

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202090619** (13) **A1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки
2020.07.24(51) Int. Cl. **B01D 53/50** (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2018.07.24(54) **СПОСОБ КОНТРОЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ В ПРОЦЕССЕ АБСОРБЦИИ ПРИ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АММИАКА**

(31) 201710800599.0; 15/923,031

(32) 2017.09.07; 2018.03.16

(33) CN; US

(86) PCT/CN2018/096833

(87) WO 2019/047625 2019.03.14

(71) Заявитель:

**ЦЗЯННАНЬ ИНВАЙРОНМЕНТАЛ
ПРОТЕКШН ГРУП ИНК. (КУ)**

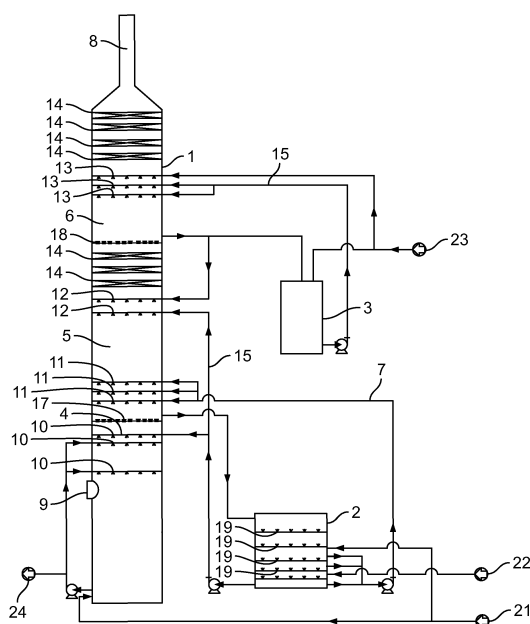
(72) Изобретатель:

**Ло Цзин, Ци Лифан, Ван Цзинъюн
(CN)**

(74) Представитель:

Фелицына С.Б. (RU)

(57) Установка и способы контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака, осуществляемые посредством удаления диоксида серы, присутствующего в дымовых газах, с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, так чтобы обеспечить контроль образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака. Эффективность процессов десульфуризации и улавливания пылевидных частиц может быть достигнута путем ступенчатого регулирования составов растворов и условий проведения реакций. Дымовые газы могут быть подвергнуты предварительному снижению температуры и очистке и затем последовательно могут быть приведены в контакт с циркулирующей абсорбирующей жидкостью и циркулирующей промывной жидкостью для улавливания мелких частиц. Уровни составов растворов и температуры реакций могут быть регулируемы.



A1

202090619

202090619

A1

СПОСОБ КОНТРОЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ В ПРОЦЕССЕ АБСОРБЦИИ ПРИ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АММИАКА

По данной заявке в соответствии с 35 U.S.C. § 119 испрашивается приоритет заявки на патент Китая №201710800599.0 (дата подачи 07.09.2017) и приоритет заявки на патент США №15/923,031 (дата подачи 16.03.2018), которые полностью включены в настоящее описание.

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области технологии охраны окружающей среды и, в частности, к способу контроля образования аэрозоля в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Уровень техники

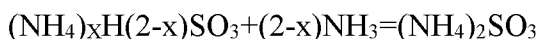
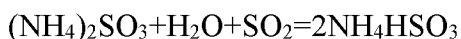
Различные страны мира выбрасывают в атмосферу диоксид серы в различной степени. В Китае выбросы диоксида серы являются огромными и оказывают значительное влияние на окружающую среду и общество. Общие выбросы диоксида серы в 2014 году составили 19,74 миллионов тонн, в 2015 году – 18,591 миллионов тонн, по этим выбросам и Китай находится на первом месте в мире, что приводит к колоссальным убыткам и оказывает серьезное влияние на экологию окружающей среды и здоровье людей в самом Китае.

В настоящее время существуют сотни относительно совершенных и отработанных технологий десульфуризации (сероочистки), из которых наиболее широко используется мокрая десульфуризация, на которую во всем мире приходится приблизительно 85% общей установленной производительности предприятий по десульфуризации. Традиционными технологиями мокрой десульфуризации дымовых газов являются методы с использованием гипса-известняка, двух щелочных металлов, карбоната натрия, аммиака, оксида магния и тому подобного. Десульфуризация на основе аммиака представляет собой процесс мокрой десульфуризации с использованием аммиака в качестве абсорбента, и данный метод может обеспечить производство сульфат-аммонийного удобрения, используя для этого SO_2 , являясь типом экологически чистой схемы обработки дымовых газов с низкими затратами энергии, высокой экономией средств и рециркуляцией используемых веществ. В производственных процессах химической промышленности образуется большое количество сточной аммиачной воды, и, следовательно, осуществление процесса десульфуризации дымовых газов котельных агрегатов с помощью аммиака в химической промышленности имеет свои уникальные преимущества.

