

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044463**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.08.29

(21) Номер заявки
202291804

(22) Дата подачи заявки
2020.08.24

(51) Int. Cl. **B01D 53/50** (2006.01)
B01D 53/73 (2006.01)
B01D 53/96 (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01)

(54) **РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ В ХОДЕ АБСОРБЦИИ ПРИ ОБЕССЕРИВАНИИ АММИАКОМ**

(31) **201911361251.1; 16/935,536**

(32) **2019.12.26; 2020.07.22**

(33) **CN; US**

(43) **2022.08.16**

(86) **PCT/CN2020/110722**

(87) **WO 2021/128891 2021.07.01**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ЦЗЯННАНЬ ИНВАЙРОНМЕНТАЛ
ПРОТЕКШН ГРУП ИНК. (КУ)**

(72) Изобретатель:
Лю Цзин, Ван Цзиньюн (CN)

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(56) CN-A-110975546
CN-B-108722163
CN-A-102049184
CN-A-108144428
WO-A1-2016023121
CN-A-106955574

(57) В изобретении для регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком можно регулировать температуру реакции абсорбции, содержание кислорода и содержание воды в технологическом газе и использовать циркуляционную абсорбционную жидкость, содержащую сульфит аммония, с целью удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе.

B1

044463

044463

B1

По данной заявке испрашивается приоритет на основании заявки на китайский патент № 201911361251.1, поданной 26 декабря 2019 г., и заявки на патент США № 16/935536, поданной 22 июля 2020 г., которые настоящим включены в данный документ во всей их полноте.

Область техники, к которой относится изобретение

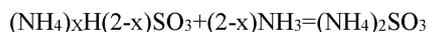
Настоящее раскрытие относится к области техники, представляющей защиту окружающей среды, а конкретно к способу регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании на основе аммиака.

Предшествующий уровень техники

Страны во всём мире сбрасывают диоксид серы в разной степени. Огромное количество выбросов диоксида серы в Китае оказывает очень сильное воздействие на окружающую среду и общество. Общий объём выбросов диоксида серы составлял 19,74 млн тонн в 2014 г.; 18,591 млн тонн в 2015 г.; 11,029 млн тонн в 2016 г. и 8,754 млн тонн в 2017 г., что обуславливает огромные экономические потери и серьёзные воздействия на экологическую среду и здоровье людей в Китае.

В настоящее время существуют сотни относительно развитых технологий обессеривания, среди которых наиболее широко применяется процесс мокрого обессеривания, составляющий около 85% от общей мощности установок обессеривания в мире. Общераспространённые технологии обессеривания влажного дымового газа включают в себя технологии на основе известняка-гипса, двойной щелочной очистки, карбоната натрия, аммиака, оксида магния и тому подобного. Обессеривание аммиаком представляет собой процесс мокрого обессеривания с использованием аммиака в качестве абсорбента. Указанным способом с использованием SO₂ можно получать удобрение сульфат аммония, и данный способ представляет экологически чистую схему контроля дымового газа с низким потреблением энергии, высокой добавленной стоимостью и вторичной переработкой ресурсов. Однако в химической промышленности имеется большое количество отработанного аммиачного раствора, образующегося в процессе производства, и с учётом вышесказанного, в химической и нефтехимической промышленности обессеривание аммиаком обладает своими уникальными преимуществами применительно к дымовому газу котлов и хвостовому газу извлечения серы.

Процесс обессеривания аммиаком включает в себя, главным образом, три процедуры: абсорбцию, окисление и концентрирование (кристаллизацию). Прежде всего, используют сульфит аммония для абсорбирования диоксида серы с целью получения смешанного раствора сульфита и бисульфита аммония, а сульфит аммония образуется снова после нейтрализации аммиаком



При окислении сульфита аммония путём введения окисляющего воздуха в раствор получают сульфат аммония



Раствор сульфата аммония подвергают концентрированию, кристаллизации, разделению твёрдое тело-жидкость и сушке для получения конечного продукта, сульфата аммония.

Три указанные процедуры абсорбции, окисления и концентрирования внешне кажутся простыми, но в действительности оказывают влияние друг на друга. В целях обеспечения эффективности абсорбции, абсорбционная жидкость обычно содержала высокие концентрации сульфита аммония и свободного аммиака, а также низкое содержание сульфата аммония. Хотя это представляется целесообразным для абсорбции, оно не является благоприятным для окисления и концентрирования. Сопряжённая величина уровня pH данной абсорбционной жидкости составляет ~7, что приводит к интенсивному выделению аммиака и образованию аэрозолей в ходе абсорбции.

Для обеспечения эффективности абсорбции температуру абсорбции обычно регулировали в диапазоне 30-40°C, при помощи охлаждения технологической водой, использования подогревателя, понижения температуры посредством разбавленного раствора сульфата аммония и других мер. Хотя это представляется целесообразным для регулирования абсорбции и образования аэрозоля, это не является благоприятным для окисления и концентрирования и обычно применяется в производстве (би)сульфита аммония. При низкой температуре сульфит аммония в высокой концентрации не может быстро окисляться с образованием сульфата аммония, и небольшое количество воды может уноситься с отходящим газом. В случае хвостового газа извлечения серы и дымового газа котлов количество уносимой воды даже меньше её привносимого количества, что вызывает разбаланс воды в системе, а это требует согласования в процессе выпарной кристаллизации. После окисления абсорбционной жидкости при пониженной концентрации получают продукт посредством процесса выпарной кристаллизации с большим расходом пара, высоким потреблением энергии, значительными затратами времени, необходимостью использования крупногабаритного оборудования и больших площадей для его размещения, таким образом, эксплуатационные издержки являются высокими, а экономическая эффективность устройства является низкой.

В случае дымового газа с содержанием воды, превышающим 25%, содержание воды в смешанном газе уменьшают путём введения в смесь технологического воздуха, азота, загрязнённого азота и газообразного диоксида углерода, понижают температуру абсорбции; обеспечивается баланс воды и не образу-

ется никакой сточной воды. Однако при смешивании с технологическим воздухом содержание кислорода в смешанном технологическом газе иногда может превышать 15% или даже достигать 20%. Когда технологический газ находится в противотоке с циркуляционной абсорбционной жидкостью, кислород технологического газа полностью окисляет сульфит аммония, содержащийся в циркуляционной абсорбционной жидкости, до сульфата аммония, таким образом, способность абсорбционной жидкости к обессериванию уменьшается. С целью обеспечения эффективности обессеривания уровень pH абсорбционной жидкости повышают путём добавления избыточного аммиака, и невозможно эффективно контролировать унос аммиака и образование аэрозоля. С учётом вышесказанного, на этом основании очень важно исследовать оптимальное сочетание условий процесса и усовершенствовать способ регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком для того, чтобы реализовать органичное сочетание абсорбции, окисления и концентрирования в устройстве для обессеривания аммиаком.

В связи с процессом обессеривания дымового газа аммиаком имеются следующие технические проблемы:

1. Унос аммиака и образование аэрозоля

В отличие от известняково-гипсового способа, основанного на применении известняка в качестве исходного материала, поскольку аммиак является летучим, то, когда в абсорбционной жидкости присутствует свободный аммиак, в газовой фазе одновременно присутствуют аммиак, SO_2 и SO_3 . С учётом вышесказанного легко образуется туман из сульфита аммония и сульфата аммония и с использованием указанного тумана как ядра на нём конденсируется насыщенный водяной пар, содержащийся в дымовом газе, с образованием плотного белого тумана, что обуславливает потерю аммиака, с одной стороны, и вторичное загрязнение, с другой. Это является также первой ключевой технической проблемой, которая не была решена в полной мере при помощи способа на основе аммиака в течение длительного периода времени в прошлом.

До сих пор поставщики технических устройств для обессеривания аммиаком предоставляют разные уровни качества, основная причина чего заключается в том, что различаются ключевые точки исследователей. Некоторые поставщики техники сосредотачиваются на том, как регулировать образование аэрозоля в ходе абсорбции, при этом другие концентрируются на том, как улавливать аэрозоль, образующийся в ходе абсорбции, а не на том, как подавлять или уменьшать образование аэрозоля в ходе абсорбции из его источника, что в результате приводит к большим системным капиталовложениям, высоким эксплуатационным затратам и нестабильной работе.

2. Окисление сульфита аммония

Окисление сульфита аммония отличается от окисления других сульфитов. При определённой концентрации NH_4^+ оказывает тормозящее воздействие на процесс окисления, и данное уникальное свойство обсуждается в литературе (публикация Chemical Engineering Science, 2000, которая настоящим включена в данный документ во всей её совокупности путём ссылки). NH_4^+ в значительной степени препятствует растворению O_2 в водном растворе. Когда концентрация соли меньше 0,5 моль/л (около 5 мас.%), скорость окисления сульфита аммония повышается с увеличением его концентрации, тогда как в случае превышения указанного предела скорость окисления снижается с увеличением концентрации. Однако в случае, когда концентрация суммы солей аммония составляет 3-4 моль/л, а концентрация сульфита аммония меньше 0,05 моль/л, то есть, когда степень окисления раствора составляет больше 99%, реакция окисления имеет нулевой порядок по скорости, то есть скорость окисления не зависит от содержания сульфита аммония. В то же время концентрация сульфита аммония в абсорбционной жидкости является очень низкой, поэтому эффективность обессеривания может обеспечиваться только за счёт добавления большего количества аммиака, а в таком случае не имеется гарантии, что унос аммиака и общее количество пыли, выбрасываемое с выпускаемым дымовым газом, соответствуют требованиям.

Реакция окисления сульфита аммония также может протекать в ходе абсорбции. Когда содержание O_2 в дымовом газе ниже 8%, скорость реакции является низкой, но степень окисления по-прежнему может достигать 40-80% в условиях непрерывной циркуляции. Если содержание кислорода в дымовом газе далее возрастает выше 16%, сульфит аммония, содержащийся в абсорбционной жидкости, может полностью окисляться кислородом, и его можно направлять непосредственно в систему последующей обработки для переработки, что таким образом оказывает отрицательное влияние на унос аммиака и контроль образования аэрозоля. Для того, чтобы неокисленный сульфит аммония, содержащийся в абсорбционной жидкости, окислялся в сульфат аммония, обычно используют окислительный резервуар/секцию окисления/окислитель в виде струи с целью полного окисления сульфита аммония в условиях избыточного и нагнетаемого при повышенном давлении окисляющего воздуха. Некоторые поставщики техники выбрали способ с добавлением катализаторов в абсорбционную жидкость для активирования окисления, но это будет оказывать влияние на качество продукта.

Это также представляет собой вторую техническую сложность в связи со способом на основе кальция.

3. Извлечение аммиака, захватываемого хвостовым газом

В отличие от других щелочных веществ аммиак является летучим. С целью обеспечения эффективности обессеривания и достижения конечного показателя выбросов в традиционной абсорбционной

башне с противоточным контактом, в распылительной ли башне, насадочной башне или плитной башне, точка контакта в верхней части абсорбционной зоны характеризуется наиболее высоким значением pH раствора, газовая фаза имеет наиболее низкую концентрацию SO₂, а концентрация аммиака в газовой фазе является наиболее высокой, и это означает, что количество аммиака, покидающего башню обессеривания с хвостовым газом, будет большим. Это вызовет как потерю аммиака со сбросами, так и новое загрязнение.

Вышеупомянутые проблемы являются важной причиной того, почему способ на основе аммиака долго оставался неразработанным. Хорошо известные отечественные и зарубежные исследовательские институты, а также технологические компании предложили различные решения для контролирования или устранения проблем образования аэрозоля и уноса аммиака, как например, мокрую электрообработку, многоступенчатую промывку водой, многоступенчатое улавливание тумана или их сочетание. Однако при помощи указанных способов не решают проблемы, обусловленные источником аэрозоля и уносом аммиака в ходе абсорбции, а лишь сосредотачиваются на том, как отводить унесённый аммиак и образующийся аэрозоль в ходе абсорбции, что делает секции башен более многочисленными, систему более сложной, и не только результат переработки является нежелательным, но также существенно увеличиваются капиталовложения и эксплуатационные расходы.

В устройстве для обессеривания аммиаком абсорбция, окисление и концентрирование влияют друг на друга. Абсорбции благоприятствует высокий уровень pH раствора и высокое содержание сульфата аммония; окислению благоприятствует относительно низкая концентрация суммарного количества солей аммония и низкое содержание сульфата аммония; концентрированию благоприятствует высокое содержание сульфата аммония; а регулированию уноса аммиака и образования аэрозоля благоприятствует низкий уровень pH раствора и отсутствие свободного аммиака. Вследствие различного влияния состава раствора в разных процессах имеется большая потребность в технологиях, в рамках которых более адекватно контролируется образование аэрозоля в ходе абсорбции с целью достижения координированного контроля абсорбции, окисления и концентрирования при одновременном удовлетворении стандартам выбросов, снижению расходов, упрощению процессов и уменьшению сложности работы.

В китайском патенте на изобретение с номером заявки CN0 2136906.2 предложен способ и устройство для удаления и извлечения SO₂, содержащегося в дымовом газе, при этом концентрация сульфата аммония регулируется в диапазоне 0,1-5 мас.%, предпочтительно 0,5-2,0%, с целью создания наиболее благоприятных условий для окисления, снижения потребления энергии и уменьшения капиталовложений в окисление, а также обеспечения высокой эффективности обессеривания. Абсорбционная жидкость характеризуется отношением аммиак/сера=1,3-1,8 (мольное отношение), а отношение поглощения газ/жидкость составляет 2000-5000 (объёмное отношение). Раствор сульфата аммония концентрируют с использованием тепла горячего дымового газа, за счёт чего температура горячего дымового газа снижается до 50-55°C, раствор сульфата аммония можно концентрировать до достижения величины 40-50 мас.% и направлять в кристаллизатор сульфата аммония для переработки в промышленное удобрение сульфат аммония. Секция окисления снабжена продольной разделительной пластиной для отделения неокисленного раствора сульфата аммония от окисленного раствора сульфата аммония, по возможности без обратного смешивания. Указанный способ имеет несколько характерных черт, как например: 1) концентрация абсорбционной жидкости является низкой, и она пригодна только для дымового газа с низким содержанием серы; 2) регулирование уноса аммиака и образования аэрозоля в ходе абсорбции не вызывает затруднений, и необходимо предусматривать подогреватель для устранения белого дыма; и 3) на кристаллизацию оказывает влияние объём сухого воздуха и содержание пыли, а степень кристаллизации является низкой и нестабильной.

В китайском патенте на изобретение с номером заявки CN201510680578.0 предложена двухцикловая система обессеривания-денитрификации-удаления пыли на основе аммиака, включающая в себя промывную абсорбционную башню (1) и окислительный циркуляционный резервуар (9); промывная абсорбционная башня (1), в свою очередь, состоит из высокоэффективной секции (2) удаления водяного тумана, усовершенствованной секции (3) удаления аммиачного тумана, секции (4) улавливания тумана абсорбционной жидкости, секции (5) вторичной абсорбции, секции (6) первичной абсорбции, а также секции (7) промывки и охлаждения; когда дымовой газ поступает в секцию (6) первичной абсорбции, в качестве абсорбционной жидкости в основном для удаления SO₂ используется раствор сульфата аммония, который имеет плотность 1,1-1,15 кг/л, уровень pH, равный 6,5-7, и содержит нитрат аммония, а когда дымовой газ поступает в секцию (5) вторичной абсорбции, в качестве абсорбционной жидкости для содействия удалению SO₂ используется раствор сульфата аммония, который имеет плотность 1,05-1,1 кг/л, уровень pH, равный 5,5-6, и содержит нитрат аммония. Данный процесс является сложным, включает в себя избыточный аммиак, обуславливает интенсивное образование аэрозоля и унос аммиака в ходе абсорбции, и трудно обеспечивать достижение конечного показателя выбросов путём промывки водой и улавливания тумана.

