



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C25C 3/22 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2017123812, 02.12.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.12.2015

Дата регистрации:  
19.12.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
08.12.2014 FR 14 02805

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2019 Бюл. № 1

(45) Опубликовано: 19.12.2019 Бюл. № 35

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 10.07.2017

(86) Заявка РСТ:  
IV 2015/002283 (02.12.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/092357 (16.06.2016)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Большая Спасская, д. 25,  
строение 3, ООО "Юридическая фирма  
Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ЖИРО, Гийом (FR),  
ПЕТИ, Стефан (FR)**

(73) Патентообладатель(и):

**РИО ТИНТО АЛКАН ИНТЕРНЭШНЛ  
ЛИМИТЕД (СА)**

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 9615846 A1, 30.05.1996. WO  
2012085634, 28.06.2012. WO 2007096492,  
30.08.2007. WO 2013093268 A1, 27.06.2013. RU  
2315824 C2, 27.01.2008.

## (54) ЭЛЕКТРОЛИЗНАЯ УСТАНОВКА И СПОСОБ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ГАЗОВ

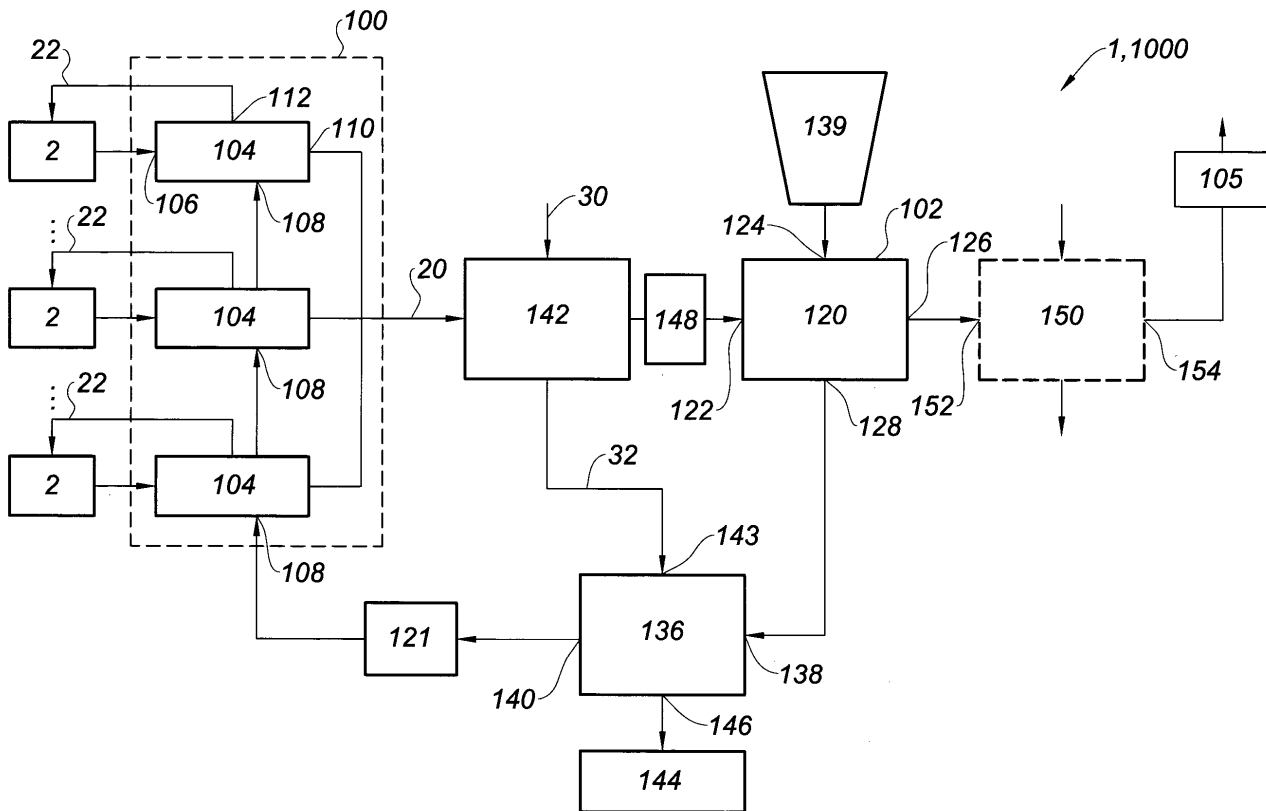
(57) Реферат:

Изобретение относится к установке для производства алюминия электролизом и обработке отходящих электролизных газов. Установка содержит цепочку последовательно соединенных электролизных ванн и контур обработки газов, образующихся в электролизных ваннах, содержащий первую ступень обработки для обработки фтороводорода, вторую ступень обработки для обработки диоксида серы, контур подачи оксида алюминия для подачи оксида

алюминия на первую ступень обработки и вторую ступень обработки и теплообменник, размещенный между первой и второй ступенями обработки. Раскрыт также способ обработки отходящих электролизных газов. Обеспечивается повышение эффективности обработки отходящих газов, улучшение энергетического КПД и уменьшение площади электролизной установки. 2 н. и 18 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 709 660 C2

RU 2 709 660 C2



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C25C 3/22 (2019.08)*

(21)(22) Application: **2017123812, 02.12.2015**

(24) Effective date for property rights:  
**02.12.2015**

Registration date:  
**19.12.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**08.12.2014 FR 14 02805**

(43) Application published: **10.01.2019 Bull. № 1**

(45) Date of publication: **19.12.2019 Bull. № 35**

(85) Commencement of national phase: **10.07.2017**

(86) PCT application:  
**IB 2015/002283 (02.12.2015)**

(87) PCT publication:  
**WO 2016/092357 (16.06.2016)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul. Bolshaya Spasskaya, d. 25,  
stroenie 3, OOO "Yuridicheskaya firma  
Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):  
**GIRAULT Guillaume (FR),  
PETIT Stephane (FR)**

(73) Proprietor(s):  
**RIO TINTO ALCAN INTERNATIONAL  
LIMITED (CA)**

(54) **ELECTROLYSIS UNIT AND METHOD OF TREATING ELECTROLYSIS GASES**

(57) Abstract:

FIELD: electrolytic methods; electrophoresis.

SUBSTANCE: invention relates to an installation for production of aluminium by electrolysis and treatment of waste electrolysis gases. Plant comprises chain of connected electrolysis baths and gas treatment circuit formed in electrolytic baths, containing first stage of treatment for hydrogen fluoride treatment, second treatment stage for treatment of sulphur dioxide, an aluminium oxide feed circuit for feeding aluminium

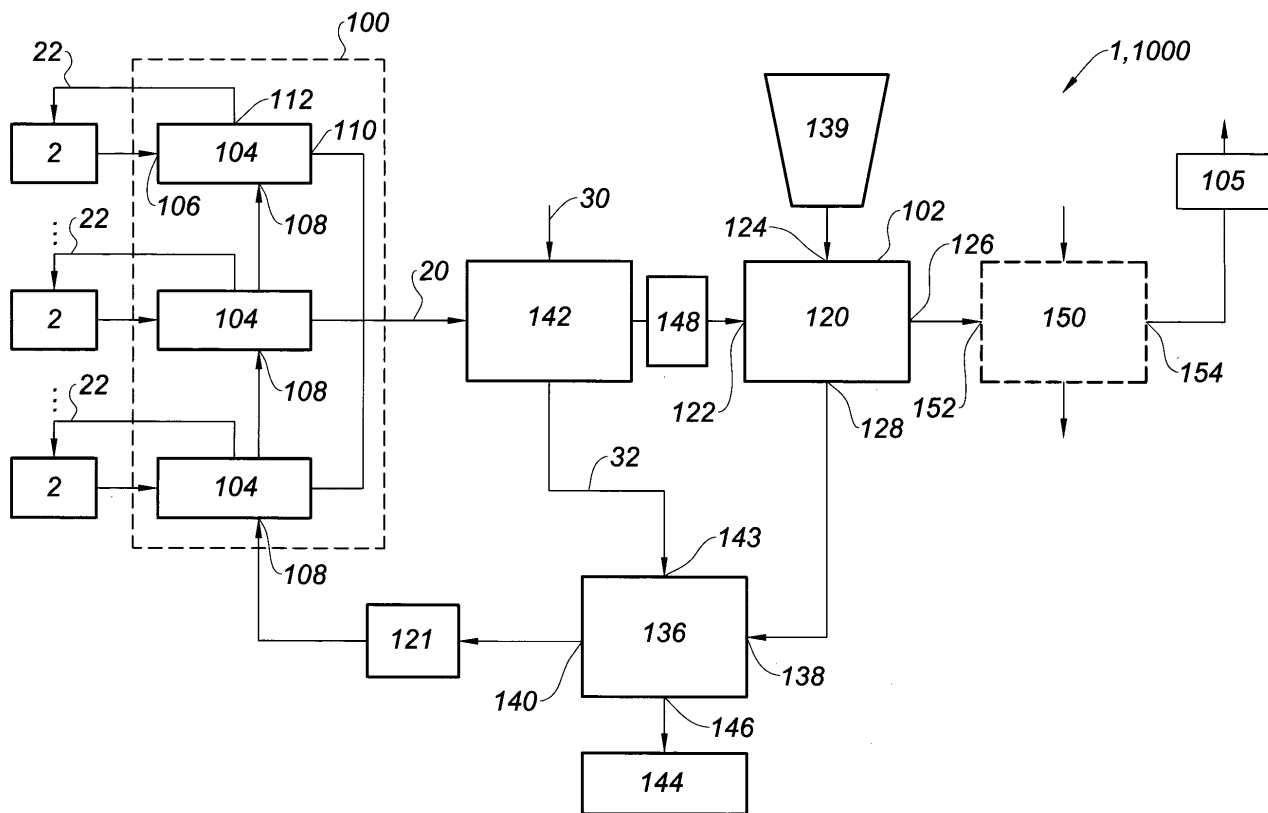
oxide to a first treatment stage and a second treatment stage and a heat exchanger arranged between the first and second processing stages. Method for treating effluent electrolysis gases is also disclosed.

EFFECT: higher efficiency of off-gas treatment, improved energy efficiency and reduced area of electrolysis unit.

20 cl, 3 dwg

RU 2 709 660 C2

RU 2 709 660 C2



ФИГ. 1

Настоящее изобретение относится к электролизной установке, предназначенный для производства алюминия электролизом, и к способу обработки электролизных газов, образующихся во время реакции электролиза в среде этой электролизной установки.

5 Производство алюминия электролизом позволяет получать металлический алюминий из оксида алюминия. Реакцию электролиза традиционно осуществляют в электролизной ванне. Электролизная установка традиционно содержит одну или несколько цепочек последовательно соединенных электролизных ванн. Каждая цепочка содержит несколько сотен электролизных ванн, последовательно соединенных между собой электрически. Электролизные ванны содержат камеру, катод, расположенный на дне камеры,  
10 электролизную камеру, в которой растворяют оксид алюминия, и анод, погруженный в электролизную камеру.

Согласно принципу электролиза постоянный электрический ток, называемой током электролиза, протекает между анодом и катодом, а получающийся алюминий образует слой жидкого алюминия.

15 Газы, называемые электролизными газами, образуются во время процесса электролиза. Эти газы содержат, в частности, фтороводород (HF), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) и пылевидные или твердые частицы, содержащие фтор.

Электролизные газы обычно улавливают вытяжными зонтами, расположенными в верхней части электролизных ванн. Эти вытяжные зонты соединены между собой сетью  
20 труб, ведущих к установке обработки газов (CTG).

Вытяжные вентиляторы отсасывают электролизные газы из вытяжных зонтов и подают их по сети труб в установку обработки газов. Эти вентиляторы позволяют поддерживать комплекс электролизных ванн при пониженном давлении и улавливать  
25 таким образом газы, образующиеся в ходе реакции электролиза. В то же время такая вытяжка участвует в охлаждении внутренних элементов электролизных ванн.

С учетом недостаточной герметичности электролизных ванн, снабженных традиционными вытяжными зонтами, отводимый поток электролизных газов является относительно большим, так что в традиционные электролизные установки входят одна  
30 или несколько установок обработки газов на цепочку последовательно соединенных электролизных ванн с целью обработки значительных объемов газов.

Таким образом, это обстоятельство порождает проблему затрат и занимаемой площади.

Кроме того, установки обработки газов, поступающих от существующих электролизных установок, как правило, приспособлены для обработки только  
35 фтороводорода без обработки диоксида серы или диоксида углерода, также содержащихся в электролизных газах и выбрасываемых в окружающую среду.

Существуют установки обработки газов, приспособленные для обработки фтороводорода и диоксида серы. Они описаны, например, в WO 96/15846 и в WO 2013/  
40 093268.

Согласно заявке WO 96/15846 установка обработки газов содержит две ступени обработки, причем на первой ступени обработки расположен единственный реактор, предназначенный для обработки фтороводорода, а на второй ступени обработки  
расположен единственный реактор, предназначенный для обработки диоксида серы.

45 При этом согласно WO 96/15846 реактор, входящий в первую ступень обработки, не позволяет в достаточной степени обрабатывать электролизные газы, содержащие фтороводород и диоксид серы в больших концентрациях. Кроме того, этот реактор масштабирован для обработки электролизных газов всей цепочки последовательно соединенных электролизных ванн. Следовательно, этот реактор занимает достаточно

большую площадь. Большая занимаемая площадь обязывает отдалять реактор от электролизных ванн. Следовательно, электролизные газы проходят значительное расстояние между точкой их выхода из электролизных ванн и этим реактором, в ходе чего электролизные газы теряют свое тепло. Оксид алюминия, который насыщается в реакторе фтором, вводится в электролизные ванны и при этом проходит значительное

расстояние после выхода из реактора до введения в электролизные ванны. Следовательно, транспортировка оксида алюминия от реактора до электролизных ванн занимает значительное время, приблизительно от нескольких часов до нескольких суток с учетом стадии промежуточного хранения в бункере, и ее осуществляют посредством трубопроводов, которые продуваются воздухом с температурой окружающей среды и через которые транспортируется оксид алюминия. Таким образом, перед введением в электролизные ванны оксид алюминия поступает при относительно низкой температуре, близкой к температуре окружающей среды, несмотря на передачу тепла, осуществляемую в реакторе, от электролизных газов к оксиду алюминия.

В WO 2013/093268 описано несколько реакторов, предназначенных для обработки фтороводорода и диоксида серы, содержащихся в электролизных газах. Эти реакторы расположены последовательно относительно друг друга. Это решение позволяет ограничить затраты и занимаемую площадь.

Однако эта компоновка с последовательным соединением имеет ограничение по производительности обработки электролизных газов, содержащих фтороводород и диоксид серы в больших концентрациях. Кроме того, компоновка с последовательным соединением принуждает располагать эти реакторы рядом друг с другом, так что эти реакторы образуют неделимый блок и вследствие этого должны быть обязательно размещены на расстоянии, относительно далеком от электролизных ванн.

Следует отметить также, что в некоторые электролизные установки предшествующего уровня техники входят установки обработки газов, оснащенные оросительным промывным аппаратом, предназначенным для обработки диоксида серы.

Однако эти оросительные промывные аппараты являются дорогостоящими.

Эти недостатки электролизных установок предшествующего уровня техники усиливаются тем обстоятельством, что электролизные ванны характеризуются тенденцией выделять электролизные газы с показателями, которые в значительной степени отличаются от показателей предшествующего уровня. На практике электролизные ванны, разработанные в настоящее время заявителем, характеризуются тенденцией к улучшению общей герметичности электролизных ванн, позволяющей значительно уменьшить расходы отводимых потоков электролизных газов. В отношении этих потоков проявляется тенденция к изменению значений расходов, как правило, от значений в интервале от 70 000 до 120 000  $\text{нм}^3/\text{т Al}$  ( $\text{нм}^3$  на тонну произведенного алюминия) в случае технологий с существующими ваннами до значений в интервале от 15 000 до 50 000  $\text{нм}^3/\text{т Al}$ .

Значительное уменьшение расхода отводимого потока вызывает значительное повышение концентраций фтороводорода и диоксида серы внутри электролизных ванн. Эти концентрации также изменяются в случае фтороводорода приблизительно от 200-400  $\text{мг}/\text{нм}^3$  до приблизительно 1000-2000  $\text{мг}/\text{нм}^3$ .

Значительное уменьшение расхода отводимого потока сопровождается также значительным повышением температуры электролизных газов. В отношении температуры электролизных газов проявляется тенденция к повышению приблизительно от 130°C в случае электролизных ванн предшествующего уровня до значений,

превышающих 200, 300 и даже 400°C в случае электролизных ванн новых поколений.

Значительное повышение температуры и концентраций фтороводорода и диоксида серы влияет на характеристики установок обработки газов существующих электролизных установок и обуславливает потребность в улучшенных эксплуатационных характеристиках.

Параллельно этому, требования в отношении экологии становятся все более и более строгими, что обуславливает достижение более высоких значений степени очистки, чем в настоящее время, с учетом предусматриваемого повышения концентраций фтороводорода, диоксида серы и диоксида углерода в электролизных газах.

Наконец, в экономическом отношении касательно степени очистки и в отношении сохранения природных ресурсов требуется постоянно пытаться уменьшить общее потребление энергии электролизными установками и, в частности, электролизными ваннами и установками обработки газов.

