульфатного выщелачивания. Способ может осуществляться с низкими производственными затратами и обеспечивать простой способ предварительной обработки оксидных руд для последующего тиосульфатного выщелачивания золота. Истирание, являющееся результатом перемешивания пульпы, обычно является единственной причиной потери угля и может быть минимизировано путем соответствующей разработки смесителей и реакторов. Углеродсодержащий материал можно регенерировать и использовать повторно, снижая тем самым производственные затраты. Единственными расходуемыми реагентами являются недорогой воздух (или более дорогой газообразный кислород), что делает экономические показатели процесса очень привлекательными.

Эти и другие преимущества станут понятны из описания аспектов, вариантов и конфигураций, изложенных в настоящем описании.

В настоящем описании выражения "по меньшей мере один", "один или несколько" и "и/или" являются неограничивающими выражениями, которые используются как в соединительном, так и разделяльном смысле. Например, каждое из выражений "по меньшей мере один из A, B и C", "по меньшей мере один из A, B или C", "один или несколько из A, B и C", "один или несколько из A, B или C" и "A, B и/или C" означает только A, только B, только C, A и B одновременно, A и C одновременно, B и C одновременно или A, B и C одновременно. Когда каждый из A, B и C в вышеуказанных выражениях относится к элементу, такому как X, Y и Z, или классу элементов, такому как X<sub>1</sub>-X<sub>n</sub>, Y<sub>1</sub>-Y<sub>m</sub> и Z<sub>1</sub>-Z<sub>o</sub>, то выражение относится к одному элементу, выбранному из X, Y и Z, к сочетанию элементов, выбранных из одного и того же класса (например, X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub>), а также к сочетанию элементов, выбранных из двух или более классов (например, Y<sub>1</sub> и Z<sub>o</sub>).

Элемент, указанный в единственном числе, означает один или несколько таких элементов. По существу, форма единственного числа, термины "один или несколько" и "по меньшей мере один" могут использоваться в настоящем описании изобретения взаимозаменяющими. Также следует отметить, что термины "содержащий", "включающий в себя" и "имеющий" могут использоваться взаимозаменяющими.

Термин "активированный уголь" относится к форме угля, в котором в результате обработки имеется большое количество мелких пор небольшого объема, которые увеличивают площадь поверхности, доступной для адсорбции или химических реакций. Активированный уголь может быть гранулированным, экструдированным, в виде шариков, импрегнированным и/или покрытым полимером.

Термин "уголь" включает в себя углеродсодержащий органический материал, например один или несколько материалов из активированного угля (активированного древесного угля или активированного

каменного угля), угля (например, торфа, лигнита, полубитуминозного угля, битуминозного угля, паровичного угля, антрацита и графита), бурого угля, кокса, плотного угля, полученного из скорлупы кокосовых орехов, или элементарного углерода, термообработанной смолы, а также их смесей.

Используемый в настоящем описании термин "средство" должен истолковываться в самом широком смысле согласно параграфу 6 отдела 112 раздела 35 Свода законов США. Соответственно этому пункт формулы изобретения, содержащий термин "средство", должен охватывать все конструкции, материалы или действия, изложенные в настоящем описании, а также все их эквиваленты. Кроме того, конструкции, материалы или действия и их эквиваленты должны включать в себя все те, которые описаны в разделах "Сущность изобретения", "Перечень чертежей", "Подробное описание изобретения", в реферате и в самой формуле изобретения.

Термин "драгоценный металл" относится к золоту и серебру.

"Упорный по отношению к тиосульфату" материал, содержащий драгоценный металл, является материалом, в котором по меньшей мере часть материала, содержащего драгоценный металл, по своей природе является устойчивой к извлечению металла посредством тиосульфатного выщелачивания. Извлечение металла из упорных по отношению к тиосульфату руд можно увеличить путем предварительной обработки перед тиосульфатным выщелачиванием или путем применения цианидного выщелачивания.

Если не указано иное, все количества компонента или состава относятся к активной части этого компонента или состава без учета примесей, таких как остаточные растворители или побочные продукты, которые могут присутствовать в коммерчески доступных источниках таких компонентов или составов.

Если не указано иное, все процентные содержания и соотношения вычисляются по отношению к общей массе состава.

