

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 033952

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2019.12.13

(51) Int. Cl. *B01D 53/86* (2006.01)  
*C01B 17/765* (2006.01)

(21) Номер заявки  
201792198

(22) Дата подачи заявки  
2016.03.29

---

(54) НЕПРЕРЫВНЫЙ СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ SO<sub>2</sub>-СОДЕРЖАЩИХ  
ГАЗОВ

---

(31) 15162409.5

(56) DE-A1-2255029  
WO-A1-2008052649  
WO-A1-2008064698  
US-A-3615196

(32) 2015.04.02

(33) EP

(43) 2018.02.28

(86) PCT/EP2016/056781

(87) WO 2016/156304 2016.10.06

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
КЕМЕТИКС ИНК. (СА)

(72) Изобретатель:  
Вебер Торстен, Эркес Бернд,  
Фернандес Лопес Лусия (DE)

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

---

(57) Изобретение относится к непрерывному способу очистки газа, содержащего 60-99% SO<sub>2</sub> (диоксида серы) по объему и 1-40% пара по объему, с последующим синтезом SO<sub>3</sub> (триоксида серы) без первоначального высушивания газа, и к устройству для осуществления указанного способа.

B1

033952

033952

B1

Настоящее изобретение относится к непрерывному способу очистки газа, содержащего 60-99 об.%  $\text{SO}_2$  (диоксида серы) и 1-40 об.% водяного пара, с добавлением воздуха или обогащенного кислородом воздуха для последующего получения  $\text{SO}_3$  (триоксида серы), а также к устройству для осуществления данного способа. Настоящее изобретение относится, в частности, к непрерывному способу и устройству для очистки  $\text{SO}_2$ -содержащего газа с последующим получением  $\text{SO}_3$ , при этом  $\text{SO}_2$ -содержащий газ с содержанием  $\text{SO}_2$ , составляющим 60-99 об.%, и с содержанием водяного пара, составляющим 1-40 об.%, смешивают с воздухом или обогащенным кислородом воздухом и последовательно подают в устройство, содержащее трубчатое устройство контактного типа, в котором выше по потоку расположена система абсорбции и десорбции  $\text{SO}_2$  (регенеративный газоочиститель  $\text{SO}_2$ ) и ниже по потоку расположены одна или несколько ступеней контакта и/или один или несколько абсорберов  $\text{SO}_3$ . Дополнительно, выше по потоку относительно системы абсорбции и десорбции  $\text{SO}_2$  может быть расположен мокрый газоочиститель, содержащий, например, гаситель и один или несколько мокрых электростатических фильтров. В данном документе трубчатое устройство контактного типа предпочтительно представляет собой вертикальный теплообменник, содержащий одну или несколько трубок с рубашкой, которые содержат внутреннюю трубку и внешнюю трубку, при этом во внутренние трубки введен катализатор, и передача тепла происходит вокруг данных внутренних трубок посредством среды, которая переносится в пространстве между внутренней трубкой и внешней трубкой, чтобы, с одной стороны, поддерживать активность катализатора, и, с другой стороны, предотвращать термическое повреждение катализатора. Тепло, выделяемое при окислении  $\text{SO}_2$  до  $\text{SO}_3$ , затем поглощается средой в пространстве между внутренней трубкой и внешней трубкой трубчатого устройства контактного типа посредством промежуточного контура с непрерывным удалением или подачей тепла, происходящими согласно содержанию  $\text{SO}_2$  в обогащенном газе. Перед введением в трубчатое устройство контактного типа  $\text{SO}_2$ -содержащий газ не высушивается, и газ, выходящий из абсорбера  $\text{SO}_3$ , расположенного ниже по потоку относительно трубчатого устройства контактного типа, снова подается в поток газа перед абсорбером  $\text{SO}_2$  регенеративного газоочистителя  $\text{SO}_2$ .

В контексте настоящего изобретения  $\text{SO}_2$ -содержащие газы с содержанием  $\text{SO}_2$ , составляющим 50 об.% и больше, также называются обогащенными  $\text{SO}_2$  газами или кратко - обогащенными газами. Среда, применяемая в соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно представляет собой воздух.

Во многих химических способах, а также в способах с использованием горения с участием серосодержащих веществ и/или веществ, содержащих серосодержащие соединения, а также в случае металлургических способов полученные отработанные газы включают  $\text{SO}_2$ -содержащие газы. Данные газы нельзя выгружать в окружающую среду без очистки, поскольку  $\text{SO}_2$  является токсичным и обладает коррозионным эффектом. Более того,  $\text{SO}_2$  является главной причиной явления, называемого "кислотным дождем". Таким образом, существуют законодательные положения, регулирующие выброс  $\text{SO}_2$ .

Более того, можно использовать  $\text{SO}_2$ , получаемый в вышеупомянутых способах, для получения  $\text{SO}_3$ , который затем можно дополнительно использовать для получения серной кислоты или олеума. Одна из возможностей обеспечения  $\text{SO}_2$ , образованного в вышеупомянутых способах, для дальнейшего использования заключается в очистке  $\text{SO}_2$  посредством регенеративной газоочистки  $\text{SO}_2$ , после которой получают обогащенный газ.