В этом контексте настоящее изобретение нацелено на смягчение указанных ранее недостатков за счет предложения электролизной установки, обеспечивающей более эффективную обработку электролизных газов, занимающей меньшую площадь и имеющей улучшенный энергетический КПД, а также за счет предложения способа обработки электролизных газов, обеспечивающего их более эффективную обработку и улучшенный энергетический КПД.

В связи с этим целью настоящего изобретения является электролизная установка, предназначенная для производства алюминия электролизом, причем электролизная установка содержит цепочку последовательно соединенных электролизных ванн и контур обработки газов, предназначенный для обработки электролизных газов, образующихся в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн в ходе реакции электролиза;

при этом контур обработки газов содержит первую ступень обработки, предназначенную для обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, вторую ступень обработки, предназначенную для обработки диоксида серы, содержащегося в электролизных газах, и контур подачи оксида алюминия, предназначенный для подачи оксида алюминия на первую и вторую ступени обработки; причем электролизная установка отличается тем, что она содержит теплообменник, размещенный между первой и второй ступенями обработки.

Иными словами, теплообменник размещен после выхода из первой ступени обработки и перед входом во вторую ступень обработки, при этом выражения "после выхода" и "перед входом" понимают относительно направления движения электролизных газов в контуре обработки газов. Таким образом, электролизные газы, выходящие из первой ступени обработки, охлаждаются перед обработкой на второй ступени обработки.

Преимущество использования теплообменника перед второй ступенью обработки состоит в том, что температуру электролизных газов можно снизить до значения, приемлемого для адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия на второй ступени обработки, например до температуры, меньшей или равной 100°C или меньшей или равной 70 °C, и, следовательно, улучшить степень обработки диоксида серы.

При этом уменьшается объем газов, обрабатываемых на второй ступени обработки, а также уменьшаются затраты, связанные с такой обработкой и очень сильно связанные с объемом обрабатываемых газов.

Теплообменники, связанные с электролизными газами, традиционно располагают перед установками обработки газов, предназначенными для обработки фтороводорода. Такое традиционное расположение представляет собой результат желания максимально

использовать в теплообменниках тепло, приносимое электролизными газами, перед контактом этих газов с оксидом алюминия и необходимости снижать температуру электролизных газов для обеспечения возможности использовать традиционные системы 5  
фильтрования с фильтрами, которые являются неэффективными при высокой температуре газов.

В противоположность этому заявителем найдено, что расположение теплообменника после первой ступени обработки и перед второй ступенью обработки является особенно эффективным.

На практике поступление газа, имеющего высокую температуру, в частности выше 10  
150 °С, на первую ступень обработки газов обеспечивает хорошую селективность адсорбции фтора на оксиде алюминия по сравнению с адсорбцией серы. Таким образом, сера не адсорбируется оксидом алюминия на первой ступени обработки газов и не поступает в электролизную ванну с оксидом алюминия, фторированным на первой стадии обработки газов.

При этом передача тепла для подогрева оксида алюминия на первой ступени 15  
обработки газов может быть тем более эффективной, чем более высокой является температура газов, и может заканчиваться прямой утилизацией тепловой энергии, отбираемой от газов, в отличие от энергии, получаемой через теплообменник, так что решение по настоящему изобретению является особенно эффективным. Кроме того, в 20  
случае необходимости, когда реактор первой ступени обработки предназначен для разделения электролизных газов и твердых частиц, транспортируемых этими электролизными газами, например, когда этот реактор представляет собой реактор циклонного типа, частицы пыли оказываются уже отделенными от потока газов, проходящих через теплообменник, так что теплообменник не загрязняется так, как в 25  
случае его традиционного расположения.

Кроме того, заявителем замечено, что понижение температуры газов перед их поступлением на вторую ступень обработки газов, предпочтительно ниже 100°С и преимущественно ниже 70 °С, позволяет облегчать стадию десорбции серы, адсорбированной оксидом алюминия. На практике понижение температуры газов, 30  
содержащих серу, благоприятствует физической адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия за счет ухудшения химической адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия. Однако десорбция диоксида серы, физически сорбированного на оксиде алюминия, требует меньше энергии, чем десорбция диоксида серы, химически сорбированного на оксиде алюминия. Такое понижение температуры, в дополнение к возможности 35  
утилизировать энергию, получаемую в результате теплообмена, составляет значительную долю уменьшения общей энергии, необходимой для работы установки обработки газов и электролизной установки.

Следовательно, понижение температуры газов перед их поступлением на вторую ступень обработки газов обеспечивает также возможность того, что остаточный 40  
фтороводород, содержащийся в электролизных газах после обработки на первой ступени обработки, полностью адсорбируется, причем адсорбция фтороводорода в свою очередь является более эффективной при сниженной температуре.

В итоге, из изложенного следует, что размещение теплообменника после выхода из первой ступени обработки и перед входом во вторую ступень обработки в значительной 45  
степени улучшает энергетический КПД и эксплуатационные характеристики обработки электролизных газов, так что этот вариант делает электролизную установку приемлемой для обработки электролизных газов с высокими концентрациями фтороводорода и диоксида серы.

Таким образом, контур обработки газов электролизной установки является предпочтительно приемлемым для электролизных ванн нового типа, то есть ванн, которые отличаются температурой электролизных газов, достигающей высоких значений (выше 200°C и более предпочтительно в интервале 300-400°C вместо 100-150°C в случае ванн более старых типов), малым расходом отводимого потока электролизных газов (в интервале от 15 000 до 50 000 нм<sup>3</sup>/т Al вместо типичного расхода от 70 000 до 120 000 нм<sup>3</sup>/т Al в случае ванн более старых типов) и/или высокими концентрациями фтороводорода, диоксида серы и пыли внутри этих ванн (концентрацией фтороводорода, превышающей или равной 1000-2000 мг/нм<sup>3</sup>, вместо концентрации около 200-400 мг/нм<sup>3</sup> в случае ванн более старых типов).

Теплообменник предпочтительно адаптирован для снижения температуры электролизных газов с 400°C на входе в теплообменник до температуры, меньшей или равной 100°C и предпочтительно меньшей или равной 70 °C, на выходе из теплообменника.

Таким образом, электролизная установка по настоящему изобретению является эффективной для обработки электролизных газов, образующихся в электролизных ваннах более нового типа, в которых температура газов может достигать 200, 300 и даже 400 °C.

Вторая ступень обработки предпочтительно содержит реактор, предназначенный для связывания диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия, поступающем из контура подачи оксида алюминия.

Следует отметить, что вторая ступень обработки может содержать реактор, предназначенный для отделения сульфированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции диоксида серы на свежем оксиде алюминия, от электролизных газов, освобожденных от диоксида серы. С этой целью реактор второй ступени обработки может быть оснащен рукавным фильтром.

Таким образом, на выходе из второй ступени обработки электролизные газы оказываются очищенными от диоксида серы (и от фтороводорода благодаря первой ступени обработки, предшествующей второй ступени обработки).

Первая ступень обработки предпочтительно может содержать реактор, предназначенный для связывания фтороводорода адсорбцией на оксиде алюминия, поступающем из контура подачи оксида алюминия.

Согласно предпочтительному варианту осуществления первая ступень обработки содержит множество реакторов, причем каждый реактор соединен с группой электролизных ванн, а каждая группа электролизных ванн содержит одну или несколько цепочек последовательно соединенных электролизных ванн, при этом каждый реактор имеет:

- первый вход, соединенный с соответствующей группой электролизных ванн, для сбора электролизных газов, образующихся в группе электролизных ванн;
- второй вход, соединенный с контуром подачи оксида алюминия для подачи в каждый реактор оксида алюминия для связывания фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, адсорбцией на оксиде алюминия;
- первый выход для отвода электролизных газов, обработанных на первой ступени обработки, на вторую ступень обработки.

Таким образом, электролизная установка по настоящему изобретению обеспечивает преимущество, состоящее в обработке фтороводорода во множестве параллельно работающих реакторов, причем каждый реактор предназначается для обработки газов,

отходящих от группы электролизных ванн.

Результатом этого является обработка более эффективная, чем на предшествующем уровне техники, что позволяет обрабатывать электролизные газы с высокими концентрациями фтороводорода и диоксида серы.

5 Результатом этого является также уменьшение размеров этих реакторов, что дает значительный выигрыш в площади электролизной установки. Это обстоятельство позволяет, следовательно, в случае электролизных ванн последнего поколения располагать эти реакторы поблизости от электролизных ванн для того, чтобы получать экономический эффект от высокой температуры электролизных газов.

10 Согласно предпочтительному варианту осуществления каждый реактор предназначен для подогрева оксида алюминия, подаваемого в группу электролизных ванн, с которой соединен этот реактор, за счет теплопередачи между электролизными газами, циркулирующими в этом реакторе, и оксидом алюминия, и каждый реактор имеет второй выход для подачи в группу электролизных ванн оксида алюминия,  
15 подогретого в реакторе электролизными газами.

Этот вариант дает преимущество по уменьшению в значительной степени потребления энергии электролизными ваннами каждой группы электролизных ванн, поскольку энергия, принесенная благодаря подогреву оксида алюминия, подаваемого в электролизные ванны, отбирается не в самих электролизных ваннах в  
20 противоположность предшествующему уровню техники, а от электролизных газов, циркулирующих в контуре обработки электролизных газов. Для электролизных ванн новых типов эта особенность позволяет значительно уменьшить потребление энергии электролизной ванной приблизительно на 50-100 кВт·ч/т Al.

Этот подогрев позволяет также "сушить" оксид алюминия, то есть удалять часть  
25 воды, содержащейся в оксиде алюминия, что позволяет снижать выделение фтороводорода в ванну, причем вода, содержащаяся в оксиде алюминия, представляет собой значительный источник выделения фтороводорода при контакте с электролизной ванной. Таким образом формируется эффективный цикл.

Этот вариант является особенно предпочтительным тогда, когда электролизные  
30 ванны представляют собой электролизные ванны новых типов, в которых температура электролизных газов является особенно высокой (превышающей 200°C и более предпочтительно составляющей от 300 до 400 °C). Более высокая температура газов, отходящих от электролизных ванн более нового типа, открывает на практике путь, в случае электролизной установки по настоящему изобретению, для наиболее  
35 экономичной утилизации значительного количества энергии, приносимой этими электролизными газами (около 350 кВт/ванна для электролизных ванн наиболее нового типа), тогда как энергия электролизных газов на предшествующем уровне техники рассеивается.

Поскольку оксид алюминия подогревается в реакторах, это позволяет размещать  
40 компактные реакторы. В более общем случае результатом этого является электролизная установка, имеющая предельно малую занимаемую площадь.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждый реактор имеет камеру, ограничивающую объем, в котором одновременно циркулируют электролизные газы, поступающие из соответствующей группы электролизных ванн, и оксид алюминия,  
45 предназначенный для подачи в эту группу электролизных ванн, причем камера предназначена для обеспечения теплопередачи при прямом контакте между электролизными газами и оксидом алюминия, предназначенным для подачи в соответствующую группу электролизных ванн.

Этот вариант обеспечивает преимущество, состоящее в обработке фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, оксидом алюминия, предназначенным для подачи в электролизные ванны, в то же самое время, что и осуществление передачи тепла. Следовательно, фтор, высвобождающийся в этой группе ванн в виде  
5 газообразного фтороводорода, направляют к той же самой группе ванн в виде фторированного оксида алюминия, что позволяет лучше регулировать количество фтора, содержащегося в электролизной ванне.

Следовательно, оксид алюминия, подаваемый в каждую группу электролизных ванн, представляет собой фторированный оксид алюминия, образующийся в результате  
10 адсорбции фтороводорода на оксиде алюминия в реакторе, соединенном с этой группой электролизных ванн. Таким образом, это означает, что оксид алюминия, используемый в контуре обработки газов, представляет собой оксид алюминия, используемый в реакции электролиза.

Оксид алюминия, предназначенный для подачи в электролизные ванны,  
15 предварительно проходит через реакторы первой степени обработки: этот оксид алюминия входит через второй вход реакторов, адсорбирует фтор в реакторах и выходит из реакторов через второй выход в направлении электролизных ванн.

Результатом этого является уменьшение эксплуатационных расходов, поскольку электролизная установка становится таким образом более экономичной в отношении  
20 сырья.

Результатом этого является также компактность электролизной установки, поскольку контур подачи оксида алюминия в электролизные ванны представляет собой таким образом тот же контур, что и в случае реакторов первой степени обработки.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждый реактор первой  
25 степени обработки предназначается для разделения электролизных газов, твердых частиц, транспортируемых этими электролизными газами, и фторированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в реактор через второй вход.

Этот вариант является особенно эффективным тогда, когда его применяют в  
30 комбинации с вариантом, согласно которому каждый реактор предназначается для подогрева оксида алюминия, подаваемого в группу электролизных ванн, с которой соединен этот реактор, за счет теплопередачи, более предпочтительно при прямом контакте, между электролизными газами, циркулирующими в этом реакторе, и оксидом алюминия.

Этот вариант практически позволяет использовать реакторы, обеспечивающие  
35 исполнение нескольких функций, и, следовательно, использовать компактное оборудование. Это решение дает значительный выигрыш в отношении площади в случае электролизной установки по настоящему изобретению.

Согласно предпочтительному варианту осуществления реакторы первой степени  
40 обработки представляют собой реакторы циклонного типа.

Этот вариант обеспечивает преимущество, состоящее в компактности реакторов, которые, следовательно, могут быть размещены наиболее близко к электролизным ваннам и позволяют разделять электролизные газы, твердые частицы, транспортируемые  
45 этими электролизными газами, и фторированный оксид алюминия, образующийся после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в реактор через второй вход.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждый реактор расположен менее чем в 40 м, предпочтительно менее чем в 20 м и преимущественно менее чем в 10 м от каждой электролизной ванны группы электролизных ванн, с которой соединен

этот реактор.

Это обстоятельство позволяет уменьшить тепловые потери: чем ближе реактор, в котором осуществляется передача тепла, находится к электролизным ваннам, с которыми соединен этот реактор, тем менее продолжительно электролизные газы и подогретый оксид алюминия подвергаются охлаждению и, следовательно, тем более высокой является эффективность теплообмена.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждая группа электролизных ванн содержит не более четырех и предпочтительно не более трех электролизных ванн в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн.

Преимущество этого варианта представляет собой оптимальный компромисс между минимальным числом реакторов, обеспечивающим уменьшение затрат, и эффективной обработкой и близким по отношению к каждому реактору размещением электролизных ванн, обеспечивающими уменьшение энергопотребления электролизными ваннами.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждая группа электролизных ванн содержит несколько электролизных ванн, а электролизные ванны каждой группы электролизных ванн представляют собой смежные электролизные ванны цепочки последовательно соединенных электролизных ванн.

Этот вариант обеспечивает размещение каждого реактора наиболее близко к электролизным ваннам, с которыми соединен этот реактор, что позволяет сохранять и извлекать возможно большее количество тепла электролизных газов, циркулирующих в этом реакторе, для того, чтобы подогревать оксид алюминия, предназначенный для подачи в эти электролизные ванны.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждая группа электролизных ванн содержит единственную электролизную ванну.

Преимущество обособления комплекса "электролизная ванна/реактор" заключается в индивидуальной рециркуляции фтора, выделяемого каждой электролизной ванной, что обеспечивает оптимальную работу электролизной ванны.

На практике фтор, выходящий из электролизной ванны в виде фтороводорода, возвращается непосредственно в электролизную ванну в виде фторированного оксида алюминия. Количество фтора, "теряемого" в индивидуальном порядке каждой электролизной ванной, по существу равно количеству фтора, возвращающегося в каждую из этих электролизных ванн и обеспечивающего оптимальное равновесие потоков фтора, упрощающее регулирование потоков, подаваемых в электролизные ванны.

Согласно предпочтительному варианту осуществления контур обработки газов содержит контур подачи оксида алюминия, предназначенный для подачи оксида алюминия на вторую ступень обработки, при этом вторая ступень обработки содержит реактор, предназначенный для связывания диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия, поступающем из контура подачи оксида алюминия.

Этот вариант позволяет обрабатывать диоксид серы, содержащийся в электролизных газах, без необходимости использовать оросительный промывной аппарат аналогично предшествующему уровню техники, что позволяет в значительной степени уменьшить затраты. Первая ступень обработки позволила снизить концентрацию фтороводорода в газах в степени, достаточной для того, чтобы адсорбция диоксида серы на оксиде алюминия на второй ступени обработки обеспечила эффективную обработку диоксида серы. На практике предпочтительная адсорбция фтороводорода на оксиде алюминия по сравнению с адсорбцией диоксида серы делает обработку диоксида серы неэффективной, если концентрация фтороводорода слишком велика.

Этот вариант позволяет также улучшить эффективность обработки электролизных газов, поскольку вторая ступень обработки позволяет также за счет контактирования электролизных газов со свежим оксидом алюминия связать, с одной стороны, остаточный фтороводород, содержащийся в электролизных газах после обработки в реакторах первой ступени обработки, а с другой стороны, связать значительную часть диоксида серы. Таким образом, для большей эффективности фтороводород обрабатывают на двух последовательных ступенях.