Должно быть понятно, что каждое максимальное количественное ограничение, указанное в настоящем описании, считается включающим в себя все без исключения меньшие количественные ограничения в качестве альтернатив, как если бы такие меньшие количественные ограничения были явно указаны в описании. Каждое минимальное количественное ограничение, указанное в настоящем описании, считается включающим в себя все без исключения большие количественные ограничения в качестве альтернатив, как если бы такие большие количественные ограничения были явно указаны в описании. Каждый числовой диапазон, указанный в настоящем описании, считается включающим в себя все без исключения более узкие числовые диапазоны, которые находятся в пределах такого более широкого числового диапазона, как если бы такие более узкие числовые диапазоны были явно указаны в настоящем описании. В качестве примера выражение "примерно от 2 до 4" включает в себя целое число и/или диапазоны целых чисел примерно от 2 до 3, примерно от 3 до 4, а также каждый возможный диапазон действительных чисел (например, иррациональных и/или рациональных), такой как примерно от 2,1 до 4,9, примерно от 2,1 до 3,4 и т.д.

Вышеизложенное является упрощенным кратким изложением изобретения для обеспечения понимания его некоторых аспектов. Это краткое изложение не является ни всесторонним, ни исчерпывающим обзором изобретения и его различных аспектов, вариантов и конфигураций. Оно предназначено не для определения ключевых или важных элементов изобретения или для установления объема изобретения, а для представления некоторых идей изобретения в упрощенной форме в качестве введения к более подробному описанию, представленному ниже. Как будет понятно, в других аспектах, вариантах и конфигурациях изобретения могут использоваться, самостоятельно или в сочетании, один или несколько признаков, изложенных выше или подробно описанных ниже. Также, хотя изобретение изложено на примере вариантов осуществления, должно быть понятно, что отдельные аспекты изобретения могут быть заявлены отдельно.

Прилагаемый чертеж включен в описание и является его частью с целью иллюстрации некоторых примеров настоящего изобретения. Данный чертеж вместе с описанием поясняет принципы изобретения. Чертеж просто иллюстрирует предпочтительные и альтернативные примеры того, как может осуществляться и использоваться изобретение, и не должен толковаться как ограничивающий изобретение только проиллюстрированными и описанными примерами. Дополнительные признаки и преимущества будут понятны из последующего более подробного описания различных аспектов, вариантов и конфигураций изобретения, проиллюстрированных с помощью чертежа, представленного ниже.

На чертеже представлена схема технологического процесса согласно варианту настоящего изобретения.

### Подробное описание изобретения

#### Обзор.

В настоящем изобретении предложен способ предварительной обработки материалов, содержащих драгоценный металл. Этот способ может осуществляться перед тиосульфатным выщелачиванием и увеличивать общее извлечение драгоценного металла из упорных по отношению к тиосульфату материалов, содержащих драгоценный металл. Предварительную обработку осуществляют посредством перемешивания пульпы, составленной из материала, содержащего драгоценный металл, воды, углеродного материала и растворенного молекулярного кислорода (в качестве окисляющего реагента), в течение заданно-

го времени.

Материалом, содержащим драгоценный металл, может быть оксидная руда, концентрат, хвосты, остаток от выщелачивания, огарок и другие оксидные материалы, содержащие драгоценный металл. Типичные оксидные руды и концентраты, содержащие драгоценный металл, могут содержать силикаты, фосфаты, оксиды железа и гидроксиды, а также относительно небольшие количества остаточных сульфидов.

В способе предварительной обработки материал, содержащий драгоценный металл, смешивают в смесителе баке, чане или другом подходящем реакторе с углеродным материалом, таким как активированный уголь, и водой для получения пульпы. Контактирование с молекулярным кислородом обычно происходит путем барботажа пульпы. Молекулярный кислород может подводиться с помощью подходящего источника, такого как воздух, обогащенный кислородом воздух или промышленно чистый кислород, при этом предпочтительным является атмосферный воздух. Способ можно осуществлять в любом источнике воды - в сырой воде или относительно чистой технологической воде. Другими подходящими реакторами, такими как пульсационные колонны, могут быть любые реакторы, способные надлежащим образом смешивать уголь, суспендированный материал, содержащий драгоценный металл, и газ.