С целью очистки  $\text{SO}_2$ -содержащих отработанных газов сначала их пропускают через первый абсорбер, газоочиститель, где водная очищающая жидкость снижает содержание  $\text{SO}_2$  в отработанном газе до такой степени, при которой он соответствует конкретным нормам законодательства, и очищенный таким образом отработанный газ можно выгружать в окружающую среду. Очищающие жидкости, подходящие для такой цели, относятся к предшествующему уровню техники и известны специалисту в данной области техники. Поскольку, с одной стороны, очищающую жидкость нельзя подобным образом выгружать в окружающую среду из-за значительного избытка  $\text{SO}_2$ , и, с другой стороны,  $\text{SO}_2$  можно применять для получения  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_2$  снова десорбируют из очищающей жидкости, предпочтительно термическим способом. Восстановленный в таком случае обогащенный  $\text{SO}_2$  газ имеет содержание  $\text{SO}_2$ , составляющее 60-99 об.%, и содержание водяного пара, составляющее 1-40 об.%.

Особенно эффективным способом получения  $\text{SO}_3$  из  $\text{SO}_2$  является способ, известный из документа WO 008052649A1. Полное содержание раскрытия WO 2008052649A1 тем самым включено посредством ссылки в описание настоящего изобретения. На сегодняшний день, однако, данный способ применим только при работе с  $\text{SO}_2$ -содержащими газами, которые были предварительно высушены, с содержанием воды, составляющим менее 0,1 об.%, как правило, менее 0,01 об.%. Причиной такого требования к низкому содержанию воды было опасение, что  $\text{SO}_2$  может вступить в реакцию с водой с образованием сернистой кислоты и/или с присутствующим также кислородом с образованием  $\text{SO}_3$ , который, в свою очередь, может вступить в реакцию с водой с образованием серной кислоты. Сернистая кислота и серная кислота подвергают стенки аппаратов устройства сильной коррозии, которые, следовательно, должны быть облицованы более плотным слоем и/или более коррозионно-стойким материалом, что может повысить стоимость таких аппаратов. Другое опасение заключалось в том, что серная кислота, образованная в газовой фазе в абсорбере  $\text{SO}_3$ , может привести к значительному образованию тумана серной кислоты, который пришлось бы удалять из газового потока ниже по потоку относительно абсорбера  $\text{SO}_3$  с приме-

нением очень дорогостоящих и непрактичных средств. В результате этих обстоятельств, устройства в соответствии с документом WO 2008052649A1, в которых осуществляли описанный способ, снабжали газосушителем, который обеспечивал содержание воды в SO<sub>2</sub>-содержащем газе на входе в трубчатое устройство контактного типа менее 0,1 об.%, как правило, менее 0,01 об.%

Однако способы окисления SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub> с использованием SO<sub>2</sub>-содержащих газов с содержанием воды, составляющим 1 об.% или больше, известны из предшествующего уровня техники.

Например, в документе WO 2008064698A1 раскрыт способ окисления SO<sub>2</sub>-содержащего газа, содержание воды в котором составляет не более 30 об.%, при этом содержание SO<sub>2</sub> подобным образом может составлять не более 30 об.%. В таком случае образованную серную кислоту конденсируют и удаляют в две стадии через теплообменники, тем самым удается избежать чрезмерного образования тумана серной кислоты. Однако недостатки данного способа заключаются в том, что из-за конденсации способ является очень дорогим и непрактичным с точки зрения аппарата и конструкционных материалов, где конденсатор оснащен трубками из кварцевого стекла из-за чрезвычайно коррозионных условий, что приводит к высоким затратам, а также к ограниченной способности выдерживать механическую нагрузку с учетом риска разламывания стекла. Более того, в случае данного способа содержание SO<sub>2</sub> ограничено максимум 30 об.%.

В документе WO 2013045558A1 раскрыт способ окисления SO<sub>2</sub>-содержащих газов с содержанием воды, составляющим по меньшей мере 0,1%, при этом содержание SO<sub>2</sub> составляет менее 100 об.%. В таком случае после первого пропускания SO<sub>2</sub>-содержащего газа и водосодержащего газа через стадию окисления полученный SO<sub>3</sub> поглощается водой с образованием серной кислоты, которую удаляют после стадии конденсации. Недостатком данного способа в данном случае также является стадия конденсации, которая является дорогостоящей и непрактичной с точки зрения аппарата и энергии и которая в данном случае также приводит к высоким затратам.

