

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 023878

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2016.07.29

(51) Int. Cl. *C22B 3/20* (2006.01)
C22B 26/22 (2006.01)
C02F 1/62 (2006.01)
C02F 103/10 (2006.01)

(21) Номер заявки
201390226

(22) Дата подачи заявки
2011.08.09

(54) СПОСОБ ПРОВЕДЕНИЯ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ВЫХОДНЫХ ПОТОКОВ ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

(31) PI1003193-6

(56) WO-A1-2009089613

(32) 2010.08.09

US-A1-2006228279

(33) BR

GB-A-1520175

(43) 2013.08.30

US-A1-20070212765

(86) PCT/BR2011/000274

(87) WO 2012/019265 2012.02.16

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

ВАЛЕ С.А. (BR)

(72) Изобретатель:

Эвелин Саломан Солино, Силва
Роберто Маттиоли, Да Силва Жералдо
Луис, Де Соза Клаусон (BR)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Описан способ проведения обработки жидких выходных потоков из технологических процессов и извлечения металлов, который включает этапы: а) гомогенизации жидкого выходного потока; б) добавления сульфида и осаждения металлов в виде сульфидов металлов; с) разделения на твердую и жидкую фазы сульфидов металлов, полученных на этапе (б), и образования свободной от металла жидкой фазы (10); причем способ проведения обработки жидких выходных потоков и извлечения металлов дополнительно включает следующие стадии: д) добавление раствора амина 50-250 г/л к жидкой фазе (10), осаждающее магний в виде гидроксида магния Mg(OH)₂; и е) извлечение амина путем выпаривания и ректификации.

B1

023878

023878
B1

Настоящее изобретение относится к способу обработки жидких выходных потоков и извлечения металлов с осаждением гидроксида магния посредством аминов, с последующей регенерацией амина и использованием оксида магния и серы.

Описание уровня техники

Главными задачами любого способа обработки выходных потоков жидких и твердых веществ являются (i) их нейтрализация и корректировка надлежащим образом для выпуска и возвращения в окружающую среду и (ii) получение рециклируемых субпродуктов, так что они могут использоваться в форме потребления самим производителем и/или посредством промышленного выпуска третьими лицами.

При разработке железоникелевых латеритных руд существуют несколько факторов, которые влияют на производство никеля с помощью кислотного выщелачивания под высоким давлением HPAL (High Pressure Acid Leaching):

- геологическое происхождение залежи;
- минералогический состав руды;
- гранулометрический состав руды;
- эксплуатационные условия обработки;
- организация систем подготовки руды к плавке, выщелачивания, осаждения, экстрагирования растворителем и электрографинирования.

Способ кислотного выщелачивания под высоким давлением (HPAL) рекомендуется преимущественно для лимонитовых руд, которые имеют низкие содержания магния, обычно ограничиваемые максимум 4%, поскольку руды с высоким содержанием магния дают высокий расход серной кислоты.

Способ производства никеля с помощью HPAL, известный из уровня техники и иллюстрированный на фиг. 1, по существу, включает следующие этапы: (i) подготовка латеритовой никелевой руды, (ii) выщелачивание никеля серной кислотой под давлением, (iii) осаждение никеля, (iv) повторное выщелачивание, (v) экстрагирование растворителем никеля и (vi) электрографинирование для получения катодного никеля (металлического никеля с чистотой 99,95%). Из-за существенного присутствия кобальта в руде последний будет получаться в качестве побочного продукта, также в форме металла.

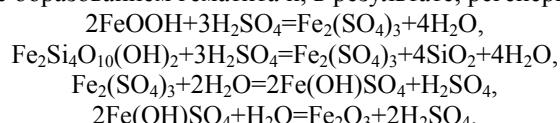
Эта технология представляет собой наиболее подходящий способ для проведения извлечения никеля и кобальта из лимонитовых латеритов на основании следующих признаков:

- лимонитовые латериты имеют низкое содержание магния и, следовательно, низкий расход серной кислоты;
- более низкие эксплуатационные расходы из-за низкой стоимости серной кислоты и ее низкого удельного расхода;

- никакой этап сушки при восстановлении руды не является необходимым, так как исходная руда ROM (Run of Mine) используется в виде суспензии;

- высокая селективность для целевых металлов;
- выбросы диоксида серы ниже стандартов качества окружающей среды;
- извлечение свыше 90% для никеля и кобальта, содержащихся в руде.