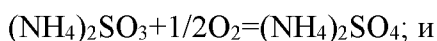
Процесс десульфуризации с использованием аммиака включает, главным образом,

три технологических процесса, а именно: абсорбцию, окисление и концентрирование (кристаллизацию), осуществляемые посредством:

- абсорбции диоксида серы сульфитом аммония с получением смешанного раствора сульфита аммония и бисульфита аммония, к которому добавляют аммиак с получением сульфита аммония, при этом протекают следующие химические реакции:



- подачи воздуха окисления в упомянутый раствор для окисления сульфита аммония и получения сульфата аммония:



- концентрирования и кристаллизации раствора сульфата аммония с последующим разделением раствора на твердую фазу и жидкость, и затем осушки с получением в результате конечного продукта - сульфата аммония.

Упомянутые три технологических процесса: абсорбция, окисление и концентрирование кажутся несложными процессами. В действительности, они оказывают влияние друг на друга. Обычно для обеспечения эффективности процесса абсорбции содержания сульфита аммония и свободного аммиака в абсорбирующей жидкости поддерживали на высоком уровне, а содержание сульфата аммония поддерживали на низком уровне, что создает условия для абсорбции, но не для окисления и концентрирования, а величину pH абсорбирующей жидкости поддерживали приблизительно равной 7, что приводит к значительным потерям аммиака и образованию аэрозолей в процессе абсорбции.

Для обеспечения эффективности процесса абсорбции обычно регулировали температуру абсорбции так, чтобы она не превышала 40°C, посредством охлаждения с помощью технологической воды, установки подогревателя, снижения температуры с помощью разбавленного раствора сульфата аммония, и других мер, которые создают условия для абсорбции, но не для окисления и концентрирования. При низкой температуре сульфит аммония с высокой концентрацией не может быть быстро полностью окислен непосредственно до сульфата аммония, но при более низкой концентрации он может быть окислен, испарен и сконцентрирован с получением продукта с большой степенью испарения, большим потреблением энергии, длительным технологическим процессом, значительным количеством единиц используемого оборудования, большой площадью, занимаемой оборудованием, высокими эксплуатационными расходами и низкой экономической эффективностью установки. Кроме того, обычно, содержание воды в дымовых газах котельных агрегатов сохраняется

на уровне не менее 7%. Содержание воды в отходящих газах после извлечения серы, в дымовых газах процесса кальцинации и в отходящих газах других производственных процессов составляет даже более 25%. Таким образом, если эффективность абсорбции достигается путем преднамеренного снижения температуры абсорбции до величины не менее 40°C, не только потребление энергии является высоким, но, кроме этого, будет конденсироваться вода, присутствующая в дымовых газах. Сконденсированная вода является лишним компонентом, она не способствует промывке каплеуловителя и отмывке стенки колонны, и необходим отвод этой воды в качестве отработавшей воды.

Что касается способа осушки отходящего газа производства серной кислоты, благодаря низкому содержанию воды и низкой концентрации диоксида серы, температуру абсорбции можно контролировать на уровне 30°C-50°C.

В процессах десульфуризации дымовых газов с использованием аммиака могут проявляться следующие технические проблемы:

1. Потери аммиака и аэрозоля.

В отличие от способа с использованием гипса-известняка, основанного на использовании известняка в качестве исходного материала, если в абсорбирующей жидкости присутствует свободный аммиак, он легко испаряется, и аммиак, SO₂ и SO₃ одновременно присутствуют в газовой фазе. Следовательно, легко образуется туман из сульфита аммиака и сульфата аммиака, и на этот туман, служащий ядрами конденсации, конденсируется присутствующий в дымовых газах насыщенный водяной пар, в результате чего образуется плотный белый туман, который, с одной стороны, обуславливает потери аммиака, а, с другой стороны, является источником вторичного загрязнения.

До настоящего времени эффективное осуществление десульфуризации с использованием аммиака не представлялось возможным, и основная причина этого заключается в том, что предпринимаемые усилия сосредотачивались на улавливании аэрозолей, образовавшихся в процессе абсорбции, а не предотвращении или уменьшении образования аэрозолей в процессе абсорбции, что приводит к необходимости значительных капиталовложений, высоким эксплуатационным расходам и нестабильному функционированию системы.

2. Окисление сульфата аммония.

Окисление сульфита аммония отличается от других сульфитов, и при определенной концентрации NH₄⁺ замедляет процесс окисления. В литературе (например, статья «Zhou, J., W. Li и W. Xiao, Kinetics Of Heterogeneous Oxidation Of Concentrated Ammonium Sulfite (Кинетика гетерогенного окисления концентрированного сульфита аммония), Chemical Engineering Science, Volume 55, Issue 23, December 2000, Pages 5637-

5641, Pergamon Press, Oxford, England, 2000», которая полностью включена в настоящее описание посредством ссылки) иллюстрируется это замечательное свойство, т.е. NH_4^+ в значительной степени блокирует растворение O_2 в водных растворах. Если концентрация соли составляет менее 0,5 мол/л (приблизительно 5 мас.%), степень окисления сульфита аммония увеличивается с увеличением его концентрации; и если этот предел превышен, степень окисления с увеличением концентрации уменьшается. Кроме того, если общая концентрация солей аммония составляет 3-4 мол/л, и концентрация сульфита аммония составляет менее 0,15 мол/л, реакция окисления раствора представляет собой быструю реакцию нулевого порядка, т.е. степень окисления не связана с содержанием сульфита аммония.