Следовательно, целью настоящего изобретения является обеспечение непрерывного способа и устройства для очистки отработанных SO<sub>2</sub>-содержащих газов, с помощью которых возможно осуществление каталитического окисления газов с высоким содержанием SO<sub>2</sub> и высоким содержанием воды с образованием SO<sub>3</sub> без предварительного высушивания газа. Способ и устройство являются простыми по конструкции с точки зрения энергии и аппарата по сравнению с предыдущим уровнем техники и, следовательно, являются экономичными и выгодными. Способ окисления представляет собой, в частности, одностадийный способ и он не включает ни стадию конденсации серной кислоты, полученной из образованного SO<sub>3</sub>, ни стадию высушивания газа. Устройство является подходящим для осуществления данного способа, и при его применении нет необходимости ни в аппарате для конденсации серной кислоты, полученной из образованного SO<sub>3</sub>, ни в устройстве для высушивания газа.

В контексте настоящего изобретения SO<sub>2</sub>-содержащие отработанные газы представляют собой SO<sub>2</sub>-содержащие газы, которые покинули первоначальное место образования SO<sub>2</sub>, например, в процессе горения или в ходе выполнения металлургических работ, и подаются в газоочиститель.

Данной цели достигают при помощи объекта, заявленного в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления представлены в зависимых пунктах.

В отношении способа цели достигают в соответствии с настоящим изобретением при помощи способа очистки SO<sub>2</sub>-содержащих отработанных газов, включающего следующие стадии:

(a) введение отработанного SO<sub>2</sub>-содержащего газа в газоочиститель и осуществление абсорбции SO<sub>2</sub> очищающей жидкостью,

(b) подача очищающей жидкости, обогащенной SO<sub>2</sub>, в десорбер, в котором происходит десорбция SO<sub>2</sub> с образованием SO<sub>2</sub>-содержащего обогащенного газа с содержанием SO<sub>2</sub>, составляющим 60-99 об.%, и при содержании воды, составляющем 1-40 об.%, и возвращение очищающей жидкости, не содержащей SO<sub>2</sub>, в газоочиститель,

(c) подача упомянутого SO<sub>2</sub>-содержащего обогащенного газа в подогреватель газа, при этом к SO<sub>2</sub>-содержащему обогащенному газу добавляют воздух перед его вводом в подогреватель газа,

(d) нагревание SO<sub>2</sub>-содержащего обогащенного газа вместе с добавленным воздухом в подогревателе газа предпочтительно до температуры 380-480°C, более предпочтительно до температуры 400-450°C,

(e) окисление SO<sub>2</sub>, содержащегося в SO<sub>2</sub>-содержащем обогащенном газе, до SO<sub>3</sub> в трубчатом устройстве контактного типа,

(f) осуществление абсорбции полученного в результате SO<sub>3</sub> в абсорбере SO<sub>3</sub>,

(g) выгрузка газов, которые не были абсорбированы в абсорбере SO<sub>3</sub>, и подача данных газов в SO<sub>2</sub>-содержащий отработанный газ перед его вводом в газоочиститель,

при этом воздух, который добавляют к SO<sub>2</sub>-содержащему обогащенному газу перед его вводом в подогреватель газа на стадии (c), имеет температуру, которая выше температуры SO<sub>2</sub>-содержащего обогащенного газа; другими словами, его предварительно нагревают.

Предпочтительно, температура указанного воздуха в ходе добавления к обогащенному газу на стадии (c) составляет 300-600°C, предпочтительно 380-560°C, более предпочтительно 400-520°C. Состав газа после добавления воздуха является, например, следующим: 20 об.% SO<sub>2</sub>, 16 об.% O<sub>2</sub>, 60 об.% N<sub>2</sub>, 4

об.% H<sub>2</sub>O.

Предпочтительно, в свою очередь, объемное соотношение O<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> устанавливают от 0,5 до 1,2, предпочтительно от 0,7 до 1,1, более предпочтительно от 0,9 до 1,0 путем подачи воздуха на стадии (с).

Предпочтительно газ, который не абсорбировался в абсорбере SO<sub>3</sub> на стадии (f), содержит менее 10, предпочтительно менее 5, более предпочтительно менее 2 об.% SO<sub>2</sub> и содержит преимущественно азот и кислород в качестве других составляющих.

Предпочтительно, в свою очередь, данный воздух извлекают из промежуточного контура для подачи тепла к процессу окисления SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub> и/или отвода тепла от него в пространстве между внутренней трубкой и внешней трубкой трубчатого устройства контактного типа.

В дополнительном варианте осуществления по настоящему изобретению в дополнение к добавлению воздуха перед введением SO<sub>2</sub> содержащего обогащенного газа в подогреватель газа также возможно добавление кислорода перед введением SO<sub>2</sub>-содержащего обогащенного газа в подогреватель газа. Посредством этого повышают содержание кислорода в обогащенном газе, тем самым стимулируя превращение SO<sub>2</sub> в SO<sub>3</sub>.