Согласно предпочтительному варианту осуществления электролизная установка содержит устройство десорбции, предназначенное для обеспечения десорбции диоксида серы, связанной оксидом алюминия, при этом устройство десорбции имеет вход, соединенный со второй ступенью обработки, для сбора сульфированного оксида алюминия, образующегося в результате обработки диоксида серы на второй ступени обработки за счет адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия, и выход, соединенный со вторым входом реакторов первой ступени обработки, так что оксид алюминия, подаваемый в реакторы первой ступени обработки, представляет собой десульфированный оксид алюминия, выходящий из устройства десорбции.

Преимущество этого варианта состоит в том, что оксид алюминия, применяемый для обработки газов, таких как диоксид серы или фтороводород, поступает в электролизные ванны для осуществления реакции электролиза в электролизных ваннах. Этот вариант позволяет экономить сырье и сокращает занимаемую площадь. Такая обработка десорбцией предпочтительно может быть осуществлена термическим способом, предусматривающим выдерживание сульфированного оксида алюминия при температуре, обеспечивающей десорбцию, за счет использования тепла, отбираемого от электролизных газов.

Кроме того, благодаря его возврату на первую ступень обработки, через которую проходят электролизные газы, еще имеющие высокую температуру и выходящие непосредственно оттуда или из электролизных ванн, оксид алюминия сушат после десорбции, что позволяет понижать выделение фтороводорода согласно эффективному циклу аналогично описанному ранее.

Этот вариант является особенно предпочтительным тогда, когда в качестве десорбирующего текучего агента в устройстве десорбции применяют водяной пар.

Следует отметить, что устройство десорбции предназначено для того, чтобы десорбировался только диоксид серы, но не десорбировался остаточный фтор, адсорбированный на второй ступени обработки.

Энергию, рекуперированную в теплообменнике, преимущественно используют для нагревания десорбирующего текучего агента, предназначенного для ввода в устройство десорбции.

Согласно предпочтительному варианту осуществления теплообменник связывают с контуром циркуляции текучего теплоносителя, предназначенным для снижения температуры электролизных газов, выходящих из реакторов первой ступени обработки, за счет нагревания текучего теплоносителя, циркулирующего в этом контуре циркуляции, при этом контур циркуляции текучего теплоносителя предназначен для передачи тепла нагретого текучего теплоносителя десорбирующему текучему агенту, предназначенному для ввода в устройство десорбции.

Этот вариант позволяет экономически эффективно использовать еще высокую температуру электролизных газов на выходе из первой ступени обработки. Таким образом, этот вариант повышает общий энергетический КПД.

Текущий теплоноситель представляет собой, например, воду.

Десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар.

Этот вариант обеспечивает эффективную десорбцию с меньшими затратами. Кроме того, побочный продукт, образующийся при десорбции, представляет собой серную кислоту, которая может быть легко утилизирована.

5 Альтернативным образом десорбирующий текучий агент, предназначенной для ввода в устройство десорбции, может представлять собой горячий газ или смесь горячих газов, таких как, например, азот. Следует отметить, что под горячими газами понимают газы, температура которых равна по меньшей мере 350°C и предпочтительно равна по  
10 по меньшей мере 400 °C. Температура горячих газов фактически адаптирована для осуществления десорбции диоксида серы; эта температура находится, например, в интервале 400-700°C и возможно 400-1000 °C.

Альтернативным образом теплообменник связывают с контуром циркуляции текучего теплоносителя, предназначенным для снижения температуры электролизных газов, выходящих из реакторов первой ступени обработки, за счет нагревания текучего  
15 теплоносителя, циркулирующего в этом контуре циркуляции, при этом текучий теплоноситель используют непосредственно в качестве десорбирующего текучего агента, предназначенного для ввода в устройство десорбции.

Этот текучий агент, выступающий в качестве теплоносителя и десорбирующего агента, предпочтительно представляет собой жидкую воду и/или водяной пар.

20 Согласно предпочтительному варианту осуществления электролизная установка содержит блок обработки, предназначенный для обработки десорбирующего текучего агента, служащего для десорбции диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия.

Этот вариант ограничивает воздействие десорбции на окружающую среду.

25 Под десорбцией понимают отделение в данном случае диоксида серы от оксида алюминия, на котором диоксид серы был изначально адсорбирован.

Согласно предпочтительному варианту осуществления контур обработки газов содержит устройство увлажнения перед второй ступенью обработки.

30 Этот вариант обеспечивает преимущество, состоящее в улучшении степени обработки диоксида серы на второй ступени обработки.

Согласно предпочтительному варианту осуществления контур обработки газов содержит третью ступень обработки, предназначенную для обработки диоксида углерода, содержащегося в электролизных газах.

35 Преимущество этого варианта состоит в уменьшении воздействия производства алюминия электролизом на окружающую среду.

Настоящее изобретение относится также к способу обработки электролизных газов, выделяющихся в электролизных ваннах цепочки последовательно соединенных электролизных ванн электролизной установки и предпочтительно электролизной  
40 установки, обладающей указанными ранее отличительными признаками, причем способ включает стадии, на которых:

- обрабатывают фтороводород, содержащийся в электролизных газах, на первой ступени обработки;

- обрабатывают диоксид серы, содержащийся в электролизных газах, на второй ступени обработки;

45 причем способ отличается тем, что он включает стадию, на которой электролизные газы охлаждают в теплообменнике после обработки электролизных газов на первой ступени обработки и перед обработкой электролизных газов на второй ступени обработки.

Этот способ позволяет достигать улучшенных эксплуатационных характеристик обработки и энергетического КПД.

Преимущество состоит в снижении температуры электролизных газов до значения, приемлемого для адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия на второй ступени обработки, например до температуры, меньшей или равной 100 °С, и, следовательно, в улучшении степени обработки диоксида серы. Этот вариант обеспечивает также преимущество, состоящее в минимизации объема газов, обрабатываемых на второй ступени обработки, затраты на которую очень сильно связаны с объемом обрабатываемых газов.

Обработка фтороводорода на первой ступени обработки может предусматривать ввод оксида алюминия на первую ступень обработки для того, чтобы связать фтороводород адсорбцией на введенном оксиде алюминия.

Обработка диоксида серы на второй ступени обработки может предусматривать ввод оксида алюминия на вторую ступень обработки для того, чтобы связать диоксид серы адсорбцией на введенном оксиде алюминия.

Согласно предпочтительному варианту осуществления стадия, состоящая в обработке фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки, включает обработку фтороводорода параллельно во множестве реакторов, причем каждый реактор соединен с группой электролизных ванн цепочки последовательно соединенных электролизных ванн, а каждая группа электролизных ванн содержит одну или несколько электролизных ванн цепочки последовательно соединенных электролизных ванн.

Этот способ обеспечивает более эффективную обработку фтороводорода благодаря параллельной обработке и группам электролизных ванн. Таким образом, этот способ позволяет, в частности, обрабатывать электролизные газы с высокой концентрацией фтороводорода.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию подогрева оксида алюминия, предназначенного для подачи в электролизные ванны каждой группы электролизных ванн, за счет передачи тепла между оксидом алюминия и электролизными газами, собранными в реакторе, соединенном с соответствующей группой электролизных ванн.

Этот подогрев позволяет уменьшить удельное потребление энергии электролизными ваннами, а также "сушить" оксид алюминия, что позволяет понижать выделение фтороводорода в электролизной ванне аналогично поясненному ранее.

Подогрев может быть осуществлен в каждом из реакторов первой ступени обработки. Подогретый оксид алюминия предпочтительно вводят непосредственно в электролизную ванну без помещения в промежуточный бункер или в другое хранилище, расположенное между реактором первой ступени и электролизной ванной.

Согласно предпочтительному варианту воплощения указанную передачу тепла осуществляют при прямом контакте между оксидом алюминия и электролизными газами.

Иными словами, оксид алюминия, предназначенный для подачи в электролизные ванны, вводят в реакторы первой ступени обработки.

Этот вариант улучшает КПД передачи тепла. Прямой контакт обеспечивает также адсорбцию фтора на оксиде алюминия, предназначенном для осуществления реакции электролиза, то есть для использования одного и того же оксида алюминия одновременно для обработки фтороводорода и осуществления реакции электролиза.

Следовательно, преимущество этого варианта состоит также в меньшем потреблении

сырья по количеству и видам, поскольку оксид алюминия, применяемый для обработки фтороводорода, применяют для осуществления реакция электролиза в электролизных ваннах.

5 Согласно предпочтительному варианту осуществления способ предусматривает в каждом реакторе первой ступени обработки стадию, на которой разделяют электролизные газы, твердые частицы, транспортируемые этими электролизными газами, и фторированный оксид алюминия, образующийся после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в каждый реактор.

10 Этот вариант позволяет использовать реакторы, обеспечивающие исполнение нескольких функций, и, следовательно, использовать компактное оборудование. Это решение дает значительный выигрыш в отношении площади в случае электролизной установки по настоящему изобретению.

15 Согласно предпочтительному варианту осуществления стадия обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки включает обработку фтороводорода в реакторе, соединенном с одной электролизной ванной.

20 Таким образом, способ включает индивидуальную обработку электролизных ванн. Преимущество этой индивидуализации состоит в индивидуальной рециркуляции фтора, выделяемого каждой электролизной ванной, что обеспечивает простое регулирование содержания фтора в ванне и оптимальную работу электролизной ванны.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию, на которой в электролизные ванны подают только фторированный оксид алюминия, образующийся в результате адсорбции фтороводорода на оксиде алюминия, введенном в реакторы первой ступени обработки.

25 Преимущество этого варианта состоит в том, что фтор, высвобождающийся в этой группе ванн в виде газообразного фтороводорода, направляют в ту же самую группу ванн в виде фторированного оксида алюминия, что позволяет лучше регулировать количество фтора, содержащегося в электролизной ванне.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает:

- 30 - связывание диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия в реакторе второй ступени обработки для получения электролизных газов, очищенных от диоксида серы, с одной стороны, и сульфированного оксида алюминия, с другой стороны;
- отделение десорбцией диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия, в устройстве десорбции для получения десульфированного оксида алюминия;
- 35 - ввод десульфированного оксида алюминия в реакторы первой ступени обработки с целью адсорбции фтора, содержащегося в электролизных газах, и получения фторированного оксида алюминия;
- подачу фторированного оксида алюминия после реакторов первой ступени обработки в электролизные ванны для введения оксида алюминия в реакцию
- 40 электролиза.

Преимущество состоит в экономии сырья при обработке электролизных газов, так как оксид алюминия, применяемый для обработки электролизных газов, представляет собой оксид алюминия, предназначенный для подачи в электролизные ванны. Десульфированный оксид алюминия, поступающий со второй ступени обработки, содержит остаточный фтор газов, который не был адсорбирован на первой ступени обработки и к которому прибавляется фтор, адсорбированный на первой ступени обработки, на которую подают этот десульфированный оксид алюминия.

Согласно предпочтительному варианту осуществления отделение десорбцией

осуществляют при прямом контакте между сульфированным оксидом алюминия и десорбирующим текучим агентом, причем этот десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар.

5 Согласно предпочтительному варианту осуществления стадию охлаждения электролизных газов осуществляют за счет передачи тепла между электролизными газами и текучим теплоносителем с целью нагревания текучего теплоносителя, причем способ включает также стадию передачи тепла текучего теплоносителя, нагретого таким образом, десорбирующему текучему агенту, предназначенному для ввода в устройство десорбции для отделения десорбцией серы, находящейся на сульфированном оксиде алюминия.

10 Таким образом, энергия, необходимая для десорбции, поступает из теплообменника, что позволяет улучшить энергетический КПД.

Десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар.

15 Согласно другому предпочтительному варианту осуществления стадию охлаждения электролизных газов осуществляют за счет передачи тепла непосредственно между электролизными газами и десорбирующим текучим агентом с целью нагревания десорбирующего текучего агента, предназначенного для ввода в устройство десорбции для отделения десорбцией серы, находящейся на сульфированном оксиде алюминия.

20 Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию увлажнения электролизных газов перед стадией обработки диоксида серы, содержащегося в электролизных газах, на второй ступени обработки.

Этот вариант обеспечивает преимущество, состоящее в улучшении степени обработки диоксида серы.

25 Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию улавливания диоксида углерода, содержащегося в электролизных газах.

Преимущество этого варианта состоит в уменьшении воздействия производства алюминия электролизом на окружающую среду и, в частности, выделения газов, обуславливающих парниковый эффект.

30 Настоящее изобретение относится также к электролизной установке, предназначенной для производства алюминия электролизом, причем электролизная установка содержит цепочку последовательно соединенных электролизных ванн и контур обработки газов, предназначенный для обработки электролизных газов, образующихся в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн в ходе реакции электролиза;

35 причем контур обработки газа содержит первую ступень обработки, предназначенную для обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, вторую ступень обработки, предназначенную для обработки диоксида серы, содержащегося в электролизных газах, и контур подачи оксида алюминия, предназначенный для подачи оксида алюминия на первую ступень обработки;

40 причем электролизная установка отличается тем, что первая ступень обработки содержит множество реакторов, причем каждый реактор соединен с группой электролизных ванн, а каждая группа электролизных ванн содержит одну или несколько электролизных ванн цепочки последовательно соединенных электролизных ванн, при этом каждый реактор имеет:

- первый вход, соединенный с соответствующей группой электролизных ванн, для 45 сбора электролизных газов, образующихся в группе электролизных ванн;

- второй вход, соединенный с контуром подачи оксида алюминия для подачи в каждый реактор оксида алюминия для связывания фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, адсорбцией на оксиде алюминия;

- первый выход для отвода электролизных газов, обработанных на первой ступени обработки, на вторую ступень обработки.

Таким образом, электролизная установка обеспечивает преимущество, состоящее в обработке фтороводорода во множестве параллельно работающих реакторов, причем  
5 каждый реактор предназначается для обработки электролизных газов одной группы электролизных ванн.

Результатом этого является обработка более эффективная, чем на предшествующем уровне техники, что позволяет обрабатывать электролизные газы с высокими концентрациями фтороводорода и диоксида серы.

10 Результатом этого является также уменьшение размеров этих реакторов, что дает значительный выигрыш в площади электролизной установки. Это обстоятельство позволяет, следовательно, в случае электролизных ванн последнего поколения располагать эти реакторы поблизости от электролизных ванн для того, чтобы получать экономический эффект от высокой температуры электролизных газов.

15 Вторая ступень обработки содержит реактор, предназначенный для связывания диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия, поступающем из контура подачи оксида алюминия.

Следует отметить, что вторая ступень обработки может содержать реактор, предназначенный для отделения сульфированного оксида алюминия, образующегося  
20 после адсорбции диоксида серы на свежем оксиде алюминия, от электролизных газов, освобожденных от диоксида серы. С этой целью реактор второй ступени обработки может быть оснащен рукавным фильтром.

Таким образом, на выходе из второй ступени обработки электролизные газы оказываются очищенными от диоксида серы (и от фтороводорода благодаря первой  
25 ступени обработки, предшествующей второй ступени обработки).

Электролизная установка может отличаться также всем комплексом или частью особенностей и преимуществ, указанных ранее в связи с описанной электролизной установкой. Таким образом, электролизная установка может отличаться приведенными  
далее предпочтительными вариантами.

30 Согласно предпочтительному варианту осуществления каждый реактор предназначается для подогрева оксида алюминия, подаваемого в группу электролизных ванн, с которой соединен этот реактор, за счет теплопередачи между электролизными газами, циркулирующими в этом реакторе, и оксидом алюминия, и каждый реактор имеет второй выход для подачи в группу электролизных ванн оксида алюминия,  
35 подогретого в реакторе электролизными газами.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждый реактор имеет камеру, ограничивающую объем, в котором одновременно циркулируют электролизные газы, поступающие из соответствующей группы электролизных ванн, и оксид алюминия,  
40 предназначенный для подачи в эту группу электролизных ванн, причем камера предназначена для обеспечения теплопередачи при прямом контакте между электролизными газами и оксидом алюминия, предназначенным для подачи в соответствующую группу электролизных ванн.

Следовательно, оксид алюминия, подаваемый в каждую группу электролизных ванн, представляет собой фторированный оксид алюминия, образующийся в результате  
45 адсорбции фтороводорода на оксиде алюминия в реакторе, соединенном с этой группой электролизных ванн. Таким образом, это означает, что оксид алюминия, используемый в контуре обработки газов, представляет собой оксид алюминия, используемый в реакции электролиза.

Оксид алюминия, предназначенный для подачи в электролизные ванны, предварительно проходит через реакторы первой ступени обработки: этот оксид алюминия входит через второй вход реакторов, адсорбирует фтор в реакторах и выходит из реакторов через второй выход в направлении электролизных ванн.

5 Согласно предпочтительному варианту осуществления каждый реактор первой ступени обработки предназначается для разделения электролизных газов, твердых частиц, транспортируемых этими электролизными газами, и фторированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в реактор через второй вход.