В китайском патенте на изобретение с номером заявки CN 201611014433.8 предложен способ уменьшения образования аэрозоля при обессеривании аммиаком, который включает в себя следующие конкретные стадии: 1) раствор аммиака подают в абсорбционную аммиачную башню и запускают цир-

куляцияционный насос первичной абсорбции для распылительной промывки с целью обессеривания большей части SO_2 в дымовом газе; 2) раствор аммиака подают в абсорбционную аммиачную башню для распылительной промывки таким образом, что распылительная жидкость дополнительно реагирует с SO_2 в дымовом газе для удаления из него загрязнителей; 3) дымовой газ после вторичной абсорбции проходит через устройство для промывки водой и распыления с целью промывки аэрозоля и других примесей, увлечённых отходящим газом; и 4) наконец, дымовой газ промывается водой и проходит через пеногаситель для удаления таких примесей, как пена жидкости и остаточный аэрозоль, увлечённый в ходе промывки и распыления, очищенный хвостовой газ соответствует стандартам и сбрасывается. На стадии 1) pH абсорбционной жидкости строго контролируется на уровне 5,5-6,5, а плотность составляет 1,15-1,25 г/мл. На стадии 2) показатель pH абсорбционной жидкости строго контролируется на уровне 5,0-6,0, а плотность составляет 1,0-1,20 г/мл. Состав раствора и температура абсорбции в данном процессе не указаны, и всё ещё невозможно адекватно контролировать унос аммиака и образование аэрозоля из данного источника. Кроме того, дымовой газ после простой промывки водой и улавливания тумана по-прежнему не может соответствовать требованиям стандартов Китая по очень низкому уровню выбросов или превосходить их.

В китайском патенте на изобретение с номером заявки CN 201611207184.4 предложен способ экономии воды и регулирования явления образования аэрозоля в процессе обессеривания аммиаком, в котором дымовой газ котла поступает в башню для обессеривания, и SO_2 -содержащий дымовой газ, входящий в башню для обессеривания, распыляется вместе с оросительным раствором сульфата аммония/сульфита аммония, имеющим концентрацию 5-35%, затем проходит через слой наполнителя и контактирует с охлаждающей водой, подаваемой над слоем наполнителя, а после этого контактирует с водным промывным и распылительным слоем, в результате чего охлаждающая вода, имеющаяся в нижней части слоя наполнителя, попадает на тарелку накопления водной промывной жидкости и возвращается в башню охлаждающей воды, затем входит в резервуар водной промывки и подаётся насосом доставки промывной воды в водный промывной распылительный слой для рециркуляции; данная система имеет простую схему, хорошее охлаждение, низкие эксплуатационные расходы и тому подобное; распылительная охлаждающая вода абсорбирует такие вещества, как частицы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, SO_2 и NH_3 , содержащиеся в дымовом газе котла; насыщенный водяной пар, содержащийся в дымовом газе котла, конденсируется при помощи частиц $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ как ядер с образованием капель воды, так что улавливаются частицы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, содержащиеся в дымовом газе котла, образование аэрозоля подавляется, а концентрация частиц в дымовом газе котла, отводимом после осуществления процесса обессеривания аммиаком, становится меньше 30 мг/н.м^3 . Состав раствора, уровень pH и температура абсорбции в данном процессе не указаны, и всё ещё невозможно полностью контролировать унос аммиака и образование аэрозоля из данного источника. Кроме того, потребление энергии при промывке низкотемпературной водой является высоким, а концентрация частиц в очищенном дымовом газе составляет меньше 30 мг/н.м^3 , что не удовлетворяет новейшим стандартам по выбросам.

В китайском патенте на изобретение с номером заявки CN 201310340885.5 предложен способ регулирования выброса аэрозоля при обессеривании аммиаком и специальная абсорбционная башня для него, при этом отходящий газ остужают до $100\text{-}120^\circ\text{C}$ путём распыления атомизированной водой и охлаждения и подают в зону обессеривания абсорбционной башни для обессеривания, где отходящий газ, протекающий снизу вверх, контактирует противотоком с жидкостью для обессеривания, распыляемой сверху вниз, так чтобы абсорбировался SO_2 , содержащийся в дымовом газе; внутри зоны обессеривания предусмотрены наполнители или ситчатые пластины; обессеренный дымовой газ поступает в зону промывки наполнителя, в которую впрыскивают промывную воду для удаления состоящего из крупных частиц аэрозоля, образовавшегося при обессеривании аммиаком; после обессеривания и удаления аэрозоля, состоящего из крупных частиц, дымовой газ поступает в зону фазового перехода водяного пара, и из середины зоны фазового перехода водяного пара впрыскивается пар для создания среды пересыщенного водяного пара, требуемого для фазового перехода водяного пара, так что неудалённые мелкие частицы аэрозоля конденсируются, растут и удаляются при помощи сетчатого каплеотбойника на выходе дымового газа из зоны фазового перехода водяного пара; очищенный дымовой газ сбрасывают через вытяжную трубу из выпускного канала дымового газа наверху абсорбционной башни для обессеривания. Линейная скорость потока дымового газа составляет $2,0\text{-}3,0 \text{ м/с}$, рабочее соотношение жидкость/газ составляет $2\text{-}8 \text{ л/н.м}^3$, уровень pH жидкости для обессеривания равен $5,2\text{-}6,0$, а температура жидкости для обессеривания составляет $45\text{-}55^\circ\text{C}$; обессеривающим реагентом в жидкости для обессеривания является сульфат аммония или сульфит аммония, с концентрацией от 10 мас.%, до уровня пересыщения; соотношение объёма распыления промывной воды и газожидкостной смеси в зоне промывки наполнителя составляет $0,6\text{-}3,0 \text{ л/н.м}^3$, температура дымового газа после промывки путём пропускания через слой наполнителя снижается до $50\text{-}55^\circ\text{C}$. В одном из вариантов осуществления наиболее низкая массовая концентрация PM_{10} на выходе из абсорбционной башни составляет 45 мг/н.м^3 , а самая низкая концентрация SO_2 составляет 135 мг/н.м^3 . При помощи указанного способа по-прежнему невозможно адекватно регулировать унос аммиака и образование аэрозоля из данного источника, содержание частиц и SO_2 в очищенном дымовом газе не удовлетворяет новейшим стандартам по выбросам, а потребление энергии для фазового

перехода пара является высоким.

В китайском патенте на изобретение с номером заявки CN 201710800599.0 предложен способ регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком, в котором для удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе, используется циркуляционная абсорбционная жидкость, содержащая сульфит аммония, с целью контролирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком. Высокоэффективное обессеривание и удаление пыли реализуются путём ступенчатого контролирования состава раствора и условий реакции, и при этом одновременно регулируются осуществление высокоэффективного обессеривания, унос аммиака и образование аэрозоля в ходе абсорбции; дымовой газ после предварительного охлаждения и очистки последовательно контактирует с циркулирующей абсорбционной жидкостью и промывочной циркулирующей жидкостью, содержащей мелкие частицы, и при этом контролируются состав раствора и температура реакции на каждой ступени, так что достигается координированный контроль абсорбции, окисления и концентрирования. В данном способе не указаны методы регулирования содержания кислорода в отходящем газе и контролирования температуры абсорбции, а также обработки сточных вод абсорбции. Его всё ещё необходимо разрабатывать далее для определения контрольных показателей процесса и методов контроля с целью обеспечения поддержки для регулирования образования аэрозоля из данного источника в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком.

Типичные подходы не полностью охватывают ключевую технологию обессеривания аммиаком, в них не осуществляется регулирование образования аэрозоля из данного источника, невозможно выполнять координированный контроль абсорбции, окисления и концентрирования, не решаются основные технические проблемы уноса аммиака и образования аэрозоля из их источника, уделяется внимание только способу удаления унесённого аммиака и аэрозоля, образующегося в ходе абсорбции, что таким путём делает секции башен более многочисленными, а систему более сложной, и не только результат переработки является нежелательным, но также существенно увеличиваются капиталовложения и эксплуатационные расходы.

С учётом вышесказанного, было бы желательно разработать устройство и способы регулирования уноса аммиака и образования аэрозоля в их источнике.

Краткое описание фигур

Фиг. 1 представляет собой схематичное отображение способа и устройства в соответствии с принципами изобретения.

Фиг. 2 представляет собой схематичное отображение примера 1.

Номера позиций

- 1 - Абсорбционная башня
- 2 - Окислительное устройство
- 3 - Циркуляционный резервуар для отмывки мелких частиц
- 4 - Зона предварительной промывки
- 5 - Абсорбционная зона
- 6 - Зона контроля мелких частиц
- 7 - Циркуляционная абсорбционная жидкость
- 8 - Патрубок выпуска очищенного дымового газа
- 9 - Технологический газ
- 10 - Распылительный слой предварительной промывки
- 11 - Абсорбционный распылительный слой
- 12 - Распылительный слой а мелких частиц
- 13 - Распылительный слой b мелких частиц
- 14 - Каплеотбойник
- 15 - Циркуляционная жидкость для отмывки мелких частиц
- 16 - Абсорбционный циркуляционный резервуар
- 17 - Газожидкостной сепаратор а
- 18 - Газожидкостной сепаратор b
- 19 - Интенсификатор газожидкостной дисперсии
- 20 - Циркуляционная жидкость для предварительной промывки
- 21 - Аммиак
- 22 - Окисляющий воздух
- 23 - Технологическая вода
- 24 - Система для последующей обработки сульфата аммония
- 25 - Система выпарной кристаллизации
- 26 - Конденсат пара
- 27 - Устройство для обработки конденсата пара
- 28 - Система циркуляции воды
- 29 - Теплообменное устройство зоны предварительной промывки
- 30 - Теплообменное устройство абсорбционной зоны

- 31 - Промышленная воздуходувка
- 32 - Устройство для разделения твёрдое тело-жидкость
- 33 - Центрифуга
- 34 - Встроенная сушильная башня
- 35 - Упаковочная машина
- 36 - Конечный продукт сульфат аммония

Термин "унос аммиака" подразумевает аммиак, либо одно или несколько аммиак/аминосодержащих соединений, которые улетучиваются вместе с выбросами.

Термин "извлечение аммиака" подразумевает ту долю или процент аммиака, добавляемого в процесс очистки газа, который впоследствии улавливают и извлекают из процесса. Данные соединения получают из аммиака или аммиак/аминонесущих соединений, которые добавляют к газовому потоку для абсорбирования серы.

Термин "пыль" обозначает материал, состоящий из частиц, достаточно мелких, чтобы переноситься с газообразными потоками при выполнении операций, переработке или контактировании с ними. Он охватывает аэрозоли, включая твёрдые аэрозольные частицы и жидкие аэрозольные частицы, сажу, древесный уголь, несгоревший уголь, мелкие минералы, песок, гравий, соли и их любое сочетание, но не ограничивается ими.

Термин "выброс" подразумевает поток газа, выходящий с установки промышленного или химического процесса. Он включает в себя дымовой газ, хвостовой газ, отходящие газы термокамер, печей, котлов и/или генераторов, но не ограничивается ими. Он может заключать в себе продукты горения, образовавшиеся в результате сгорания смеси воздуха и воспламеняющегося материала, остаточный материал после осуществления химических процессов, который может заключать в себе воду, азот и загрязнители, такие как твёрдые частицы, сажа, оксид углерода, оксиды азота и оксиды серы. Сбрасываемый газ одного процесса может являться газообразным входным материалом другого процесса.

"Охват распыления" представляет собой отклонение струи от сопла или группы сопел. Чем больше отклонение, тем больше охват распыления.

Процентное содержание: объёмные проценты (об./об.), если в настоящем документе не указано иного.

В случае, если приведённые выше определения или описание, указанные где-либо ещё в данной заявке, не согласуются со значением (явным или неявным), которое обычно употребляется, изложено в словаре или указано в источнике, включённом в настоящую заявку в виде ссылки, подразумевается, что термины заявки и формулы изобретения, в частности, истолковываются согласно определению или описанию, приведённому в данной заявке, а не в соответствии с общепринятым определением, определением словаря или определением, которое было включено в виде ссылки. В случае, если термин формулы изобретения может восприниматься только будучи истолкованным в словаре, преимуществом будет обладать определение, изложенное в энциклопедии Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 5th Edition, 2005, (John Wiley & Sons, Inc.), которая настоящим включена в данный документ во всей своей полноте путём ссылки, если оно в ней предусмотрено.

Устройство и способы

Предлагаются устройство и способы абсорбции диоксида серы из отходящего газа.

Абсорбционная жидкость может включать в себя сульфит аммония. Абсорбционная жидкость может удалять диоксид серы из дымового газа. Обессеривание аммиаком можно осуществлять после добавления аммиака в циркулирующую абсорбционную жидкость и превращения его в сульфит аммония. Можно регулировать содержание кислорода и воды в технологическом газе. Можно регулировать температуру абсорбции. Можно использовать ступенчатый контроль состава раствора и условий реакции.

Для ингибирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком можно использовать координированное применение изложенных выше способов в соответствии с принципами данного изобретения. Такое применение может исключить или уменьшить необходимость улавливания аммиака, введённого в дымовой газ для поглощения серы после её абсорбирования. Такое применение может исключить необходимость улавливания аммиака, последующей абсорбции серы при помощи таких методов, как мокрая электрообработка, многоступенчатая промывка водой, многоступенчатое улавливание тумана или тому подобных, либо их сочетания. Такое применение может координировать абсорбцию, окисление и концентрирование. Оно может упрощать технологическую схему обработки дымового газа и уменьшать затраты на её воплощение.

Данное устройство может включать реактор. Реактор может быть выполнен с возможностью приёма дымового газа. Данное устройство может включать распылительный слой. Распылительный слой может размещаться в реакторе. Распылительный слой может быть выполнен с возможностью контактирования дымового газа с аммиаксодержащей жидкостью, которая имеет в своём составе сульфит аммония и абсорбирует серу из дымового газа при определённой температуре. Данное устройство может включать в себя регулировочное устройство. Регулировочное устройство может быть выполнено с возможностью ограничения содержания кислорода в материале, поступающем в реактор, величиной не более 12 об.%. Регулировочное устройство может быть выполнено с возможностью понижения температу-

ры в ответ на избыточное содержание аэрозоля в потоке, выходящем из реактора. Данное устройство может включать в себя систему для окисления. Система для окисления может быть выполнена с возможностью окисления жидкости. Данное устройство может включать в себя вспомогательную систему. Вспомогательная система может быть выполнена с возможностью получения твёрдого сульфата аммония из жидкости.

Вспомогательная система может включать в себя систему для последующей обработки сульфата аммония.

Вспомогательная система может включать в себя систему подачи аммиака.

Вспомогательная система может включать в себя систему технологической воды.

Реактор может включать абсорбционную башню, в которой может быть сформирована зона предварительной промывки. Реактор может включать абсорбционную башню, в которой может быть сформирована абсорбционная зона.

Реактор может включать абсорбционную башню, в которой может быть сформирована зона контроля мелких частиц.

Каждая из зон может включать в себя один или несколько распылительных слоев.

Газожидкостной сепаратор может располагаться между абсорбционной зоной и зоной предварительной промывки.

Газожидкостной сепаратор может располагаться между абсорбционной зоной и зоной контроля мелких частиц.

Газожидкостной сепаратор может располагаться внутри абсорбционной зоны.

Газожидкостной сепаратор может располагаться внутри зоны контроля мелких частиц.

В каждой зоне контроля мелких частиц данное устройство может содержать зону предварительной промывки и абсорбционную зону, каплеотбойный слой.

Каплеотбойник может заключать структуру, выбранную из группы, состоящей из отражательной перегородки, ребра, наполнителя и сетчатого экрана или их сочетания.

В каждом слое абсорбционной зоны отношение жидкость-газ может являться величиной не меньше $0,4 \text{ л/н.м}^3$.

В каждом слое абсорбционной зоны средняя степень покрытия при распылении может являться величиной не меньше 200%.

В каждом слое зоны контроля мелких частиц отношение жидкость-газ может являться величиной не меньше $0,42 \text{ л/н.м}^3$. В каждом слое зоны контроля мелких частиц средняя степень покрытия при распылении может являться величиной не меньше 150%.

В каждом слое абсорбционной зоны общая площадь, характеризующая степень покрытия при распылении менее 200%, может являться величиной не более 10% от площади сечения абсорбционной башни.

В каждом слое зоны контроля мелких частиц общая площадь, характеризующая степень покрытия при распылении менее 200%, может являться величиной не более 10% от площади сечения абсорбционной башни.