Реакция окисления сульфита аммония фактически происходит также в процессе абсорбции, но вследствие низкого содержания O_2 в дымовых газах, низкой температуры и низкой скорости реакции степень окисления обычно находится в интервале 40%-70% в условиях непрерывного повторения цикла. Однако остается необходимым дальнейшее повышение степени окисления до величины не менее 95% для соответствия требованиям к обработке дымовых газов, осуществляемой путем доочистки. Поэтому для полного окисления сульфита аммония в условиях избытка подводимого под давлением воздуха окисления используют окситенк, секцию окисления и струйный аппарат окисления, и некоторые производители предпочитают добавлять к абсорбирующей жидкости катализатор для содействия процессу окисления, однако это будет оказывать влияние на качество продукта.

3. Обработка отходящего газа, увлекающего аммиак

В отличие от других щелочных веществ, аммиак является легколетучим. В традиционных абсорбционных колоннах контактного типа, работающих в режиме противотока, или в оросительных колоннах, насадочных колоннах или тарельчатых колоннах для обеспечения эффективной десульфуризации и конечного показателя загрязняющих выбросов, величину pH раствора устанавливают самой высокой, концентрацию SO_2 в газовой фазе - самой низкой, а концентрация аммиака в газовой фазе будет самой высокой на контактной поверхности в верхней части зоны абсорбции. Это означает, что величина потерь аммиака с отходящим газом, выходящим из колонны десульфуризации, будет весьма значительной. Это будет приводить к ненужному растрачиванию и потерям аммиака, и, кроме того, к дополнительным вредным выбросам в атмосферу.

В отношении проблем, связанных с образованием аэрозолей и потерям аммиака, хорошо известные исследовательские институты и проектно-конструкторские компании

предлагают различные схемы контроля или предотвращения образования аэрозолей и потерь аммиака, такие как мокрая электростатическая очистка, многостадийная мокрая очистка, многостадийная осушка или комбинация этих методов. Однако упомянутые методы очистки не затрагивают проблему источников образования аэрозолей и потерь аммиака, а концентрируются только на том, каким образом можно ограничить выделение аммиака и аэрозолей, образовавшихся в процессе абсорбции, увеличивая для этого всё больше и больше количество секций в колоннах и усложняя тем самым систему, что не только дает слабые результаты обработки, но приводит также к значительному увеличению капиталовложений и эксплуатационных расходов.

Процессы абсорбции, окисления и концентрирования в устройстве для десульфуризации с использованием аммиака взаимосвязаны друг с другом. При этом для абсорбции необходима большая величина pH раствора и высокое содержание сульфита аммония, для окисления требуется относительно низкая общая концентрация солей аммония и низкое содержание сульфата аммония, а для концентрирования необходимо высокое содержание сульфата аммония. Для контроля потерь аммиака и производства аэрозолей необходимы низкая величина pH и использования раствора, не содержащего свободного аммиака.

Поскольку требования к составам растворов для различных процессов отличаются, более подходящими методами контроля образования аэрозолей являются такие, которые могут быть с успехом использованы для достижения регулирования абсорбции, окисления и концентрирования с получением синергического эффекта, и для удовлетворения требований к выбросам вредных веществ в атмосферу, обеспечивая в то же время уменьшение капиталовложений, упрощение технологического процесса и уменьшение затруднений при осуществлении рабочего процесса.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN 02136906.2, описаны способ и установка для извлечения и утилизации SO_2 , содержащегося в дымовых газах, в котором концентрацию сульфита аммония регулируют в интервале от 0,1 до 5 мас. %, например, от 0,5 до 2,0 мас.%, для создания благоприятных условий для окисления, снижения потребления энергии, капиталовложений на окисление и обеспечения высокой эффективности процесса десульфуризации. Отношение аммиака, содержащегося в абсорбирующей жидкости, и серы составляет 1,3-1,8 (молярное отношение), отношение газа и жидкости при абсорбции составляет 2000-5000 (объемное отношение). Теплота горячих дымовых газов используется для концентрирования раствора сульфата аммония, и при снижении температуры горячих дымовых газов до 50°C-55°C концентрация сульфата аммония может быть увеличена до 40 мас.%-50 мас.%. Затем сульфат аммония