Выщелачивание под давлением, как правило, проводят в покрытых титаном автоклавах при температурах в интервале 245-270°C. В этом случае подаваемая в автоклав суспензия, предварительно нагреваемая паром, содержит 40-45% твердых веществ. В некоторых рудах из-за природы присутствующих глинистых руд эта концентрация может ограничиваться 25-30%. Степень сгущения суспензии значительно влияет на емкость автоклава, который представляет собой достаточно высокозатратное основное оборудование. Механизм выщелачивания включает в себя кислотное растворение при высокой температуре кобальта и никеля, содержащихся в матрице минерала-хозяина. При этих условиях происходит растворение минералов железа с последующим образованием сульфидов, которые в условиях высоких температур реагируют с водой с образованием гематита и, в результате, регенерируют серную кислоту:



Степени извлечения в этом способе достигают величин 92-96% для никеля и 90-92% для кобальта. Обычно для получения такой степени извлечения реакционная суспензия после химического воздействия должна давать остаточную концентрацию свободной кислоты 30-50 г/л.

После выщелачивания суспензию из автоклава разгерметизируют и охлаждают в камерах расширения ("испарительных емкостях") до приблизительно 100°C, причем остающиеся твердые вещества отделяют от жидкой фазы. Разделение на твердую и жидкую фазы осуществляют в декантаторах, работающих в режиме противотока CCD (counter current decanter), генерирующих жидкость, загруженную сульфидами никеля, кобальта, магния, цинка, меди, железа и других металлов. Никель и кобальт, присутствующие в жидкости, затем осаждают как сульфиды (с использованием H₂S), карбонаты (с использованием карбоната аммония) или как гидроксиды с использованием оксида магния MgO. Эти промежуточные продукты обычно имеют содержания 55% (Ni+Co) для случая сульфидов MSP (Mixed Sulfide Precipitate - осадок смешанных сульфидов) и 40-45% (Ni+Co) для случая гидроксидов MHP (Mixed Hydroxide Precipi-

tate - осадок смешанных гидроксидов). Также возможно извлечение этих металлов посредством экстрагирования растворителем с применением непосредственно к жидкости из системы декантации. Следует отметить, что MSP способ делает возможным получение продукта с более высоким содержанием ценных металлов и наименьшим уровнем загрязнения марганцем, магнием и сульфидами. Однако производство по пути MSP приводит к высоким капитальным затратам для вспомогательного оборудования, так как существует необходимость в водородных и сероводородных установках, которые требуют систем сложной безопасности и обслуживания для этих продуктов.

На следующем этапе - очистке - промежуточные продукты (сульфиды или гидроксиды никеля и кобальта) повторно выщелачивают и, тем самым, растворяют и подвергают очистительным обработкам, таким как (i) экстрагирование растворителем для отделения никеля и кобальта и (ii) электролиз (электро-рафинирование) для получения более высоких степеней чистоты.

В способе производства никеля по пути НРАЛ из руды, содержащей силикаты и карбонат магния, происходит образование жидкого выходного потока в отношениях 250:400 м³/т произведенного Ni, по существу, содержащего магний и сульфат и в малых количествах кобальт, цинк, марганец, никель, железо, хром среди других элементов. Табл. 1 представляет химический состав обрабатываемого выходного потока и показывает значительные содержания сульфата и магния.

Таблица 1

Состав обрабатываемого выходного потока

| Компоненты | Единицы | Содержание |
|-----------------|---------|------------|
| Ni | ppm | 2,00 |
| Co | ppm | 6,00 |
| Zn | ppm | 0,90 |
| Mn | ppm | 40,00 |
| Fe | ppm | 10,00 |
| Cr | г/л | 3,45 |
| Mg | г/л | 18,00 |
| SO ₄ | г/л | 75,00 |
| NH ₃ | г/л | 0,50 |
| pH | | 7,5 |

Из уровня техники известны различные типы обработки выходного потока с этапами, нацеленными на извлечение реагентов, используемых в способах выщелачивания и/или извлечения металлов, диспергированных в выходных потоках, генерированных путем обработок жидкостью минералов.