В каждом слое зоны контроля мелких частиц общая площадь, характеризующая степень покрытия при распылении менее 200%, может являться величиной не более 5% от площади сечения абсорбционной башни.

Система для окисления может включать окислительный резервуар. Данный резервуар может быть выполнен с возможностью приёма отработанной абсорбционной жидкости. Резервуар может быть выполнен с возможностью протекания потока первой части отработанной абсорбционной жидкости по первому каналу. Резервуар может быть выполнен с возможностью протекания потока второй части абсорбционной жидкости по второму каналу. Резервуар может быть выполнен с возможностью подачи первого выходящего потока из первого канала в зону контроля мелких частиц, второго выходящего потока из второго канала в абсорбционную зону.

Первый выходящий поток может быть более окисленным, чем второй.

Окислительный резервуар может содержать ряд интенсификаторов газожидкостной дисперсии.

Окислительный резервуар может содержать первое выпускное отверстие. Первое выпускное отверстие может располагаться на первой позиции в ряду. Первое выпускное отверстие может быть выполнено с возможностью подачи первого выходящего потока. Окислительный резервуар может содержать второе выпускное отверстие. Второе выпускное отверстие может располагаться на второй позиции в ряду. Второе выпускное отверстие может быть выполнено с возможностью подачи второго выходящего потока. Вторая позиция может обуславливать достижение меньшей степени окисления отработанной абсорбционной жидкости, чем первая позиция.

Окислительный резервуар может содержать камеру для аммиака, в которой могут быть сформированы отверстия для прохода аммиака из камеры в первый канал. Окислительный резервуар может содержать камеру для аммиака, в которой могут быть сформированы отверстия для прохода в неё отработанной абсорбционной жидкости.

Окислительный резервуар может содержать камеру для аммиака, в которой могут быть сформиро-

ваны перфорационные отверстия для прохода аммиака из камеры во второй канал. Окислительный резервуар может содержать камеру для аммиака, в которой могут быть сформированы отверстия для прохода в неё отработанной абсорбционной жидкости.

Окислительный резервуар может содержать сепаратор. Окислительный резервуар может содержать источник окислительного воздуха в первом канале. Второй канал может проходить снаружи сепаратора.

Второй канал может представлять собой канал, по которому не подают окислительный воздух.

Отработанная абсорбционная жидкость в первом выходящем потоке может быть полностью окисленной.

Регулирующее устройство может быть выполнено с возможностью понижения уровня pH отработанной абсорбционной жидкости в первом выходящем потоке в ответ на избыточное содержание аэрозоля в потоке, вытекающем из реактора.

В сепараторе могут быть сформированы перфорационные отверстия. Перфорационные отверстия могут быть выполнены с возможностью пропускания отработанной абсорбционной жидкости из первого канала во второй канал. Перфорационные отверстия могут быть выполнены с возможностью пропускания отработанной абсорбционной жидкости из второго канала в первый канал.

Башня может быть выполнена с возможностью протекания потока дымового газа с линейной скоростью газового потока 0,8-4 м/с.

Башня может быть выполнена с возможностью приёма дымового газа, имеющего концентрацию SO_2 вплоть до 30 000 мг/н.м³.

Башня может быть выполнена с возможностью испускания вытекающего потока, имеющего содержание SO_2 , которое может быть величиной не более 400 мг/н.м³.

Вытекающий поток может иметь содержание SO_2 не больше 100 мг/н.м³.

Вытекающий поток может иметь содержание SO_2 не больше 35 мг/н.м³.

Вытекающий поток может иметь содержание SO_2 не больше 10 мг/н.м³.

Башня может быть выполнена с возможностью испускания вытекающего потока, имеющего общее содержание пыли, включая аэрозоль, не больше 50 мг/н.м³.

Общее содержание пыли может быть величиной не более 20 мг/н.м³.

Общее содержание пыли может быть величиной не более 5 мг/н.м³.

Общее содержание пыли может быть величиной не более 3 мг/н.м³.

Башня может быть выполнена с возможностью испускания вытекающего потока, характеризующегося уносом аммиака, который составляет не более 8 мг/н.м³.

Башня может быть выполнена с возможностью испускания вытекающего потока, характеризующегося уносом аммиака, который может являться величиной не более 4 мг/н.м³.

Башня может быть выполнена с возможностью испускания вытекающего потока, характеризующегося уносом аммиака, который может являться величиной не более 2 мг/н.м³.

Башня может быть выполнена с возможностью испускания выходящего потока, характеризующегося уносом аммиака, который может являться величиной не более 1 мг/н.м³.

Данное устройство может включать в себя источник дополнительного газа, который может быть выполнен с возможностью протекания потока дополнительного газа в дымовой газ до поступления дымового газа в башню, при этом смесь дополнительного газа и дымового газа представляет собой технологический газ и на входе в башню имеет содержание воды, превышающее 15%. Устройство может включать в себя систему выпарной кристаллизации, выполненную с возможностью осуществления кристаллизации сульфата аммония исходя из абсорбированного SO_2 после абсорбции SO_2 в аммиакосодержащей жидкости.

Система выпарной кристаллизации может быть выполнена с возможностью осуществления процесса выпарной кристаллизации двукратного действия. Данное устройство может включать в себя пароструйный насос, который может являться частью процесса выпарной кристаллизации двукратного действия. Система выпарной кристаллизации может быть выполнена с возможностью осуществления процесса выпарной кристаллизации однократного действия. Система выпарной кристаллизации может быть выполнена с возможностью осуществления процесса выпарной кристаллизации с MVR (с механической компрессией пара).

Данное устройство может включать в себя источник дополнительного газа, который может быть выполнен с возможностью протекания потока дополнительного газа в дымовой газ до поступления отходящего газа в башню, при этом смесь дополнительного газа и отходящего газа представляет собой технологический газ, имеющий на входе в башню содержание воды, превышающее 15%. Данное устройство может включать в себя теплообменник, выполненный с возможностью обмена теплом с текучей средой для предварительной промывки до того, как её можно отделять в зоне предварительной промывки. Устройство может включать в себя систему выпарной кристаллизации, выполненную с возможностью кристаллизации сульфата аммония исходя из абсорбированного SO_2 после абсорбции SO_2 в аммиакосодержащей жидкости.

Данное устройство может включать в себя источник дополнительного газа, который может быть выполнен с возможностью протекания потока дополнительного газа в дымовой газ до поступления ды-

мового газа в башню, при этом смесь дополнительного газа и дымового газа представляет собой технологический газ, имеющий на входе в башню содержание воды, превышающее 15%. Данное устройство может включать в себя теплообменник, выполненный с возможностью обмена теплом с аммиакосодержащей жидкостью до того, как аммиакосодержащую жидкость можно распылять в абсорбционной зоне. Устройство может включать в себя систему выпарной кристаллизации, выполненную с возможностью осуществления кристаллизации сульфата аммония исходя из абсорбированного SO_2 после абсорбции SO_2 в аммиакосодержащей жидкости.

Данное устройство может включать в себя источник дополнительного газа, который может быть выполнен с возможностью пропускания дополнительного газа в дымовой газ до поступления дымового газа в башню, при этом смесь дополнительного газа и дымового газа представляет собой технологический газ, имеющий на входе в башню содержание воды, превышающее 15%. Данное устройство может включать в себя теплообменник, выполненный с возможностью обмена теплом с аммиакосодержащей жидкостью до того, как аммиакосодержащую жидкость можно распылять в абсорбционной зоне. Устройство может включать в себя теплообменник, выполненный с возможностью обмена теплом с текучей средой для предварительной промывки до того, как текучую среду для предварительной промывки можно распылять в зоне предварительной промывки. Устройство может включать в себя систему выпарной кристаллизации, выполненную с возможностью осуществления кристаллизации сульфата аммония исходя из абсорбированного SO_2 после абсорбции SO_2 в аммиакосодержащей жидкости.

Данное устройство может включать в себя устройство для обработки конденсата пара. Устройство для обработки конденсата может включать в себя мембранно-разделительное устройство. Устройство для обработки конденсата может включать в себя деаэрактор. Устройство для обработки конденсата может включать в себя отверстие для выпуска чистой жидкости. Устройство для обработки конденсата может включать в себя отверстие для выпуска концентрированной жидкости. Отверстие для выпуска чистой жидкости устройства для концентрирования конденсата пара может сообщаться по текучей среде с системой циркуляции воды.

Отверстие для выпуска концентрированной жидкости может сообщаться по текучей среде с зоной контроля мелких частиц.

Устройство может включать в себя систему циркуляции воды. Система циркуляции воды может быть выполнена с возможностью перемещения конденсата пара из системы выпарной кристаллизации в абсорбционную башню.

Данное устройство может включать в себя устройство для распределения воздуха. Устройство для распределения воздуха может быть выполнено с возможностью протекания потока воздуха в дымовой газ для образования технологического газа перед поступлением дымового газа в башню. Устройство может быть выполнено с возможностью ограничивать содержание кислорода в технологическом газе величиной не более 12 об.%, ниже по ходу потока после устройства для распределения воздуха и выше по ходу потока от башни. Дымовой газ до смешивания с воздухом может иметь содержание воды, превышающее 15 об.%

Содержание кислорода может представлять собой величину не больше 10%. Содержание кислорода может находиться в диапазоне 3-9%.

Данное устройство может включать устройство для конденсации. Устройство для конденсации может быть выполнено с возможностью охлаждения технологического газа. Устройство для конденсации может быть выполнено с возможностью уменьшения влажности технологического газа.

Данное устройство может содержать распределитель воздуха, сообщающийся по текучей среде с дымовым газом. Устройство может содержать теплообменник зоны предварительной промывки, выполненный с возможностью охлаждения циркуляционной жидкости для предварительной промывки, поступающей в башню. Распределитель воздуха может быть выполнен с возможностью поддержания концентрации воды в технологическом газе на уровне не более 10 об.% в случае, когда дымовой газ может иметь содержание воды, превышающее 18 об.%

Данное устройство может содержать теплообменник абсорбционной зоны.

Теплообменник абсорбционной зоны может быть выполнен с возможностью охлаждения абсорбционной жидкости, входящей в башню. Распределитель воздуха может быть выполнен с возможностью поддержания концентрации воды в технологическом газе на уровне не более 10 об.% в случае, когда дымовой газ имеет содержание воды, превышающее 18 об.%

Теплообменное устройство зоны предварительной промывки и/или теплообменное устройство абсорбционной зоны могут содержать трубчатый теплообменник, выпарной холодильник, воздушный холодильник и пластинчатый теплообменник; пластинчатый теплообменник может быть целесообразным в тех регионах, где может иметься в избытке циркуляционная вода/первичная вода, а воздушный холодильник может быть целесообразным в тех регионах, где средняя температура летом может составлять $\leq 30^\circ\text{C}$.

Указанные способы могут включать способы абсорбирования диоксида серы из дымового газа.

Указанные способы могут включать протекание потока дымового газа через реактор. Данные способы могут включать осуществление абсорбции серы из дымового газа в реакторе при определенной

температуре в аммиакосодержащей циркуляционной жидкости, которая имеет в своём составе сульфит аммония. Данные способы могут включать сбор жидкости.

Указанные способы могут включать ограничение содержания кислорода в материале, поступающем в реактор, величиной, которая может быть не выше 12 об.% Данные способы могут включать понижение температуры как отклик на избыточное содержание аэрозоля в потоке, вытекающем из реактора.

Указанные способы могут включать смешивание воздуха с дымовым газом для образования технологического газа до пропускания потока.

Указанное понижение может включать в себя понижение температуры воздуха.

Указанное понижение может включать в себя понижение температуры жидкости.

Понижение температуры жидкости может включать в себя пропускание жидкости через холодильник циркуляционной воды.

Указанные способы могут включать подачу охлаждающей воды в водяной холодильник. Данные способы могут включать действия в ответ на избыточное содержание ионов в охлаждающей воде. Способы могут включать замену части охлаждающей воды технологической водой.

Указанная замена может включать в себя получение технологической воды из системы обработки конденсата пара, которая может быть выполнена с возможностью производства пара из суспензии сульфата аммония.

Данные способы могут включать кристаллизацию сульфата аммония в жидкости за счёт переноса тепла от дымового газа к жидкости.

Понижение температуры жидкости может включать в себя повышение скорости потока воздуха. Понижение температуры жидкости может включать уменьшение влажности воздуха.

Указанные способы могут включать пропускание части жидкости в систему для окисления. Данные способы могут включать окисление сульфита аммония в жидкости, в системе для окисления.

Указанные способы могут включать возвращение жидкости в реактор.

Понижение может приводить к уменьшению температуры до величины, которая может находиться в пределах диапазона от 30 до 60°C.

Указанный диапазон может являться диапазоном 35-56°C.

Указанный диапазон может являться диапазоном 40-55°C.

Указанный диапазон может являться диапазоном 45-53°C.

Ограничение может устанавливать предел содержания кислорода на уровне величины, которая может составлять не более 10%. Ограничение может устанавливать предел содержания кислорода на уровне величины в диапазоне от 3 до 9%. Ограничение может устанавливать предел содержания кислорода на уровне величины, которая может составлять не более 8%.

Осуществление абсорбции может включать в себя ступенчатую подачу аммиакосодержащей жидкости различного состава. Осуществление абсорбции может характеризоваться определённой температурой и содержанием кислорода при абсорбции, которое регулируется таким образом, что из дымового газа может удаляться не менее 90% диоксида серы. Осуществление абсорбции может характеризоваться определённой температурой и содержанием кислорода при абсорбции, которое регулируется таким образом, что содержание пыли в потоке, вытекающем из реактора, составляет не более 50 мг/н.м³.

Содержание воды в технологическом газе может составлять не более 25%.

Содержание воды может составлять не более 18%.

Содержание воды может находиться в диапазоне от 4 до 15%.

Указанные способы могут включать регулирование градиента концентрации сульфита аммония с использованием упомянутых ступеней. Данные способы могут включать регулирование градиента концентрации бисульфита аммония с использованием упомянутых ступеней. Данные способы могут включать регулирование градиента концентрации сульфата аммония с использованием упомянутых ступеней. Указанные способы могут включать смешивание воздуха с дымовым газом для образования технологического газа перед осуществлением абсорбции. Упомянутые способы могут включать охлаждение и очистку технологического газа до осуществления абсорбции. Указанные способы могут включать контактирование технологического газа с аммиакосодержащей жидкостью на одной или нескольких ступенях, которые содержат сульфит аммония и сульфат аммония, а затем отмывку мелких частиц циркуляционной жидкостью на одной или нескольких ступенях, которые содержат сульфит аммония и сульфат аммония. Упомянутые ступени, охлаждение и очистка, контактирование могут совместно содействовать абсорбированию не менее 90% диоксида серы.

Указанные способы могут включать регулирование отношения дымового газа к воздуху для контроля содержания кислорода в технологическом газе на уровне не более 12%.

Упомянутые способы могут включать добавление сухого воздуха к дымовому газу для снижения содержания воды в вытекающем потоке.

Циркуляционная жидкость для отмывки мелких частиц может характеризоваться уровнем pH ниже соответствующей величины циркуляционной абсорбционной жидкости. Циркуляционная жидкость для отмывки мелких частиц может иметь содержание сульфита аммония меньше соответствующей величины аммиакосодержащей жидкости.

Подача может включать выбор на основе измеренной концентрации диоксида серы в дымовом газе, показателя выбросов, числа применяемых ступеней.

Упомянутое число может составлять больше двух. Состав ступени может включать 0,15-4,95% сульфита аммония. Состав ступени может включать 5-38% сульфата аммония. Ступени могут включать верхнюю циркуляционную абсорбционную жидкость. Ступени могут включать нижнюю циркуляционную абсорбционную жидкость. Верхняя циркуляционная абсорбционная жидкость может иметь содержание сульфита аммония ниже, чем нижняя циркуляционная абсорбционная жидкость. Верхняя циркуляционная абсорбционная жидкость может характеризоваться уровнем pH ниже соответствующего показателя нижней циркуляционной абсорбционной жидкости.

Подача может включать выбор на основе измеренной концентрации диоксида серы в дымовом газе, показателя выбросов за пределы предприятия, числа применяемых ступеней. Упомянутое число может составлять больше двух. Состав ступени может включать 0,15-4,95% сульфита аммония. Состав ступени может включать 5-38% сульфата аммония.