Соответствующие условия реакции могут обеспечить относительно хорошую кинетику. Способ предварительной обработки проводят обычно при атмосферных давлениях и температуре, хотя использование более высокой рабочей температуры (например, обычно около 35°C или выше, а чаще около 50°C или выше) может обеспечить улучшенную кинетику реакции. pH пульпы обычно составляет около 7 или выше, чаще около 8 или выше, а еще чаще около 9 или выше. Окислительно-восстановительный потенциал ("ORP") пульпы обычно более чем примерно 100 мВ, чаще более чем примерно 200 мВ и обычно менее чем примерно 750 мВ, а чаще менее чем примерно 500 мВ (электрод Ag/AgCl). Скорость барботирования молекулярного кислорода через пульпу во время предварительной обработки обычно составляет примерно от 0,05 до 5, а чаще примерно от 0,10 до 2,5 л O<sub>2</sub>/л пульпы/мин. Время пребывания пульпы в смесителе обычно составляет примерно от более чем 1 до 24 ч в зависимости от температуры, концентрации растворенного кислорода в растворе и вида руды. Наконец, условия предварительной обработки, в частности время и температуру процесса предварительной обработки, дозу углеродного материала и скорость добавления кислорода, регулируют для оптимизации извлечения драгоценного металла.

Весовое отношение углеродного материала к материалу, содержащему драгоценный металл, можно изменять в зависимости от характеристик конкретной руды, свойств самого углеродного и требуемого уровня извлечения драгоценного металла. Для крупного угля весовое отношение материала, содержащего драгоценный металл, к углеродному материалу обычно составляет примерно от 1:3 до 1:0,01, а чаще примерно от 1:3 до 1:0,1. Более обычным весовым отношением материала, содержащего драгоценный металл, к углеродному материалу из крупного угля является примерно 1:0,5. Для мелкого угля весовое отношение материала, содержащего драгоценный металл, к углеродному материалу обычно составляет примерно от 1:1 до 50:1, а чаще примерно от 10:1 до 30:1. Более обычным весовым отношением материала, содержащего драгоценный металл, к углеродному материалу из мелкого угля является примерно 20:1. Углеродный материал, как правило, не расходуется в способе предварительной обработки и может быть регенерирован и использован повторно, что компенсирует истирание угля. Газообразный кислород обычно является единственным расходуемым реагентом, однако можно применять и любой другой окислитель, в том числе озон и перекисное соединение, такое как перекись водорода.

Способ можно осуществлять периодически или непрерывно, последний вариант предпочтителен.

После завершения предварительной обработки углеродный материал можно подходящим способом отделить от находящегося в предварительно обработанной пульпе материала, содержащего драгоценный металл. Отделение, как правило, осуществляют в случаях использования крупных, а не мелких частиц угля. Отделение крупных частиц угля может осуществляться на основании различий в размере частиц. Для эффективного отделения обычно требуется значительное различие в размерах частиц между крупными частицами углеродного материала и более мелкими частицами материала, содержащего драгоценный металл. Независимо от применяемого метода разделения углеродный материал из крупного угля можно неоднократно возвращать в процесс предварительной обработки.

В отличие от процессов с использованием крупных частиц угля в процессах с использованием мелких частиц угля эти частицы, как правило, не отделяют от частиц предварительно обработанного материала, содержащего драгоценный металл. После извлечения драгоценного металла мелкие частицы угля направляют в хвосты направляют в хвосты вместе с материалом, не содержащим драгоценный металл.

Предварительно обработанную пульпу можно затем направлять непосредственно в процесс тиосульфатного выщелачивания. Фильтрация пульпы перед тиосульфатным выщелачиванием обычно не требуется. В зависимости от вида руды предварительно обработанная пульпа обычно имеет pH примерно более 3, чаще примерно более 7, а еще чаще примерно более 8. В некоторых случаях перед контактированием предварительно обработанной пульпы с тиосульфатным выщелачивающим реагентом регулировка pH не требуется, чтобы началось выщелачивание. Как будет понятно, тиосульфатное выщелачивание обычно осуществляют при pH примерно 7,5 и 10.

Способ по настоящему изобретению особенно подходит для предварительной обработки золотосо-

держащих оксидных руд и концентратов перед тиосульфатным выщелачиванием для улучшения извлечения золота в процессе тиосульфатного выщелачивания. Непосредственное тиосульфатное выщелачивание некоторых золотосодержащих руд может иметь результатом низкое извлечение золота, а предварительная обработка перед процессом выщелачивания может обеспечить значительное увеличение извлечения золота.

Пример способа предварительной обработки и извлечения драгоценного металла.

На чертеже представлен пример схемы технологического процесса, на которой показаны технологические операции предварительной обработки золотосодержащей оксидной руды перед тиосульфатным выщелачиванием. В данном процессе в целом осуществляют предварительную обработку золотосодержащей руды с использованием углеродного материала (например, активированного угля) в насыщенной кислородом воде, факультативное извлечение углеродного материала после предварительной обработки, а также подачу предварительно обработанной пульпы непосредственно в процесс тиосульфатного выщелачивания. Хотя способ рассматривается в отношении золотосодержащих оксидных руд, он может применяться для любого вида материала, содержащего драгоценный металл.