В этом смысле документ GB 152 0175 описывает способ извлечения металлов, таких как, например, магний, из водных сульфатных растворов посредством использования извести или известняка для осаждения магния и сульфата. В этой системе магний образуется в виде гидроксида, который осаждается совместно с сульфатом кальция. Повторное использование этих двух элементов по отдельности является осложненным, потому что они имеют частицы мелкого размера и определенные подобные физические свойства, ограничивающие применение существующих промышленных способов физического разделения. К тому же извлечение серы, содержащейся в сульфате кальция, требует сложного оборудования для прокаливания, требующего интенсивного использования энергии. В этом отношении существует основной недостаток с точки зрения затрат, эксплуатационного обслуживания, простоты оборудования при сравнении со способом, который является целью настоящего изобретения, в котором осаждение магния проводится с использованием аминов.

Другой способ, известный из уровня техники, описывается в документе США 2009/0148366, который раскрывает способ извлечения металлов и оксида магния из растворов сульфата магния. Этот способ применяет кристаллизацию сульфата путем выпаривания, требующим, исходя из желательной степени гидратации сульфата, чтобы практически вся вода, содержащаяся в выходном потоке, была выпарена. Это выпаривание, если используется вакуум, может происходить при температурах в интервале 70-90°C. На следующем этапе, чтобы использовать магний, осадок сульфата магния следует прокалить, чтобы вернуть его в оксид магния. Эта операция должна быть осуществлена при повышенных температурах 700-800°C, которая требует интенсивного расхода энергии. Для извлечения серы в газе, получающемся от этого прокаливания, диоксид серы сначала должен быть преобразован до триоксида серы с использованием слоя катализаторов с целью последующего превращения в серную кислоту. Эти операции должны выполняться сложно и дорого и на заводах по производству серной кислоты.

Другой способ, известный из уровня техники, описывается в документе США 2009/0180945, который раскрывает систему для извлечения магния и сульфата, содержащихся в выходных потоках от кислотного выщелачивания латеритных руд в виде гидроксида магния и оксида магния. Этот способ ис-

пользует аммиак в качестве осадительного агента, причем сера извлекается в виде сульфата аммония. Использование аммиака - главный большой недостаток относительно способа, который является целью настоящего изобретения, которое использует амины, так как аммиак является высокотоксичным газом, с которым трудно обращаться, и единожды соединенный с сульфатом не дает возможности его регенерации, а с аминами можно иметь дело в жидким виде при температуре окружающей среды, и, главным образом, они могут регенерироваться для повторного использования в способе.

Цели изобретения

Целью настоящего изобретения является обеспечение способа для обработки жидких выходных потоков и извлечения металлов с помощью осаждения гидроксида магния посредством аминов с последующей регенерацией аминов и использование субпродуктов магния и серы.

Краткое описание изобретения

Способ проведения обработки жидких выходных потоков содержит этапы:

- a) выравнивания жидкого выходного потока;
- b) добавления сульфидов и проведения осаждения металлов в виде сульфидов металлов;
- c) разделения на твердую и жидкую фазы сульфидов металлов, получающихся на этапе (b), и образования жидкой фазы, свободной от металлов.

Способ, который является целью настоящего изобретения, дополнительно включает в себя следующие этапы:

- d) добавление раствора амина в отношении 50-250 г/л к жидкой фазе с осаждением магния в виде гидроксида $Mg(OH)_2$ и
- e) извлечение амина путем обеднения и ректификации.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение будет далее описано более подробно на основе примера осуществления, представленного на чертежах.

Фиг. 1 представляет собой схему последовательности операций способа производства никеля путем НРАЛ, известного из уровня техники; и

фиг. 2 - схему последовательности операций способа проведения обработки жидких выходных потоков и извлечения металлов, который является целью настоящего изобретения.