В дополнительном варианте осуществления по настоящему изобретению, в дополнение к этому, к SO<sub>2</sub>-содержащему обогащенному газу после выхода SO<sub>2</sub>-содержащего обогащенного газа из подогревателя газа могут также добавлять воздух и/или кислород. В результате, с одной стороны, подогреватель газа может оставаться относительно небольшим, и, с другой стороны, данный подогреватель газа можно сделать более эффективно регулируемым. Воздух, который добавляют к SO<sub>2</sub> после его выхода из подогревателя газа, предпочтительно также предварительно нагревают, и он имеет температуру 300-600°C, предпочтительно 380-560°C, более предпочтительно 400-520°C. Предпочтительно, в свою очередь, данный воздух также извлекают из промежуточного контура для подачи тепла к процессу окисления SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub> и/или отвода тепла от него в пространстве между внутренней трубкой и внешней трубкой трубчатого устройства контактного типа.

Содержание SO<sub>2</sub> в обогащенном SO<sub>2</sub> газе на стадии (b) составляет предпочтительно 80-98 об.% при содержании воды 20-2 об.%, более предпочтительно 90-96 об.% при содержании воды 10-4 об.%.

Результатом добавления предварительно нагретого воздуха является то, что в направлении потока обогащенного газа не достигают или не превышают температур конденсации сернистой кислоты и/или серной кислоты в любой момент способа после добавления воздуха. Это предотвращает возможность осаждения сернистой кислоты и/или серной кислоты на стенках устройства и появления коррозии. Добавление кислорода, как предусмотрено в некоторых вариантах осуществления, не снижает температуру обогащенного газа до такой степени, при которой можно было достичь или превысить температуры конденсации сернистой кислоты и/или серной кислоты, поскольку, с одной стороны, кислород является сухим, и, с другой стороны, его добавляют только в небольших количествах по отношению к воздуху.

Отработанный газ, который был очищен от SO<sub>2</sub> в газоочистителе, затем может быть выгружен - через вывод, например, в окружающую среду. Данный отработанный газ необязательно подвергают выше или ниже по потоку относительно первого газоочистителя дополнительным стадиям очистки с целью удаления других экологически вредных веществ.

В альтернативном варианте осуществления способа предварительно нагретый воздух не поступает из промежуточного контура, а вместо этого его предварительно нагревают другим способом так, что при добавлении к SO<sub>2</sub>-содержащему обогащенному газу его температура составляет 300-600°C, предпочтительно 380-560°C, более предпочтительно 400-520°C. Устройства и способы для данной цели известны из уровня техники специалисту в данной области техники.

В случае способа по настоящему изобретению нет необходимости ни в конденсации серной кислоты, полученной из образованного SO<sub>3</sub>, ни в высушивании обогащенного газа перед его вводом в трубчатое устройство контактного типа.

Что касается устройства, то цели достигают при помощи устройства, содержащего следующие компоненты: источник подачи SO<sub>2</sub>-содержащего отработанного газа в газоочиститель, первый абсорбер для абсорбции SO<sub>2</sub> очищающей жидкостью, десорбер для десорбции SO<sub>2</sub> из очищающей жидкости, при этом газоочиститель и десорбер соединены по потоку контуром очищающей жидкости, линия подачи обогащенных SO<sub>2</sub> газов, образующихся в десорбере, в трубчатое устройство контактного типа через подогреватель газа, причём указанная линия подачи соединена с линией подачи воздуха, трубчатое устройство контактного типа, абсорбер SO<sub>3</sub> для абсорбции SO<sub>3</sub>, образованного в трубчатом устройстве контактного типа, линию рециркуляции для рециркуляции газового потока из абсорбера SO<sub>3</sub> в линию подачи SO<sub>2</sub>-содержащего отработанного газа в газоочиститель. Трубчатое устройство контактного типа предпочтительно содержит промежуточный контур для подачи тепла к процессу окисления SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub> или съема тепла с него, и при этом указанный промежуточный контур предпочтительно содержит охлаждающее устройство, вентилятор или насос и/или нагревательное устройство. Устройство по настоящему изобретению не содержит аппарата для конденсации серной кислоты, полученной из образованного SO<sub>3</sub>, или устройства для высушивания газов.

В качестве среды для подачи тепла и/или отвода тепла через промежуточный контур можно, в

принципе, отдать предпочтение масляным теплоносителям, растворам солей или смесям солей, пару, газам и воздуху. Воздух является предпочтительной теплообменной средой, поскольку, с одной стороны, он дешевый, и, с другой стороны, воздух из промежуточного контура может быть использован для добавления к SO<sub>2</sub>-содержащему обогащенному газу на стадии (с). В этом случае, устройство по настоящему изобретению содержит линию подачи предварительно нагретого воздуха, который добавляют к обогащенному SO<sub>2</sub> газу перед его вводом в подогреватель газа, при этом данная линия подачи соединена с линией промежуточного контура.

При удалении воздуха из промежуточного контура нужно снова подавать такое же количество воздуха в данный контур в подходящей точке, предпочтительно ниже по потоку относительно первого охлаждающего устройства промежуточного контура в направлении потока и выше по потоку относительно вентилятора промежуточного контура.