Как показано на чертеже, материал 100, содержащий драгоценный металл, смешивают на стадии 116 с водой 104 в смесителе (не показан) для получения пульпы, которую подвергают предварительной обработке. Хотя, как правило, регулировка pH не требуется, необходимость регулировки pH зависит от состава материала и соотношения материала, воды и угля в пульпе. pH может увеличиваться во время предварительной обработки. Исходное значение pH может быть кислотным или щелочным в зависимости от применения. Например, исходное значение pH обычно составляет приблизительно от 3 до 9. Обычно наблюдается увеличение pH до конечной величины приблизительно от 7 до 10, чаще от 7 до 9, что позволяет проводить тиосульфатное выщелачивание без (или при отсутствии) регулировки pH перед контактированием тиосульфатного выщелачивающего реагента 132 с предварительно обработанным материалом, содержащим драгоценный металл.

На стадии 116 свежий и/или рециклированный углеродный материал 128 и окислитель 108 (например, молекулярный кислород/воздух или насыщенный кислородом воздух) контактируют с пульпой в смесителе. Различные компоненты пульпы обычно смешиваются в смесителе при температуре окружающей среды и атмосферном давлении в условиях с высоким содержанием кислорода. Окислитель 108 может подводиться с помощью воздуха, насыщенного кислородом воздуха или чистого кислорода, а не прореагировавшая часть газообразного окислителя может выводиться в виде сбросного газа 112. Время пребывания пульпы в смесителе зависит от вида материала и может составлять приблизительно от 1 до 24 ч.

В одной из конфигураций способа углеродный материал перед предварительной обработкой измельчают вместе с материалом, содержащим драгоценный металл. В этом случае гранулометрический состав измельченного материала, содержащего драгоценный металл, может быть, по существу, таким же, как гранулометрический состав измельченного угля.

На факультативной стадии 124 большую часть или весь углеродный материал из крупного угля удаляют (например, отсеивают) из предварительно обработанной пульпы 120 для получения обедненной углеродным материалом пульпы 136. Как указывалось, удаление углеродного материала с крупными частицами угля путем просеивания в ситовом устройстве (не показано) особо эффективно при значительном различии в размерах между крупными частицами углеродного материала и частицами других твердых фаз предварительно обработанной пульпы 120. Как правило, из предварительно обработанной пульпы можно удалять просеиванием 95% или более частиц крупного угля. Отсевший углеродный материал 128 с крупными частицами можно непосредственно возвращать обратно на стадию 116 предварительной обработки и вводить в смеситель обычно без необходимости дополнительной промывки или обработки. При необходимости или желательности можно осуществлять кислотную или щелочную промывку.

Пульпу 136, обедненную углеродным материалом, или предварительно обработанную пульпу 120, в зависимости от конкретного случая, направляют на стадию 140 извлечения драгоценного металла, на которой пульпа 136 или 120 контактирует с тиосульфатным выщелачивающим реагентом для выщелачивания или растворения большей части драгоценного металла из материала, содержащего драгоценный металл. Растворенные драгоценные металлы можно извлекать известными методами, такими как добавление смолы в продукт выщелачивания, цементация, осаждение, электролиз, адсорбция улем и т.п., для получения продукта 144 в виде драгоценного металла.

Содержание твердых частиц в находящейся в смесителе пульпе (включая материал, содержащий драгоценный металл, и углеродный материал) можно рассчитать таким образом, чтобы получить требуемое содержание твердых частиц в пульпе для тиосульфатного выщелачивания при удалении или неудалении углеродного материала 128. Пульпу 136, обедненную углеродным материалом, можно затем подавать непосредственно на тиосульфатное выщелачивание без необходимости в фильтрации или добавлении воды.

Эксперименты.

Нижеприведенные примеры представлены для иллюстрации некоторых аспектов, вариантов и конфигураций изобретения и не должны истолковываться как ограничения изобретения, изложенного в при-

ложенной формуле изобретения. Все доли и процентные содержания являются весовыми, если не указано иное.

Пример 1. Базовое извлечение золота с помощью тиосульфатного и цианидного выщелачивания.