Подробное описание чертежей

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения, как показано на фиг. 2, способ проведения обработки жидких выходных потоков и извлечения металлов, который является целью настоящего изобретения, создали для извлечения (i) магния и (ii) серы. Первое, чтобы его рециклировать в экстрагирование никеля гидрометаллургического процесса, для сельскохозяйственных целей (средства, корректирующие вредное воздействие, и удобрения) и в качестве сырья для промышленности, в общем. Последнее в виде разбавленной серной кислоты, которую можно рециклировать в процесс выщелачивания.

Способ, который является целью настоящего изобретения, также дает возможность удаления металлов, остающихся в жидким выходном потоке, таких как марганец (Mn), цинк (Zn), кобальт (Co), медь (Cu) в том числе, тем самым создавая условия для их полного рециклирования в производственный процесс, а также обеспечения дополнительного производства питательных микроэлементов для сельскохозяйственных применений в том числе.

Как иллюстрировано на схеме последовательности операций фиг. 2, в способе проведения обработки жидких выходных потоков и извлечения металлов, который является целью настоящего изобретения, жидкий выходной поток (1) получают в резервуарах с мешалкой для выравнивания. После этого гомогенизированный (выровненный) жидкий выходной поток (2) получает добавки сульфидов (3) в виде Na_2S и/или H_2S для осаждения остающихся металлов, таких как Ni, Co, Mn, Zn, Си и других, в виде сульфидов металлов (4). На последующем этапе указанные сульфиды подвергают действию разделения на твердую и жидкую фазы, дающему в результате богатый сульфидами металлов поток (5). Тщательно промытые сульфиды окисляются в реакторах с мешалками с помощью инжекции кислорода (6), и получающийся раствор (7) подвергают действию кристаллизации с получением соответствующих солей (8), фракционированных или смешанных, которые запасают и направляют на отгрузку (9).

Жидкую фазу или жидкий выходной поток (10), тем самым, обработанный и, по существу, свободный от металлов, перемещают в реакционную систему, содержащую резервуары с мешалками, где она контактирует с аминами, кипящими при низких температурах, при помощи потока регенерированного амина (12) и восполненного амина (11), и результатом этой реакции является суспензия осадка гидроксида магния (13). На этом этапе амин добавляют в количестве 50-250 г/л при температуре от 25 до 70°C, содержании твердых веществ от 1 до 10% р/р, время выдержки от 0,5 до 2 ч и коэффициент рециркуляции суспензии от 5 до 40:1.

Суспензию отправляют в концентрататор, гидроксид магния отводят с помощью нижнего продукта (14), перемещаемого на разделение и промываемого водой (15), дающего в результате кек гидроксида магния (16). В отличие от способов, уже известных из уровня техники, в способе, который является целью настоящего изобретения, гидроксид магния осаждается отдельно и затем легко извлекается с ис-

пользованием обычных сепараторов твердой и жидкой фаз.

В последовательности операций этот кек подвергают сушке и прокаливанию, как результат получается оксид магния (17), и его запасают, причем часть рециклируется в процесс экстрагирования никеля, а остальное (18) коммерчески реализуется. В реакционной системе отношение амин/выходной поток должно поддерживаться в интервале от 100 до 200 г/л, оптимизированном на основании содержания раствора магния. Часть суспензии осажденного гидроксида магния рециркулируется из нижнего продукта концентратора в реакторы контактирования для того, чтобы промотировать посредством зерен рост кристаллов $Mg(OH)_2$. Газовые потоки из реакторов осаждения и от сушки гидроксида магния перемещаются в систему поглощения аминов, возвращающихся оттуда для повторной обработки в реакторах осаждения.

Надосадочная жидкость концентратора (19) следует на этап извлечения аминов посредством дистилляции в два этапа, путем обеднения и после этого дистилляции.