Если, например, в качестве теплообменной среды в промежуточном контуре используют масляные теплоносители, растворы солей или смеси солей, а не воздух, они могут служить для доставки тепла, хранящегося в них, в другую точку способом по настоящему изобретению или для другого способа. Так, например, подогреватель газа может нагреваться теплообменной средой такого типа.

В одном варианте осуществления устройства по настоящему изобретению множество трубчатых устройств контактного типа соединены последовательно или параллельно.

В других вариантах осуществления устройство, расположенное ниже по потоку относительно трубчатого устройства контактного типа, содержит

одну или несколько ступеней контакта, необязательно с олеумом/промежуточным абсорбером; абсорбер SO<sub>3</sub> и необязательно блок очистки отработанного газа.

В соответствии с настоящим изобретением способ и устройство могут быть реализованы с помощью разных подходов в зависимости от концентрации SO<sub>2</sub> на входе, подлежащей применению в исходном газе, и от типа требуемой установки, в качестве новой установки или для переоснащения существующей установки.

Неожиданно было обнаружено, что в условиях в соответствии с настоящим изобретением SO<sub>2</sub>, содержащийся в обогащенном газе, превращали в SO<sub>3</sub> в трубчатом устройстве контактного типа со степенью превращения от 70 до 99,9%, предпочтительно от 80 до 99,5%, более предпочтительно от 90 до 99%, в частности - 93-97%, с обогащенным газом, имеющим содержание воды 1-40 об.% на выходе из десорбера. В то же время не наблюдали никакой повышенной коррозии в устройстве. За счет возвращения газов, не абсорбированных в абсорбере SO<sub>3</sub>, в SO<sub>2</sub>-содержащий отработанный газ перед его вводом в газоочиститель или в мокрый газоочиститель, размещенный необязательно выше по потоку относительно газоочистителя, на стадии (g), более того, нет необходимости в очень дорогом и непрактичном осаждении тумана серной кислоты из этих газов, не абсорбированных в абсорбере SO<sub>3</sub>.

Настоящее изобретение более подробно поясняется следующими принципиальными схемами соединения и их описанием, не ограничиваясь ими.

На фиг. 1 показано схематическое изображение устройства для непрерывного каталитического окисления SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub> из предшествующего уровня техники. Данное устройство и способ, осуществляемый в нем, уже подробно описаны в примере 4 и на фиг. 5 документа WO 2008052649A1.

На фиг. 2 представлен иллюстративный вариант осуществления способа по настоящему изобретению, в котором обогащенный SO<sub>2</sub> газ пропускают через трубчатое устройство контактного типа без предварительного высушивания газа.

#### Перечень ссылочных обозначений

- 1 - Газосушитель
- 2 - Подогреватель газа
- 3 - Абсорбер SO<sub>3</sub>
- 4 - Вывод (вытяжная труба)
- 5 - Трубчатое устройство контактного типа
- 6 - Нагревательное устройство
- 7 - Охлаждающее устройство
- 8 - Вентилятор/насос
- 9 - Газоочиститель
- 10 - Десорбер
- a) Источник подачи SO<sub>2</sub>-содержащего отработанного газа
- b) Линия подачи кислорода
- c) Линия подачи воздуха
- d) Линия подачи воздуха в промежуточный контур
- e) Газовая линия к абсорберу SO<sub>3</sub>
- f) Газовая линия к выводу (вытяжной трубе)
- g) Газовая линия от газосушителя в трубчатое устройство контактного типа
- h) Газовая линия к источнику подачи SO<sub>2</sub>-содержащего отработанного газа

- к) Линия промежуточного контура (охлаждения/нагрева)
  - л) Газовая линия от абсорбера  $\text{SO}_3$  в газоочиститель
  - Л) Контур очищающей жидкости
  - м) Газовая линия от десорбера в трубчатое устройство контактного типа
- Пример 1 (предшествующий уровень техники).

В устройстве согласно фиг. 1  $\text{SO}_2$ -содержащий отработанный газ пропускают через источник (а) подачи в газосушитель (1) после смешивания с кислородом и/или воздухом посредством линий (b) и (d) подачи. Затем  $\text{SO}_2$ -содержащий газ, высушенный до содержания воды ниже 0,1 об.%, полностью направляют по газовой линии (g) после предварительного нагревания посредством подогревателя (2) газа в трубчатое устройство (5) контактного типа. Затем газ направляют по газовой линии (e) в абсорбер (3)  $\text{SO}_3$ . Далее посредством газовой линии (j) газ пропускают для конечной очистки через газоочиститель (9) перед выгрузкой в окружающую среду через газовую линию (f) и вывод (4).

Конкретным недостатком данного устройства является газосушитель, расположенный выше по потоку относительно трубчатого устройства контактного типа, поскольку данный газосушитель влечет за собой повышенные затраты, связанные с обработкой и аппаратом, и сложности касательно способа по настоящему изобретению и устройства по настоящему изобретению соответственно.

Пример 2 (согласно настоящему изобретению).