Три различных образца золотосодержащих оксидных руд ( $P_{80}$  составляет 80 мкм) подвергли выщелачиванию с использованием тиосульфата. Выщелачивание осуществляли при pH 8, который регулировался с помощью гидроксида кальция, в течение 24 ч при 50°C с использованием 0,1M раствора тиосульфата кальция, 50 миллионных долей Cu, 0,5-1 л/мин воздуха и 20 мл/л смолы. Предварительная обработка образцов не осуществлялась.

Второй набор образцов подвергли выщелачиванию с использованием процесса цианирования в присутствии угля ("уголь в выщелачивании"). В табл. 2 обобщены данные о составе руд и результатах извлечения золота посредством тиосульфатного выщелачивания для каждого образца. Извлечение золота из образцов А и В очень низкое, а извлечение золота из образца С составляет приблизительно 71%.

Как показано в табл. 1, руды относительно сходны по своим характеристикам и кроме кислорода и кремния содержат другие вещества.

Таблица 1

Элемент	Единицы	Образец А	Образец В	Образец С
Золото	г/т	17.86	4.75	7.45
Кальций	вес.%	0.279	0.922	8.413
Магний	вес.%	0.039	0.043	1.559
Железо	вес.%	1.719	0.842	0.965
Общее количество оксидов	вес.%	>95	>95	>95
Общее количество углерода	вес.%	<2	<2	<2

В табл. 2 показано извлечение золота посредством тиосульфатного выщелачивания и цианирования.

Таблица 2

Способ выщелачивания золота	Образец А % извлечения	Образец В % извлечения	Образец С % извлечения
Тиосульфатное выщелачивание	22.7	26.4	70.7
Цианидное выщелачивание	92.2	73.4	69.3

Как показано выше, извлечение золота посредством тиосульфата в некоторых случаях значительно ниже, чем достигаемое посредством цианирования.

Пример 2. Влияние предварительной обработки углем на извлечение золота посредством тиосульфатного выщелачивания.

Такие же три образца оксидных руд, как и в примере 1, предварительно обработали активированным углем в насыщенной кислородом воде при атмосферных температуре и давлении в течение 24 ч. Весовое отношение руды к активированному углю составляло 2:1 во всех трех тестах. Общее содержание твердого в пульпе (включая руду и активированный уголь) в процессе предварительной обработки составляло около 45%, в результате чего, после отделения угля, содержание твердого в пульпе руда-вода составляло 35%. Требуемый газообразный кислород подавался посредством барботажа пульпы технически чистым газообразным кислородом со скоростью барботирования 0,5 л O<sub>2</sub>/л пульпы/мин. Окислительно-восстановительный потенциал ("ORP") пульпы во время предварительной обработки был выше, чем около 100 мВ, и ниже, чем около 500 мВ Ag/AgCl. Как будет понятно, применяемый ORP зависит от вида руды и состава пульпы.

Активированный уголь был удален из предварительно обработанной пульпы с помощью просеивания, и пульпу подвергли выщелачиванию с помощью тиосульфата, как описано в примере 1. Результаты извлечения золота в процессе выщелачивания представлены ниже в табл. 3.

Таблица 3

Способ выщелачивания золота	Образец А % извлечения	Образец В % извлечения	Образец С % извлечения
Тиосульфатное выщелачивание	22.7	26.4	70.7
Предварительная обработка углем и тиосульфатное выщелачивание	86.2	71.1	80.2
Цианидное выщелачивание	92.2	73.4	69.3

После использования процесса предварительной обработки с использованием угля для всех трех образцов наблюдалось значительное увеличение извлечения золота посредством тиосульфатного выщелачивания. В образце А не было достигнуто извлечение, наблюдаемое при цианидном выщелачивании. В

образце В извлечение было сходно с цианидным выщелачиванием. В образце С извлечение было лучше, чем при цианидном выщелачивании.

Пример 3. Предварительная обработка только кислородом.

Те же тесты, что и в примере 2, повторили для тех же руд, однако в процессе предварительной обработки уголь не добавляли (т.е. руду смешивали только с насыщенной кислородом водой). Конечное извлечение золота из образцов было очень похоже на показанное в примере 1. Другими словами, предварительная обработка при отсутствии углеродного материала не оказывает благоприятного воздействия на извлечение золота посредством тиосульфатного выщелачивания.

Пример 4. Продолжительность предварительной обработки.

Образец В примера 2 подвергли предварительной обработке и выщелачиванию с использованием тех же процессов, что и в примере 2, за исключением того, что предварительная обработка осуществлялась в течение 6 ч вместо 24 ч. Уменьшение продолжительности предварительной обработки с 24 до 6 ч уменьшило извлечение золота с 71,1 до 60,7%.