Ступени могут включать в себя наличие верхней циркуляционной абсорбционной жидкости. Ступени могут включать в себя наличие нижней циркуляционной абсорбционной жидкости. Верхняя циркуляционная абсорбционная жидкость может характеризоваться уровнем pH ниже соответствующего показателя нижней циркуляционной абсорбционной жидкости.

Верхняя циркуляционная абсорбционная жидкость может характеризоваться уровнем pH ниже соответствующего показателя нижней циркуляционной абсорбционной жидкости.

Число ступеней может быть не больше двух. Данное число может быть не больше 1.

Одна из ступеней может включать в себя наличие циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц, имеющей состав, который включает 0,003-1% сульфита аммония. Определённая стадия ступеней может включать в себя наличие циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц, имеющей состав, который включает 0,3-38% сульфата аммония. Определённая стадия ступеней может включать в себя наличие циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц, которая характеризуется уровнем pH в диапазоне 1-6.

Циркуляционная жидкость для отмывки мелких частиц может охватывать 2 ступени. По меньшей мере, одна из ступеней может содержать сульфит аммония в диапазоне концентраций 0,1-1%. По меньшей мере, одна из ступеней может содержать сульфат аммония в диапазоне концентраций от 5 до 38%.

В случае, когда дымовой газ может иметь содержание воды больше 15%, указанные способы могут включать в себя понижение содержания воды до величины в диапазоне от 8 до 13% путём добавления к дымовому газу сухого газа с объёмным содержанием паров воды не больше 5%. Если дымовой газ может иметь содержание воды больше 15%, данные способы могут включать в себя ограничение содержания кислорода таким образом, чтобы оно составляло не больше 12%.

Сухой газ может содержать воздух. Сухой газ может содержать азот. Сухой газ может содержать загрязнённый азот. Сухой газ может содержать газообразный диоксид углерода.

Иллюстративные варианты осуществления - I

1. Процесс очистки газа может включать в себя цикл абсорбции и цикл отмывки мелких частиц, а циркуляционная жидкость в процессе очистки газа может включать в себя циркуляционную абсорбционную жидкость и циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц. Циркуляционная абсорбционная жидкость может использоваться, главным образом, для обессеривания и регулирования образования аэрозоля в ходе обессеривания, а циркуляционная жидкость для отмывки мелких частиц, хотя она дополнительно благоприятствует эффективности обессеривания, может ограничивать количество мелких частиц в технологическом газе и обеспечивать соответствие стандартам по выбросу частиц и свободного аммиака.

2. Условия реакции можно контролировать следующим образом: можно снижать уровень pH циркуляционной абсорбционной жидкости, и значение pH можно регулировать на уровне ниже 6,6; температуру абсорбции можно регулировать на уровне 30-60°C, содержание кислорода в технологическом газе можно регулировать на уровне ниже 12%, а содержание воды можно регулировать на уровне ниже 25% с тем, чтобы свести к минимуму унос аммиака и образование аэрозоля в ходе абсорбции, а также можно одновременно снижать потребление энергии, исключать сброс сточных вод и реализовать долгосрочную стабильную работу устройства.

3. Содержание (би)сульфита аммония в циркуляционной абсорбционной жидкости можно регулировать для контроля образования аэрозоля в ходе абсорбции и создания наиболее благоприятных условий для окисления, снижения потребления энергии и капиталовложений в окисление, а также для уменьшения окисления циркуляционной абсорбционной жидкости в ходе абсорбции.

4. Тепло дымового газа можно рационально использовать для концентрирования раствора сульфата аммония и увеличения содержания сульфата аммония в циркуляционной абсорбционной жидкости, как правило, выше 5%, а предпочтительно в диапазоне 15-35%, с целью создания благоприятных условий для концентрирования при одновременном содействии эффективности абсорбции и контролю образованию аэрозоля. В случае дымового газа, имеющего концентрацию SO₂ ниже 10000 мг/н.м³ или содержание воды ниже 12%, требуется кристаллизация только в условиях насыщения, а в случае дымо-

вого газа с более высокой концентрацией SO_2 часть раствора можно отправлять на обработку в устройство для выпарной кристаллизации с целью снижения капиталовложений и потребления энергии системой последующей обработки сульфата аммония. Когда содержание воды в дымовом газе превышает 15%, можно включать систему распределения воздуха, охлаждающее устройство зоны предварительной промывки, охлаждающее устройство абсорбционной зоны, систему выпарной кристаллизации и систему для обработки конденсата пара.

5. Система для окисления может быть представлена слоями или устройствами в соответствии с желаемым регулированием состава раствора, а циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц и циркуляционную абсорбционную жидкость можно выводить в разных позициях или из различных устройств, имеющихся в окислительных устройствах системы для окисления.

В результате интенсивной работы авторы настоящего изобретения обнаружили, что способ реализации уменьшения образования аэрозоля заключается в регулировании образования аэрозоля в ходе абсорбции, при этом указанные средства контроля включают точное регулирование состава раствора, содержания кислорода и температуры абсорбции по зонам, но не ограничиваются ими. Содержание кислорода в технологическом газе может составлять $\leq 12\%$, а температура абсорбции может составлять $30-60^\circ\text{C}$. Циркуляционную абсорбционную жидкость можно подавать в одну или несколько ступеней, по мере необходимости, при этом по меньшей мере на одной ступени имеется сульфит аммония и сульфат аммония, циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц также можно подавать в одну или несколько ступеней, по мере необходимости, при этом, по меньшей мере, на одной ступени имеется сульфит аммония и сульфат аммония. Уровень pH циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц может быть ниже соответствующего показателя циркуляционной абсорбционной жидкости, а содержание сульфита аммония может быть меньше его концентрации в циркуляционной абсорбционной жидкости. Температуру абсорбции можно регулировать так, чтобы она находилась в пределах подходящего диапазона для снижения потребления энергии при одновременном обеспечении эффективности абсорбции, контроля уноса аммиака и образования аэрозоля.

Температуру абсорбции можно понижать традиционным способом, таким как охлаждение технологической водой и смешивание с холодным газом, и повышать традиционным способом, таким как смешивание с горячим газом и увлажнение.

Иллюстративные варианты осуществления - II

В способе регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком, температуру реакции абсорбции можно регулировать на уровне $30-60^\circ\text{C}$, содержание кислорода в технологическом газе можно регулировать на уровне $\leq 12\%$, а циркуляционную абсорбционную жидкость, содержащую сульфит аммония, можно использовать для удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе. Высокоэффективное обессеривание и удаление пыли можно реализовать при помощи ступенчатого контроля состава раствора и условий реакции, и при осуществлении высокоэффективного обессеривания и удаления пыли можно регулировать унос аммиака и образование аэрозоля. Ступенчатый контроль состава раствора может включать в себя регулирование градиента концентраций сульфита аммония, бисульфита аммония, сульфата аммония или их сочетания.

Температура реакции абсорбции может составлять $35-56^\circ\text{C}$, предпочтительно $40-55^\circ\text{C}$, а наиболее предпочтительно $45-53^\circ\text{C}$.

Содержание кислорода в технологическом газе может составлять $\leq 12\%$, предпочтительно $\leq 10\%$, а более предпочтительно, 3-9%.

Содержание воды в технологическом газе может составлять $\leq 25\%$, предпочтительно $\leq 18\%$, а более предпочтительно 4-15%.

После предварительного охлаждения и очистки дымовой газ далее может контактировать с циркуляционной абсорбционной жидкостью и циркуляционной жидкостью для отмывки мелких частиц с целью реализации координированного контроля абсорбции, окисления и концентрирования. Циркуляционную абсорбционную жидкость можно подавать в одну или несколько ступеней, по мере необходимости, при этом по меньшей мере на одной ступени может иметься сульфит аммония и сульфат аммония, циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц также можно подавать в одну или несколько ступеней, по мере необходимости, при этом по меньшей мере на одной ступени может иметься сульфит аммония и сульфат аммония. Уровень pH циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц может быть ниже соответствующего показателя циркуляционной абсорбционной жидкости, а содержание сульфита аммония может быть меньше его концентрации в циркуляционной абсорбционной жидкости.

При выборе циркуляционной жидкости для многоступенчатой абсорбции принимается, что её состав по меньшей мере на одной из ступеней может включать 0,15-4,95% сульфита аммония и 5-38% сульфата аммония, а уровень pH может составлять 4,5-6,5. Содержание сульфита аммония в верхней циркуляционной абсорбционной жидкости может быть ниже его содержания в нижней циркуляционной абсорбционной жидкости, и/или уровень pH верхней циркуляционной абсорбционной жидкости может быть ниже соответствующего показателя нижней циркуляционной абсорбционной жидкости. Циркуляционная абсорбционная текучая среда может иметь 1-2 ступени подачи, предпочтительно одну ступень.

Массовое отношение доли сульфата аммония к доле (би)сульфита аммония по меньшей мере на одной ступени абсорбции циркуляционной жидкости может составлять 1,5-199:1.

Состав циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц по меньшей мере на одной ступени может включать 0,003-1% сульфита аммония и 0,3-38% сульфата аммония, а уровень pH может составлять 1-6. Предпочтительно может существовать 2 ступени, по меньшей мере на одной из которых может иметься сульфат аммония в высокой концентрации, при этом концентрация сульфита аммония может составлять 0,01-1%, а концентрация сульфата аммония может составлять 5-38%. Температура промывки может составлять 28-68°C, предпочтительно 30-55°C, а более предпочтительно 40-50°C.

Массовое отношение доли сульфата аммония к доле (би)сульфита аммония по меньшей мере на одной ступени подачи циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц может составлять 1,5-999:1.

Когда содержание воды в дымовом газе превышает 15%, его можно понизить до 8-18% путём подмешивания газа с объёмным содержанием паров воды $\leq 5\%$, а содержание кислорода можно контролировать так, чтобы оно составляло $\leq 12\%$. Газ с объёмным содержанием паров воды $\leq 5\%$ может содержать по меньшей мере одно из веществ: воздух/азот/загрязнённый азот/газообразный диоксид углерода, предпочтительно воздух и загрязнённый азот.

Когда содержание кислорода и воды в дымовом газе соответствует требованиям, дымовой газ можно направлять без какой-либо очистки непосредственно в абсорбционную башню для обработки.

Иллюстративные варианты осуществления - III

Данное устройство может включать в себя систему для очистки и удаления газа, систему для окисления и вспомогательную систему. Вспомогательная система может заключать в себе систему для последующей обработки сульфата аммония, систему подачи аммиака и систему для технологической воды. Система для очистки и удаления газа может быть представлена абсорбционной башней, которая может контролироваться по зонам и содержать зону предварительной промывки, абсорбционную зону и зону контроля мелких частиц, при этом каждая из зон - зона предварительной промывки, абсорбционная зона и зона контроля мелких частиц - может быть представлена одним или несколькими распылительными слоями, а устройство/компонент, которое позволяет проходить через него только газу, может быть предусмотрено между абсорбционной зоной и зоной предварительной промывки.

Когда общее содержание пыли в очищенном дымовом газе составляет ≤ 100 мг/н.м³, устройство/компонент, которое позволяет проходить через него только газу, может быть предусмотрено между абсорбционной зоной и зоной контроля мелких частиц, а когда концентрация диоксида серы в дымовом газе составляет $\geq 10\ 000$ мг/н.м³, устройство/компонент, которое позволяет проходить через него только газу, может быть представлено внутри абсорбционной зоны.

Когда концентрация диоксида серы в дымовом газе составляет $\geq 7\ 000$ мг/н.м³, внутри зоны контроля мелких частиц могут быть представлены 2 или больше слоев устройств/компонентов, которые позволяют проходить через них только газу. Зона контроля мелких частиц может быть представлена одним или несколькими слоями каплеотбойников, и слои в зоне предварительной промывки и абсорбционной зоне, в каждой из них, быть могут представлены одним или несколькими слоями каплеотбойников. В качестве форм каплеотбойников выбраны отражательная перегородка, ребро, наполнитель и сетчатый экран или их сочетание.

Отношение жидкость-газ в каждом слое абсорбционной зоны может являться величиной не менее 0,4 л/н.м³, а средняя степень покрытия при распылении может являться величиной не менее 200%; отношение жидкость-газ в каждом слое зоны контроля мелких частиц может являться величиной не менее 0,42 л/н.м³, а средняя степень покрытия при распылении может являться величиной не менее 150%. Общая площадь областей со степенью покрытия при распылении менее 200% в каждом слое абсорбционной зоны и зоны контроля мелких частиц может представлять собой долю не более 10%, предпочтительно не более 5% от площади сечения абсорбционной башни.

Система для окисления может быть представлена слоями или устройствами в соответствии с требованиями регулирования состава раствора, а циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц и циркуляционную абсорбционную жидкость можно выводить в разных позициях или из различных устройств, имеющихся в окислительных устройствах системы для окисления. Окислительное устройство системы для окисления может быть снабжено 1-5 слоями интенсификаторов газо-жидкостной дисперсии с уровнем жидкости больше 3,5 м. Состав раствора можно регулировать посредством принудительного окисления при помощи окислительного устройства и/или контроля содержания кислорода в хвостовом газе для регулирования естественного окисления и/или путём контроля температуры абсорбции.

Линейная скорость потока газа в абсорбционной башне может составлять 0,8-4 м/с, и/или рабочая температура зоны предварительной промывки может составлять 35°C-80°C.

Концентрация SO₂ в исходном дымовом газе может составлять ≤ 30000 мг/н.м³.

Концентрация SO₂ в очищенном дымовом газе может составлять ≤ 400 мг/н.м³, предпочтительно ≤ 100 мг/н.м³, более предпочтительно ≤ 35 мг/н.м³, а наиболее предпочтительно ≤ 10 мг/н.м³.

Общее содержание пыли (включая аэрозоль) в очищенном дымовом газе может составлять ≤ 50

мг/н.м³, предпочтительно ≤ 20 мг/н.м³, более предпочтительно ≤ 5 мг/н.м³, а наиболее предпочтительно ≤ 3 мг/н.м³.

Унос аммиака с очищенным дымовым газом может составлять ≤ 8 мг/н.м³, предпочтительно ≤ 4 мг/н.м³, более предпочтительно ≤ 2 мг/н.м³, а наиболее предпочтительно ≤ 1 мг/н.м³.

Когда содержание воды в технологическом газе на входе в абсорбционную башню превышает 15%, можно предусмотреть систему выпарной кристаллизации. Система выпарной кристаллизации может включать в себе осуществление процесса выпарной кристаллизации двукратного действия, процесса выпарной кристаллизации однократного действия, процесса выпарной кристаллизации с MVR, процесса выпарной кристаллизации двукратного действия при помощи пароструйного насоса, и предпочтительным может являться процесс выпарной кристаллизации с MVR.

Если предусмотрена система выпарной кристаллизации, данное устройство может включать устройство для обработки конденсата пара, которое может содержать мембранно-разделительное устройство и деаэратор. В случае использования мембранно-разделительного устройства отверстие для выпуска чистой жидкости устройства для обработки конденсата пара может быть соединено с трубопроводной сетью технологической воды, а отверстие для выпуска концентрированной жидкости может быть соединено с абсорбционной башней.

Данное устройство может быть оснащено системой циркуляции воды, конденсат пара системы выпарной кристаллизации может быть подключён к трубопроводной сети водоснабжения системы циркуляции воды, а продувка циркулирующей воды может быть подключена к абсорбционной башне.

Когда содержание воды в дымовом газе может составлять 13-18%, можно использовать систему для распределения воздуха или конденсации. Содержание кислорода в технологическом газе после распределения воздуха может составлять $\leq 12\%$, предпочтительно $\leq 10\%$, а более предпочтительно 3-9%.

Когда содержание воды в дымовом газе превышает 18%, можно использовать устройство для распределения воздуха и конденсации. Содержание кислорода в технологическом газе после распределения воздуха может составлять $\leq 12\%$, предпочтительно $\leq 10\%$, а более предпочтительно $\leq 8\%$.