Обеднение аминов проводят путем нагревания слабокислого раствора, содержащего амин (19), вплоть до температур в интервале 90-120°C с помощью потока низкого давления (27) 1,5-3,0 кг-сила/см² (маном.), подаваемого непрерывно. Это дает в результате поток (21) массы остатков со дна ректификационной колонны, состоящий из слабой кислоты и следов амина, который перемещается в колонну с активированным углем, для удаления остаточных количеств содержащегося амина. Получающуюся слабую кислоту (22) перемещают в зону хранения и оттуда (23) для повторного использования в гидрометаллургическом процессе. Насыщенный активированный уголь (24) следует на этап регенерации, после которого (25) его восстанавливают с добавлением нового угля (26).

После этапа обеднения в дистилляции поток богатых амином паров следует на этап ректификации, в котором подаваемый непрерывно пар низкого давления (28) опять инжектируется в дистилляционную колонну (27) с давлениями в интервале 1,5-3,0 кг-сила/см² (маном.). Также в этом оборудовании верхние потоки пара конденсируются посредством теплообменников, работающих с охлаждающей водой (29), создавая флегму с отношением от 3 до 5:1 к получению высококачественного амина (12) в дистилляторе. Поток восполненного амина (11) совместно с потоком извлеченного амина (12) затем подают в реакторы осаждения, завершая цепь обработки.

Пример. Проверки методом моделирования способа, который является целью настоящего изобретения, проведенные в лабораторном масштабе, показывают возможность получения субпродуктов (пригодных для переработки твердых веществ) с промышленной ценностью и восстановленной кислой водой, пригодной для повторного использования в технологическом процессе, который делает возможным условие нулевого выходного потока, достигаемого с точки зрения выбросов жидких выходных потоков. Вышеуказанные анализы проводили в колбе на 500 мл, добавляя известный объем диэтиламина в известную массу раствора (водный $MgSO_4$ с концентрацией 30 г/л Mg). С помощью гидролиза воды и высвобождения OH" в раствор происходило осаждение $Mg(OH)_2$. Табл. 2 показывает экспериментальные результаты опытов по осаждению гидроксида магния с использованием диэтиламина (Et_2NH).

Таблица 2

Результаты опытов по осаждению гидроксида магния

| Количество диэтиламина относительно стехиометрии (%) | Концентрация оставшегося Mg (г/л) | Извлечение Mg (%) |
|--|-----------------------------------|-------------------|
| 0 | 18,00 | 0,0 |
| 50 | 9,90 | 42,7 |
| 75 | 6,50 | 60,2 |
| 100 | 1,90 | 87,8 |
| 125 | 0,17 | 98,9 |
| 150 | 0,09 | 99,4 |

Как обозначено результатами в табл. 2, повышение количества диэтиламина обеспечивало повышенное удаление магния из раствора, как видно, путем извлечения Mg. Однако для добавлений амина, равных 125 и 150% относительно стехиометрической массы катиона Mg^{2+} , не было значительного изменения в извлечении магния.

Опыты для извлечения амина проводили в лабораторном дистилляторе, присоединенном к реактору-кристаллизатору с целью рециклинга амина путем фракционной перегонки и извлечения $Mg(OH)_2$. Реактор нагревали посредством ванны с терmostатом при температуре 70°C. Змеевиковый холодильник соединяли с реактором. В кожухе холодильника подавалась вода при 60°C и рециркулировала посредством перистальтического насоса для поддержания постоянной температуры. Газообразный амин пропускали для барботирования в растворе H_2SO_4 (10% р/р). Раствор кислоты, приемник всего извлеченного амина, потом анализировали для расчета извлечения органического реагента. В течение всего эксперимента накачивали воздух в реактор. pH раствора отслеживали в течение всего эксперимента с использованием цифрового устройства считывания. Использовали отношение (амин/Mg) в количестве на 50%

выше, чем стехиометрическая величина. Поэтому смесь, использованная в дистилляционных опытах, содержала 90 мг/л Mg; 71,1 г/л SO₄²⁺, 162,2 г/л Et₂NH и pH 12. Каждый анализ длился в течение 3 ч. Среднее извлечение амина равнялось 99,6%, и конечный pH раствора равнялся 5,5.