Пример 5. Влияние концентрации кислорода.

Для насыщения кислородом могут использоваться различные кислородсодержащие газы, такие как чистый газообразный кислород, воздух или насыщенный кислородом воздух. Образец руды А обрабатывали таким же способом, как описано в примере 2, за исключением того, что кислород подавался в виде (i) чистого газообразного кислорода и (ii) воздуха. После предварительной обработки осуществляли тиосульфатное выщелачивание, как описано в примере 1. Извлечение золота составляло 86,2%, если предварительную обработку осуществляли с использованием кислорода, и 81,4%, если ее осуществляли с использованием воздуха.

Пример 6. Влияние температуры предварительной обработки.

Два образца золотосодержащей оксидной руды (>95% оксидов, <1% Fe, <2% углерода и 18.5 миллионных долей Au) предварительно обрабатывали с использованием активированного угля в насыщенной кислородом воде при атмосферном давлении в течение 24 ч. Весовое отношение руды к активированному углю составляло 2:1 во всех трех тестах. Общее содержание твердого в пульпе (включая руду и активированный уголь) в процессе предварительной обработки составляло около 45%, в результате чего после отделения угля содержание твердого в пульпе руда-вода составляло 35%. Один образец предварительно обрабатывали при 25°C, а другой при 50°C. Извлечение золота после предварительной обработки при 25 и 50°C составляло 80,8 и 82,2% соответственно. Извлечение золота из руды, не подвергнутой предварительной обработке (т.е. прямое тиосульфатное выщелачивание руды), составляло только 44,7%.

Пример 6. Влияние размера частиц угля.

Провели ряд тестов на одном и том же образце руды. Результатом базового теста, в котором использовался стандартный способ цианирования в присутствии угля (CIL - "уголь в выщелачивании"), было извлечение золота 90,1%. Результатом выщелачивания той же руды с использованием тиосульфатного раствора (0,1M раствор тиосульфата кальция, 50 миллионных долей Cu, 0,5-1 л/мин воздуха и 20 см<sup>3</sup>/л смолы, pH регулировали с помощью гидроксида кальция) после 24 ч выщелачивания было извлечение золота 57,4%.

В тестах с третьего по шестой образец предварительно обрабатывали в 1 л воды в течение 6 ч в присутствии крупноизмельченного активированного угля и/или мелкоизмельченного активированного угля. Перед тиосульфатным выщелачиванием крупноизмельченный активированный уголь отделяли от руды, тогда как мелкоизмельченный уголь оставался с рудой во время выщелачивания. Все режимы добавления угля увеличивают тиосульфатное извлечение золота по сравнению с базовым уровнем 57,4%. Наибольшее увеличение извлечения золота происходит при предварительной обработке руды крупноизмельченным активированным углем при соотношении руды и угля 2:1 (82,9%). Высокое извлечение золота (81,8%) также имеет место при предварительной обработке образца мелкоизмельченным углем при соотношении руды и угля 20:1. Это говорит о том, что при добавлении мелкоизмельченного угля, для увеличения извлечения золота требуется меньшее количество угля. Мелкоизмельченный уголь может добавляться отдельно или измельчаться вместе с рудой.

Таблица 4

Тест №	Описание теста	% извлечения золота
1	CIL-цианидное выщелачивание	90.1
2	Тиосульфатное выщелачивание	57.4
3	Предварительная обработка 150 г руды с использованием 75 г крупноизмельченного активированного угля с	82.9

	последующим тиосульфатным выщелачиванием	
4	Предварительная обработка 150 г руды с использованием 1,5 г мелкоизмельченного активированного угля с последующим тиосульфатным выщелачиванием	75.6
5	Предварительная обработка 150 г руды с использованием 7,5 г мелкоизмельченного активированного угля с последующим тиосульфатным выщелачиванием	81.8
6	Предварительная обработка 150 г руды с использованием 15 г мелкоизмельченного активированного угля с последующим тиосульфатным выщелачиванием	79.0

Может использоваться множество вариантов и модификаций настоящего изобретения. Возможно использование некоторых признаков изобретения без использования других.

Например, может использоваться мелкий уголь, хотя крупный уголь является предпочтительным, чтобы избежать необходимости постоянно добавлять уголь в пульпу и обеспечить возможность рециркуляции угля в непрерывном режиме. При использовании мелкого угля уголь может вводиться не только на стадии предварительной обработки, но также добавляться на стадии измельчения, чтобы в результате совместного измельчения исходного материала, содержащего драгоценный металл, и угля получить комбинированный исходный материал, содержащий драгоценный металл и уголь, для стадии предварительной обработки. Использование мелкого угля таким образом может сократить количество расходуемого угля до менее чем 1 ч. угля на 2 ч. исходного материала, содержащего драгоценный металл. Для осуществления предварительной обработки окислитель может добавляться во время измельчения или после него.