Устройство для распределения воздуха может включать в себя воздуходувку и трубопроводную сеть для распределения воздуха; теплообменное устройство зоны предварительной промывки и/или теплообменное устройство абсорбционной зоны могут включать в себя трубчатый теплообменник, выпарной холодильник, воздушный холодильник и пластинчатый теплообменник; пластинчатый теплообменник может быть предпочтительным в тех регионах, где может иметься в изобилии циркуляционная вода/первичная вода, а воздушное охлаждение может быть предпочтительным в тех регионах, где средняя температура летом может составлять $\leq 30^\circ\text{C}$.

Иллюстративная технологическая схема устройства и способов может включать следующее:

Технологический газ можно получать путём обработки дымового газа. Технологический газ может поступать из зоны предварительной промывки, охлаждаться и промываться циркуляционной промывной жидкостью в зоне предварительной промывки, и одновременно с этим циркуляционная промывная жидкость может концентрироваться; затем дымовой газ может проходить, соответственно, через абсорбционную зону, где он может промываться и подвергаться обессериванию под действием циркуляционной абсорбционной жидкости, и зону контроля мелких частиц, где мелкие частицы могут удаляться под действием циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц, и после этого его можно сбрасывать;

Циркуляционную промывную жидкость в зоне предварительной промывки можно восполнять, в основном, за счёт циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц, циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц и/или технологическую воду можно использовать для отмывки отложений накипи со стенок башни и тому подобного, а циркуляционную абсорбционную жидкость можно восполнять за счёт циркуляционной промывной жидкости в зоне контроля мелких частиц и/или технологической воды.

Циркуляционную абсорбционную жидкость можно окислять в системе для окисления, и в разных позициях или из разных устройств, имеющих в окислительных устройствах системы для окисления, соответственно, можно извлекать растворы различных составов для циркуляции.

Технологическую воду можно восполнять предпочтительно из зоны контроля мелких частиц и/или циркуляционного резервуара для отмывки мелких частиц, либо можно восполнять посредством промывной воды.

На реальное производство могут оказывать влияние разнообразные факторы, и состав раствора будет колебаться. Циркуляционную абсорбционную жидкость, содержащую сульфит аммония, можно использовать для удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе, с целью регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком.

Пояснительные способы включают ступенчатое регулирование состава раствора и условий реакции, при этом для реализации высокоэффективного обессеривания и удаления пыли можно регулировать температуру абсорбции и содержание кислорода в технологическом газе и одновременно при осуществлении высокоэффективного обессеривания можно регулировать унос аммиака и образование аэрозоля в ходе абсорбции. Эффективным веществом для обессеривания может являться сульфит аммония, цирку-

ляционная абсорбционная жидкость может представлять собой слабокислый смешанный раствор сульфата аммония-(би)сульфита аммония, а циркуляционной жидкостью для отмывки мелких частиц может являться более кислый смешанный раствор сульфата аммония-(би)сульфита аммония пониженной концентрации, и можно реализовать координированный контроль абсорбции, окисления и концентрирования.

Циркуляционную абсорбционную жидкость, содержащую сульфит аммония, можно использовать для удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе. После абсорбирования SO_2 циркуляционную абсорбционную жидкость можно превращать в сульфит аммония путём добавления аммиака, а затем можно осуществлять обессеривание аммиаком.

Содержание кислорода в технологическом газе можно контролировать путём регулирования объёма распределения воздуха, а содержание воды в технологическом газе и температуру абсорбции можно регулировать путём распределения воздуха или распределения воздуха и охлаждения, при этом способ охлаждения может включать в себя воздушное охлаждение, водяное охлаждение и охлаждение при помощи льдогенератора; охлаждающее устройство может содержать трубчатый теплообменник, выпарной холодильник, воздушный холодильник и пластинчатый теплообменник, и пластинчатый теплообменник может быть предпочтительным в тех регионах, где может иметься в изобилии циркуляционная вода/первичная вода.

В случае, когда может требоваться низкий показатель выбросов, капиталовложения и эксплуатационные затраты можно снижать за счёт уменьшения числа ступеней абсорбционного цикла и цикла отмывки мелких частиц и/или количества распылительных слоев и/или циркуляционного объёма, и/или повышения содержания сульфита аммония и уровня pH абсорбционной жидкости.

Выбросы, соответствующие стандартам или удовлетворяющие производственным требованиям последующих процессов, можно обеспечивать за счёт увеличения числа ступеней абсорбционного цикла и цикла отмывки мелких частиц и/или числа распылительных слоев и/или объёма циркуляции, и/или точного регулирования содержания сульфита аммония и уровня pH абсорбционной жидкости.

В случае, когда это может быть необходимо для контролирования хлорид-ионов, фторид-ионов и других вредных ионов в циркуляционном растворе, часть циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц можно превращать непосредственно в сульфат аммония. Устройство для обработки может включать в себя встроенную сушилку, для понимания конкретной структуры, параметров и взаимосвязи которой смотрите патент авторов настоящего изобретения CN 201710336561.2, имеющий название "Method and apparatus for balancing Cl- and F- contents in circulating liquid of ammonia-based desulfurization", который настоящим включён в данный документ во всей своей полноте путём ссылки. Значения содержания хлорид-ионов в различных циркуляционных растворах можно регулировать на уровне ниже 50000 мг/л, предпочтительно, 10000-31000 мг/л, а концентрации фторид-ионов можно регулировать на уровне ниже 20000 мг/л, предпочтительно, 300-3000 мг/л.

Иллюстративные варианты осуществления - IV

1. Усовершенствованный способ регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком, отличающийся тем, что температуру реакции абсорбции контролируют на уровне 30-60°C, содержание кислорода в технологическом газе контролируют на уровне $\leq 12\%$, а для удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе, используют циркуляционную абсорбционную жидкость, содержащую сульфит аммония таким образом, чтобы регулировать образование аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком.

2. Способ согласно варианту осуществления 1, отличающийся тем, что высокоэффективное обессеривание и удаление пыли реализуют путём ступенчатого регулирования состава раствора и условий реакции, и при осуществлении высокоэффективного обессеривания и удаления пыли регулируют унос аммиака и образование аэрозоля.

3. Способ согласно варианту осуществления 1, отличающийся тем, что температура реакции абсорбции составляет 35-56°C, предпочтительно 40-55°C и наиболее предпочтительно 45-53°C.

4. Способ согласно варианту осуществления 1, отличающийся тем, что содержание кислорода в технологическом газе составляет $\leq 10\%$, предпочтительно 3-9%.

5. Способ согласно варианту осуществления 1, отличающийся тем, что содержание воды в технологическом газе составляет $\leq 25\%$, предпочтительно $\leq 18\%$, а более предпочтительно 4-15%.

6. Способ согласно варианту осуществления 2, отличающийся тем, что ступенчатое регулирование состава раствора включает контролирование градиента концентрации сульфита аммония, бисульфита аммония, сульфата аммония или их сочетания; технологический газ после предварительного охлаждения и очистки далее контактирует с циркуляционной абсорбционной жидкостью и циркуляционной жидкостью для отмывки мелких частиц с целью реализации координированного контроля абсорбции, окисления и концентрирования; циркуляционную абсорбционную жидкость, по мере необходимости, подают в одну или несколько ступеней, в которых по меньшей мере на одной ступени имеется сульфит аммония и сульфат аммония, а циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц, по мере необходимости, подают в одну или несколько ступеней, в которых по меньшей мере на одной ступени имеется сульфит

аммония и сульфат аммония.

7. Способ согласно варианту осуществления 6, отличающийся тем, что уровень pH циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц ниже соответствующего показателя циркуляционной абсорбционной жидкости, а содержание сульфита аммония меньше его содержания в циркуляционной абсорбционной жидкости.

8. Способ согласно варианту осуществления 6, отличающийся тем, что при выборе циркуляционной жидкости для многоступенчатой абсорбции принимается, что её состав, по меньшей мере, на одной из ступеней включает 0,15-4,95% сульфита аммония и 5-38% сульфата аммония, а уровень pH составляет 4,5-6,5, содержание сульфита аммония в верхней циркуляционной абсорбционной жидкости ниже его содержания в нижней циркуляционной абсорбционной жидкости, и/или уровень pH верхней циркуляционной абсорбционной жидкости ниже соответствующего показателя нижней циркуляционной абсорбционной жидкости.

9. Способ согласно варианту осуществления 6, отличающийся тем, что циркуляционная абсорбционная текущая среда имеет 1-2 ступени подачи, предпочтительно одну ступень.

10. Способ согласно варианту осуществления 6, в котором состав циркуляционной жидкости для отмывки мелких частиц по меньшей мере на одной ступени включает 0,003-1% сульфита аммония и 0,3-38% сульфата аммония, а уровень pH составляет 1-6.

11. Способ согласно варианту осуществления 10, в котором циркуляционная жидкость для отмывки мелких частиц предпочтительно имеет 2 ступени подачи, и по меньшей мере на одной ступени имеется сульфат аммония в высокой концентрации, при этом концентрация сульфита аммония составляет 0,01-1%, а концентрация сульфата аммония составляет 5-38%.

12. Способ согласно варианту осуществления 6, отличающийся тем, что в случае, когда содержание воды в дымовом газе превышает 15%, содержание воды понижают до 8-13% путём подмешивания газа с объёмным содержанием паров воды $\leq 5\%$, а содержание кислорода контролируют так, чтобы оно составляло $\leq 12\%$; газ с объёмным содержанием паров воды $\leq 5\%$ включает по меньшей мере одно из веществ: воздух/азот/загрязнённый азот/газообразный диоксид углерода.

13. Устройство для регулирования образования аэрозоля при обессеривании аммиаком, предназначенное для осуществления способа согласно любому из вариантов осуществления 1-12, отличающееся тем, что включает в себя систему для очистки и удаления газа, систему для окисления и вспомогательную систему.

14. Устройство согласно варианту осуществления 13, отличающееся тем, что вспомогательная система включает в себя систему для последующей обработки сульфата аммония, систему подачи аммиака и систему для технологической воды.

15. Устройство согласно варианту осуществления 13, отличающееся тем, что абсорбционная башня системы для очистки и удаления газа контролируется по зонам и включает в себе зону предварительной промывки, абсорбционную зону и зону контроля мелких частиц, при этом каждая из зон - зона предварительной промывки, абсорбционная зона и зона контроля мелких частиц - снабжена одним или несколькими распылительными слоями, а устройство/компонент, которое позволяет проходить через него только газу, представлено между абсорбционной зоной и зоной предварительной промывки.

16. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что устройство/компонент, которое позволяет проходить через него только газу, при необходимости, предусмотрено между абсорбционной зоной и зоной контроля мелких частиц.

17. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что устройство/компонент, которое позволяет проходить через него только газу, при необходимости, представлено внутри абсорбционной зоны.

18. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что устройство/компонент, которое позволяет проходить через него только газу, при необходимости, представлено внутри зоны контроля мелких частиц.

19. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что зона контроля мелких частиц представлена одним или несколькими слоями каплеотбойников, а слои в зоне предварительной промывки и абсорбционной зоне, в каждой из них, при необходимости, представлены одним или несколькими слоями каплеотбойников; в качестве форм каплеотбойников выбраны отражательная перегородка, ребро, наполнитель и сетчатый экран или их сочетание.

20. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что отношение жидкость-газ в каждом слое абсорбционной зоны составляет не менее $0,4 \text{ л/н.м}^3$, а средняя степень покрытия при распылении составляет не менее 200%; отношение жидкость-газ в каждом слое зоны контроля мелких частиц составляет не менее $0,42 \text{ л/н.м}^3$, а средняя степень покрытия при распылении составляет не менее 150%.

21. Устройство согласно варианту осуществления 20, отличающееся тем, что общая площадь областей со степенью покрытия при распылении менее 200% в каждом слое абсорбционной зоны и зоны контроля мелких частиц составляет не более 10%, предпочтительно не более 5% от площади сечения аб-

сорбционной башни.

22. Устройство согласно варианту осуществления 13, отличающееся тем, что система для окисления представлена слоями или устройствами в соответствии с требованиями регулирования состава раствора, а циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц и циркуляционную абсорбционную жидкость выводят в разных позициях или из различных устройств, имеющихся в окислительных устройствах системы для окисления.

23. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что линейная скорость потока газа в абсорбционной башне составляет 0,8 м/с-4 м/с.

24. Устройство согласно варианту осуществления 24, отличающееся тем, что концентрация SO_2 в исходном дымовом газе составляет $\leq 30\ 000$ мг/н.м³.

25. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что концентрация SO_2 в очищенном дымовом газе составляет ≤ 400 мг/н.м³, предпочтительно ≤ 100 мг/н.м³, более предпочтительно ≤ 35 мг/н.м³, и наиболее предпочтительно ≤ 10 мг/н.м³.

26. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что общее содержание пыли (включая аэрозоль) в очищенном дымовом газе составляет ≤ 50 мг/н.м³, предпочтительно ≤ 20 мг/н.м³, более предпочтительно ≤ 5 мг/н.м³ и наиболее предпочтительно ≤ 3 мг/н.м³.

27. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что унос аммиака с очищенным дымовым газом составляет ≤ 8 мг/н.м³, предпочтительно ≤ 4 мг/н.м³, более предпочтительно ≤ 2 мг/н.м³ и наиболее предпочтительно ≤ 1 мг/н.м³.

28. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что в случае, когда содержание воды в технологическом газе на входе в абсорбционную башню превышает 15%, предусмотрена система выпарной кристаллизации и/или теплообменное устройство зоны предварительной промывки и/или теплообменное устройство абсорбционной зоны.

29. Устройство согласно варианту осуществления 28, отличающееся тем, что для системы выпарной кристаллизации выбран процесс выпарной кристаллизации двукратного действия, процесс выпарной кристаллизации однократного действия, процесс выпарной кристаллизации с MVR и процесс выпарной кристаллизации двукратного действия при помощи пароструйного насоса и предпочтительным является процесс выпарной кристаллизации с MVR.

30. Устройство согласно варианту осуществления 29, дополнительно включающее в себя устройство для обработки конденсата пара, которое включает в себе мембранно-разделительное устройство и деаэрактор, при этом отверстие для выпуска чистой жидкости устройства для концентрирования конденсата пара соединено с трубопроводной сетью технологической воды, а отверстие для выпуска концентрированной жидкости соединено с абсорбционной башней.

31. Устройство согласно варианту осуществления 29, дополнительно включающее в себя систему циркуляции воды, в котором конденсат пара подключён к трубопроводной сети водоснабжения устройства для циркуляции воды, а продувка циркуляционной воды подключена к абсорбционной башне.

32. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что в случае, когда содержание воды в исходном дымовом газе превышает 15%, предлагается устройство для распределения воздуха или устройство для конденсации, а содержание кислорода в технологическом газе после распределения воздуха составляет $\leq 12\%$, предпочтительно $\leq 10\%$, а более предпочтительно 3-9%.

33. Устройство согласно варианту осуществления 15, отличающееся тем, что в случае, когда содержание воды в исходном дымовом газе превышает 18%, предлагается устройство для распределения воздуха и/или теплообменное устройство зоны предварительной промывки и/или теплообменное устройство абсорбционной зоны, а содержание кислорода в технологическом газе после распределения воздуха составляет $\leq 12\%$, предпочтительно $\leq 10\%$, а более предпочтительно $\leq 3-9\%$.

34. Устройство согласно варианту осуществления 33, отличающееся тем, что теплообменное устройство зоны предварительной промывки и/или теплообменное устройство абсорбционной зоны включает в себе трубчатый теплообменник, выпарной холодильник, воздушный холодильник и пластинчатый теплообменник; пластинчатый теплообменник является предпочтительным в тех регионах, где имеется в изобилии циркуляционная вода/первичная вода, а воздушный холодильник является предпочтительным в тех регионах, где средняя температура летом составляет $\leq 30^\circ\text{C}$.

Иллюстративные варианты осуществления - V

В пояснительном способе регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком, как показано на фиг. 1, циркуляционную абсорбционную жидкость, содержащую сульфит аммония, можно использовать для удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе, таким образом, чтобы регулировать образование аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком.