Табл. 3 показывает процесс изменения жидкого выходного потока в течение хода способа обработки, который является целью этого изобретения.

Таблица 3

Процесс изменения количества выходного потока в течение хода способа обработки

| Параметры | Единицы | Выходной поток, как есть | Добавки Осадки | Выходной поток после удаления магния | Выходной поток после удаления амина | Выходной поток после удаления органических материалов |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Mg | г/л | 18,00 | | 9,10 | 0,11 | 0,11 |
| SO ₄ | г/л | 75,00 | | 66,17 | 74,78 | 74,84 |
| Амин | г/л | | | 115,87 | 0,88 | 0,00 |
| pH | - | 6,5 | | 12 | 5,5 | 5,5 |
| Температура | °C | 27 | | 35 | 70 | 35 |
| Потоки | | | | | | |
| - выходной поток | м ³ /час | 1,000 | | 1,133 | 1,003 | 1002 |
| - Mg | кг/час | 18,000 | | 110 | 110 | 110 |
| - SO ₄ | кг/час | 75,000 | | 75,000 | 75,000 | 75,000 |
| - амин | кг/час | | 131,328 | 131,328 | 878 | 0 |
| - Mg(OH) ₂ осадок | кг/час | | 44,726 | | | |
| - промывание водой | кг/час | | 36,594 | | | |

Вот что было получено в качестве субпродуктов: (i) оксид марганца - MgO - после прокаливания Mg(OH)₂ с качеством, пригодным для повторного использования в процессе экстрагирования никеля, (ii) сульфиды металлов как сырье для получения питательных микроэлементов и (iii) кислая вода, пригодная для целей повторного использования в производственном процессе экстрагирования никеля.

Рециклируемый амин, главный реагент настоящего способа, извлекают посредством выпаривания, которое способствует уменьшению эксплуатационных расходов.

К тому же, другое преимущество способа, который является целью этого изобретения, по сравнению со способами, уже известными из уровня техники, заключается в том, что получающийся сульфатный раствор после прохождения через колонны с активированным углем представляет кислый раствор, который сам также повторно используется в процессе выщелачивания латеритной руды. Соответственно, магний и сера извлекаются из выходных потоков, содержащих эти элементы, простым способом.

Другое преимущество заключается в том, что Mg извлекают в виде осажденного гидроксида магния, который можно легко рециклировать в предшествующие этапы способа, составляющего альтернативу для более низких эксплуатационных расходов по сравнению с существующими технологиями уровня техники. В результате, серу, как предварительно указано, извлекают в кислой воде, выходящей из операции чистки в колоннах с углем. Соответственно, с более простой последовательностью операций и более низкими эксплуатационными расходами амины выпаривают при более низких температурах, давая возможность рециркуляции в действие выщелачивания магния и серы, извлеченных на этом этапе способа.

В этом смысле, в общих чертах, способ обработки жидких выходных потоков, который является целью настоящего изобретения, представляет новые и патентоспособные признаки по сравнению с уровнем техники:

а) использование аминов с низкими температурами кипения, веществ, генерирующих щелочные условия и легких для отделения с целями извлечения и рециклинга, которые применяют непосредственно к растворам выходных потоков, содержащих магний и сульфиды;

б) удаление растворимого магния, происходящего от кислотного растворения железоникелевого латерита в виде осаждаемого Mg(OH)₂, и превращение его в оксид магния, MgO, с целями его повторного использования в процессе экстрагирования никеля и как сырье для сельскохозяйственных и промышленных применений;

с) превращение жидкого выходного потока в низконконцентрированную кислую воду с признаками, которые делают ее возможной для повторного использования в схеме обработки, обеспечивающей действия в режиме "нулевого выходного потока" со значительным уменьшением потребления восполненной воды в промышленном комплексе;

д) удаление остающихся металлов в жидком выходном потоке (Co, Mn, Ni, Zn, Cu и т.д.) и повторное использование его как сырья в производстве питательных микроэлементов для сельскохозяйственных целей;

е) расширение применения других минеральных источников, связанных с никелем; и

f) дополнительно, этот способ проведения обработки жидких выходных потоков имеет гибкость по последовательности технологических операций и может быть осуществлен модульным путем.