может быть направлен в кристаллизатор сульфата аммония и подвергнут обработке с получением сульфата аммония в качестве минерального удобрения. Секция окисления снабжена продольной разделительной перегородкой, так что раствор неокисленного сульфита аммония и раствор окисленного сульфата аммония отделены друг от друга настолько, насколько это возможно, чтобы предотвратить обратное смешение. В этом способе: 1) концентрация абсорбирующей жидкости низкая, и способ является подходящим только для дымовых газов с низким содержанием серы; 2) способ не касается контроля потерь аммиака и образования аэрозолей в процессе абсорбции; 3) на процесс кристаллизации оказывает влияние объем осушающего воздуха и содержание пылевидных частиц, кристаллизация в количественном отношении является незначительной и нестабильной, и тому подобное.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN 201310634675.7 описаны система для десульфуризации и денитрации и способ десульфуризации и денитрации, осуществляемый с использованием этой системы, в которой секция абсорбции содержит одноуровневый слой I распыления циркулирующей жидкости, одноуровневый слой II распыления циркулирующей жидкости, абсорбирующий слой заполнителя и одноуровневый слой III распыления циркулирующей жидкости. Указанные слои расположены в колонне последовательно снизу вверх, при этом одноуровневый слой I распыления циркулирующей жидкости представляет собой абсорбирующий слой связанного аммиака, служащий для эффективной абсорбции SO_2 . Указанный абсорбирующий слой связанного аммиака является отдельной циркуляционной системой абсорбции с использованием аммиака; одноуровневый слой II распыления циркулирующей жидкости и абсорбирующий слой с заполнителем используются для предотвращения нежелательных потерь аммиака и абсорбции SO_2 , а одноуровневый слой III распыления циркулирующей жидкости используется для предотвращения потерь аммиака (с выходящими дымовыми газами). Однако составы растворов не являются строго установленными, и действия по контролю потерь аммиака и образования аэрозолей ограничиваются добавлением аммиака в упомянутые слои.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN 201510009642.2, описан способ совместного обеспечения десульфуризации и удаления пылевидных частиц с помощью ультразвуковых волн для достижения сверхнизкого уровня вредных выбросов, в котором дымовые газы после снижения температуры и десульфуризации полностью промываются с помощью системы промывки мелкими каплями абсорбирующей жидкости, при этом капли абсорбирующей жидкости, присутствующие в дымовых газах, улавливаются и удаляются при последующем каплеулавливании, после чего дымовые

газы промываются мелкими каплями абсорбирующей жидкости с последующим улавливанием капель. Затем происходит агглютинация и/или коагуляция вышеупомянутых предварительно очищенных дымовых газов, в которых размеры мелких частиц увеличиваются, и частицы увеличенного размера удаляются посредством агглютинации и/или слоя каплеуловителя; и в результате использования многоступенчатой промывки водой и многоступенчатого влагоудаления достигается общее уменьшение количества пылевидных частиц, связанное со значительными капиталовложениями и эксплуатационными расходами, при этом, исходя из схемы проведения процесса, не может быть обеспечен контроль потерь аммиака и образования аэрозолей.

В патенте Китая, выданном по заявке CN 201510680578.0, описана система десульфуризации с двукратной циркуляцией аммиака, денитрацией и удалением пылевидных частиц, содержащая абсорбционную промывочную колонну (1) и циркуляционный окислительный резервуар (9). В абсорбционной промывочной колонне (1) последовательно расположены секция (2) результативного удаления мелкодисперсной воды, секция (3) более эффективного удаления аммиачного тумана, секция (4) осушения абсорбирующей жидкости, секция (5) вторичной абсорбции, секция (6) первичной абсорбции и секция (7) промывки и снижения температуры. При поступлении дымовых газов в секцию (6) первичной абсорбции, SO_2 первоначально удаляется преимущественно за счет использования в качестве абсорбирующей жидкости раствора, содержащего нитрат аммония и сульфат аммония с плотностью в пределах от 1,1 до 1,15 кг/л и величиной pH в пределах от 6,5 до 7. При поступлении дымовых газов в секцию (5) вторичной абсорбции, SO_2 удаляется дополнительно за счет использования в качестве абсорбирующей жидкости раствора, содержащего нитрат аммония и сульфат аммония с плотностью в пределах от 1,05 до 1,1 кг/л и величиной pH в пределах от 5,5 до 6. Описанный технологический процесс является сложным и характеризуется использованием в процессе абсорбции излишнего количества аммиака, значительным образованием аэрозолей и потерями аммиака, и при использовании водяной промывки и каплеулавливания сложно гарантировать конечные нормы по выбросам.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN 201610390173.8, описана интегрированная установка для десульфуризации и удаления пылевидных фракций, в которой используется единственная колонна, содержащая шесть секций градиентной очистки для достижения сверхнизкого уровня вредных выбросов, а именно: секцию окисления, секцию концентрирования, секцию абсорбции, секцию промывки очищенной водой, секцию каплеудаления, разделительную перегородку и секцию с мокрым