Высокоэффективное обессеривание и удаление пыли можно реализовать путём ступенчатого регулирования состава раствора и условий реакции, и при осуществлении высокоэффективного обессеривания можно регулировать унос аммиака и образование аэрозоля.

Ступенчатое регулирование состава раствора может включать контролирование градиента концентрации сульфита аммония, бисульфита аммония, сульфата аммония или их сочетания.

Температура реакции абсорбции может составлять 40-55°C, а может составлять 47-51°C.

Содержание кислорода в технологическом газе 9 может составлять $\leq 12\%$, а может составлять 3-8,5%.

После предварительного охлаждения и очистки технологический газ 9 далее контактирует с циркуляционной абсорбционной жидкостью 7 и циркуляционной жидкостью 15 для отмывки мелких частиц с целью реализации координированного контроля абсорбции, окисления и концентрирования. Циркуляционную абсорбционную жидкость 7 можно подавать в 2 ступени, при этом на обеих имеется сульфит аммония и сульфат аммония, а циркуляционную жидкость 15 для отмывки мелких частиц можно подавать в 3 ступени, по мере необходимости, при этом на 2 ступенях имеется сульфит аммония и сульфат аммония, а 1 ступень может представлять технологическую воду. Уровень pH циркуляционной жидкости 15 для отмывки мелких частиц может быть ниже уровня pH циркуляционной абсорбционной жидкости 7, а содержание сульфита аммония может быть меньше, чем в циркуляционной абсорбционной жидкости 7.

Обе циркуляционные абсорбционные жидкости 7, как 1-й, так и 2-й ступени, могут содержать 0,3-3% сульфита аммония и 12-23% сульфата аммония, уровни pH циркуляционных абсорбционных жидкостей 1-й и 2-й ступени могут составлять 5,5-6,3 и 5-5,9, соответственно, а содержание сульфита аммония в верхней циркуляционной абсорбционной жидкости 7 может быть ниже соответствующего показателя нижней циркуляционной абсорбционной жидкости 7. Массовое отношение доли сульфата аммония к доле (би)сульфита аммония в циркуляционной абсорбционной жидкости 7 на 1-й ступени может составлять 9-99:1.

Циркуляционная жидкость 15 для отмывки мелких частиц на 1-й ступени может содержать 0,02-0,05% (би)сульфита аммония и 15-25% сульфата аммония, а уровень pH может составлять 4-4,3. Циркуляционная жидкость 15 для отмывки мелких частиц на 2-й ступени может содержать 0,004-0,01% (би)сульфита аммония и 0,5-3,3% сульфата аммония, а уровень pH может составлять 3,6-3,9.

Температура отмывки мелких частиц может составлять 38-49,5°C, массовое отношение доли сульфата аммония к доле (би)сульфита аммония в циркуляционной жидкости 15 для отмывки мелких частиц на 1-й ступени может составлять 99-199:1.

Содержание воды в дымовом газе может составлять 10-13%. Содержание воды можно уменьшать до 8-11% путём подмешивания воздуха, а содержание кислорода можно контролировать так, чтобы оно составляло 6-9%.

Устройство может включать систему для очистки и удаления газа, систему для окисления и вспомогательную систему. Вспомогательная система может включать систему 24 для последующей обработки сульфата аммония, систему подачи аммиака и систему для технологической воды. Система для очистки и удаления газа может быть оснащена абсорбционной башней 1, которая может контролироваться по зонам и содержать зону 4 предварительной промывки, абсорбционную зону 5 и зону 6 контроля мелких частиц, при этом зона 4 предварительной промывки, абсорбционная зона 5 и зона 6 контроля мелких частиц могут быть снабжены, соответственно, 1, 3 и 3 распылительными слоями, а устройство/компонент 17, которое позволяет проходить через него только газу, представлено между абсорбционной зоной 5 и зоной 4 предварительной отмывки.

Устройство/компонент 18, которое позволяет проходить через него только газу, может быть представлено между абсорбционной зоной 5 и зоной 6 контроля мелких частиц.

Ступень устройства/компонента 18, которое позволяет проходить через него только газу, может быть представлено внутри зоны 6 контроля мелких частиц. Зона 6 контроля мелких частиц может быть снабжена 5 слоями каплеотбойников, 2 из которых могут находиться в нижней части, а 3 могут находиться в верхней части, зона 4 предварительной промывки и абсорбционная зона 5 могут быть без каплеотбойников, а в качестве каплеотбойника может быть выбрано сочетание отражательной перегородки и ребра.

Отношение жидкость-газ в каждом слое абсорбционной зоны 5 может составлять 1,6 л/н.м³, а средняя степень покрытия при распылении может составлять не менее 300%; отношения жидкость-газ в зоне 6 контроля мелких частиц могут составлять 1,6/2,2/0,2 л/н.м³ соответственно, а средние степени покрытия 2 нижних слоев при распылении могут составлять не менее 300%. Общая площадь областей со степенью покрытия при распылении менее 200% в 1-2 слоях абсорбционной зоны 5 и зоны 6 контроля мелких частиц составляет 2-5% от площади сечения абсорбционной башни.

Система для окисления может быть представлена слоями в соответствии с требованиями регулирования состава раствора, а циркуляционную жидкость 15 для отмывки мелких частиц и циркуляционную абсорбционную жидкость 7 можно выводить из окислительного устройства 2 системы для окисления, в разных позициях. Окислительное устройство 2 системы для окисления может быть снабжено 2 слоями интенсификаторов 19 газо-жидкостной дисперсии с уровнем жидкости 8-9,5 м. Состав раствора можно регулировать посредством принудительного окисления при помощи окислительного устройства 2 и/или контролирования содержания кислорода в технологическом газе для регулирования естественного окисления и/или путём контролирования температуры абсорбции.

Линейная скорость потока газа в абсорбционной башне 1 может составлять 2,68-2,75 м/с, а рабочая температура зоны предварительной промывки может составлять 49-54°C.

Когда содержание воды во входящем технологическом газе превышает 15%, можно предусматривать систему 25 выпарной кристаллизации. Система выпарной кристаллизации может заключать в себе осуществление процесса выпарной кристаллизации двукратного действия, процесса выпарной кристаллизации однократного действия, процесса выпарной кристаллизации с MVR и процесса выпарной кристаллизации двукратного действия при помощи пароструйного насоса, и предпочтительным может являться процесс выпарной кристаллизации с MVR.

Если предусмотрена система 25 выпарной кристаллизации, данное устройство может включать в себя устройство 27 для обработки конденсата пара, при этом устройство 27 для обработки конденсата пара может содержать мембранно-разделительное устройство и деаэратор; в случае, когда можно использовать мембранно-разделительное устройство, отверстие для выпуска чистой жидкости устройства 27 для обработки конденсата пара может быть соединено с трубопроводной сетью технологической воды, а отверстие для выпуска концентрированной жидкости может быть соединено с зоной 6 контроля мелких частиц абсорбционной башни 1.

Данное устройство, по мере необходимости, может быть оснащено системой 28 циркуляции воды. Конденсат пара 26 системы 25 выпарной кристаллизации также может быть подключён к трубопроводной сети водоснабжения системы 28 циркуляции воды, а продувка циркуляционной воды может быть подключена к абсорбционной башне 1.

Устройство для распределения воздуха может содержать промышленную воздуходувку 31 и трубопроводную сеть для распределения воздуха, а теплообменное устройство 30 абсорбционной зоны может содержать пластинчатый теплообменник.

Иллюстративная технологическая схема устройства и способов может включать следующее:

Дымовой газ и технологический воздух можно смешивать, образующийся технологический газ 9 может поступать из зоны 4 предварительной промывки абсорбционной башни 1, его можно охлаждать и промывать циркуляционной жидкостью 20 предварительной промывки в зоне 4 предварительной промывки и одновременно можно концентрировать циркуляционную жидкость 20 для предварительной промывки; затем технологический газ может проходить, соответственно, через абсорбционную зону 5, где он может промываться и подвергаться обессериванию под действием циркуляционной абсорбционной жидкости 7, и зону 6 контроля мелких частиц, где мелкие частицы могут удаляться под действием циркуляционной жидкости 15 для отмывки мелких частиц, и после этого его можно сбрасывать.

Циркуляционную жидкость 20 для предварительной промывки в зоне 4 предварительной промывки можно восполнять за счёт циркуляционной жидкости 15 для отмывки мелких частиц; циркуляционную жидкость 15 для отмывки мелких частиц и/или технологическую воду можно использовать для отмывки отложений накипи со стенки башни и тому подобного, а циркуляционную абсорбционную жидкость 7 можно восполнять за счёт циркуляционной промывной жидкости 15 в зоне контроля мелких частиц и/или технологической воды 23.

Технологическую воду 23 можно восполнять предпочтительно из зоны 6 контроля мелких частиц и/или циркуляционного резервуара 3 для отмывки мелких частиц, или можно восполнять посредством промывной воды.

Линейная скорость потока газа в абсорбционной башне 1 может составлять 2,75 м/с, а рабочая температура зоны 4 предварительной промывки может составлять 51-55°C.

Скорость потока исходного дымового газа может составлять 606000 н.м³/ч, концентрация SO₂ может составлять 4500 мг/н.м³, общая концентрация пыли может составлять 18,5 мг/н.м³, объём распределения воздуха может составлять 62000 н.м³/ч, концентрация SO₂ в очищенном дымовом газе может составлять 29,4 мг/н.м³, общее количество пыли (включая аэрозоль) может составлять 5,4 мг/н.м³, а количество унесённого аммиака может составлять 1,6 мг/н.м³.

Состав циркуляционной абсорбционной жидкости 7 можно обеспечивать посредством принудительного окисления при помощи окислительного устройства 2, а также путём регулирования содержания кислорода в технологическом газе и рабочей температуры.

Массовое отношение доли сульфата аммония к доле сульфита аммония на 2-й ступени абсорбции циркуляционной жидкости 7 может составлять 24:1.

Массовое отношение доли сульфата аммония к доле сульфита аммония в циркуляционной жидкости 15 для отмывки мелких частиц в самом нижнем слое может составлять 125:1.

Циркуляционную жидкость 15 для отмывки с содержанием мелких частиц 0,02-0,05%-ную (массовая доля) можно превращать непосредственно в сульфат аммония. Устройство для обработки может включать в себя встроенную сушильную башню 34, для понимания конкретной структуры, параметров и взаимосвязи которой смотрите легализованный патент авторов настоящего изобретения CN201710336561.2, имеющий название "Method and apparatus for balancing Cl- and F-contents in circulating liquid of ammonia-based desulfurization", который настоящим включён в данный документ во всей своей полноте путём ссылки, и фиг. 2. Содержание хлорид-иона в циркуляционной жидкости 20 для предварительной промывки можно регулировать на уровне 15000-32000 мг/л, содержание хлорид-иона в циркуляционной абсорбционной жидкости 7 можно регулировать на уровне 5000-11000 мг/л, а концентрацию фторид-иона в циркуляционной жидкости 20 для предварительной промывки можно регулировать так,

чтобы она составляла 1200-2200 мг/л.

Устройство и способы, описанные в настоящем документе, являются иллюстративными. В некоторых вариантах осуществления могут быть опущены признаки, показанные и/или описанные в связи с иллюстративным устройством. Некоторые варианты осуществления могут включать в себя признаки, которые либо не показаны, либо не описаны в связи с иллюстративным устройством.

Представленные стадии иллюстративных способов можно осуществлять в порядке, отличающемся от того, что показан и/или изложен в настоящем документе. В некоторых вариантах осуществления могут быть опущены стадии, показанные и/или описанные в связи с иллюстративными способами. Некоторые варианты осуществления могут включать в себя стадии, которые либо не показаны, либо не описаны в связи с иллюстративными способами.

Можно сочетать признаки иллюстративного устройства и способы. Например, один иллюстративный вариант осуществления может включать признаки, показанные в связи с другим иллюстративным вариантом осуществления. Варианты осуществления могут включать в себя некоторые или все признаки иллюстративного устройства и/или некоторые или все стадии иллюстративных способов.

Далее устройство и способы в соответствии с данным изобретением будут описаны в связи с примерами и фигурами, которые образуют их часть. Следует понимать, что можно использовать другие варианты осуществления и что можно вносить структурные, функциональные и процедурные изменения без отступления от объема и существа настоящего изобретения.

Пример

1. Способ регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком.

Циркуляционную абсорбционную жидкость, содержащую сульфит аммония, использовали для удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе, с целью регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком.

Высокоэффективное обессеривание и удаление пыли реализовали путём ступенчатого регулирования состава раствора и условий реакции, и при осуществлении высокоэффективного обессеривания регулировали унос аммиака и образование аэрозоля.

Ступенчатое регулирование состава раствора включало контролирование градиента концентрации сульфита аммония, бисульфита аммония, сульфата аммония или их сочетания.

Температуру реакции абсорбции регулировали на уровне 48-52°C, а обычно на уровне 49,8-50,4°C.

Посредством распределения воздуха при помощи промышленной воздуходувки 31 содержание кислорода в технологическом газе регулировали таким образом, чтобы оно составляло $\leq 11\%$, обычно 7-9%, а объём распределения воздуха составлял 23000-30000 н.м³/ч.

После извлечения серы хвостовой газ и воздух, подаваемый при помощи промышленной воздуходувки 31, полностью смешивали, образующийся технологический газ 9 поступал из зоны предварительной промывки абсорбционной башни; после предварительного охлаждения и очистки циркуляционной жидкостью 20 предварительной промывки в зоне предварительной промывки технологический газ далее контактировал с циркуляционной абсорбционной жидкостью 7 и циркуляционной жидкостью 15 для отмывки мелких частиц в целях реализации координированного контроля абсорбции, окисления и концентрирования; циркуляционную абсорбционную жидкость подавали в 2 ступени, вывода в различных позициях окислительного устройства, и доставляли с использованием отдельного насоса. Циркуляционная абсорбционная жидкость первой ступени содержала 1-1,5% сульфита аммония и 18-22% сульфата аммония, уровень pH составлял 6-6,3, а температура абсорбции составляла 50,1-50,4°C; циркуляционная абсорбционная жидкость 2-ой ступени содержала 0,7-1,1% сульфита аммония и 19-23% сульфата аммония, уровень pH составлял 5,2-5,5, а температура абсорбции составляла 49,8-50,1°C; циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц подавали в 4 ступени, первая из которых была представлена смешанным раствором сульфата аммония-сульфита аммония высокой концентрации, при этом сульфит аммония составлял 0,15-0,25%, сульфат аммония составлял 20-24%, уровень pH составлял 4,2-4,5, а температура промывки составляла 49,7-50°C; вторая и третья ступени были представлены разбавленным смешанным раствором сульфата аммония-сульфита аммония, при этом сульфит аммония составлял 0,004-0,01%, сульфат аммония составлял 1,5-3%, уровень pH составлял 3,9-4,2, а температура промывки составляла 49,5-49,8°C; и четвёртая ступень была представлена технологической водой.

Тепло отводили от циркуляционной абсорбционной жидкости 7 и циркуляционной жидкости 20 для предварительной промывки при помощи охлаждения циркуляционной водой. После выпарной кристаллизации часть циркуляционной жидкости 20 для предварительной промывки направляли в систему 24 для последующей обработки сульфата аммония и получали продукт 36 сульфат аммония посредством разделения твёрдое тело-жидкость, центрифугирования, сушки и упаковывания.

Часть конденсата 26 пара обрабатывали при помощи устройства 27 для обработки конденсата пара, а затем извлекали в качестве восполняющей воды для системы 28 циркуляции воды.

2. Устройство для регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком

Данное устройство включало в себя систему для очистки и удаления газа, систему для окисления и вспомогательную систему. Вспомогательная система заключала в себе систему 24 для последующей об-

работки сульфата аммония, систему подачи аммиака, систему 25 выпарной кристаллизации, систему 28 циркуляции воды, систему технологической воды и устройство 27 для обработки конденсата пара.