10 Согласно предпочтительному варианту осуществления реакторы первой ступени обработки представляют собой реакторы циклонного типа.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждый реактор расположен менее чем в 40 м, предпочтительно менее чем в 20 м и преимущественно менее чем в 10 м от каждой электролизной ванны группы электролизных ванн, с которой соединен  
15 этот реактор.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждая группа электролизных ванн содержит не более четырех и предпочтительно не более трех электролизных ванн в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждая группа электролизных  
20 ванн содержит несколько электролизных ванн, а электролизные ванны каждой группы электролизных ванн представляют собой смежные электролизные ванны цепочки последовательно соединенных электролизных ванн.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждая группа электролизных ванн содержит единственную электролизную ванну.

25 Согласно предпочтительному варианту осуществления электролизная установка содержит устройство десорбции, предназначенное для обеспечения десорбции диоксида серы, связанной оксидом алюминия, при этом устройство десорбции имеет вход, соединенный со второй ступенью обработки, для сбора сульфированного оксида алюминия, образующегося в результате обработки диоксида серы на второй ступени  
30 обработки за счет адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия, и выход, соединенный со вторым входом реакторов первой ступени обработки, так что оксид алюминия, подаваемый в реакторы первой ступени обработки, представляет собой десульфированный оксид алюминия, выходящий из устройства десорбции.

Следует отметить, что устройство десорбции предназначено для того, чтобы  
35 десорбировался только диоксид серы, но не десорбировался остаточный фтор, адсорбированный на второй ступени обработки.

Согласно предпочтительному варианту осуществления контур обработки газов содержит теплообменник, расположенный между первой и второй ступенями обработки.

Преимущество этого варианта состоит в снижении температуры электролизных  
40 газов до значения, приемлемого для адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия на второй ступени обработки, например до температуры, меньшей или равной 100°C или меньшей или равной 70 °C, и, следовательно, в улучшении степени обработки диоксида серы.

Этот вариант обеспечивает также преимущество, состоящее в минимизации объема  
45 газов, обрабатываемых на второй ступени обработки, затраты на которую очень сильно связаны с объемом обрабатываемых газов.

Теплообменники, связанные с электролизными газами, традиционно располагают перед установками обработки газов, предназначенными для обработки фтороводорода.

Такое традиционное расположение представляет собой результат желания максимально использовать в теплообменниках тепло, приносимое электролизными газами, перед контактом этих газов с оксидом алюминия и необходимости снижать температуру электролизных газов для обеспечения возможности использовать традиционные системы  
5 фильтрования с фильтрами, которые являются неэффективными при высокой температуре газов.

В противоположность этому заявителем найдено, что расположение теплообменника после первой ступени обработки и перед второй ступенью обработки является особенно эффективным.

10 На практике поступление газа, имеющего высокую температуру, в частности выше 150 °С, на первую ступень обработки газов обеспечивает хорошую селективность адсорбции фтора на оксиде алюминия по сравнению с адсорбцией диоксида серы. Таким образом, диоксид серы не адсорбируется оксидом алюминия на первой ступени  
15 обработки газов и не поступает в электролизную ванну с оксидом алюминия, фторированным на первой стадии обработки газов.

При этом передача тепла, указанная ранее в отношении подогрева оксида алюминия на первой ступени обработки газов, является тем более эффективной, чем более высокой является температура газов, и заканчивается прямой утилизацией тепловой энергии,  
20 отбираемой от газов, в отличие от энергии, получаемой через теплообменник, так что это решение является особенно предпочтительным.

Кроме того, в случае необходимости, когда реактор первой ступени обработки предназначен для разделения электролизных газов и твердых частиц, транспортируемых этими электролизными газами, например, когда этот реактор  
25 представляет собой реактор циклонного типа, частицы пыли оказываются уже отделенными от потока газов, проходящих через теплообменник, так что теплообменник не загрязняется так, как в случае его традиционного расположения.

Кроме того, заявителем замечено, что понижение температуры газов перед их поступлением на вторую ступень обработки газов до значения предпочтительно ниже 100°С и преимущественно ниже 70°С позволяет облегчать стадию десорбции диоксида  
30 серы, адсорбированной оксидом алюминия. На практике понижение температуры газов, содержащих серу, благоприятствует физической адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия за счет ухудшения химической адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия. Однако десорбция диоксида серы, физически сорбированного на оксиде алюминия, требует меньше энергии, чем десорбция диоксида серы, химически  
35 сорбированного на оксиде алюминия. Такое понижение температуры, в дополнение к возможности утилизировать энергию, получаемую в результате теплообмена, составляет значительную долю уменьшения общей энергии, необходимой для работы установки обработки газов и электролизной установки.

Следовательно, понижение температуры газов перед их поступлением на вторую  
40 ступень обработки газов обеспечивает также возможность того, что остаточный фтороводород, содержащийся в электролизных газах после обработки на первой ступени обработки, полностью адсорбируется, причем адсорбция фтороводорода в свою очередь является более эффективной при сниженной температуре.

В итоге, из изложенного следует, что размещение теплообменника после выхода из  
45 первой ступени обработки и перед входом во вторую ступень обработки в значительной степени улучшает энергетический КПД и эксплуатационные характеристики обработки электролизных газов, так что этот вариант делает электролизную установку приемлемой для обработки электролизных газов с высокими концентрациями фтороводорода и

диоксида серы.

Таким образом, контур обработки газов электролизной установки является предпочтительно приемлемым для электролизных ванн нового типа, то есть ванн, которые отличаются температурой электролизных газов, достигающей высоких значений (выше 200°C и более предпочтительно в интервале 300-400°C вместо 100-150°C в случае ванн более старых типов), малым расходом отводимого потока электролизных газов (в интервале от 15 000 до 50 000 нм<sup>3</sup>/т Al вместо типичного расхода от 70 000 до 120 000 нм<sup>3</sup>/т Al в случае существующих технологий с ваннами более старых типов) и/или высокими концентрациями фтороводорода, диоксида серы и пыли внутри этих ванн (концентрацией фтороводорода, превышающей или равной 1000-2000 мг/нм<sup>3</sup>, вместо концентрации около 200-400 мг/нм<sup>3</sup> в случае ванн более старых типов).

Теплообменник предпочтительно адаптирован для снижения температуры электролизных газов с 400°C на входе в теплообменник до температуры, меньшей или равной 100°C и предпочтительно меньшей или равной 70 °C, на выходе из теплообменника.

Таким образом, электролизная установка является эффективной для обработки электролизных газов, образующихся в электролизных ваннах более нового типа, в которых температура газов может достигать 200, 300 и даже 400 °C.

Теплообменник предпочтительно адаптирован для снижения температуры электролизных газов с 400°C на входе в теплообменник до температуры, меньшей или равной 100°C и предпочтительно меньшей или равной 70 °C, на выходе из теплообменника.

Энергию, рекуперированную в теплообменнике, преимущественно используют для нагревания десорбирующего текучего агента, предназначенного для ввода в устройство десорбции.

Согласно предпочтительному варианту осуществления теплообменник связывают с контуром циркуляции текучего теплоносителя, предназначенным для снижения температуры электролизных газов, выходящих из реакторов первой ступени обработки, за счет нагревания текучего теплоносителя, циркулирующего в этом контуре циркуляции, при этом контур циркуляции текучего теплоносителя предназначен для передачи тепла нагретого текучего теплоносителя десорбирующему текучему агенту, предназначенному для ввода в устройство десорбции.

Текущий теплоноситель представляет собой, например, воду.

Десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар.

Альтернативным образом десорбирующий текучий агент, предназначенной для ввода в устройство десорбции, может представлять собой горячий газ или смесь горячих газов, таких как, например, азот. Следует отметить, что под горячими газами понимают газы, температура которых равна по меньшей мере 350°C и предпочтительно равна по меньшей мере 400 °C. Температура горячих газов фактически адаптирована для осуществления десорбции диоксида серы; эта температура находится, например, в интервале 400-700°C и возможно 400-1000 °C.

Согласно предпочтительному варианту осуществления электролизная установка содержит блок обработки, предназначенный для обработки десорбирующего текучего агента, служащего для десорбции диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия.

Альтернативным образом теплообменник связывают с контуром циркуляции текучего теплоносителя, предназначенным для снижения температуры электролизных газов,

выходящих из реакторов первой ступени обработки, за счет нагревания текучего теплоносителя, циркулирующего в этом контуре циркуляции, при этом текучий теплоноситель используют непосредственно в качестве десорбирующего текучего агента, предназначенного для ввода в устройство десорбции.

5 Этот текучий агент, выступающий в качестве теплоносителя и десорбирующего агента, предпочтительно представляет собой жидкую воду и/или водяной пар.

Согласно предпочтительному варианту осуществления контур обработки газов содержит устройство увлажнения перед второй ступени обработки.

10 Согласно предпочтительному варианту осуществления контур обработки газов содержит третью ступень обработки, предназначенную для обработки диоксида углерода, содержащегося в электролизных газах.

Настоящее изобретение относится также к способу обработки электролизных газов, выделяющихся в электролизных ваннах цепочки последовательно соединенных электролизных ванн электролизной установки, причем способ включает стадии, на  
15 которых:

- обрабатывают фтороводород, содержащийся в электролизных газах, на первой ступени обработки;

- обрабатывают диоксид серы, содержащийся в электролизных газах, на второй ступени обработки;

20 причем способ отличается тем, что он включает стадию, состоящую в обработке фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки, включающей обработку фтороводорода параллельно во множестве реакторов, причем каждый реактор соединен с группой электролизных ванн цепочки последовательно соединенных электролизных ванн, а каждая группа электролизных ванн содержит одну  
25 или несколько электролизных ванн цепочки последовательно соединенных электролизных ванн.

Этот способ обеспечивает более эффективную обработку фтороводорода благодаря параллельной обработке и группам электролизных ванн. Таким образом, этот способ позволяет, в частности, обрабатывать электролизные газы с высокой концентрацией  
30 фтороводорода.

Обработка фтороводорода на первой ступени обработки может предусматривать ввод оксида алюминия на первую ступень обработки для того, чтобы связать фтороводород адсорбцией на введенном оксиде алюминия.

35 Обработка диоксида серы на второй ступени обработки может предусматривать ввод оксида алюминия на вторую ступень обработки для того, чтобы связать диоксид серы адсорбцией на введенном оксиде алюминия.

Этот способ может отличаться также всем комплексом или частью особенностей и преимуществ, указанных ранее в связи с описанным способом. Таким образом, этот способ может отличаться приведенными далее предпочтительными вариантами.

40 Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию подогрева оксида алюминия, предназначенного для подачи в электролизные ванны каждой группы электролизных ванн, за счет передачи тепла между оксидом алюминия и электролизными газами, собранными в реакторе, соединенном с соответствующей группой электролизных ванн.

45 Согласно предпочтительному варианту осуществления указанную передачу тепла осуществляют при прямом контакте между оксидом алюминия и электролизными газами.

Иными словами, оксид алюминия, предназначенный для подачи в электролизные

ванны, вводят в реакторы первой ступени обработки

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ предусматривает в каждом реакторе первой ступени обработки стадию, на которой разделяют электролизные газы, твердые частицы, транспортируемые этими электролизными газами, и фторированный оксид алюминия, образующийся после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в каждый реактор.

Согласно предпочтительному варианту осуществления стадия обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки включает обработку фтороводорода в реакторе, соединенном с одной электролизной ванной.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию, на которой в электролизные ванны подают только фторированный оксид алюминия, образующийся в результате адсорбции фтороводорода на оксиде алюминия, введенном в реакторы первой ступени обработки.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает:

- связывание диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия в реакторе второй ступени обработки для получения электролизных газов, очищенных от диоксида серы, с одной стороны, и сульфированного оксида алюминия, с другой стороны;
- отделение десорбцией диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия, в устройстве десорбции для получения десульфированного оксида алюминия;
- ввод десульфированного оксида алюминия в реакторы первой ступени обработки с целью адсорбции фтора, содержащегося в электролизных газах, и получения фторированного оксида алюминия;
- подачу фторированного оксида алюминия после реакторов первой ступени обработки в электролизные ванны для введения оксида алюминия в реакцию электролиза.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию, на которой охлаждают электролизные газы перед входом электролизных газов на вторую ступень обработки.

Преимущество этого варианта состоит в снижении температуры электролизных газов до значения, приемлемого для адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия на второй ступени обработки, например до температуры, меньшей или равной 100 °С, и, следовательно, в улучшении степени обработки диоксида серы. Этот вариант обеспечивает также преимущество, состоящее в минимизации объема газов, обрабатываемых на второй ступени обработки, затраты на которую очень сильно связаны с объемом обрабатываемых газов.

Согласно предпочтительному варианту осуществления стадию охлаждения электролизных газов осуществляют за счет передачи тепла между электролизными газами и текучим теплоносителем с целью нагревания текучего теплоносителя, причем способ включает также стадию передачи тепла текучего теплоносителя, нагретого таким образом, десорбирующему текучему агенту, предназначенному для ввода в устройство десорбции для отделения десорбцией серы, находящейся на сульфированном оксиде алюминия.

Десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар.

Согласно другому предпочтительному варианту осуществления стадию охлаждения электролизных газов осуществляют за счет передачи тепла непосредственно между электролизными газами и десорбирующим текучим агентом с целью нагревания десорбирующего текучего агента, предназначенного для ввода в устройство десорбции

для отделения десорбцией серы, находящейся на сульфированном оксиде алюминия.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию увлажнения электролизных газов перед стадией обработки диоксида серы, содержащегося в электролизных газах, на второй ступени обработки.

5 Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию улавливания диоксида углерода, содержащегося в электролизных газах.

Другие характеристики и преимущества настоящего изобретения могут быть выяснены из дальнейшего подробного описания варианта осуществления, приведенного в качестве неограничительного примера со ссылкой на приложенные фигуры, при этом:

- 10 - фиг. 1 представляет собой схематическое изображение варианта осуществления электролизной установки по настоящему изобретению;  
- фиг. 2 представляет собой схематическое изображение в разрезе электролизной ванны предшествующего уровня техники;  
- фиг. 3 представляет собой схематическое изображение реактора первой или второй  
15 ступени обработки согласно варианту осуществления электролизной установки по настоящему изобретению.

На фиг. 1 показана электролизная установка 1. Электролизная установка 1 предназначена для получения алюминия электролизом и более предпочтительно представляет собой установку по производству алюминия.

20 Электролизная установка 1 содержит цепочку последовательно соединенных электролизных ванн 2, предназначенных для производства алюминия электролизом. Под цепочкой последовательно соединенных электролизных ванн понимают комплекс электролизных ванн, последовательно соединенных между собой электрически. Эта цепочка последовательно соединенных электролизных ванн 2 предназначена для  
25 пропуска тока электролиза, сила которого может достигать нескольких сотен тысяч ампер.

На фиг. 2 показан пример электролизной ванны 2, предназначенной для производства алюминия электролизом. Как видно на фиг. 2, электролизные ванны 2 традиционно содержат камеру 4, катодные блоки 6, устроенные на дне камеры 4, причем катодные  
30 блоки 6 пересекаются токопроводящими полосами, служащими коллекторами тока электролиза для его подвода к следующей электролизной ванне цепочки, и анодные блоки 8, частично погруженные в электролизную камеру 10 выше катодных блоков 6. Слой 12 жидкого алюминия, покрывающий катодные блоки, образуется в ходе реакции. Кроме того, электролизные ванны 2 могут содержать загрузочный бункер 14, через  
35 который в электролизные ванны 2 подается оксид алюминия. Комплекс вытяжных зонтов 16 закрывает камеру 4 для ограничения потерь тепла и утечек электролизных газов, образующихся в ходе реакции электролиза.

Электролизные ванны 2 могут представлять собой электролизные ванны предшествующего поколения.

40 Электролизные ванны 2 предпочтительно представляют собой электролизные ванны последнего поколения. Электролизная установка 1 предпочтительно адаптирована к электролизным ваннам 2 последнего поколения. Под электролизными ваннами 2 нового типа понимают электролизные ванны, характеризующиеся при нормальной работе высокой температурой электролизных газов (превышающей 200°C и более  
45 предпочтительно находящейся в интервале 300-400 °C), малым расходом отводимого потока электролизных газов (15 000-50 000 нм<sup>3</sup>/т Al) и/или высокими концентрациями фтороводорода, диоксида серы и пыли внутри этих ванн (превышающими или равными 1000-2000 мг/нм<sup>3</sup>). Электролизные ванны нового типа могут отличаться повышенной

герметичностью исполнения, в частности в отношении комплекса вытяжных зонтов, что объясняет малый расход отводимого потока и его последствия, а именно высокие температуры и концентрации электролизных газов. Электролизные ванны новых типов представляют собой, например, ванны, разработанные заявителем.

5 Как показано на фиг. 1, электролизная установка 1 содержит также контур обработки газов, причем контур обработки газов предназначается для обработки электролизных газов, образующихся в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн 2 в ходе реакции электролиза.

10 В последующем описании выражения "после выхода" и "перед входом" понимают относительно направления движения газов в контуре обработки газов.

Контур обработки газов содержит первую ступень обработки 100, предназначенную для обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, и вторую ступень обработки 102, предназначенную для обработки диоксида серы, содержащегося в электролизных газах.

15 Контур обработки газов содержит контур подачи оксида алюминия, предназначенный для подачи оксида алюминия на первую ступень обработки 100. Таким образом, обработку фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, осуществляют адсорбцией фтора на оксиде алюминия.