На фиг. 2 представлен иллюстративный вариант осуществления способа по настоящему изобретению. В данном варианте осуществления  $\text{SO}_2$ -содержащий отработанный газ пропускают через газовую линию (a) в газоочиститель (9). В данном газоочистителе газ очищают от  $\text{SO}_2$  до такой степени, при которой его можно выгрузить в окружающую среду через газовую линию (f) и, наконец, через вывод (4).

Очистку  $\text{SO}_2$ -содержащего отработанного газа в газоочистителе (9) осуществляют при помощи водной очищающей жидкости. После загрузки  $\text{SO}_2$  данную жидкость пропускают через контур (L) очищающей жидкости в десорбер (10), где ее освобождают от  $\text{SO}_2$ , предпочтительно термическим способом, и возвращают обратно в газоочиститель.

Обогащенный  $\text{SO}_2$  водосодержащий газ, высвобожденный из десорбера, проводят через газовую линию (m) в трубчатое устройство контактного типа, данный обогащенный  $\text{SO}_2$  газ обогащают воздухом (линия (c) подачи) и необязательно кислородом (линия (b) подачи) и нагревают в подогревателе (2) газа до температуры от 380 до 480°C, предпочтительно от 400 до 450°C.

Затем  $\text{SO}_2$  окисляют до  $\text{SO}_3$  в трубчатом устройстве (5) контактного типа, которое представляет собой вертикальный теплообменник, содержащий одну или несколько трубок с рубашкой, имеющих внутреннюю трубку и внешнюю трубку, с катализатором, введенным во внутренние трубки, и при этом передача тепла происходит вокруг данных внутренних трубок посредством среды, которую пропускают в прямоточном или противоточном режиме через пространство, образованное внутренней трубкой и внешней трубкой. Для того, чтобы, с одной стороны, поддерживать активность катализатора, и, с другой стороны, предотвратить термическое повреждение катализатора, трубчатое устройство контактного типа соединено с промежуточным контуром, содержащим линию (K) контура, нагревательное устройство (6), вентилятор/насос (8) и охлаждающее устройство (7), которое отводит избыточное тепло от трубчатого устройства контактного типа или подает тепло к указанному устройству согласно требованиям.

$\text{SO}_3$ , образованный в трубчатом устройстве контактного типа, выводят из данного устройства через газовую линию (e) и направляют по этой линии в абсорбер (3)  $\text{SO}_3$ , в котором  $\text{SO}_3$  растворяют в воде или серной кислоте с образованием серной кислоты или олеума соответственно.

Затем газ, освобожденный от  $\text{SO}_3$ , подают через газовую линию (h) в источник (а) подачи и снова направляют вместе с  $\text{SO}_2$ -содержащим отработанным газом в газоочиститель (9). Поэтому возможно присутствующие остатки  $\text{SO}_2$  и/или  $\text{SO}_3$  снова подают в контур и не выводят в окружающую среду.

Пример 3 (предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения).

На фиг. 3 представлен иллюстративный вариант осуществления способа по настоящему изобретению. В данном варианте осуществления  $\text{SO}_2$ -содержащий отработанный газ пропускают через газовую линию (a) в газоочиститель (9). В данном газоочистителе газ очищают от  $\text{SO}_2$  до такой степени, при которой его можно выгрузить в окружающую среду через газовую линию (f) и, наконец, через вывод (4).

Очистку  $\text{SO}_2$ -содержащего отработанного газа в газоочистителе (9) осуществляют при помощи водной очищающей жидкости. После загрузки  $\text{SO}_2$  данную жидкость пропускают через контур (L) очищающей жидкости в десорбер (10), где ее освобождают от  $\text{SO}_2$ , предпочтительно термическим способом, и возвращают обратно в газоочиститель.

Обогащенный  $\text{SO}_2$  водосодержащий газ, высвобожденный из десорбера, проводят через газовую линию (m) в трубчатое устройство контактного типа, данный обогащенный  $\text{SO}_2$  газ обогащают воздухом (линия (c) подачи) и необязательно кислородом (линия (b) подачи) и нагревают в подогревателе (2) газа до температуры от 380 до 480°C, предпочтительно от 400 до 450°C.

Затем  $\text{SO}_2$  окисляют до  $\text{SO}_3$  в трубчатом устройстве (5) контактного типа, которое представляет собой вертикальный теплообменник, содержащий одну или несколько трубок с рубашкой, имеющих внутреннюю трубку и внешнюю трубку, с катализатором, введенным во внутренние трубки, и при этом пере-

дача тепла происходит вокруг данных внутренних трубок посредством среды, которую пропускают в прямоточном или противоточном режиме через пространство, образованное внутренней трубкой и внешней трубкой. Для того, чтобы, с одной стороны, поддерживать активность катализатора, и, с другой стороны, предотвратить термическое повреждение катализатора, трубчатое устройство контактного типа соединено с промежуточным контуром, содержащим линию (К) контура, нагревательное устройство (6), вентилятор/насос (8) и охлаждающее устройство (7), которое отводит избыточное тепло от трубчатого устройства контактного типа или подает тепло к указанному устройству согласно требованиям.