Система для очистки и удаления газа включала в себя абсорбционную башню 1, промышленную воздуходувку 31, циркуляционный резервуар 3 для отмывки мелких частиц, циркуляционный насос предварительной промывки, охлаждающее устройство 29 предварительной промывки, абсорбционное охлаждающее устройство 30 и циркуляционный насос для отмывки мелких частиц, при этом абсорбционная башня 1 контролировалась по зонам и была разделена, главным образом, на следующие зоны: зону 4 предварительной промывки, абсорбционную зону 5 и зону 6 контроля мелких частиц, причём указанные зоны были снабжены 3/4/4 разделительными слоями соответственно; газожидкостной сепаратор а 17, позволяющий проходить через него только газу, был предусмотрен между абсорбционной зоной 5 и зоной 4 предварительной промывки, а также газожидкостной сепаратор а 17, позволяющий проходить через него только газу, был предусмотрен между абсорбционной зоной 5 и зоной 6 контроля мелких частиц; распыление в зоне 6 контроля мелких частиц осуществлялось в четыре ступени, при этом газожидкостной сепаратор б 18, позволяющий проходить через него только газу, был предусмотрен между первым слоем распыления и вторым слоем распыления, а первый слой распылительной жидкости и циркуляционная абсорбционная жидкость поступали в окислительное устройство отдельно.

Зона контроля мелких частиц была снабжена 5 слоями каплеотбойников, из которых 2 слоя были расположены под газожидкостным сепаратором б, т.е. 1 слой в виде отражательной перегородки и 1 слой в виде ребра, а 3 слоя были расположены под патрубком 8 выпуска очищенного дымового газа, т.е. 2 слоя рёбер и 1 слой в виде сетчатого экрана.

Отношение жидкость-газ в каждом слое абсорбционной зоны составляло $1,75 \text{ л/н.м}^3$, а степень покрытия при распылении составляла 320%; отношения жидкость-газ в каждом слое зоны контроля мелких частиц составляли сверху вниз 0,3; 2,2; 2,2 и $1,75 \text{ л/н.м}^3$ соответственно, а степени покрытия при распылении составляли 110, 330, 330 и 330% соответственно. Общая площадь областей со степенями покрытия при распылении менее 200% в 1-3 слоях абсорбционной зоны и зоны контроля мелких частиц составляла 3-7% от площади сечения абсорбционной башни.

Система для окисления включала в себя окислительное устройство 2, которое было представлено слоями, подходящими для желаемого контроля состава раствора. Циркуляционную жидкость 15 для отмывки мелких частиц и циркуляционную абсорбционную жидкость 7 выводили из окислительного устройства 2 в различных позициях. Окислительное устройство было снабжено внутри двумя слоями интенсификаторов газожидкостной дисперсии, а в качестве интенсификаторов газожидкостной дисперсии были выбраны аэрирующие головки перфорированной пластины.

Уровень жидкости в окислительном устройстве составлял 9 м, а избыток окисляющего воздуха составлял 420%.

Диаметр абсорбционной башни составлял 4 м, а линейная скорость потока газа составляла 2,55-2,75 м/с.

В системе выпарной кристаллизации освоен процесс выпарной кристаллизации с MVR, включая использование парового компрессора, испарительной разделительной камеры, испарительного циркуляционного насоса и т.д. Часть конденсата пара, образующегося в испарительной разделительной камере, возвращали в абсорбционную башню 1 для рециркуляции, а часть его направляли в устройство 27 для обработки конденсата пара с целью переработки.

Предусмотрены промышленная воздуходувка 31 и трубопроводная сеть распределения воздуха.

Теплообменное устройство 29 зоны предварительной промывки и теплообменное устройство 30 абсорбционной зоны выполнены в виде встроенных пластинчатых теплообменников.

Система для последующей обработки сульфата аммония включала в себя устройство 32 для разделения твёрдое тело-жидкость, центрифугу 33, встроенную сушильную башню 34 и упаковочную машину 35, соединённые последовательно. После осуществления выпарной кристаллизации часть циркуляционной жидкости для предварительной промывки поступала в устройство 32 для разделения твёрдое тело-жидкость, а часть её поступала во встроенную сушильную башню 34, и при помощи разделения твёрдое тело-жидкость, центрифугирования, сушки и упаковывания получали конечный продукт 36 сульфат аммония.

В целях охлаждения циркуляционной жидкости для предварительной промывки и циркуляционной абсорбционной жидкости использовали, соответственно, охлаждающее устройство 29 для предварительной промывки и охлаждающее устройство 30 для абсорбции, а охлаждающей средой являлась циркуляционная вода системы циркуляции воды.

После обработки части конденсата пара 26 при помощи устройства 27 для обработки конденсата пара чистую жидкость 37 использовали в качестве восполняющей воды для системы циркуляции воды, а концентрированную жидкость 38 использовали в качестве воды, восполняющей циркуляционную жидкость 15 для отмывки мелких частиц. Концентрированная жидкость 38 может иметь концентрацию, которая является 10-200-кратной величиной по отношению к концентрации чистой жидкости 37.

В общем случае, количество чистой жидкости является 3-10-кратным по отношению к количеству концентрата. Например, если концентрация соли в необработанном конденсате 26 пара (до поступления

в систему 27 для обработки конденсата пара) составляет 0,5 г сульфата аммония/л, после обработки при помощи системы 27 для обработки конденсата пара 10 частей необработанного конденсата 26 пара приводят к получению 8 частей чистой жидкости 37 (0,05 г сульфата аммония/л) и 2 частей концентрированной жидкости 38 (2,3 г сульфата аммония/л). Концентрация концентрированной жидкости 38 рассчитана таким образом, чтобы она являлась 46-кратной величиной по отношению к концентрации чистой жидкости 37.

Весь конденсат пара 26 можно было бы также использовать непосредственно в качестве восполняющей воды для системы циркуляции воды.

После выпарной кристаллизации 80-90% концентрированной циркуляционной жидкости поступало в устройство 32 для разделения твёрдое тело-жидкость, а 10-20% поступало во встроенную сушильную башню 34, для понимания конкретной структуры, параметров и взаимосвязи которой смотрите легализованный патент авторов настоящего изобретения CN 201710336561.2, имеющий название "Method and apparatus for balancing Cl- and F-contents in circulating liquid of ammonia-based desulfurization", который настоящим включён в данный документ во всей совокупности путём ссылки. Содержание хлорид-иона в циркуляционной жидкости для предварительной промывки регулировали так, чтобы оно составляло 2000-3200 мг/л, содержание хлорид-иона в циркуляционной абсорбционной жидкости регулировали на уровне 500-980 мг/л, а концентрацию фторид-иона в циркуляционной жидкости для предварительной промывки регулировали так, чтобы оно составляло 100-240 мг/л.

3. Технологическая схема и параметры способа регулирования образования аэрозоля в ходе абсорбции при обессеривании аммиаком

Конкретная технологическая схема вышеупомянутого способа или устройства включает в себя следующее:

После извлечения серы смешивали хвостовой газ и технологический воздух, образующийся технологический газ 9 поступал из зоны 4 предварительной промывки, его охлаждали и промывали циркуляционной промывной жидкостью в зоне 4 предварительной промывки и одновременно концентрировали циркуляционную промывную жидкость; затем дымовой газ проходил, соответственно, через абсорбционную зону 5, где он промывался и подвергался обессериванию под действием циркуляционной абсорбционной жидкости 7, и зону 6 контроля мелких частиц, где удалялись мелкие частицы при помощи циркуляционной жидкости 15 для отмывки мелких частиц, а затем сбрасывался.

Циркуляционную промывную жидкость в зоне 4 предварительной промывки восполняли, главным образом, за счёт циркуляционной жидкости 15 для отмывки мелких частиц, циркуляционную жидкость 15 для отмывки мелких частиц и/или технологическую воду 23 использовали для отмывки отложений накипи со стенки башни и тому подобного, а циркуляционную абсорбционную жидкость восполняли за счёт циркуляционной жидкости 15 для отмывки мелких частиц и/или технологической воды 23.

Циркуляционную абсорбционную жидкость 7 окисляли в окислительном устройстве 2 и извлекали растворы различных составов в разных позициях окислительного устройства 2 для циркуляции в абсорбционной зоне 5 и зоне 6 контроля мелких частиц.

Технологическую воду 23 восполняли из зоны 6 контроля мелких частиц и циркуляционного резервуара 3 для отмывки мелких частиц.

Циркуляционная жидкость 15 для отмывки мелких частиц второй ступени (разбавленный смешанный раствор сульфата аммония-сульфита аммония) смешивалась в трубопроводе с циркуляционной жидкостью 15 для отмывки мелких частиц первой ступени (смешанный раствор сульфата аммония-сульфита аммония высокой концентрации), а затем поступала в распылительные слои зоны 6 контроля мелких частиц в абсорбционной башне 1.

Абсорбент представлял собой 20%-ный раствор аммиака, который добавляли в зону 4 предварительной промывки и окислительное устройство 2. Для удаления диоксида серы, имеющегося в дымовом газе, использовали циркуляционную абсорбционную жидкость, содержащую сульфит аммония. Для превращения в сульфит аммония в окислительное устройство добавляли аммиак, а затем осуществляли обессеривание аммиаком. В то же время аммиак добавляли в зону предварительной промывки и систему выпарной кристаллизации с целью обеспечения того, чтобы содержание свободной кислоты в продукте, сульфате аммония, не превышало стандартный показатель. Стандартный показатель может составлять 0,2 мас./мас.% от массы продукта. Стандартный показатель может составлять 0,3 мас./мас.% от массы продукта. Стандартный показатель может быть таким, как изложен в документе GB535-95, который настоящим включён в данный документ путём ссылки во всей его совокупности. Стандартный показатель может быть таким, как изложен в документе T/CPICIF006-2017, который настоящим включён в данный документ путём ссылки во всей его совокупности.

В окислительное устройство 2 добавляли окисляющий воздух и вводили выходной газ окислительного устройства 2 в абсорбционную зону 5 и зону 4 предварительной промывки в абсорбционной башне 1 для естественного окисления абсорбционной жидкости.

Линейная скорость потока газа в абсорбционной башне 1 составляла 2,54 м/с.

Заданная скорость потока хвостового газа для извлечения серы составляла 75000 н.м³/ч, заданная концентрация SO₂ составляла 18000 мг/н.м³, а общая концентрация пыли составляла ≤10 мг/н.м³.

В ходе испытания концентрация SO_2 в очищенном дымовом газе составляла 42 мг/н.м^3 , общая концентрация пыли (включая аэрозоль) составляла $6,9 \text{ мг/н.м}^3$, а количество унесённого аммиака составляло $2,8 \text{ мг/н.м}^3$.

Температуру абсорбции регулировали на уровне $48-52^\circ\text{C}$ посредством распределения воздуха, а также охлаждения циркуляционной жидкостью 20 для предварительной промывки и циркуляционной абсорбционной жидкостью 7.

Состав зонального раствора регулировали в основном путём принудительного окисления при помощи окислительного устройства 2, естественного окисления в абсорбционной зоне 4, а также контролирования содержания кислорода в технологическом газе, температуры предварительной промывки, температуры абсорбции и других способов.

Таблица 1. Расчётные параметры устройства

№	Показатель процесса	Единица	Значение
1	Скорость потока дымового газа	$\text{н.м}^3/\text{ч}$	75 000
2	Температура дымового газа на входе	$^\circ\text{C}$	240-260
3	Концентрация SO_2 в дымовом газе	мг/н.м^3	18 000
4	Используемый объём технологического воздуха	$\text{н.м}^3/\text{ч}$	28 000
5	Концентрация пыли в дымовом газе на входе	мг/н.м^3	≤ 10
6	Концентрация SO_2 в дымовом газе на выходе	мг/н.м^3	≤ 50
7	Концентрация пыли в дымовом газе на выходе	мг/н.м^3	≤ 10
8	Концентрация унесённого аммиака в дымовом газе на выходе	мг/н.м^3	≤ 5
9	Степень извлечения аммиака	%	≥ 99

4. Полезные эффекты

Устройство и способ примера использовали для осуществления обессеривания аммиаком и удаления пыли из дымового газа в различных рабочих условиях. В табл. 2 показаны способы и приборы для испытаний, а в табл. 3 приведены рабочие параметры и результаты испытаний.

Таблица 2. Перечень методов испытаний для определения различных показателей и основные приборы

№	Контролируемый объект	Стандартное название и номер аналитического метода	Наименование и модель прибора	Номер прибора
1	Дымовая пыль	Методы определения твёрдых частиц и отбора проб газообразных загрязнителей, выпускаемых из отходящего газа стационарного источника, GB/T161571996, который настоящим включен в данный документ путём ссылки во всей полноте	Пробоотборник дымовой пыли Laoying 3012H, Электронные весы BS224S, AB204-S	8042448, 08244496, 18360886, 1119051201
2	SO_2	Определение диоксида серы в отходящем газе стационарного источника. Метод электролиза при постоянном потенциале НД/Т 57-2000	Анализатор дымового газа Testo 350	10 [#] , 1 [#]
3	NO_x	Определение оксидов азота в отходящем газе стационарного источника. Метод электролиза при постоянном потенциале НД/Т 693-2014	Анализатор дымового газа Testo 350	10 [#] , 1 [#]
4	Аммиак	Окружающий воздух и отходящий газ - Определение аммиака. Спектрофотометрия с применением реактива Несслера НД 533-2009	Спектрофотометр Laoying 3072H 722	02085809, 2c5BP363

5	Содержание кислорода в дымовом газе	Электрохимический метод - Технические условия и процедуры испытаний для систем непрерывного контроля выбросов дымового газа, выпускаемого из стационарных источников (Приложение В) (Н/Т 76-2007, который настоящим включен в данный документ путём ссылки во всей его полноте)	Анализатор дымового газа Testo 350	10 [#] , 1 [#]
6	Температура дымового газа	Метод платинового сопротивления - Методы определения твёрдых частиц и отбора проб газообразных загрязнителей, выпускаемых из отходящего газа стационарного источника (GB/T 16157-1996, который настоящим включен в данный документ путём ссылки во всей его полноте)	TES-1310	/
7	Влажность дымового газа	Технические условия и процедуры испытаний для систем непрерывного контроля выбросов дымового газа, выпускаемого из стационарных источников (Приложение В) (Н/Т 76-2007, который настоящим включен в данный документ путём ссылки во всей его полноте)	Пробоотборник дымовой пыли Laoying 3012H	8042448, 08244496
8	Сульфат аммония	Сульфат аммония (GB 535-1995, который настоящим включен в данный документ путём ссылки во всей его полноте)	Аналитические весы, рН-метр и другие традиционные лабораторные приборы	

Таблица 3. Рабочие параметры устройства и результаты испытаний

№	Объект		Единица	Результат испытания	Примечания
1	Объём дымового газа в абсорбционной башне	Стандартное состояние, влажная основа и реально существующее содержание O ₂	×10 ⁴ м ³ /ч	9,69	-
		Стандартное состояние, сухая основа и 6% O ₂	×10 ⁴ м ³ /ч	8,42	-
2	Сопротивление системы		Па	1520	-
3	Параметры исходного дымового газа	Концентрация SO ₂ (стандартное состояние, сухая основа и 6%O ₂)	мг/н.м ³	17 400	Среднее значение при испытании
		O ₂ (об./об.)	%	3	-
		Температура	°C	252	Среднее значение при испытании
		Содержание влаги (об./об.)	%	27,8	-
		Концентрация дымовой пыли (стандартное)	мг/н.м ³	8,6	-

		состояние, сухая основа и 6% O ₂)			
4	Параметры очищенного дымового газа	Концентрация SO ₂ (стандартное состояние, сухая основа и 6% O ₂)	мг/н.м ³	42	Среднее значение при испытании
		O ₂ (об./об.)	%	9,7	-
		Температура	°C	49,6	Среднее значение при испытании
		Содержание влаги (об./об.)	%	13,2	-
		Концентрация дымовой пыли (стандартное состояние, сухая основа и 6% O ₂)	мг/н.м ³	6,9	В том числе твёрдые частицы и растворимые твёрдые частицы
		Свободный унесённый аммиак (стандартное состояние, сухая основа и 6% O ₂)	мг/н.м ³	2,8	-
5	Эффективность абсорбционной башне	обессеривания в	%	99,8	
6	Эффективность абсорбционной башне	удаления пыли в	%	19,8	-
7	Расход аммиака (в расчёте на 20%-ный раствор аммиака)		т/ч	3,6	
8	Степень использования аммиака		%	99,4	-
9	Побочный продукт, сульфат аммония	Содержание азота	%	21,3	
		Влажность	%	0,45	-
		Содержание свободной кислоты	%	0,23	-