20 Первая ступень обработки 100 содержит множество параллельно работающих реакторов 104. Каждый реактор 104 соединен с группой электролизных ванн 2, то есть по меньшей мере с одной электролизной ванной 2 цепочки.

Каждый реактор 104 соединен с индивидуальной группой электролизных ванн 2. Иными словами, каждая группа электролизных ванн 2 работает в связке с индивидуальным реактором 104 из числа реакторов 104.

25 Как показано на фиг. 1 или на фиг. 3, каждый реактор 104 первой ступени обработки 100 имеет:

- первый вход 106, соединенный с соответствующей группой электролизных ванн 2, для сбора электролизных газов, образующихся в группе электролизных ванн 2 в ходе реакции электролиза;

30 - второй вход 108, соединенный с контуром подачи оксида алюминия для подачи в каждый реактор 104 оксида алюминия для связывания фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, адсорбцией на оксиде алюминия;

- первый выход 110 для отвода электролизных газов, обработанных на первой ступени обработки 100, на вторую ступень обработки 102, в направлении, указанном стрелкой 20.

35 Реакторы 104 расположены параллельно относительно друг друга. Таким образом, в каждом реакторе 104 обрабатывается только часть электролизных газов, образующихся в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн 2. Более предпочтительно в каждом реакторе 104 обрабатываются только электролизные газы группы электролизных ванн 2, с которой соединен этот реактор 104, а каждый реактор 104 может быть расположен, следовательно, поблизости от соответствующей группы электролизных ванн 2.

40 Применение первой ступени обработки 100, содержащей множество параллельно работающих реакторов 104, соединенных с индивидуальными группами электролизных ванн 2, с последующей второй ступенью обработки 102 позволяет получать на выходе из контура обработки газов концентрации фтороводорода приблизительно в интервале  $0,5-1,0 \text{ мг/нм}^3$  и диоксида серы меньше  $400 \text{ мг/нм}^3$ .

Контур обработки газов может содержать на выходе газоотводный канал 105.

Каждый реактор 104 предпочтительно предназначен для подогрева оксида алюминия, подаваемого в группу электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104.

Этот подогрев осуществляют в каждом реакторе 104 за счет передачи тепла между электролизными газами, циркулирующими в каждом реакторе 104, и оксидом алюминия, предназначенным для подачи в группу электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104.

Каждый реактор 104 имеет также второй выход 112 для подачи в группу электролизных ванн 2 оксида алюминия, подогретого в реакторе 104 электролизными газами, как показано стрелкой 22 на фиг. 1.

Таким образом, реакторы 104 позволяют подогревать оксид алюминия до температуры электролизных газов, то есть предпочтительно до 200°C и возможно до 300-400 °C, если применяемые электролизные ванны представляют собой электролизные ванны нового типа.

Это уменьшает потребление энергии электролизными ваннами 2, поскольку энергия, принесенная благодаря подогреву оксида алюминия, подаваемого в электролизные ванны 2, отбирается не в самих электролизных ваннах в противоположность предшествующему уровню техники, а от электролизных газов, циркулирующих в контуре обработки электролизных газов. Например, удельное потребление энергии электролизными ваннами 2 может быть, таким образом, снижено приблизительно на 100 кВт·ч/т Al (100 кВт·ч на тонну произведенного алюминия). Подогрев оксида алюминия электролизными газами обеспечивает максимальную утилизацию энергии, обычно рассеиваемой на предшествующем уровне техники.

Этот подогрев позволяет также "сушить" оксид алюминия, то есть удалять часть воды, содержащейся в оксиде алюминия, что позволяет снижать выделение фтороводорода в ванну, причем вода, содержащаяся в оксиде алюминия, представляет собой значительный источник выделения фтороводорода при контакте с электролизной ванной.

Более предпочтительно каждый реактор 104 имеет камеру 114, которая, как показано на фиг. 3, определяет объем, в котором циркулируют одновременно электролизные газы, поступающие из группы электролизных ванн 2, соединенной с каждым реактором 104, и оксид алюминия, предназначенный для подачи в эту группу электролизных ванн 2. Камера 114 предназначена для обеспечения передачи тепла при прямом контакте между электролизными газами и оксидом алюминия, предназначенным для подачи в соответствующую группу электролизных ванн 2.

Таким образом, фтороводород, содержащийся в электролизных газах, обрабатывается посредством оксида алюминия, предназначенного для подачи в электролизные ванны, и в то же самое время происходит передача тепла, обеспечивающего подогрев. Следовательно, оксид алюминия, подаваемый в каждую группу электролизных ванн, представляет собой фторированный оксид алюминия, образующийся в результате адсорбции фтороводорода на оксиде алюминия в реакторе, соединенном с этой группой электролизных ванн.

Фтор, высвобождающийся в каждой группе электролизных ванн 2 в виде газообразного фтороводорода, направляют в ту же самую группу электролизных ванн 2 в виде фторированного оксида алюминия, что позволяет лучше регулировать количество фтора, содержащегося в электролизной ванне.

Для оптимизации подогрева реакторы 104 располагают поблизости от группы электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104. Более точно реакторы 104 располагают на выходе одной или нескольких электролизных ванн 2 группы

электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104.

Каждый реактор 104 предпочтительно расположен менее чем в 40 м, предпочтительно менее чем в 20 м и преимущественно менее чем в 10 м от каждой электролизной ванны 2 группы электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104.

5 Чем ближе реактор 104, в котором осуществляется передача тепла, находится к электролизным ваннам 2, с которыми соединен этот реактор 104, тем менее продолжительно электролизные газы и подогретый оксид алюминия подвергаются охлаждению между ваннами 2 и реактором 104 (в случае электролизных газов) и между реактором 104 и электролизными ваннами 2 (в случае фторированного оксида алюминия). Таким образом улучшается КПД.

Каждый реактор 104 предпочтительно предназначается для разделения электролизных газов, твердых частиц, транспортируемых этими электролизными газами, и фторированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в реактор через второй вход 108.

15 В частности, реакторы 104 приспособлены для отделения электролизных газов, очищенных от фтороводорода, от оксида алюминия и пыли, с высокой степенью, как правило, превышающей 90%, в частности, для избежания рисков отложений.

С этой целью реакторы 104 могут содержать рукавные фильтры для отфильтровывания пыли.

20 Реакторы 104 могут представлять собой стандартные реакторы типа Вентури.

Реакторы 104 предпочтительно представляют собой реакторы циклонного типа аналогично показанному на фиг. 3. Этот вариант обеспечивает эффективное фильтрование при использовании компактных реакторов 104, что позволяет, с одной стороны, размещать реакторы 104 наиболее близко к электролизным ваннам 2 для 25 улучшения подогрева, а с другой стороны, уменьшить площадь, занимаемую электролизной установкой 1.

Стрелка 24 указывает на место ввода оксида алюминия (предпочтительно десульфированного аналогично описанному далее) в реактор 104 через второй вход 108. Оксид алюминия диспергируют комплексом сопел 116 с целью формирования 30 падающего потока частиц.

Стрелка 26 указывает на место ввода, через первый вход 106, электролизных газов, образующихся в группе электролизных ванн 2, соединенной с каждым реактором 104.

Стрелка 20 указывает на линию отведения электролизных газов, очищенных от фтороводорода, через первый выход 110 и трубопровод в направлении второй ступени 35 обработки 102.

Первый вход 108 в данном случае находится на высоте ниже высоты размещения первого выхода 110. Таким образом, в камере 114 реакторов 104 электролизные газы циркулируют в восходящем направлении в противотоке с оксидом алюминия, падающим под действием гравитации ко второму выходу 112 после комплекса сопел 116, 40 размещенных в верхней части реакторов 104.

Камера 114 предназначена для формирования циклона, отделяющего пыль от электролизных газов. Камера 114 содержит стенку 118 в конической части, ведущую ко второму выходу 112.

На уровне второго выхода 112 стрелка 28 указывает на место выхода фторированного оксида алюминия и пыли. Фторированный оксид алюминия вводят в соответствующие электролизные ванны 2 для осуществления реакции электролиза.

Следует отметить, что каждая группа электролизных ванн 2 содержит не более четырех и предпочтительно не более трех электролизных ванн 2 в цепочке

последовательно соединенных электролизных ванн. Следовательно, первая ступень обработки 100 содержит один реактор 104 не более чем на четыре или три электролизные ванны 2.

Этот вариант обеспечивает выгодный компромисс между минимальным числом реакторов 104, обеспечивающим уменьшение затрат, и эффективной обработкой и близким по отношению к каждому реактору размещением электролизных ванн для уменьшения энергопотребления электролизными ваннами.

В случае, когда каждая группа электролизных ванн 2 содержит несколько электролизных ванн 2 и с целью обеспечения расположения реакторов 104 наиболее близко к электролизным ваннам 2, с которыми соединены эти реакторы 104, электролизные ванны 2 каждой группы электролизных ванн 2 представляют собой смежные электролизные ванны цепочки последовательно соединенных электролизных ванн 2.

Согласно предпочтительному варианту осуществления каждая группа электролизных ванн 2 содержит единственную электролизную ванну 2. Иными словами, электролизная установка 1 содержит такое же число реакторов 104, что и электролизных ванн 2, а каждый реактор 104 соединен с индивидуальной электролизной ванной 2.

Этот вариант обеспечивает индивидуальную рециркуляцию фтора, выделяемого каждой электролизной ванной 2, что обеспечивает оптимальную работу каждой электролизной ванны 2.

Соответственно показанному на фиг. 1 контур обработки газов содержит контур подачи оксида алюминия, предназначенный для подачи оксида алюминия на вторую ступень обработки 102. Таким образом, диоксид серы, содержащийся в электролизных газах, обрабатывают адсорбцией диоксида серы на оксиде алюминия.

С этой целью вторая ступень обработки 102 содержит реактор 120, предназначенный для связывания диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия, поступающем из контура подачи оксида алюминия.

Вторая ступень обработки 102 и более точно реактор 120 имеет первый вход 122, соединенный с первой ступенью обработки 100, для впуска электролизных газов, предварительно обработанных на первой ступени обработки 100, на вторую ступень обработки 102, второй вход 124, соединенный с контуром подачи оксида алюминия, для подачи оксида алюминия на вторую ступень обработки 102 для связывания диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия, первый выход 126 для удаления электролизных газов, обработанных на второй ступени обработки 102, то есть электролизных газов, очищенных от фтороводорода и диоксида серы, и второй выход 128 для удаления сульфированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия, введенном на вторую ступень обработки 102.

Вторая 102 ступень обработки следует за первой ступенью обработки 100, то есть размещена после выхода из первой ступени обработки 100. Электролизные газы в обязательном порядке проходят через реакторы 104 первой ступени обработки 100 перед поступлением на вторую ступень обработки 102.

Первая ступень обработки 100 позволила, благодаря множеству параллельно работающих реакторов 104, снизить концентрацию фтороводорода в газах в степени, достаточной для того, чтобы адсорбция диоксида серы на оксиде алюминия обеспечила эффективную обработку диоксида серы на второй ступени обработки 102. На практике предпочтительная адсорбция фтороводорода на оксиде алюминия по сравнению с адсорбцией диоксида серы делает обработку диоксида серы неэффективной, если концентрация фтороводорода слишком велика.

Реактор 120 предпочтительно может быть предназначен для отделения сульфированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции диоксида серы на свежем оксиде алюминия, от электролизных газов, освобожденных от диоксида серы. С этой целью реактор второй ступени обработки 102 может представлять собой реактор циклонного типа, аналогичный реактору 104, показанному на фиг. 3.

Вторая ступень обработки 102 предпочтительно содержит единственный реактор 120 или множество реакторов 120, расположенных бок о бок, что обеспечивает преимущество в отношении компактности.

Стрелка 24 указывает на место ввода оксида алюминия в реактор 120 через второй вход 124. Оксид алюминия диспергируют комплексом сопел 130 с целью формирования падающего потока частиц.

Стрелка 26 указывает на место ввода, через первый вход 122, электролизных газов, предварительно обработанных на первой ступени обработки 100.

Стрелка 20 указывает на линию отведения электролизных газов, очищенных от диоксида серы и фтороводорода, через первый выход 126.

Первый вход 122 находится на высоте ниже высоты размещения первого выхода 126. Таким образом, в камере 132 реактора 120 электролизные газы циркулируют в восходящем направлении в противотоке с оксидом алюминия, падающим под действием гравитации ко второму выходу 128 после комплекса сопел 130, размещенных в верхней части реактора 120.

Камера 132 предназначена для формирования циклона, отделяющего сульфированный оксид алюминия от электролизных газов. Камера 132 содержит стенку 134 в конической части, ведущую ко второму выходу 128.

На уровне второго выхода 128 стрелка 28 указывает на место выхода сульфированного оксида алюминия, образующегося в результате адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия, введенном на вторую ступень обработки 102.

Согласно предпочтительному варианту осуществления электролизная установка 1 содержит устройство 136 десорбции. Устройство десорбции 136 предназначено для обеспечения десорбции серы, связанной сульфированным оксидом алюминия, выходящим из второй ступени обработки 102.

Устройство десорбции 136 имеет вход 138, соединенный со второй ступенью обработки 102, для сбора сульфированного оксида алюминия, образующегося в результате обработки диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия на второй ступени обработки 102, и выход 140, соединенный со вторым входом 108 реакторов 104 первой ступени обработки 100.

Таким образом, оксид алюминия, подаваемый в реакторы 104 первой ступени обработки, представляет собой десульфированный оксид алюминия, выходящий из устройства десорбции 136.

Устройство десорбции 136 адаптировано для десорбции по меньшей мере 80% диоксида серы, адсорбированной оксидом алюминия на второй ступени обработки 102.

Устройство десорбции 136 предназначено для того, чтобы десорбировался только диоксид серы, но не десорбировался остаточный фтор, который мог быть адсорбирован на второй ступени обработки.

Предпочтительно в случае, когда электролизная установка 1 содержит электролизные ванны 2 нового типа и, следовательно, температура внутри реакторов 104 является высокой (превышающей 200°C и более предпочтительно находящейся в интервале 300-400 °C), контур обработки газов может содержать также устройство увлажнения 121,

расположенное между устройством десорбции 136 и реакторами 104, для увлажнения десульфированного оксида алюминия, выходящего из устройства десорбции 136, перед входом оксида алюминия в реакторы 104 первой ступени обработки 100.

Контур циркуляции оксида алюминия электролизной установки 1 служит  
5 одновременно для обработки электролизных газов и подачи оксида алюминия в электролизные ванны 2. Этот контур подачи оксида алюминия содержит:

- необязательное устройство для хранения свежего оксида алюминия, такое как бункер 139, связанный со вторым входом 124 второй ступени обработки 102;
- вторую ступень обработки 102;
- 10 - устройство десорбции 136;
- в случае необходимости устройство увлажнения 121 для увлажнения десульфированного оксида алюминия, выходящего из устройства десорбции 136;
- реакторы 104 первой ступени обработки;
- электролизные ванны 2.

15 Как показано на фиг. 1, свежий оксид алюминия сначала вводят на вторую ступень обработки 102, где его применяют для адсорбции диоксида серы. Сульфированный оксид алюминия, выходящий из второй ступени обработки 102, затем подают в устройство десорбции 136. Десульфированный оксид алюминия, выходящий из  
20 устройства десорбции 136, может быть увлажнен и затем распределен в реакторах 104 первой ступени обработки 100, где этот оксид алюминия адсорбирует фтор электролизных газов, при этом сильно нагреваясь при контакте с этими электролизными газами. Подогретый фторированный оксид алюминия, выходящий из реакторов 104, затем поступает в группу из одной или нескольких электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104, для осуществления реакции электролиза.

25 Согласно предпочтительному варианту осуществления контур обработки газов содержит теплообменник 142, расположенный между первой ступенью обработки 100 и второй ступенью обработки 102.

Теплообменник 142 предпочтительно адаптирован для снижения температуры электролизных газов с 400°C на входе в теплообменник до температуры, меньшей или  
30 равной 100°C и предпочтительно меньшей или равной 70 °C, на выходе из теплообменника.

Электролизная установка 1 предпочтительно содержит единственный теплообменник 142 для большей компактности.

Теплообменник 142 предпочтительно может быть включен в контур циркуляции  
35 текучего теплоносителя. Этот контур циркуляции текучего теплоносителя предназначен для снижения температуры электролизных газов, выходящих из реакторов 104 первой ступени обработки 100, за счет нагревания текучего теплоносителя, циркулирующего в этом контуре циркуляции. Тепло электролизных газов передается текучему теплоносителю. Кроме того, контур циркуляции текучего теплоносителя предназначен  
40 для передачи тепла текучего теплоносителя, предварительно нагретого электролизными газами, десорбирующему текучему агенту, причем этот десорбирующий текучий агент предназначен для ввода в устройство десорбции 136 через второй вход 143 устройства десорбции 136 для осуществления десорбции.

Это позволяет улучшить степень десорбции, при этом утилизируя тепловую энергию  
45 электролизных газов, что улучшает, следовательно, также и энергетический КПД.

Текущий теплоноситель представляет собой, например, воду.