Настоящее изобретение в его различных аспектах, вариантах и конфигурациях включает компоненты, способы, процессы, системы и/или устройства, по существу, показанные и описанные в настоящем изобретении, включая его различные аспекты, варианты, конфигурации, субкомбинации и подгруппы. После ознакомления с настоящим описанием специалистам будет понятно, как осуществлять и использовать различные аспекты, варианты и конфигурации. В настоящем изобретении, в его различных аспектах, вариантах и конфигурациях предложены устройства и процессы, в которых отсутствуют элементы, не показанные и/или не описанные в настоящем изобретении или в его различных аспектах, вариантах и конфигурациях, в том числе отсутствуют такие элементы, которые могли использоваться в существовавших ранее устройствах или процессах, например, для повышения производительности, упрощения и/или уменьшения стоимости реализации.

Вышеизложенное подробное рассмотрение изобретения представлено в целях иллюстрации и описания. Вышеизложенное не предназначено для ограничения изобретения вариантом или вариантами, раскрытыми в настоящем изобретении. В вышеизложенном подробном описании изобретения, например, различные признаки изобретения сгруппированы вместе в одном или более аспектах, вариантах и конфигурациях с целью упрощения описания. Признаки аспектов, вариантов и конфигураций изобретения могут быть скомбинированы в альтернативные аспекты, варианты и конфигурации, отличающиеся от рассмотренных выше. Такой способ описания не должен рассматриваться как указывающий на то, что заявленное изобретение требует большего количества признаков, чем те, которые прямо изложены в каждом пункте формулы изобретения. Наоборот, как отражено в нижеизложенной формуле изобретения, аспекты изобретения характеризуются меньшим количеством признаков, чем все признаки отдельных раскрытых выше аспектов, вариантов и конфигураций. Таким образом, нижеизложенная формула в результате включена в настоящее подробное описание, при этом каждый пункт формулы изобретения сам по себе является отдельным предпочтительным вариантом изобретения.

Кроме того, хотя описание изобретения включает описание одного или более аспектов, вариантов или конфигураций, а также некоторых разновидностей и модификаций, другие вариации, комбинации и модификации также входят в объем изобретения, например те, которые, после ознакомления с настоящим изобретением, могут находиться в пределах навыков и знаний специалистов. Предполагается получение прав, которые в допустимых пределах распространяются на альтернативные аспекты, варианты и конфигурации, включая альтернативные, равнозначные и/или эквивалентные заявленным структуры, функции, диапазоны или стадии, не зависимо от того, были ли такие альтернативные, равнозначные и/или эквивалентные структуры, функции, диапазоны или стадии раскрыты в настоящем изобретении, и не предполагается публичное раскрытие какого-либо патентоспособного объекта.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

### 1. Способ обработки золотосодержащего материала, включающий

контактирование пульпы, содержащей упорный по отношению к тиосульфату золотосодержащий материал, с углем и кислородом для получения предварительно обработанной пульпы и

контактирование предварительно обработанной пульпы с тиосульфатом для выщелачивания золота из предварительно обработанного золотосодержащего материала.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что контактирование пульпы, содержащей упорный по отношению к тиосульфату золотосодержащий материал, с углем и кислородом для получения предварительно обработанной пульпы проводят, по существу, в отсутствие контактирования золотосодержащего материала с тиосульфатом.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что золотосодержащий материал содержит больше оксидов, чем сульфидов, и является оксидной рудой, которая пригодна для извлечения золота путем цианирования.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что перед предварительной обработкой посредством контактирования пульпы, содержащей упорный по отношению к тиосульфату золотосодержащий материал, с углем и кислородом пульпа имеет исходное значение pH как минимум около 3, предварительно обработанная пульпа имеет pH примерно от 7 до 10, окислительно-восстановительный потенциал во время контактирования пульпы с углем и кислородом составляет примерно от 100 до 750 мВ (электрод Ag/AgCl), скорость контакта кислорода с пульпой во время контактирования составляет по меньшей мере 0,10 л O<sub>2</sub>/л пульпы/мин, а весовое отношение золотосодержащего материала к углю составляет от 50:1 до 1:0,01.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что он дополнительно включает удаление по меньшей мере 95% угля из предварительно обработанной пульпы путем просеивания.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что pH предварительно обработанной пульпы регулируют в пределах примерно не более 0,1, а плотность пульпы регулируют в пределах примерно не более 5%.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что пульпа, содержащая упорный по отношению к тиосульфату материал, контактирует с углем перед контактированием с кислородом, причем упорный по отношению к тиосульфату золотосодержащий материал предварительно измельчают совместно с углем.