Имея описанный пример предпочтительного варианта осуществления, следует подразумевать, что объем настоящего изобретения покрывает другие возможные вариации, ограничиваясь исключительно содержанием прилагающейся формулы изобретения, включая в себя возможные эквивалентные средства.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ проведения обработки жидких выходных потоков из технологических процессов и извлечения металлов, включающий этапы, на которых:

- a) гомогенизируют жидкий выходной поток;
- b) добавляют сульфиды и осаждают металлы в виде сульфидов металлов;
- c) разделяют твердую фазу и жидкую фазу сульфидов металлов, полученных на этапе (b), и образуют жидкую фазу (10), свободную от металлов;
- d) добавляют раствор амина в отношении 50:250 г/л к жидкой фазе (10) с осаждением магния в виде гидроксида магния $Mg(OH)_2$, суспензию, полученную на этапе (d) направляют в концентратор, при этом
 - (i) гидроксид магния извлекают из концентратора, промывают и извлекают;
 - (ii) промытый гидроксид магния подвергают сушке и прокаливанию, образуя оксид магния;
 - e) извлекают амин посредством дистилляции в два этапа, в которых
 - (iii) осуществляют выпаривание амина путем нагревания паром низкого давления и
 - (iv) богатый парами поток амина (20) направляют на этап ректификации, на который поступает поток (28) пара низкого давления, и в котором верхние потоки пара конденсируются посредством теплообменников (29),

отличающийся тем, что указанный амин выбирают из группы, состоящей из аминов, кипящих при низкой температуре.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе (d) добавление раствора амина к жидкой фазе (10) совершают при температуре 25-70°C, содержании твердой фазы 1-10% р/р, продолжительности обработки с раствором амина 0,5-2,0 ч и коэффициенте рециркуляции суспензии от 5 до 40:1.

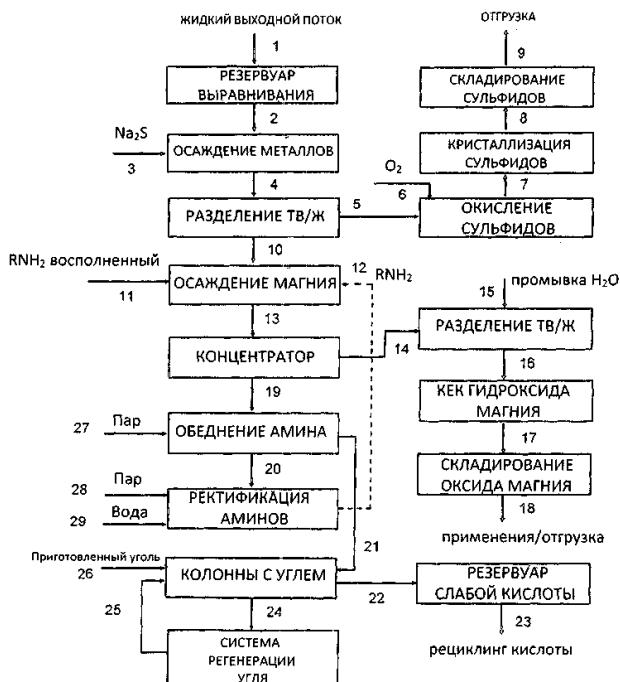
3. Способ по п.2, отличающийся тем, что на этапе (d) добавляемый амин состоит из потоков извлекаемого амина (12) и восполненного амина (11).

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что выпаривание амина на этапе (e) осуществляют вплоть до температур в интервале 90-120°C и с помощью пара низкого давления (27) при давлении в диапазоне от 1,5 до 3,0 кг-сила/см² (маном.).

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что поток (21) массы остатка со дна колонны, образованный слабыми кислотами и следами амина, перемещают в колонны с активированным углем, в которых остаточный амин удаляют и получающиеся слабые кислоты (22) перемещают для хранения.



Фиг. 1



Фиг. 2