Отделение десорбцией преимущественно может быть осуществлено при прямом контакте между сульфированным оксидом алюминия и десорбирующим текучим

агентом.

Десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар. Таким образом, стадию десорбции осуществляют, воздействуя на сульфированный оксид алюминия перегретым водяным паром, то есть водяным паром с температурой, превышающей или равной 120 °С.

Стрелка 30 на фиг. 1 указывает на место входа холодного десорбирующего текучего агента в теплообменник 142. Стрелка 32 указывает на десорбирующий текучий агент, например на перегретый водяной пар, нагретый текучим теплоносителем, который в свою очередь нагрет электролизными газами, циркулирующими в теплообменнике 142. Как указано стрелкой 32, десорбирующий текучий агент поступает в устройство десорбции 136.

Альтернативным образом десорбирующий текучий агент, предназначенной для ввода в устройство десорбции 136, может представлять собой горячий газ или смесь горячих газов, например азот. Следует отметить, что под горячими газами понимают газы, температура которых равна по меньшей мере 350 °С и предпочтительно равна по меньшей мере 400 °С. Температура горячих газов фактически адаптирована для осуществления десорбции диоксида серы. Эта температура превышает температуру десорбции диоксида серы, то есть превышает 200 °С; эта температура находится, например, в интервале 400-700 °С и возможно 400-1000 °С.

Электролизная установка 1 может содержать блок обработки 144, предназначенный для обработки десорбирующего текучего агента, служащего для десорбции диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия. С этой целью устройство десорбции 136 имеет выход 146, отводящий один или несколько побочных продуктов десорбции в блок обработки 144. Например, в случае водяного пара блок обработки 144 предпочтительно представляет собой устройство сбора серной кислоты, позволяющее собирать серную кислоту, образующуюся в результате десорбции водяным паром, с целью утилизации этой серной кислоты.

Контур обработки газов предпочтительно содержит устройство увлажнения 148 перед второй ступенью обработки 102 с целью улучшения степени обработки диоксида серы на второй ступени обработки 102.

Как показано на фиг. 1, контур обработки газов предпочтительно содержит третью ступень обработки 150. Третья ступень обработки 150 предназначена для обработки диоксида углерода, содержащегося в электролизных газах.

Третья ступень обработки 150 имеет вход 152, соединенный с первым выходом 126 второй ступени обработки 102, для приема электролизных газов, предварительно обработанных на второй ступени обработки 102, и выход 154 для удаления электролизных газов, очищенных от диоксида углерода, диоксида серы и фтороводорода, в газоотводный канал 105.

Третья ступень обработки 150 содержит, например, абсорбционную колонну.

Способ обработки электролизных газов, выделяющихся в электролизных ваннах 2 цепочки последовательно соединенных электролизных ванн электролизной установки 1, в частности электролизной установки 1, отличающейся всем комплексом или частью отличительных признаков, описан далее. При этом одни и те же элементы обозначены далее одними и теми же идентификаторами.

Способ включает стадии, на которых:

- обрабатывают фтороводород, содержащийся в электролизных газах, на первой ступени обработки 100;

- обрабатывают диоксид серы, содержащийся в электролизных газах, на второй

ступени обработки 102.

Кроме того, стадия, состоящая в обработке фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки 100, включает обработку фтороводорода параллельно во множестве реакторов 104, причем каждый реактор соединен с группой электролизных ванн 2 цепочки последовательно соединенных электролизных ванн, а каждая группа электролизных ванн 2 содержит одну или несколько электролизных ванн 2 цепочки последовательно соединенных электролизных ванн.

Каждый реактор 104 соединен с группой электролизных ванн 2, то есть по меньшей мере с одной электролизной ванной 2 цепочки.

Каждый реактор 104 соединен с индивидуальной группой электролизных ванн 2. Иными словами, каждая группа электролизных ванн 2 работает в связке с индивидуальным реактором 104 из числа реакторов 104.

Кроме того, способ может включать стадию подогрева оксида алюминия, предназначенного для подачи в электролизные ванны каждой группы электролизных ванн 2, за счет передачи тепла между оксидом алюминия и электролизными газами, собранными в реакторе 104, соединенном с соответствующей группой электролизных ванн 2.

Этот подогрев позволяет уменьшить удельное потребление энергии электролизными ваннами, а также "сушить" оксид алюминия, что позволяет понижать выделение фтороводорода в электролизной ванне аналогично поясненному ранее.

Подогрев может быть осуществлен в каждом из реакторов 104 первой ступени обработки 100.

Следует отметить, что передачу тепла осуществляют предпочтительно прямым контактом между оксидом алюминия, предназначенным для подачи в электролизные ванны 2, и электролизными газами, циркулирующими в реакторах 104.

Таким образом, оксид алюминия, предназначенный для подачи в электролизные ванны 2, вводят в реакторы 104 первой ступени обработки 100, где этот оксид алюминия адсорбирует фтор, содержащийся в электролизных газах.

Способ предпочтительно предусматривает в каждом реакторе 104 первой ступени обработки стадию, на которой разделяют электролизные газы, твердые частицы, транспортируемые этими электролизными газами, и фторированный оксид алюминия, образующийся после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в каждый реактор 104.

Согласно предпочтительному варианту осуществления стадия обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки 100 включает обработку фтороводорода в реакторе 104, соединенном с одной электролизной ванной 2.

Таким образом, способ включает индивидуальную обработку электролизных ванн 2. Иными словами, каждая группа электролизных ванн 2 содержит единственную электролизную ванну 2, то есть имеется один реактор 104 первой ступени обработки 100 на одну электролизную ванну 2.

Способ может включать стадию, на которой в электролизные ванны 2 подают только фторированный оксид алюминия, образующийся в результате адсорбции фтороводорода на оксиде алюминия.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает:

- связывание диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия в реакторе 120 второй ступени обработки 102 для получения электролизных газов, очищенных от диоксида

серы, с одной стороны, и сульфированного оксида алюминия, с другой стороны;

- отделение десорбцией диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия, в устройстве десорбции 136 для получения десульфированного оксида алюминия;

5 - ввод десульфированного оксида алюминия в реакторы 104 первой ступени обработки 100 с целью адсорбции фтора, содержащегося в электролизных газах, и получения фторированного оксида алюминия;

- подачу фторированного оксида алюминия после реакторов 104 первой ступени обработки 100 в электролизные ванны 2 для введения оксида алюминия в реакцию электролиза.

10 Отделение десорбцией преимущественно может быть осуществлено при прямом контакте между сульфированным оксидом алюминия и десорбирующим текучим агентом.

Способ предпочтительно включает стадию, на которой охлаждают электролизные газы перед входом электролизных газов на вторую ступень обработки 102 между первой ступенью обработки 100 и второй ступенью обработки 102 в теплообменнике 142.

Эта стадия охлаждения электролизных газов может быть осуществлена за счет передачи тепла между электролизными газами и текучим теплоносителем с целью нагревания текучего теплоносителя, причем способ включает также стадию передачи 20 тепла текучего теплоносителя, нагретого таким образом, десорбирующему текучему агенту, предназначенному для ввода в устройство десорбции 136 для отделения десорбцией серы, находящейся на сульфированном оксиде алюминия.

Таким образом, энергия, необходимая для десорбции, поступает из теплообменника 142, что позволяет улучшить энергетический КПД.

25 Десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар.

Способ может включать стадию увлажнения электролизных газов перед стадией обработки диоксида серы, содержащегося в электролизных газах, на второй ступени обработки 102 предпочтительно в устройстве увлажнения 148, расположенном между первой ступенью обработки 100 и второй ступенью обработки 102 и в случае 30 необходимости после теплообменника 142.

Способ может включать стадию увлажнения десульфированного оксида алюминия, предназначенного для подачи в реакторы 104 первой ступени обработки 100. Эта стадия увлажнения может быть осуществлена в устройстве увлажнения 121, расположенном между устройством десорбции 136, на выходе после него, и реакторами 104 первой 35 ступени обработки 100.

Способ предпочтительно включает стадию улавливания диоксида углерода, содержащегося в электролизных газах, предпочтительно на третьей ступени обработки 150, которая может содержать абсорбционную колонну.

40 Кроме того, способ может включать любую другую стадию, указанную в представленном ранее подробном описании электролизной установки 1.

Настоящее изобретение относится ко второй электролизной установке 1000 и предпочтительно к установке по производству алюминия, предназначенной для получения алюминия электролизом. Элементы, являющиеся одинаковыми для электролизной установки 1, описанной ранее, и для второй электролизной установки 45 1000, описанной далее, обозначены одними и теми же идентификаторами.

Аналогично электролизной установке 1 вторая электролизная установка 1000 содержит цепочку последовательно соединенных электролизных ванн 2, предназначенных для получения алюминия электролизом. Эта цепочка последовательно

соединенных электролизных ванн 2 предназначена для пропуска тока электролиза, сила которого может достигать нескольких сотен тысяч ампер.

На фиг. 2 показан пример электролизной ванны 2, предназначенной для производства алюминия электролизом, аналогичной описанной ранее.

5 Электролизные ванны 2 могут представлять собой электролизные ванны предшествующего поколения.

Электролизные ванны 2 предпочтительно представляют собой электролизные ванны последнего поколения, аналогичные описанным ранее в связи с электролизной установкой 1. Электролизные ванны новых типов представляют собой, например,  
10 ванны, разработанные заявителем. Электролизная установка 1000 предпочтительно адаптирована к электролизным ваннам 2 последнего поколения.

Как и электролизная установка 1, описанная ранее и показанная на фиг. 1, электролизная установка 1000 содержит также контур обработки газов, причем контур обработки газов предназначается для обработки электролизных газов, образующихся  
15 в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн 2 в ходе реакции электролиза.

Контур обработки газов содержит первую ступень обработки 100, предназначенную для обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, и вторую ступень обработки 102, предназначенную для обработки диоксида серы, содержащегося в  
20 электролизных газах.

Контур обработки газов содержит контур подачи оксида алюминия, предназначенный для подачи оксида алюминия на первую ступень обработки 100. Таким образом, обработку фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, осуществляют адсорбцией фтора на оксиде алюминия.

25 Кроме того, контур подачи предназначается для подачи оксида алюминия на вторую ступень обработки 102, при этом вторая электролизная установка 1000 содержит теплообменник 142, размещенный между первой ступенью обработки 100 и второй ступенью обработки 102.

30 Как более подробно было описано ранее, размещение теплообменника после первой ступени обработки 100 и перед второй ступенью обработки 102 в значительной степени улучшает характеристики обработки электролизных газов и энергетический КПД такой обработки.

В то же время, вторая электролизная установка 1000 может отличаться также всем комплексом или частью особенностей и преимуществ электролизной установки 1,  
35 описанной ранее.

Так, например, первая ступень обработки 100 может содержать множество параллельно работающих реакторов 104. Каждый реактор 104 соединен с группой электролизных ванн 2, то есть с одной или несколькими электролизными ваннами 2 цепочки.

40 Каждый реактор 104 соединен с индивидуальной группой электролизных ванн 2. Иными словами, каждая группа электролизных ванн 2 работает в связке с индивидуальным реактором 104 из числа реакторов 104.

Как показано на фиг. 1 или на фиг. 3, каждый реактор 104 первой ступени обработки 100 имеет:

- 45
- первый вход 106, соединенный с соответствующей группой электролизных ванн 2, для сбора электролизных газов, образующихся в группе электролизных ванн 2;
  - второй вход 108, соединенный с контуром подачи оксида алюминия для подачи в каждый реактор 104 оксида алюминия для связывания фтороводорода, содержащегося

в электролизных газах, адсорбцией на оксиде алюминия;

- первый выход 110 для отвода электролизных газов, обработанных на первой ступени обработки 100, на вторую ступень обработки 102, в направлении, указанном стрелкой 20.

5 Реакторы 104 расположены параллельно относительно друг друга. Таким образом, в каждом реакторе 104 обрабатывается только часть электролизных газов, образующихся в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн 2. Более предпочтительно в каждом реакторе 104 обрабатываются только электролизные газы группы электролизных ванн 2, с которой соединен этот реактор 104, а каждый реактор  
10 104 может быть расположен, следовательно, поблизости от соответствующей группы электролизных ванн 2.

Применение первой ступени обработки 100, содержащей множество параллельно работающих реакторов 104, соединенных с индивидуальными группами электролизных ванн 2, с последующей второй ступенью обработки 102 позволяет получать на выходе  
15 из контура обработки газов концентрации фтороводорода приблизительно в интервале 0,5-1,0 мг/нм<sup>3</sup> и диоксида серы меньше 400 мг/нм<sup>3</sup>.

Контур обработки газов может содержать на выходе газоотводный канал 105.

Каждый реактор 104 предпочтительно предназначен для подогрева оксида алюминия, подаваемого в группу электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104.  
20 Этот подогрев осуществляют в каждом реакторе 104 за счет передачи тепла между электролизными газами, циркулирующими в каждом реакторе 104, и оксидом алюминия, предназначенным для подачи в группу электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104.

Каждый реактор 104 имеет также второй выход 112 для подачи в группу  
25 электролизных ванн 2 оксида алюминия, подогретого в реакторе 104 электролизными газами, как показано стрелкой 22 на фиг. 1.

Таким образом, реакторы 104 позволяют подогревать оксид алюминия до температуры электролизных газов, то есть предпочтительно до 200°C и возможно до  
30 300-400 °C, если применяемые электролизные ванны представляют собой электролизные ванны нового типа.

Это уменьшает потребление энергии электролизными ваннами 2, поскольку энергия, принесенная благодаря подогреву оксида алюминия, подаваемого в электролизные  
ванны 2, отбирается не в самих электролизных ваннах в противоположность предшествующему уровню техники, а от электролизных газов, циркулирующих в  
35 контуре обработки электролизных газов. Например, удельное потребление энергии электролизными ваннами 2 может быть, таким образом, снижено приблизительно на 100 кВт·ч/т Al (100 кВт·ч на тонну произведенного алюминия). Подогрев оксида алюминия электролизными газами обеспечивает максимальную утилизацию энергии, обычно рассеиваемой на предшествующем уровне техники.

40 Этот подогрев позволяет также "сушить" оксид алюминия, то есть удалять часть воды, содержащейся в оксиде алюминия, что позволяет снижать выделение фтороводорода в ванну, причем вода, содержащаяся в оксиде алюминия, представляет собой значительный источник выделения фтороводорода при контакте с электролизной ванной.

45 Более предпочтительно каждый реактор 104 имеет камеру 114, которая, как показано на фиг. 3, ограничивает объем, в котором циркулируют одновременно электролизные газы, поступающие из группы электролизных ванн 2, соединенной с каждым реактором 104, и оксид алюминия, предназначенный для подачи в эту группу электролизных ванн

2. Камера 114 предназначена для обеспечения передачи тепла при прямом контакте между электролизными газами и оксидом алюминия, предназначенным для подачи в соответствующую группу электролизных ванн 2.

5 Таким образом, фтороводород, содержащийся в электролизных газах, обрабатывается посредством оксида алюминия, предназначенного для подачи в электролизные ванны, и в то же самое время происходит передача тепла, обеспечивающего подогрев. Следовательно, оксид алюминия, подаваемый в каждую группу электролизных ванн, представляет собой фторированный оксид алюминия, образующийся в результате адсорбции фтороводорода на оксиде алюминия в реакторе, соединенном с этой группой  
10 электролизных ванн.

Фтор, высвобождающийся в каждой группе электролизных ванн 2 в виде газообразного фтороводорода, направляют в ту же самую группу электролизных ванн 2 в виде фторированного оксида алюминия, что позволяет лучше регулировать количество фтора, содержащегося в электролизной ванне.

15 Для оптимизации подогрева реакторы 104 располагают поблизости от группы электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104. Более точно реакторы 104 располагают на выходе одной или нескольких электролизных ванн 2 группы электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104.

Каждый реактор 104 предпочтительно расположен менее чем в 40 м, предпочтительно  
20 менее чем в 20 м и преимущественно менее чем в 10 м от каждой электролизной ванны 2 группы электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104.

Чем ближе реактор 104, в котором осуществляется передача тепла, находится к электролизным ваннам 2, с которыми соединен этот реактор 104, тем менее  
25 продолжительно электролизные газы и подогретый оксид алюминия подвергаются охлаждению между ваннами 2 и реактором 104 (в случае электролизных газов) и между реактором 104 и электролизными ваннами 2 (в случае фторированного оксида алюминия). Таким образом улучшается КПД.

Трубопроводы, обеспечивающие транспортировку оксида алюминия от реактора до электролизных ванн, предпочтительно теплоизолируют, окружая трубопроводы  
30 теплоизоляцией. Эти трубопроводы предпочтительно не связаны с бункером или другим хранилищем.

Каждый реактор 104 предпочтительно предназначается для разделения электролизных газов, твердых частиц, транспортируемых этими электролизными газами, и фторированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции фтора на оксиде  
35 алюминия, введенном в реактор через второй вход 108.

В частности, реакторы 104 приспособлены для отделения электролизных газов, очищенных от фтороводорода, от оксида алюминия и пыли, с высокой степенью, как правило, превышающей 90%, в частности, для избежания рисков отложений.

С этой целью реакторы 104 могут содержать рукавные фильтры для  
40 отфильтровывания пыли.