Таким образом, предложены устройство и способы регулирования уноса аммиака и образования аэрозоля в источнике. Специалистам в данной области техники будет понятно, что настоящее изобретение можно воплощать на практике в рамках вариантов осуществления, отличающихся от описанных в примерах, которые представлены в целях иллюстрации, а не ограничения. Настоящее изобретение ограничивается только формулой изобретения, которая следует далее.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для абсорбции диоксида серы из дымового газа, включающее реактор, выполненный с возможностью приёма дымового газа; распылительный слой, который размещён в реакторе и выполнен с возможностью осуществлять контактирование дымового газа с аммиак-содержащей жидкостью, которая содержит сульфит аммония и поглощает серу из дымового газа при определённой температуре; регулировочное устройство, выполненное с возможностью ограничивать содержание кислорода в потоке, содержащем дымовой газ, поступающем в реактор, величиной не больше 12 об.%; и понижать температуру реакции абсорбции в ответ на избыточное содержание аэрозоля в потоке очищенного дымового газа, выходящем из реактора; систему для окисления, выполненную с возможностью окисления отработанной абсорбционной жидкости; и вспомогательную систему, выполненную с возможностью получения твёрдого сульфата аммония из упомянутой жидкости.
2. Устройство по п.1, в котором вспомогательная система включает систему для последующей обработки полученного сульфата аммония; систему подачи аммиака и систему технологической воды.
3. Устройство по п.1, в котором реактор включает абсорбционную башню, в которой сформированы зона предварительной промывки; абсорбционная зона и зона контроля мелких частиц; при этом каждая из зон включает в себя один или несколько распылительных слоев; первый газожидкостной сепаратор расположен между абсорбционной зоной и зоной предварительной промывки и второй газожидкостной сепаратор расположен между абсорбционной зоной и зоной контроля мелких частиц.
4. Устройство по п.3, в котором третий газожидкостной сепаратор размещён внутри абсорбционной зоны и четвёртый газожидкостной сепаратор размещён внутри зоны контроля мелких частиц.
5. Устройство по п.3, в котором в каждом распылительном слое абсорбционной зоны отношение жидкость-газ составляет не менее

0,4 л/н.м³ и

средняя степень покрытия при распылении составляет не менее 200%;

в каждом распылительном слое зоны контроля мелких частиц отношение жидкость-газ составляет не менее 0,42 л/н.м³; и

средняя степень покрытия при распылении составляет не менее 150%.

6. Устройство по п.3, в котором система для окисления включает окислительный резервуар, выполненный с возможностью

приёма отработанной абсорбционной жидкости;

обеспечения протекания потока первой части отработанной абсорбционной жидкости по первому каналу, а второй части абсорбционной жидкости по второму каналу и

подачи первого выходящего потока из первого канала в зону контроля мелких частиц, а второго выходящего потока из второго канала в абсорбционную зону;

при этом первый выходящий поток является более окисленным, чем второй.

7. Устройство по п.6, в котором окислительный резервуар включает

ряд интенсификаторов газожидкостной дисперсии;

первое впускное отверстие, которое расположено на первой позиции в ряду и выполнено с возможностью подачи первого выходящего потока;

второе впускное отверстие, которое расположено на второй позиции в ряду и выполнено с возможностью подачи второго выходящего потока; и

камеру для аммиака, в которой сформированы перфорационные отверстия для прохода аммиака из камеры в первый канал и для прохода отработанной абсорбционной жидкости в камеру;

при этом вторая позиция обуславливает достижение меньшей степени окисления отработанной абсорбционной жидкости, чем первая позиция.

8. Устройство по п.6, в котором окислительный резервуар включает сепаратор и источник окислительного воздуха в первом канале, при этом второй канал проходит снаружи сепаратора, причём по второму каналу не подаётся окислительный воздух, а отработанная абсорбционная жидкость в первом выходящем потоке является полностью окисленной.

9. Устройство по п.3, в котором башня выполнена с возможностью: обеспечения протекания потока дымового газа с линейной скоростью газового потока 0,8-4 м/с и приёма дымового газа, имеющего концентрацию SO₂ вплоть до 30000 мг/н.м³.

10. Устройство по п.3, в котором вытекающий поток имеет содержание SO₂, которое составляет не более 100 мг/н.м³.

11. Устройство по п.10, в котором вытекающий поток имеет содержание SO₂, которое составляет не более 35 мг/н.м³.

12. Устройство по п.9, в котором общее содержание пыли составляет не более 20 мг/н.м³.

13. Устройство по п.12, в котором общее содержание пыли составляет не более 5 мг/н.м³.

14. Устройство по п.3, в котором башня выполнена с возможностью получения вытекающего потока, характеризующегося уносом аммиака, который составляет не более 8 мг/н.м³.

15. Устройство по п.14, в котором башня выполнена с возможностью получения вытекающего потока, характеризующегося уносом аммиака, который составляет не более 2 мг/н.м³.

16. Устройство по п.3, дополнительно включающее

источник дополнительного газа, который снабжен средствами, выполненными с возможностью подачи потока дополнительного газа в дымовой газ до поступления дымового газа в башню, при этом смесь дополнительного газа и дымового газа представляет собой технологический газ и на входе в башню имеет содержание воды, превышающее 15%; и

систему выпарной кристаллизации, выполненную с возможностью осуществления кристаллизации сульфата аммония из абсорбированного SO₂ после абсорбции SO₂ в аммиаксодержащей жидкости.

17. Устройство по п.16, дополнительно включающее пароструйный насос, который является частью процесса выпарной кристаллизации двукратного действия.

18. Устройство по п.16, в котором система выпарной кристаллизации выполнена с возможностью осуществления процесса выпарной кристаллизации с механической компрессией пара (MVR).

19. Устройство по п.3, дополнительно включающее

источник дополнительного газа, который снабжен средствами, выполненными с возможностью подачи потока дополнительного газа в дымовой газ до поступления дымового газа в башню, при этом смесь дополнительного газа и дымового газа представляет собой технологический газ, имеющий на входе в башню содержание воды, превышающее 15%;

теплообменник, выполненный с возможностью осуществления теплообмена с аммиаксодержащей жидкостью до её распыления в абсорбционной зоне; и

систему выпарной кристаллизации, выполненную с возможностью осуществления кристаллизации сульфата аммония из абсорбированного SO₂ после абсорбции SO₂ в аммиаксодержащей жидкости.

20. Устройство по п.3, дополнительно включающее

источник дополнительного газа, снабженный средствами, выполненными с возможностью подачи

потока дополнительного газа в дымовой газ до поступления дымового газа в башню, при этом смесь дополнительного газа и дымового газа представляет собой технологический газ, имеющий на входе в башню содержание воды, превышающее 15%;

теплообменник, выполненный с возможностью осуществления теплообмена с аммиакосодержащей жидкостью до её распыления в абсорбционной зоне;

теплообменник, выполненный с возможностью обеспечения теплообмена с текучей средой для предварительной промывки до её распыления в зоне предварительной промывки; и

систему выпарной кристаллизации, выполненную с возможностью осуществления кристаллизации сульфата аммония из абсорбированного SO_2 после абсорбции SO_2 в аммиакосодержащей жидкости.

21. Устройство по п.3, дополнительно включающее устройство для распределения воздуха, выполненное с возможностью

подачи потока воздуха в дымовой газ для образования технологического газа перед поступлением дымового газа в башню и

ограничения содержания кислорода в технологическом газе величиной не более 12 об.% ниже по потоку от устройства для распределения воздуха и выше по потоку от башни;

причём дымовой газ до смешивания с воздухом имеет содержание воды, превышающее 15 об.%.

22. Устройство по п.21, в котором содержание кислорода в технологическом газе поддерживают в диапазоне 3-9%.

23. Устройство по п.22, дополнительно включающее устройство для конденсации, выполненное с возможностью охлаждения технологического газа и снижения влажности технологического газа.

24. Устройство по п.3, дополнительно включающее

распределитель воздуха, сообщающийся по потоку с дымовым газом; и

теплообменник зоны предварительной промывки, выполненный с возможностью охлаждения циркуляционной жидкости для предварительной промывки, поступающей в башню;

при этом распределитель воздуха выполнен с возможностью поддержания концентрации воды в технологическом газе на уровне не более 10 об.% в случае, когда дымовой газ имеет содержание воды, превышающее 18 об.%.

25. Устройство по п.24, дополнительно включающее

теплообменник абсорбционной зоны, выполненный с возможностью охлаждения абсорбционной жидкости, входящей в башню;

при этом распределитель воздуха выполнен с возможностью поддержания содержания воды в технологическом газе на уровне не более 10 об.% в случае, когда дымовой газ имеет содержание воды, превышающее 18 об.%.

26. Способ абсорбирования диоксида серы из дымового газа, включающий

подачу потока дымового газа в реактор;

абсорбцию серы из дымового газа в реакторе при определённой температуре посредством аммиакосодержащей циркуляционной жидкости, которая имеет в своём составе сульфит аммония;

сбор отработанной абсорбционной жидкости и ограничение содержание кислорода в потоке, содержащем дымовой газ, поступающем в реактор, величиной, которая составляет не больше 12 об.%;

понижение температуры реакции абсорбции в ответ на избыточное содержание аэрозоля в потоке очищенного дымового газа, вытекающего из реактора.

27. Способ по п.26, дополнительно включающий смешивание воздуха с дымовым газом для образования технологического газа до подачи потока дымового газа в реактор; при этом указанное понижение температуры включает понижение температуры воздуха.

28. Способ по п.26, в котором указанное понижение температуры включает понижение температуры жидкости и понижение температуры жидкости включает пропускание жидкости через холодильник циркуляционной воды.

29. Способ по п.26, дополнительно включающий

подачу охлаждающей воды в водяной холодильник и

в ответ на избыточное содержание ионов в охлаждающей воде замену части охлаждающей воды технологической водой;

при этом понижение температуры жидкости включает пропускание жидкости через холодильник циркуляционной воды.

30. Способ по п.29, в котором замена включает получение технологической воды из системы обработки конденсата пара, которая выполнена с возможностью производства пара из суспензии сульфата аммония.

31. Способ по п.26, дополнительно включающий кристаллизацию сульфата аммония в жидкости за счёт переноса тепла от дымового газа к жидкости; при этом понижение температуры жидкости включает повышение скорости потока воздуха и уменьшение влажности воздуха.

32. Способ по п.26, в котором понижение температуры означает уменьшение температуры до величины, которая находится в пределах диапазона 45-53°C.

33. Способ по п.26, в котором ограничение содержания кислорода означает предел содержания ки-

слорода на уровне величины, которая составляет не более 8%.

34. Способ по п.26, в котором абсорбция включает подачу аммиаксодержащей жидкости различного состава в ступени абсорбции и абсорбция характеризуется температурой абсорбции и содержанием кислорода при абсорбции, которые регулируются таким образом, что из дымового газа удаляется не менее 90% диоксида серы и содержание пыли в потоке очищенного дымового газа, вытекающем из реактора, составляет не более 50 мг/н.м³.

35. Способ по п.34, в котором подаваемый в реактор технологический газ содержит воду в количестве в диапазоне от 4 до 15%.

36. Способ по п.34, дополнительно включающий использование упомянутых ступеней абсорбции, регулирующих градиент концентрации веществ, выбранных из группы, состоящей из сульфита аммония, бисульфита аммония и сульфата аммония; и предполагающий до осуществления абсорбции смешивание воздуха с дымовым газом для образования технологического газа, охлаждение и очистку технологического газа;

контактирование технологического газа с аммиаксодержащей жидкостью на одной или нескольких ступенях абсорбции, которые содержат сульфит аммония и сульфат аммония, а затем с циркуляционной жидкостью для отмывки мелких частиц на одной или нескольких ступенях, которые содержат сульфит аммония и сульфат аммония, в результате чего упомянутые ступени абсорбции, охлаждение и очистка, и контактирование совместно содействуют абсорбированию не менее 90% диоксида серы.

37. Способ по п.36, дополнительно включающий регулирование отношения дымового газа к воздуху для регулирования содержания кислорода в технологическом газе до уровня не более 12%.

38. Способ по п.36, в котором выбор параметров подаваемой абсорбционной жидкости основан на измеренной концентрации диоксида серы в дымовом газе, показателе выбросов и числе упомянутых ступеней,

причем указанное число ступеней составляет больше двух; состав абсорбционной жидкости на одной из ступеней содержит 0,15-4,95% сульфита аммония и 5-38% сульфата аммония, и на упомянутых ступенях используют верхнюю циркуляционную абсорбционную жидкость и нижнюю циркуляционную абсорбционную жидкость, причем верхняя циркуляционная абсорбционная жидкость имеет содержание сульфита аммония ниже, чем нижняя циркуляционная абсорбционная жидкость.

39. Способ по п.36, в котором выбор параметров подаваемой абсорбционной жидкости основан на измеренной концентрации диоксида серы в дымовом газе, показателе выбросов и числе упомянутых ступеней,

причем указанное число ступеней составляет больше двух; состав абсорбционной жидкости на одной из ступеней содержит 0,15-4,95% сульфита аммония и 5-38% сульфата аммония; и на упомянутых ступенях используют верхнюю циркуляционную абсорбционную жидкость и нижнюю циркуляционную абсорбционную жидкость, причем верхняя циркуляционная абсорбционная жидкость характеризуется уровнем pH ниже соответствующего показателя нижней циркуляционной абсорбционной жидкости.

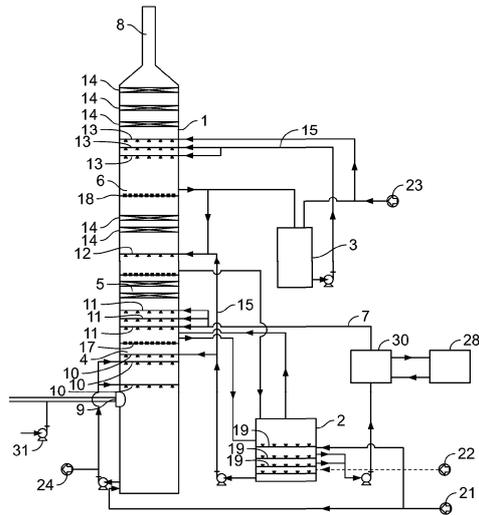
40. Способ по п.36, в котором на одной из ступеней абсорбции используют циркуляционную жидкость для отмывки мелких частиц, имеющую состав, который содержит: 0,003-1% сульфита аммония и 0,3-38% сульфата аммония и уровень pH в диапазоне 1-6.

41. Способ по п.31, дополнительно включающий, в случае, когда дымовой газ имеет содержание воды больше 15%

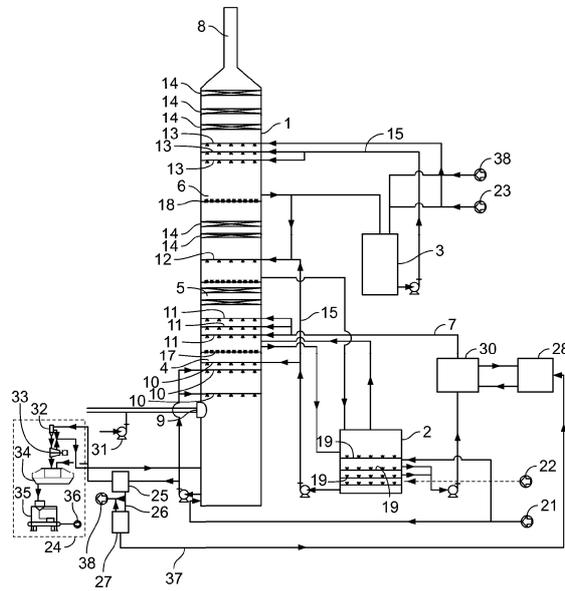
понижение содержания воды до величины в диапазоне от 8 до 13% путём добавления к дымовому газу сухого газа с объёмным содержанием паров воды не больше 5% и

ограничение содержания кислорода таким образом, чтобы оно составляло не больше 12%.

42. Способ по п.41, в котором сухой газ включает воздух.



Фиг. 1



Фиг. 2