#### 8. Способ обработки золотосодержащего материала, включающий

контактирование пульпы, содержащей золотосодержащий материал, с углем и кислородом для получения предварительно обработанной пульпы, содержащей предварительно обработанный золотосодержащий материал;

удаление угля из предварительно обработанной пульпы для получения обедненной углем пульпы и контактирование обедненной углем пульпы с тиосульфатом для выщелачивания золота из предварительно обработанного золотосодержащего материала.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что контактирование пульпы, содержащей золотосодержащий материал, с углем и кислородом для получения предварительно обработанной пульпы проводят в отсутствие контактирования золотосодержащего материала с тиосульфатом.

10. Способ по п.8, отличающийся тем, что золотосодержащий материал содержит больше оксидов, чем сульфидов, и является оксидной рудой, которая пригодна для извлечения золота путем цианирования и является упорной по отношению к тиосульфату.

11. Способ по п.8, отличающийся тем, что перед предварительной обработкой посредством контактирования пульпы, содержащей золотосодержащий материал, с углем и кислородом пульпа имеет pH как минимум около 3, во время контактирования с углем и кислородом пульпа имеет pH от 7 до 10, во время контактирования пульпы с углем и кислородом окислительно-восстановительный потенциал пульпы составляет от 100 до 750 мВ (электрод Ag/AgCl), скорость контакта кислорода с пульпой во время контактирования золотосодержащего материала с углем и кислородом составляет как минимум 0,10 л O<sub>2</sub>/л пульпы/мин, а весовое отношение золотосодержащего материала к углю составляет примерно от 50:1 до 1:0,01.

12. Способ по п.8, отличающийся тем, что из предварительно обработанной пульпы удаляют по меньшей мере около 95% угля путем просеивания.

13. Способ по п.8, отличающийся тем, что pH предварительно обработанной пульпы регулируют в пределах примерно не более 0,1, а плотность пульпы регулируют в пределах примерно не более 5%.

14. Способ по п.9, отличающийся тем, что на стадии контактирования пульпы с углем и кислородом предварительно обработанная пульпа содержит тиосульфат в концентрации не более чем около 0,0025М.

15. Способ по п.8, отличающийся тем, что пульпа, содержащая золотосодержащий материал, контактирует с углем перед контактом с кислородом, причем золотосодержащий материал предварительно измельчают совместно с углем.

#### 16. Способ обработки золотосодержащего материала, включающий

контактирование пульпы, содержащей золотосодержащий материал, с углем и кислородом в отсутствие тиосульфата для получения предварительно обработанной пульпы;

удаление угля из предварительно обработанной пульпы для получения обедненной углем пульпы и контактирование обедненной углем пульпы с тиосульфатом для выщелачивания золота из предварительно обработанного золотосодержащего материала, причем золотосодержащий материал содержит больше оксидов, чем сульфидов;

золотосодержащий материал является оксидной рудой, которая пригодна для извлечения золота путем цианирования и является упорной по отношению к тиосульфату;

перед предварительной обработкой пульпы посредством её контактирования с углем и кислородом

пульпа имеет pH как минимум 3;

во время контактирования пульпы с углем и кислородом пульпа имеет pH примерно от 7 до 10;

во время контактирования пульпы с углем и кислородом окислительно-восстановительный потенциал пульпы составляет примерно от 100 до 750 мВ (электрод Ag/AgCl);

скорость контакта кислорода с пульпой во время её контактирования с углем и кислородом составляет как минимум около 0,10 л O<sub>2</sub>/л пульпы/мин; а

весовое отношение золотосодержащего материала к углю составляет примерно от 1:3 до 1:0,01.

17. Способ по п.16, отличающийся тем, что pH обедненной углем пульпы регулируют в пределах примерно не более 0,1, а плотность пульпы регулируют в пределах примерно не более 5%.

18. Способ по п.17, отличающийся тем, что на стадии контактирования пульпы с углем и кислородом предварительно обработанная пульпа содержит тиосульфат в концентрации не более чем 0,0025М.