Реакторы 104 могут представлять собой стандартные реакторы типа Вентури.

Реакторы 104 предпочтительно представляют собой реакторы циклонного типа аналогично показанному на фиг. 3. Этот вариант обеспечивает эффективное  
45 фильтрование при использовании компактных реакторов 104, что позволяет, с одной стороны, размещать реакторы 104 наиболее близко к электролизным ваннам 2 для улучшения подогрева, а с другой стороны, уменьшить площадь, занимаемую второй электролизной установкой 1000.

Стрелка 24 указывает на место ввода оксида алюминия (предпочтительно

десульфированного аналогично описанному далее) в реактор 104 через второй вход 108. Оксид алюминия диспергируют комплексом сопел 116 с целью формирования падающего потока частиц.

5 Стрелка 26 указывает на место ввода, через первый вход 106, электролизных газов, образующихся в группе электролизных ванн 2, соединенной с каждым реактором 104.

Стрелка 20 указывает на линию отведения электролизных газов, очищенных от фтороводорода, через первый выход 110 и трубопровод в направлении второй ступени обработки 102.

10 Первый вход 108 в данном случае находится на высоте ниже высоты размещения первого выхода 110. Таким образом, в камере 114 реакторов 104 электролизные газы циркулируют в восходящем направлении в противотоке с оксидом алюминия, падающим под действием гравитации ко второму выходу 112 после комплекса сопел 116, размещенных в верхней части реакторов 104.

15 Камера 114 предназначена для формирования циклона, отделяющего пыль от электролизных газов. Камера 114 содержит стенку 118 в конической части, ведущую ко второму выходу 112.

На уровне второго выхода 112 стрелка 28 указывает на место выхода фторированного оксида алюминия и пыли. Затем фторированный оксид алюминия вводят в соответствующие электролизные ванны 2 для осуществления реакция электролиза.

20 Следует отметить, что каждая группа электролизных ванн 2 содержит не более четырех и предпочтительно не более трех электролизных ванн 2 в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн. Следовательно, первая ступень обработки 100 содержит один реактор 104 не более чем на четыре или три электролизные ванны 2.

25 Этот вариант обеспечивает выгодный компромисс между минимальным числом реакторов 104, обеспечивающим уменьшение затрат, и эффективной обработкой и близким по отношению к каждому реактору размещением электролизных ванн для уменьшения энергопотребления электролизными ваннами.

30 В случае, когда каждая группа электролизных ванн 2 содержит несколько электролизных ванн 2 и с целью обеспечения расположения реакторов 104 наиболее близко к электролизным ваннам 2, с которыми соединены эти реакторы 104, электролизные ванны 2 каждой группы электролизных ванн 2 представляют собой смежные электролизные ванны цепочки последовательно соединенных электролизных ванн 2.

35 Согласно предпочтительному варианту осуществления каждая группа электролизных ванн 2 содержит единственную электролизную ванну 2. Иными словами, вторая электролизная установка 1000 содержит такое же число реакторов 104, что и электролизных ванн 2, а каждый реактор 104 соединен с индивидуальной электролизной ванной 2.

40 Этот вариант обеспечивает индивидуальную рециркуляцию фтора, выделяемого каждой электролизной ванной 2, что обеспечивает оптимальную работу каждой электролизной ванны 2.

Соответственно показанному на фиг. 1 контур обработки газов содержит контур подачи оксида алюминия, предназначенный для подачи оксида алюминия на вторую ступень обработки 102. Таким образом, диоксид серы, содержащийся в электролизных газах, обрабатывают адсорбцией диоксида серы на оксиде алюминия.

С этой целью вторая ступень обработки 102 содержит реактор 120, предназначенный для связывания диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия, поступающем из

контура подачи оксида алюминия.

Вторая ступень обработки 102 и более точно реактор 120 имеет первый вход 122, соединенный с первой ступенью обработки 100, для впуска электролизных газов, предварительно обработанных на первой ступени обработки 100, на вторую ступень  
5 обработки 102, второй вход 124, соединенный с контуром подачи оксида алюминия, для подачи оксида алюминия на вторую ступень обработки 102 для связывания диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия, первый выход 126 для удаления электролизных газов, обработанных на второй ступени обработки 102, то есть электролизных газов, очищенных от фтороводорода и диоксида серы, и второй выход 128 для удаления  
10 сульфированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия, введенном на вторую ступень обработки 102.

Вторая 102 ступень обработки следует за первой ступенью обработки 100, то есть размещена после выхода из первой ступени обработки 100. Электролизные газы в обязательном порядке проходят через реакторы 104 первой ступени обработки 100  
15 перед поступлением на вторую ступень обработки 102.

Первая ступень обработки 100 позволила, благодаря множеству параллельно работающих реакторов 104, снизить концентрацию фтороводорода в газах в степени, достаточной для того, чтобы адсорбция диоксида серы на оксиде алюминия обеспечила эффективную обработку диоксида серы на второй ступени обработки 102. На практике  
20 предпочтительная адсорбция фтороводорода на оксиде алюминия по сравнению с адсорбцией диоксида серы делает обработку диоксида серы неэффективной, если концентрация фтороводорода слишком велика.

Реактор 120 предпочтительно может быть предназначен для отделения сульфированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции диоксида серы  
25 на свежем оксиде алюминия, от электролизных газов, освобожденных от диоксида серы. С этой целью реактор второй ступени обработки 102 может представлять собой реактор циклонного типа, аналогичный реактору 104, показанному на фиг. 3.

Вторая ступень обработки 102 предпочтительно содержит единственный реактор 120 или множество реакторов 120, расположенных бок о бок, что обеспечивает  
30 преимущество в отношении компактности.

Стрелка 24 указывает на место ввода оксида алюминия в реактор 120 через второй вход 124. Оксид алюминия диспергируют комплексом сопел 130 с целью формирования падающего потока частиц.

Стрелка 26 указывает на место ввода, через первый вход 122, электролизных газов,  
35 предварительно обработанных на первой ступени обработки 100.

Стрелка 20 указывает на линию отведения электролизных газов, очищенных от диоксида серы и фтороводорода, через первый выход 126.

Первый вход 122 находится на высоте ниже высоты размещения первого выхода 126. Таким образом, в камере 132 реактора 120 электролизные газы циркулируют в  
40 восходящем направлении в противотоке с оксидом алюминия, падающим под действием гравитации ко второму выходу 128 после комплекса сопел 130, размещенных в верхней части реактора 120.

Камера 132 предназначена для формирования циклона, отделяющего сульфированный оксид алюминия от электролизных газов. Камера 132 содержит стенку 134 в конической  
45 части, ведущую ко второму выходу 128.

На уровне второго выхода 128 стрелка 28 указывает на место выхода сульфированного оксида алюминия, образующегося в результате адсорбции диоксида серы на оксиде алюминия, введенном на вторую ступень обработки 102.

Согласно предпочтительному варианту осуществления вторая электролизная установка 1000 содержит устройство 136 десорбции. Устройство десорбции 136 предназначено для обеспечения десорбции серы, связанной сульфированным оксидом алюминия, выходящим из второй ступени обработки 102.

5 Устройство десорбции 136 имеет вход 138, соединенный со второй ступенью обработки 102, для сбора сульфированного оксида алюминия, образующегося в результате обработки диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия на второй ступени обработки 102, и выход 140, соединенный со вторым входом 108 реакторов 104 первой ступени обработки 100.

10 Таким образом, оксид алюминия, подаваемый в реакторы 104 первой ступени обработки, представляет собой десульфированный оксид алюминия, выходящий из устройства десорбции 136.

Устройство десорбции 136 адаптировано для десорбции по меньшей мере 80% диоксида серы, адсорбированной оксидом алюминия на второй ступени обработки 15 102.

Устройство десорбции 136 предназначено для того, чтобы десорбировался только диоксид серы, но не десорбировался остаточный фтор, адсорбированный на второй ступени обработки 102.

В случае, когда вторая электролизная установка 1000 содержит электролизные ванны 20 2 нового типа и, следовательно, температура внутри реакторов 104 является высокой, контур обработки газов предпочтительно может содержать также устройство увлажнения 121, расположенное между устройством десорбции 136 и реакторами 104, для увлажнения десульфированного оксида алюминия, выходящего из устройства десорбции 136, перед входом оксида алюминия в реакторы 104 первой ступени обработки 25 100.

Контур циркуляции оксида алюминия второй электролизной установки 1000 служит одновременно для обработки электролизных газов и подачи оксида алюминия в электролизные ванны 2. Этот контур подачи оксида алюминия содержит:

- 30 - необязательное устройство для хранения свежего оксида алюминия, такое как бункер 139, связанный со вторым входом 124 второй ступени обработки 102;
- вторую ступень обработки 102;
- устройство десорбции 136;
- в случае необходимости устройство увлажнения 121 для увлажнения десульфированного оксида алюминия, выходящего из устройства десорбции 136;
- 35 - реакторы 104 первой ступени обработки;
- электролизные ванны 2.

Как показано на фиг. 1, свежий оксид алюминия сначала вводят на вторую ступень обработки 102, где его применяют для адсорбции диоксида серы. Сульфированный оксид алюминия, выходящий из второй ступени обработки 102, затем подают в 40 устройство десорбции 136. Десульфированный оксид алюминия, выходящий из устройства десорбции 136, может быть увлажнен, затем распределен в реакторах 104 первой ступени обработки 100, где этот оксид алюминия адсорбирует фтор электролизных газов, при этом сильно нагреваясь при контакте с этими электролизными газами. Подогретый фторированный оксид алюминия, выходящий из реакторов 104, 45 затем поступает в группу из одной или нескольких электролизных ванн 2, с которой соединен каждый реактор 104, для осуществления реакции электролиза.

Теплообменник 142 предпочтительно адаптирован для снижения температуры электролизных газов с 400°C на входе в теплообменник до температуры, меньшей или

равной 100°C и предпочтительно меньшей или равной 70 °С, на выходе из теплообменника.

Вторая электролизная установка 1000 предпочтительно содержит единственный теплообменник 142 для большей компактности.

5 Теплообменник 142 предпочтительно может быть включен в контур циркуляции текучего теплоносителя. Этот контур циркуляции текучего теплоносителя предназначен для снижения температуры электролизных газов, выходящих из реакторов 104 первой ступени обработки 100, за счет нагревания текучего теплоносителя, циркулирующего в этом контуре циркуляции. Тепло электролизных газов передается текучему  
10 теплоносителя. Кроме того, контур циркуляции текучего теплоносителя предназначен для передачи тепла текучего теплоносителя, предварительно нагретого электролизными газами, десорбирующему текучему агенту, причем этот десорбирующий текучий агент предназначен для ввода в устройство десорбции 136 через второй вход 143 устройства десорбции 136 для осуществления десорбции.

15 Это позволяет улучшить степень десорбции, при этом утилизируя тепловую энергию электролизных газов, что улучшает, следовательно, также и энергетический КПД.

Текущий теплоноситель представляет собой, например, воду.

Отделение десорбцией преимущественно может быть осуществлено при прямом контакте между сульфированным оксидом алюминия и десорбирующим текучим  
20 агентом.

Десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар. Таким образом, стадию десорбции осуществляют, воздействуя на сульфированный оксид алюминия перегретым водяным паром, то есть водяным паром с температурой, превышающей или равной 120 °С.

25 Стрелка 30 на фиг. 1 указывает на место входа холодного десорбирующего текучего агента в теплообменник 142. Стрелка 32 указывает на десорбирующий текучий агент, например на перегретый водяной пар, нагретый текучим теплоносителем, который в свою очередь нагрет электролизными газами, циркулирующими в теплообменнике 142. Как указано стрелкой 32, десорбирующий текучий агент поступает в устройство  
30 десорбции 136.

Альтернативным образом десорбирующий текучий агент, предназначенной для ввода в устройство десорбции 136, может представлять собой горячий газ или смесь горячих газов, например азот. Следует отметить, что под горячими газами понимают газы, температура которых равна по меньшей мере 350°C и предпочтительно равна по  
35 меньшей мере 400 °С. Температура горячих газов фактически адаптирована для осуществления десорбции диоксида серы. Эта температура превышает температуру десорбции диоксида серы, то есть превышает 200 °С; эта температура находится, например, в интервале 400-700°C и возможно 400-1000 °С.

Вторая электролизная установка 1000 может содержать блок обработки 144,  
40 предназначенный для обработки десорбирующего текучего агента, служащего для десорбции диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия. С этой целью устройство десорбции 136 имеет выход 146, отводящий один или несколько побочных продуктов десорбции в блок обработки 144. Например, в случае водяного пара блок обработки 144 предпочтительно представляет собой устройство сбора серной  
45 кислоты, позволяющее собирать серную кислоту, образующуюся в результате десорбции водяным паром, с целью утилизации этой серной кислоты.

Контур обработки газов предпочтительно содержит устройство увлажнения 148 перед второй ступенью обработки 102 с целью улучшения степени обработки диоксида

серы на второй ступени обработки 102.

Как показано на фиг. 1, контур обработки газов предпочтительно содержит третью ступень обработки 150. Третья ступень обработки 150 предназначена для обработки диоксида углерода, содержащегося в электролизных газах.

5 Третья ступень обработки 150 имеет вход 152, соединенный с первым выходом 126 второй ступени обработки 102, для приема электролизных газов, предварительно обработанных на второй ступени обработки 102, и выход 154 для удаления электролизных газов, очищенных от диоксида углерода, диоксида серы и фтороводорода, в газоотводный канал 105.

10 Третья ступень обработки 150 содержит, например, абсорбционную колонну.

Настоящее изобретение относится также ко второму способу обработки электролизных газов, выделяющихся в электролизных ваннах 2 цепочки последовательно соединенных электролизных ванн электролизной установки 1000, в частности второй электролизной установки 1000, описанной ранее. При этом одни и те же элементы

15 обозначены далее одними и теми же идентификаторами.

Аналогично описанному ранее способу указанный второй способ включает стадии, на которых:

- обрабатывают фтороводород, содержащийся в электролизных газах, на первой ступени обработки 100;

20 - обрабатывают диоксид серы, содержащийся в электролизных газах, на второй ступени обработки 102.

Второй способ отличается тем, что он включает стадию, на которой электролизные газы охлаждают в теплообменнике после обработки электролизных газов на первой ступени обработки и перед обработкой электролизных газов на второй ступени

25 обработки.

Эта стадия охлаждения может быть осуществлена в теплообменнике 142.

В то же время, второй способ может отличаться всем комплексом или частью особенностей и преимуществ способа, описанного ранее.

30 Так, например, стадия обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки 100 может включать обработку фтороводорода параллельно во множестве реакторов 104, причем каждый реактор соединен с группой электролизных ванн 2 цепочки последовательно соединенных электролизных ванн, а каждая группа электролизных ванн 2 содержит одну или несколько электролизных ванн 2 цепочки последовательно соединенных электролизных ванн.

35 Каждый реактор 104 соединен с группой электролизных ванн 2, то есть по меньшей мере с одной электролизной ванной 2 цепочки.

Каждый реактор 104 соединен с индивидуальной группой электролизных ванн 2. Иными словами, каждая группа электролизных ванн 2 работает в связке с индивидуальным реактором 104 из числа реакторов 104.

40 Кроме того, второй способ может включать стадию подогрева оксида алюминия, предназначенного для подачи в электролизные ванны каждой группы электролизных ванн 2, за счет передачи тепла между оксидом алюминия и электролизными газами, собранными в реакторе 104, соединенном с соответствующей группой электролизных ванн 2.

45 Этот подогрев позволяет уменьшить удельное потребление энергии электролизными ваннами, а также "сушить" оксид алюминия, что позволяет понижать выделение фтороводорода в электролизной ванне аналогично поясненному ранее.

Подогрев может быть осуществлен в каждом из реакторов 104 первой ступени

обработки 100.

Следует отметить, что передачу тепла осуществляют предпочтительно прямым контактом между оксидом алюминия, предназначенным для подачи в электролизные ванны 2, и электролизными газами, циркулирующими в реакторах 104.

5 Таким образом, оксид алюминия, предназначенный для подачи в электролизные ванны 2, вводят в реакторы 104 первой ступени обработки 100, где этот оксид алюминия адсорбирует фтор, содержащийся в электролизных газах.

10 Второй способ предпочтительно предусматривает в каждом реакторе 104 первой ступени обработки стадию, на которой разделяют электролизные газы, твердые частицы, транспортируемые этими электролизными газами, и фторированный оксид алюминия, образующийся после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в каждый реактор 104.

15 Согласно предпочтительному варианту осуществления стадия обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки 100 включает обработку фтороводорода в реакторе 104, соединенном с одной электролизной ванной 2.

20 Таким образом, второй способ включает индивидуальную обработку электролизных ванн 2. Иными словами, каждая группа электролизных ванн 2 содержит единственную электролизную ванну 2, то есть имеется один реактор 104 первой ступени обработки 100 на одну электролизную ванну 2.

Второй способ может включать стадию, на которой в электролизные ванны 2 подают только фторированный оксид алюминия, образующийся в результате адсорбции фтороводорода на оксиде алюминия.