электрофильтром, при этом мелкие капли, переносимые осушенными дымовыми газами, дополнительно удаляются за счет действия электростатической адсорбции в секции с мокрым электрофильтром, что обеспечивает соответствие дымовых газов нормам по удалению вредных веществ при изменении рабочих параметров для дымовых газов, при этом секция с мокрым электрофильтром используется в установке как средство гарантирования упомянутого соответствия. Известный способ требует больших капиталовложений, имеет высокие эксплуатационные затраты и является неэффективным электрическим способом контроля потерь аммиака и выбросов аэрозолей.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN 201610177178.2, описан комбинированный способ десульфуризации и удаления пылевидных частиц, обеспечивающий сверхнизкие выбросы вредных веществ, осуществляемый в установке, содержащей колонну (1) десульфуризации, в которой имеются входной патрубок (2) для дымовых газов и выходной патрубок (9) для дымовых газов, секция (3) промывки и снижения температуры, секция (4) первичной абсорбции, секция (5) вторичной абсорбции, секция (6) первичного влагоудаления, секция (7) вторичного влагоудаления и секция (8) третичного влагоудаления, расположенные последовательно в направлении движения потока дымовых газов между входным патрубком (2) и выходным патрубком (9). Дымовые газы, образовавшиеся при сжигании угля, содержащие SO_2 , с температурой 120-180°C подвергаются денитрации и удалению пылевидных частиц и затем поступают из входного патрубка (2) для дымовых газов в секцию (3) промывки и снижения температуры, в которой в дымовые газы распыляют раствор сульфата аммония, имеющий плотность 1200-1250 г/л и величину pH 3-5, так, чтобы температура дымовых газов понизилась до 45°C-60°C. Дымовые газы затем поступают в секцию (4) первичной абсорбции и орошаются распыленной абсорбирующей жидкостью, имеющей плотность 1100-1250 г/л и величину pH 5,5-6,5, и после этого дымовые газы поступают в секцию (5) вторичной абсорбции, где орошаются распыленной абсорбирующей жидкостью с величиной pH 5,0-5,8 и плотностью 1030-1100 г/л, и затем последовательно в секцию (6) первичного влагоудаления, в секцию (7) вторичного влагоудаления, в секцию (8) третичного влагоудаления, и отводятся через выходной патрубок (9) для дымовых газов. Горячие дымовые газы подвергаются градиентному элюированию путем регулирования плотности, величины pH и тому подобных параметров абсорбирующей жидкости, затем производится удаление мелких капель с помощью специального каплеуловителя и других устройств, и сера, дымообразная пыль и другие компоненты, присутствующие в дымовых газах, могут быть эффективно удалены с обеспечением тем самым максимально низкого количества вредных выбросов. Однако в известном способе не конкретизированы составы

раствора и температуры абсорбции, и он всё ещё не может обеспечить контроль потерь аммиака и образования аэрозолей.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN 201611014433.8, описан способ уменьшения образования аэрозолей в процессе десульфуризации с использованием аммиака, включающий следующие отдельные стадии: 1) подача водного раствора аммиака в абсорбционную аммиачную колонну, инициирование первичной абсорбции и приведение в действие циркуляционного насоса для струйной промывки так, чтобы обеспечить десульфуризацию большей части оксида SO_2 , содержащегося в дымовых газах, 2) подача водного раствора аммиака в абсорбционную аммиачную колонну для промывки путем разбрызгивания раствора, в которой разбрызгиваемая жидкость, кроме того, реагирует с присутствующим в дымовых газах оксидом SO_2 и происходит удаление загрязнений, присутствующих в этих дымовых газах; 3) пропускание дымовых газов после проведения вторичной абсорбции через устройство для промывки водой и разбрызгивания так, чтобы промыть нежелательные примеси, такие как аэрозоли, увлекаемые потоком дымовых газов; и 4) конечная очистка дымовых газов, которые были подвергнуты мокрой промывке (промывке водой), с целью удаления нежелательных включений, таких как пены на поверхности жидкости и остаточные аэрозоли, увлекаемые потоком дымовых газов во время промывки и распыления жидкости, и выпуск очищенного отходящего газа, соответствующего принятому стандарту по выбросам. На стадии 1 величину pH абсорбирующего раствора строго контролируют на уровне 5,5-6,5, а плотность - на уровне 1,15-1,25 г/мл. На стадии 2 величину pH абсорбирующего раствора строго контролируют на уровне 5,0-6,0, а плотность - на уровне 1,0-1,20 г/мл. Однако известный способ не устанавливает определенные составы растворов и температуры абсорбции, и не может обеспечить контроль потерь аммиака и образования аэрозолей. Кроме того, дымовые газы, подвергнутые простой промывке водой и осушке, не могут соответствовать или не могут вполне соответствовать требованиям стандартов, устанавливающих максимально низкие выбросы вредных веществ, или более высоким требованиям, существующим в Китае.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN 201611207184.4, описан способ экономии воды и контроля образования аэрозолей в процессе десульфуризации с использованием аммиака, в котором котельные дымовые газы поступают в колонну десульфуризации, при этом в дымовые газы, содержащие SO_2 , которые направляются в колонну десульфуризации, распыливают (разбрызгивают) жидкость, содержащую раствор сульфата аммония/сульфита аммония с концентрацией 5%-35%, после чего газы проходят через слой наполнителя, контактируя с охлаждающей водой, находящейся поверх слоя