Воздух, который добавляют в обогащенный  $\text{SO}_2$  газ перед вводом в подогреватель (2) газа, извлекают из линии (к) промежуточного контура посредством подводящей линии (с), и, следовательно, его температура была значительно выше температуры окружающей среды.

Количество воздуха, извлеченного из линии (К) промежуточного контура, снова подают в линию (к) промежуточного контура ниже по потоку относительно первого охлаждающего устройства (7) в направлении потока и выше по потоку относительно вентилятора (8) посредством линии (d) подачи.

$\text{SO}_3$ , образованный в трубчатом устройстве контактного типа, выводят из данного устройства через газовую линию (е) и направляют по этой линии в абсорбер (3)  $\text{SO}_3$ , в котором  $\text{SO}_3$  растворяют в воде или серной кислоте с образованием серной кислоты или олеума соответственно.

Затем газ, освобожденный от  $\text{SO}_3$ , подают по газовой линии (h) в источник (а) подачи и снова направляют вместе с  $\text{SO}_2$ -содержащим отработанным газом в газоочиститель (9). Поэтому возможно присутствующие остатки  $\text{SO}_2$  и/или  $\text{SO}_3$  снова подают в контур и не выводят в окружающую среду.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ очистки  $\text{SO}_2$ -содержащих отработанных газов, включающий следующие стадии:

(а) введение отработанного  $\text{SO}_2$ -содержащего газа в газоочиститель и осуществление абсорбции  $\text{SO}_2$  очищающей жидкостью,

(b) подача очищающей жидкости, обогащенной  $\text{SO}_2$ , в десорбер, в котором происходит десорбция  $\text{SO}_2$  с образованием  $\text{SO}_2$ -содержащего обогащенного газа, и возвращение очищающей жидкости, не содержащей  $\text{SO}_2$ , в газоочиститель,

(с) подача упомянутого  $\text{SO}_2$ -содержащего обогащенного газа в подогреватель газа, при этом к  $\text{SO}_2$ -содержащему обогащенному газу добавляют воздух перед его вводом в подогреватель газа,

(d) нагревание  $\text{SO}_2$ -содержащего обогащенного газа с добавленным воздухом в подогревателе газа,

(е) окисление  $\text{SO}_2$ , содержащегося в  $\text{SO}_2$ -содержащем обогащенном газе, до  $\text{SO}_3$  в трубчатом устройстве контактного типа,

(f) осуществление абсорбции полученного в результате  $\text{SO}_3$  в абсорбере  $\text{SO}_3$ ,

(g) выгрузка газов, которые не были абсорбированы в абсорбере  $\text{SO}_3$ , и подача данных газов в  $\text{SO}_2$ -содержащий отработанный газ перед его вводом в газоочиститель,

при этом воздух, который добавляют к  $\text{SO}_2$ -содержащему обогащенному газу перед его вводом в подогреватель газа на стадии (с), имеет температуру, которая выше температуры  $\text{SO}_2$ -содержащего обогащенного газа.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что  $\text{SO}_2$ -содержащий обогащенный газ, образованный на стадии (b), имеет содержание  $\text{SO}_2$ , составляющее 60-99 об.%, и содержание воды, составляющее 40-1 об.%, предпочтительно содержание  $\text{SO}_2$ , составляющее 80-98,5 об.%, и содержание воды, составляющее 20-1,5 об.%, более предпочтительно содержание  $\text{SO}_2$ , составляющее 90-98 об.%, и содержание воды, составляющее 10-2 об.%.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что температура указанного воздуха в ходе добавления к  $\text{SO}_2$ -содержащему обогащенному газу на стадии (с) составляет 300-600°C, предпочтительно 380-560°C, более предпочтительно 400-520°C.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что объемное соотношение  $\text{O}_2/\text{SO}_2$  устанавливают от 0,5 до 1,2, предпочтительно от 0,7 до 1,1, более предпочтительно от 0,9 до 1,0 путем подачи воздуха на стадии (с).

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что  $\text{SO}_2$ -содержащий обогащенный газ вместе с добавленным воздухом нагревают в подогревателе газа на стадии (d) до температуры 380-480°C, предпочтительно до температуры 400-450°C.

6. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что газ, который не абсорбировался в абсорбере  $\text{SO}_3$  на стадии (g), содержит менее 10, предпочтительно менее 5, более предпочтительно менее 2 об.%  $\text{SO}_2$ .

7. Способ по любому из пп. 1-6, отличающийся тем, что обогащенный газ не высушивают перед его вводом в трубчатое устройство контактного типа.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что воздух, который добавляют к  $\text{SO}_2$ -содержащему обогащенному газу на стадии (с) перед его вводом, извлекают из промежуточного контура для подачи тепла к процессу окисления  $\text{SO}_2$  до  $\text{SO}_3$  и/или отвода тепла от него в пространстве между внутренней трубкой и внешней трубкой трубчатого устройства контактного типа.

9. Способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что  $\text{SO}_2$ , содержащийся в обогащенном газе, превращают в  $\text{SO}_3$  со степенью превращения от 70 до 99,9%, предпочтительно от 80 до 99,5%, более предпочтительно от 90 до 99%, в частности от 93 до 97%.

10. Устройство для осуществления способа по любому из пп.1-9, отличающееся тем, что устройство содержит следующие компоненты: источник подачи  $\text{SO}_2$ -содержащего отработанного газа в газоочиститель, первый абсорбер для абсорбции  $\text{SO}_2$  очищающей жидкостью, десорбер для десорбции  $\text{SO}_2$  из очищающей жидкости, при этом газоочиститель и десорбер соединены по потоку контуром очищающей жидкости, линию подачи обогащенных  $\text{SO}_2$  газов, образующихся в десорбере, в трубчатое устройство контактного типа через подогреватель газа, причем указанная линия подачи соединена с линией подачи воздуха, трубчатое устройство контактного типа, абсорбер  $\text{SO}_3$  для абсорбции  $\text{SO}_3$ , образованного в трубчатом устройстве контактного типа, линию рециркуляции для рециркуляции газового потока из абсорбера  $\text{SO}_3$  в линию подачи  $\text{SO}_2$ -содержащего отработанного газа в газоочиститель.

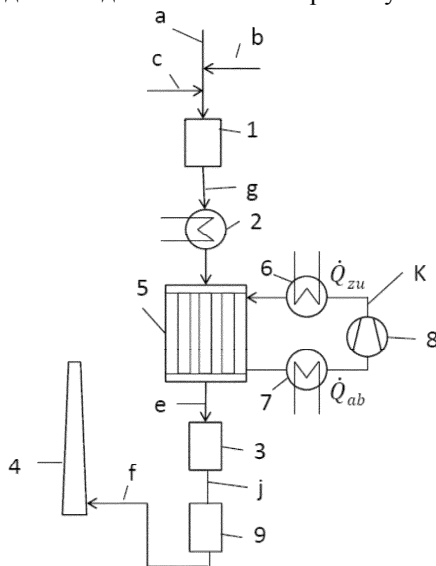
11. Устройство по п.10, отличающееся тем, что трубчатое устройство контактного типа содержит промежуточный контур для подачи тепла к процессу окисления  $\text{SO}_2$  до  $\text{SO}_3$  и/или съема тепла с него.

12. Устройство по п.11, отличающееся тем, что указанный промежуточный контур содержит охлаждающее устройство, вентилятор или насос и/или нагревательное устройство.

13. Устройство по любому из пп.10-12, отличающееся тем, что оно не содержит аппарат для конденсации серной кислоты, полученной из образованного  $\text{SO}_3$ .

14. Устройство по любому из пп.10-13, отличающееся тем, что оно не содержит аппарат для высушивания газов.

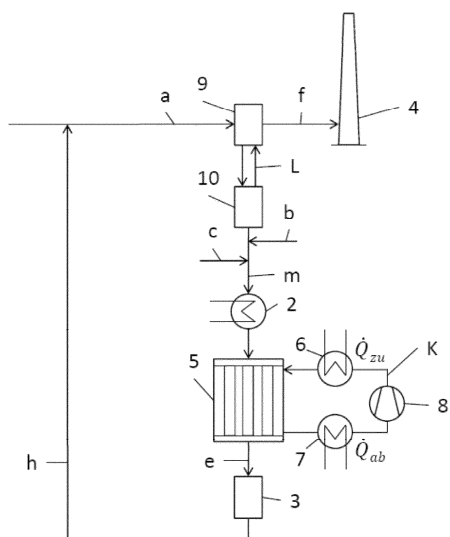
15. Устройство по любому из пп.11-14, отличающееся тем, что оно содержит линию подачи предварительно нагретого воздуха, который добавляют к обогащенному  $\text{SO}_2$  газу перед его вводом в подогреватель газа, при этом данная линия подачи соединена с линией промежуточного контура.



Фиг. 1

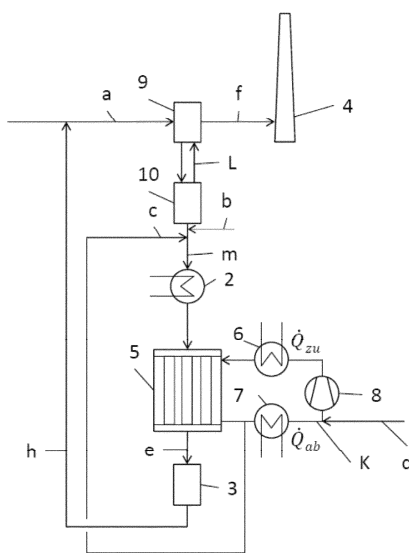
Предшествующий уровень техники





Фиг. 2

Вариант осуществления настоящего изобретения



Фиг. 3

Вариант осуществления настоящего изобретения