Согласно предпочтительному варианту осуществления второй способ включает:

25 - связывание диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия в реакторе 120 второй ступени обработки 102 для получения электролизных газов, очищенных от диоксида серы, с одной стороны, и сульфированного оксида алюминия, с другой стороны;

30 - отделение десорбцией диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия, в устройстве десорбции 136 для получения десульфированного оксида алюминия;

- ввод десульфированного оксида алюминия в реакторы 104 первой ступени обработки 100 с целью адсорбции фтора, содержащегося в электролизных газах, и получения фторированного оксида алюминия;

35 - подачу фторированного оксида алюминия после реакторов 104 первой ступени обработки 100 в электролизные ванны 2 для введения оксида алюминия в реакцию электролиза.

40 Стадия охлаждения электролизных газов может быть осуществлена за счет передачи тепла между электролизными газами и текучим теплоносителем с целью нагревания текучего теплоносителя, причем способ включает также стадию передачи тепла текучего теплоносителя, нагретого таким образом, десорбирующему текучему агенту, предназначенному для ввода в устройство десорбции 136 для отделения десорбцией серы, находящейся на сульфированном оксиде алюминия.

Таким образом, энергия, необходимая для десорбции, поступает из теплообменника 142, что позволяет улучшить энергетический КПД.

45 Отделение десорбцией преимущественно может быть осуществлено при прямом контакте между сульфированным оксидом алюминия и десорбирующим текучим агентом.

Десорбирующий текучий агент предпочтительно представляет собой водяной пар.

Второй способ может включать стадию увлажнения электролизных газов перед стадией обработки диоксида серы, содержащегося в электролизных газах, на второй ступени обработки 102 предпочтительно в устройстве увлажнения 148, расположенном между первой ступенью обработки 100 и второй ступенью обработки 102 после теплообменника 142.

Второй способ может включать стадию увлажнения десульфированного оксида алюминия, предназначенного для подачи в реакторы 104 первой ступени обработки 100. Эта стадия увлажнения может быть осуществлена в устройстве увлажнения 121, расположенном между устройством десорбции 136, на выходе после него, и реакторами 104 первой ступени обработки 100.

Второй способ предпочтительно включает стадию улавливания диоксида углерода, содержащегося в электролизных газах, предпочтительно на третьей ступени обработки 150, которая может содержать абсорбционную колонну.

Кроме того, второй способ может включать любую другую стадию, указанную в представленном ранее подробном описании второй электролизной установки 1000.

Разумеется, настоящее изобретение ни в коей мере не ограничивается вариантом осуществления, описанным ранее, причем указанный вариант осуществления приведен только в качестве примера. При этом возможно внесение изменения, в частности, в отношении конструкции различных элементов или замещения техническими эквивалентами, тем не менее, без выхода за пределы защиты по настоящему изобретению.

#### (57) Формула изобретения

1. Электролизная установка (1000), предназначенная для производства алюминия электролизом, причем электролизная установка (1000) содержит цепочку электролизных ванн (2) и контур обработки газов, предназначенный для обработки электролизных газов, образующихся в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн (2) в ходе реакции электролиза, содержащий первую ступень обработки (100), предназначенную для обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, и вторую ступень обработки (102), предназначенную для обработки диоксида серы, содержащегося в электролизных газах, и контур подачи оксида алюминия, предназначенный для подачи оксида алюминия на первую ступень (100) обработки и вторую ступень обработки, отличающаяся тем, что контур обработки газов содержит теплообменник (142), размещенный между первой и второй ступенями обработки для охлаждения электролизных газов после обработки электролизных газов на первой ступени обработки и перед обработкой электролизных газов на второй ступени обработки.

2. Электролизная установка (1000) по п. 1, в которой вторая ступень обработки (102) содержит реактор (120), предназначенный для связывания диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия, поступающем из контура подачи оксида алюминия.

3. Электролизная установка (1000) по п. 1 или 2, в которой первая ступень обработки (100) содержит реактор (104), предназначенный для связывания фтороводорода адсорбцией на оксиде алюминия, поступающем из контура подачи оксида алюминия.

4. Электролизная установка (1000) по п. 1 или 2, в которой первая ступень обработки (100) содержит множество реакторов (104), причем каждый реактор (104) соединен с группой электролизных ванн (2), каждая группа электролизных ванн (2) содержит одну или несколько электролизных ванн (2) цепочки последовательно соединенных электролизных ванн (2), и каждый реактор (104) имеет

первый вход (106), соединенный с соответствующей группой электролизных ванн (2), для сбора электролизных газов, образующихся в группе электролизных ванн (2), второй вход (108), соединенный с контуром подачи оксида алюминия для подачи в каждый реактор (104) оксида алюминия для связывания фтороводорода, содержащегося

5 в электролизных газах, адсорбцией на оксиде алюминия,

первый выход (110) для отвода электролизных газов, обработанных на первой ступени (100) обработки, на вторую ступень обработки (102).

5. Электролизная установка (1000) по п. 4, в которой каждый реактор (104) предназначен для подогрева оксида алюминия, подаваемого в группу электролизных ванн (2), с которой соединен реактор (104), за счет передачи тепла между

10 электролизными газами, циркулирующими в реакторе (104), и указанным оксидом алюминия, и каждый реактор (104) имеет второй выход (112) для подачи в группу электролизных ванн (2) оксида алюминия, подогретого в реакторе (104) электролизными газами.

15 6. Электролизная установка (1000) по п. 5, в которой каждый реактор (104) имеет камеру (114), ограничивающую объем, в котором одновременно циркулируют электролизные газы, поступающие из соответствующей группы электролизных ванн (2), и оксид алюминия, предназначенный для подачи в эту группу объединенных электролизных ванн (2), причем камера (114) предназначена для обеспечения передачи

20 тепла при прямом контакте между электролизными газами и оксидом алюминия, предназначенным для подачи в соответствующую группу электролизных ванн (2).

7. Электролизная установка (1000) по п. 4, в которой каждый реактор (104) первой ступени обработки (100) предназначен для разделения электролизных газов, твердых частиц, транспортируемых этими электролизными газами, и фторированного оксида алюминия, образующегося после адсорбции фтора на оксиде алюминия, введенном в

25 реактор (104) через второй вход (108).

8. Электролизная установка (1000) по п. 4, в которой реакторы (104) первой ступени обработки (100) представляют собой реакторы циклонного типа.

9. Электролизная установка (1000) по п. 4, в которой каждый реактор (104)

30 расположен менее чем в 40 м, предпочтительно менее чем в 20 м и преимущественно менее чем в 10 м от каждой электролизной ванны (2) из группы электролизных ванн (2), с которой соединен этот реактор (104).

10. Электролизная установка (1000) по п. 4, в которой каждая группа электролизных ванн (2) содержит не более четырех и предпочтительно не более трех электролизных ванн (2) в цепочке последовательно соединенных электролизных ванн (2).

35

11. Электролизная установка (1000) по п. 4, в которой каждая группа электролизных ванн (2) содержит несколько электролизных ванн (2), а электролизные ванны (2) каждой группы электролизных ванн (2) представляют собой смежные электролизные ванны (2) цепочки последовательно соединенных электролизных ванн (2).

40 12. Электролизная установка (1000) по п. 4, в которой каждая группа электролизных ванн (2) содержит единственную электролизную ванну (2).

13. Электролизная установка (1000) по п. 4, которая содержит устройство (136) десорбции, предназначенное для обеспечения десорбции диоксида серы, связанной оксидом алюминия, имеющее вход (138), соединенный со второй ступенью обработки (102), для сбора сульфированного оксида алюминия, образующегося в результате

45 обработки диоксида серы на второй ступени обработки (102) адсорбцией диоксида серы на оксиде алюминия, и выход (140), соединенный со вторым входом (108) реакторов (104) первой ступени обработки (100), так что оксид алюминия, подаваемый в реакторы

(104) первой ступени обработки (100), представляет собой десульфированный оксид алюминия, выходящий из устройства десорбции (136).

14. Электролизная установка (1000) по п. 13, в которой теплообменник (142) связан с контуром циркуляции текучего теплоносителя, предназначенным для снижения температуры электролизных газов, выходящих из реакторов (104) первой ступени обработки (100) за счет нагревания текучего теплоносителя, циркулирующего в этом контуре циркуляции текучего теплоносителя, а контур циркуляции текучего теплоносителя предназначен для передачи тепла нагретого текучего теплоносителя десорбирующему текучему агенту, предназначенному для ввода в устройство десорбции (136).

15. Электролизная установка (1000) по п. 1 или 2, в которой контур обработки газов содержит устройство увлажнения (148) перед второй ступенью обработки (102).

16. Способ обработки электролизных газов, выделяющихся в электролизных ваннах цепочки последовательно соединенных электролизных ванн электролизной установки (1000), предпочтительно электролизной установки (1000) по любому из пп. 1-15, включающий стадии, на которых

обрабатывают фтороводород, содержащийся в электролизных газах, на первой ступени обработки (100) адсорбцией на оксиде алюминия,

обрабатывают диоксид серы, содержащийся в электролизных газах, на второй ступени обработки (102) адсорбцией на оксиде алюминия,

отличающийся тем, что он включает стадию, на которой электролизные газы охлаждают в теплообменнике (142) после обработки электролизных газов на первой ступени обработки и перед обработкой электролизных газов на второй ступени обработки.

17. Способ по п. 16, который включает стадию обработки фтороводорода, содержащегося в электролизных газах, на первой ступени обработки (100) и обработку фтороводорода параллельно во множестве реакторов (104), при этом каждый реактор (104) соединен с группой электролизных ванн (2) цепочки последовательно соединенных электролизных ванн (2), а каждая группа электролизных ванн (2) содержит одну или несколько электролизных ванн (2) цепочки последовательно соединенных электролизных ванн (2).

18. Способ по п. 17, который включает стадию подогрева оксида алюминия, предназначенного для подачи в электролизные ванны (2) каждой группы электролизных ванн (2), за счет передачи тепла между оксидом алюминия и электролизными газами, собранными в реакторе (104), соединенном с соответствующей группой электролизных ванн (2).

19. Способ по п. 18, в котором передачу тепла осуществляют при прямом контакте между оксидом алюминия и электролизными газами.

20. Способ по п. 17, который включает связывание диоксида серы адсорбцией на оксиде алюминия в реакторе (120) второй ступени обработки (102) для получения электролизных газов, очищенных от диоксида серы, с одной стороны, и сульфированного оксида алюминия, с другой стороны, отделение десорбцией диоксида серы, находящегося на сульфированном оксиде алюминия, в устройстве десорбции (136) для получения десульфированного оксида алюминия,

ввод десульфированного оксида алюминия в реакторы (104) первой ступени обработки (100) с целью адсорбции фтора, содержащегося в электролизных газах, и получения фторированного оксида алюминия,

подачу фторированного оксида алюминия после реакторов (104) первой степени обработки (100) в электролизные ванны (2) для введения оксида алюминия в реакцию электролиза.

5

10

15

20

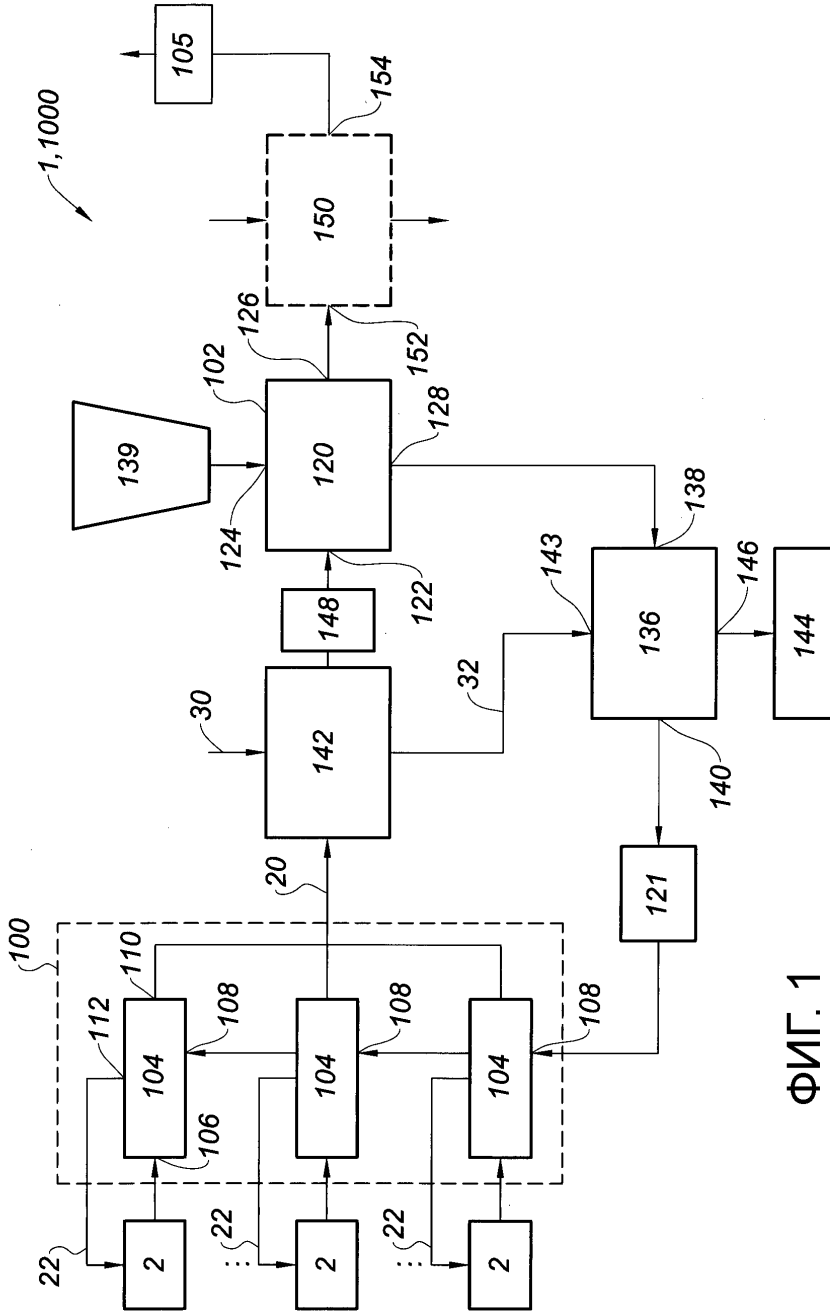
25

30

35

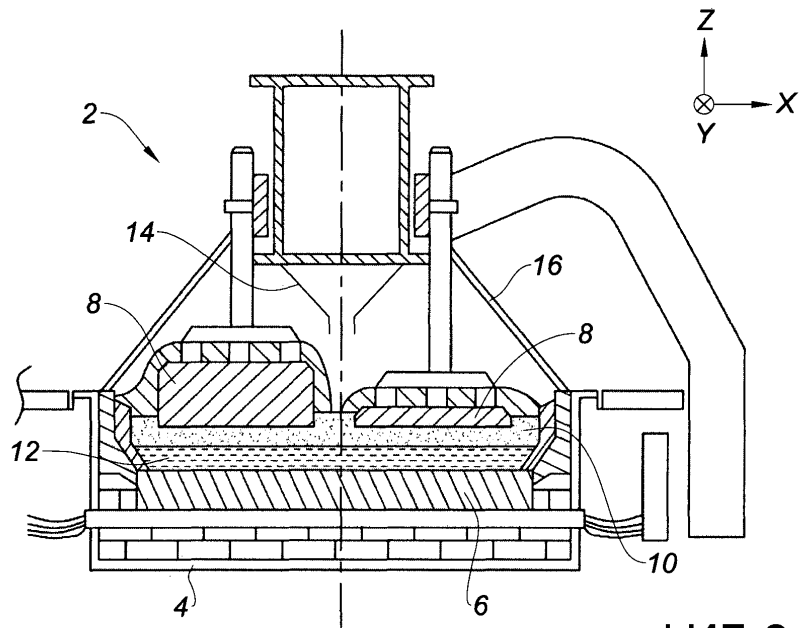
40

45

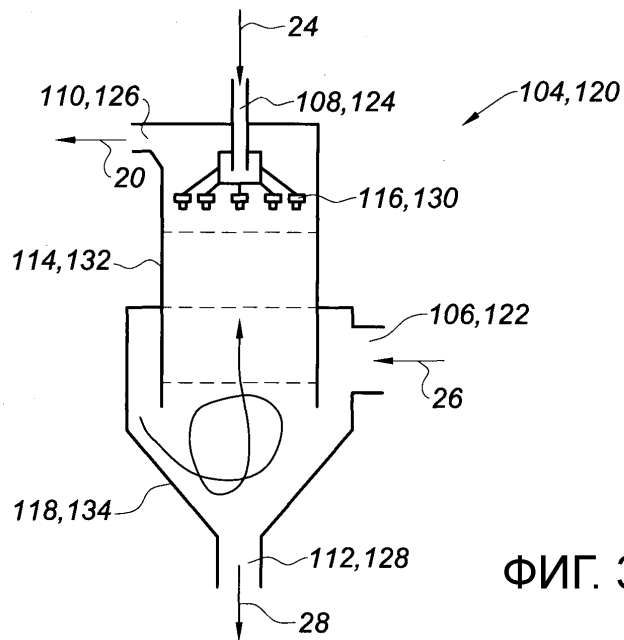


ФИГ. 1

2/2



ФИГ. 2



ФИГ. 3