наполнителя, и затем контактируют с водяным орошением и слоем разбрызганной жидкости, при этом охлаждающая вода, находящаяся в нижней части слоя наполнителя, стекает в накопительный поддон для жидкости с промывочной водой и направляется обратно в колонну с охлаждающей водой, затем поступает в резервуар с промывочной водой, из которой промывочная вода нагнетается в слой распыления посредством водяного насоса с обеспечением рециркуляции; такая система создает преимущества, которые заключаются, в частности, в упрощении технологического процесса, хорошем эффекте охлаждения и низких эксплуатационных затратах. Разбрызгиваемая охлаждающая вода абсорбирует вещества, такие как частицы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, SO_2 , и NH_3 , присутствующие в котельных дымовых газах, а насыщенный водяной пар, содержащийся в котельных дымовых газах, конденсируется, при этом частицы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ служат ядрами формирования водяных капель, так что частицы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, присутствующие в котельных дымовых газах, улавливаются, и тем самым подавляется образование аэрозолей, и концентрация твердых частиц в дымовых газах, выпускаемых в процессе десульфуризации с использованием аммиака, снижается до величины менее 30 мг/м^3 . Рассматриваемый известный способ не устанавливает конкретные составы раствора, величины pH и температуры абсорбции, и всё ещё не способен полностью контролировать потери аммиака и образование аэрозолей из этого источника. Кроме того, потребление энергии при низкотемпературной промывке является высоким, и концентрация частиц в очищенных дымовых газах составляет менее 30 мг/м^3 , что не соответствует самым новым стандартам по выбросам вредных веществ.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN 201310340885.5, описаны способ контроля выброса аэрозолей в процессе десульфуризации аммиака и специально предназначенная для этого абсорбционная колонна, в которой дымовые газы, орошенные распыленной водой и охлажденные до 100°C - 120°C , направляются в зону десульфуризации абсорбционной колонны. Дымовые газы движутся в зоне десульфуризации снизу вверх и контактируют в противотоке с жидкостью для десульфуризации, инжектируемой сверху вниз для абсорбции оксида SO_2 , присутствующего в дымовых газах. В зоне десульфуризации размещены заполнители или ситчатые тарелки; после десульфуризации дымовые газы поступают в зону промывки с размещенным в ней заполнителем, в которую инжектируют промывную воду для удаления крупных аэрозольных частиц, образовавшихся в процессе десульфуризации с использованием аммиака. Дымовые газы после десульфуризации и удаления крупных аэрозолей поступают в зону фазового перехода пар-вода, в среднюю часть которой инжектируется водяной пар так, чтобы установить условия с перенасыщенным водяным

паром, необходимые для фазового перехода пар-вода так, что не удаленные мелкие частицы аэрозоля конденсируются, увеличиваются в размере и удаляются с помощью сетчатого каплеуловителя, установленного на выходе дымовых газов из зоны фазового перехода пар-вода. Очищенные дымовые газы из выпускного патрубка, установленного на верху абсорбционной колонны десульфуризации, отводятся через дымовую трубу. Приведенная скорость газового потока для дымовых газов составляет 2,0-3,0 м/с, а рабочее отношение жидкость-газ составляет от 2 до 8 л/Нм³. Жидкость, используемая для десульфуризации, имеет величину рН 5,2-6,0 и температуру 45°C-55°C; агентом десульфуризации в жидкости для десульфуризации является сульфат аммония или сульфит аммония с концентрацией от 10 мас.% до перенасыщенного состояния, соотношение разбрызгиваемой жидкости (промывочной воды) и газа в зоне промывки с заполнителем составляет 0,6-3,0 л/Нм³; температура дымовых газов после промывки с прохождением через слой наполнителя уменьшается до 50°C-55°C, и в одном воплощении в выходном патрубке абсорбционной колонны минимальная массовая концентрация РМ₁₀ составляет 45мг/м³, а минимальная концентрация SO₂ составляет 135 мг/м³. Рассматриваемый известный способ всё ещё не способен полностью контролировать потери аммиака и образование аэрозолей. Кроме того, концентрация твердых частиц и SO₂ в очищенных дымовых газах не соответствует самым новым стандартам по выбросам вредных веществ, и потребление энергии для фазового перехода в паровую фазу остается высоким.

В патенте на изобретение Китая, выданном по заявке CN201610966033.0, описаны способ и установка для удаления аэрозолей в процессе десульфуризации с использованием аммиака. Установка содержит колонну (1) десульфуризации, при этом во внутреннем объеме колонны (1) десульфуризации последовательно снизу вверх расположены реакционная зона (2) абсорбции, зона (3) окисления и промывки водой и зона (4) промывки водой и очистки. В зоне (3) окисления и промывки водой обеспечиваются слой (22) распыления и окисление с водяной промывкой, при этом концентрация сульфата аммония, растворенного в циркулирующей жидкости при окислении с промывкой водой, контролируется на уровне $\leq 3\%$; температура водяной промывки и очистки составляет $\leq 50^\circ\text{C}$; в качестве сильного окислителя используется перекись водорода или гипохлорит. Известный способ не устанавливает конкретные составы раствора, величины рН и температуры абсорбции, и всё ещё не способен полностью контролировать потери аммиака и образование аэрозолей. Кроме того, для водяной промывки с окислением необходимы большие капиталовложения, эксплуатационные расходы являются высокими, и существует определенная опасность

возникновения угрозы производственной безопасности.

Краткое описание чертежей

Задачи и преимущества изобретения будут очевидными из нижеследующего подробного описания изобретения, во взаимосвязи с сопровождающими чертежами, на которых все одинаковые элементы обозначены одинаковыми ссылочными номерами позиции.

Фиг. 1 - схематическое представление установки и способов в соответствии с основными принципами изобретения.

Фиг. 2 - схематическое изображение, соответствующее Примеру 1.

Фиг. 3 - схематическое изображение, соответствующее Примеру 2.

Ссылочные номера позиций

- 1 - абсорбционная колонна
- 2 – окислительная ёмкость
- 3 – циркуляционный резервуар промывки с целью улавливания мелких частиц
- 4 – зона предварительной промывки
- 5 – зона абсорбции
- 6 – зона контроля мелких частиц
- 7 – циркулирующая абсорбирующая жидкость
- 8 - выпускной патрубок для очищенных дымовых газов
- 9 – входной патрубок
- 10 - слой распыления для предварительной промывки
- 11 - слой распыления для абсорбции
- 12 - слой а распыления для улавливания мелких частиц
- 13 - слой b распыления для улавливания мелких частиц
- 14 – каплеуловитель
- 15 – циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц
- 16 – циркуляционная ёмкость для абсорбции
- 17 – газожидкостный сепаратор а
- 18 – газожидкостный сепаратор b
- 19 – интенсификатор диспергирования газа в жидкости
- 21 – аммиак
- 22 – воздух окисления
- 23 – техническая вода
- 24 – система последующей обработки сульфата аммония

Подробное описание изобретения

Определения

Термин «потери аммиака» означает аммиак или одно или большее количество химических соединений, содержащих амин/аммиак, которые уносятся вместе с отработавшими газами в газовом потоке. Эти соединения являются производными аммиака или соединениями, содержащими амин/аммиак, добавленными в поток газа.

«Пылевидные частицы» означает материал в виде достаточно мелких частиц для их переноса газообразными потоками, при транспортировке, обработке или контактировании. Термин «пылевидные частицы» включает, без ограничения, аэрозоли, в том числе аэрозоль в виде твердых частиц и аэрозоль в виде жидких частиц, сажу, угольную пыль, несгоревший уголь, мелкие частицы минералов, песок, гравий, соли и любые их комбинации.

«Отработавшие газы» означает поток газа, отводимый после проведения промышленного или химического производственного процесса. Этот термин включает, без ограничения, дымовые газы, остаточный (хвостовой) газ, выхлопные газы из печей, камер сгорания, котельных установок и/или газогенераторов. Термин может также включать продукты сгорания, полученные в результате сжигания горючих материалов и воздуха, остаточных материалов химических производств, которые могут содержать воду, азот и загрязняющие вещества, такие как твердые частицы, сажа, монооксид углерода, оксиды азота и оксиды серы. Отработавшие газы одного процесса могут быть исходными газами для другого технологического процесса.

«Степень окисления» означает величину процента, рассчитанную в мольных процентах, для определенного вещества, которое было превращено в установленное более окисленное соединение вещества. Например, в случае смеси, содержащей соединения, несущие аммиак, и оксиды серы, если в такой смеси содержится X мол. % сульфата аммония, Y мол. % сульфита аммония, и Z мол. % некоторых других соединений, включающих аммиак, серу и/или кислород с потенциалом окисления, большим, чем сульфат аммония, учитывая, что сульфат аммония является установленным наиболее окисленным соединением, степенью окисления смеси может быть X мол. %.

«Степень использования аммиака» означает определенную часть или процент аммиака, добавленного в процесс очистки газа, которая последовательно вовлекается в и используется в технологическом процессе.

«Охват распылением» характеризует степень расширения струи, вытекающей из форсунки или группы форсунок. Чем больше расширение струи, тем больше охват распылением.

В том случае, если приведенные выше определения терминов или изложенное в другом месте этого описания не соответствует (прямо или косвенно) общепринятому толкованию, приведенному в справочнике, или изложенному в источнике, включенном в настоящее описание посредством ссылки, термины, используемые, в частности, в описании и пунктах формулы, следует толковать в соответствии с приведенным выше определением или раскрытием в настоящем описании, а не в соответствии с общепринятым определением, приведенном в словарях, или определением, которое было дано посредством ссылки. Если же термин, используемый в формуле изобретения, можно понять, лишь используя его толкование, приведенное в справочнике, то в этом случае проверку правильности понимания термина будет обеспечивать определение, приведенное, в частности, в энциклопедии Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology (энциклопедия химической технологии), 5th Edition, 2005, (John Wiley & Sons, Inc.), если только оно в этом источнике приведено.

Следует понимать, что все приведенные здесь интервалы и параметры охватывают любой и все включенные в них подинтервалы, и каждую численную величину между граничными точками. Например, указанный интервал «от 1 до 10» следует рассматривать как включающий любой и все подинтервалы между минимальной величиной 1 и максимальной величиной 10 (включая, в том числе, и эти величины). Другими словами, включены все подинтервалы, начиная с минимальной величины 1 и более (например, от 1 до 6,1) и заканчивая максимальной величиной 10 или менее (например, от 2,3 до 9,4, от 3 до 8, от 4 до 7) и, наконец, каждое число 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10, входящее в этот интервал. Все приведенные ниже проценты, отношения и пропорции являются массовыми, если специально не оговорено иное. Если прямо не оговорено иное, то термин «молекулярный вес» означает средневесовой молекулярный вес (M_w).

Изобретением обеспечиваются установка и способы контроля образования аэрозолей при десульфуризации с использованием аммиака. Установка может содержать, и способы могут включать систему очистки и удаления газа. Система очистки и удаления газа может быть выполнена с возможностью применения к дымовым газам градиента концентрации соли аммония. Установка может содержать, и способы могут включать систему окисления. Установка может содержать, и способы могут включать дополнительную систему.

Система окисления может содержать ёмкость, выполненную с возможностью принудительного окисления поступающего раствора аммиака с получением ряда произведенных продуктов с различной степенью окисления раствора аммиака. Окислительная ёмкость может обеспечить подачу полученных продуктов в систему

очистки и удаления газа с созданием упомянутого градиента концентрации.

Дополнительная система может включать в себя систему последующей обработки сульфата аммония. Дополнительная система может включать систему подачи аммиака. Дополнительная система может включать систему технической воды.

Установка может содержать колонну. В колонне может быть размещена система очистки и удаления газа. В колонне может быть образована зона предварительной промывки. В колонне может быть образована зона абсорбции. В колонне может быть образована зона контроля концентрации мелких частиц.

Установка может содержать устройство, размещенное между зоной абсорбции и зоной предварительной промывки. Это устройство может обеспечить прохождение только газа. В установке может быть образовано множество слоев распыления. Зона предварительной промывки может содержать один слой распыления из указанного множества слоев распыления. Зона абсорбции может содержать один слой распыления из указанного множества слоев. Зона контроля концентрации мелких частиц может содержать один слой распыления из указанного множества слоев. Колонна может быть выполнена с возможностью регулирования разделения составов растворов, подводимых к слоям распыления. Регулирование разделения может включать обеспечение подачи различных составов к различным слоям распыления. Указанные различные составы могут быть выбраны или могут регулироваться для выбора величины градиента концентрации или регулирования градиента.

Система окисления может использовать слои распыления. Система окисления может быть выполнена с возможностью регулирования взаимодействия между (a) жидкостью, разбрызгиваемой в различных слоях распыления, и (b) дымовыми газами в соответствующих различных слоях распыления для естественного окисления жидкости с получением различных продуктов с различной степенью окисления раствора аммиака для создания градиента.

Система окисления может быть выполнена с возможностью регулирования рабочей температуры одной или большего числа из зоны предварительной промывки, зоны абсорбции и зоны контроля концентрации мелких частиц для регулирования упомянутого градиента.

Система окисления может быть такой системой окисления, которая не содержит ёмкости принудительного окисления.

Система окисления может быть выполнена с возможностью подачи жидкости предварительной промывки в зону абсорбции.

В каждой зоне может быть обеспечен единственный слой распыления. В каждой

зоне может быть обеспечено множество слоев распыления.

Установка может содержать устройство, размещенное между зоной абсорбции и зоной контроля концентрации мелких частиц. Это устройство может обеспечить пропускание только газа.

Установка может содержать устройство, размещенное в зоне абсорбции. Это устройство может пропускать только газ.

Установка может содержать устройство, размещенное в зоне контроля концентрации мелких частиц. Это устройство может пропускать только газ.

Установка может содержать множество слоев каплеуловителей. Слой каплеуловителя из указанного множества слоев может быть размещен в зоне контроля концентрации мелких частиц. Слой каплеуловителя из указанного множества слоев может быть размещен в каждом слое распыления зоны предварительной промывки и зоны абсорбции.

Каплеуловитель в составе множества слоев каплеуловителей может содержать отражательную пластину.

Каплеуловитель в составе множества слоев каплеуловителей может содержать гофрированный лист.

Каплеуловитель в составе множества слоев каплеуловителей может содержать наполнитель.

Каплеуловитель в составе множества слоев каплеуловителей может содержать металлическую сетку.

Каплеуловитель в составе множества слоев каплеуловителей может содержать комбинацию из одного или более из отражательной пластины, гофрированного листа, наполнителя и металлической сетки.

В каждом слое распыления в зоне абсорбции отношение жидкость-газ может составлять не менее $0,2 \text{ л/Нм}^3$. В каждом слое орошения в зоне абсорбции охват распылением может составлять не менее 110%.

В каждом слое распыления в зоне контроля концентрации мелких частиц отношение жидкость-газ может составлять не менее $0,1 \text{ л/Нм}^3$. В каждом слое распыления в зоне контроля концентрации мелких частиц охват распылением может составлять не менее 105%.

В каждом слое распыления в зоне абсорбции отношение жидкость-газ может иметь величину не менее $0,2 \text{ л/Нм}^3$, а охват распылением - не менее 110%; и в каждом слое распыления в зоне контроля концентрации мелких частиц отношение жидкость-газ может иметь величину не менее $0,1 \text{ л/Нм}^3$ и охват распылением - не менее 105%.

Система окисления может содержать ряд секций. Каждая секция может соответствовать аммониевой соли различного состава. Система окисления может быть выполнена с возможностью обеспечения определенных составов циркулирующей жидкости промывки для улавливания мелких частиц и циркулирующей абсорбирующей жидкости из множества составов для создания градиента концентрации аммониевой соли.

Секция может быть образована слоем системы окисления.

Секция может быть образована компонентом системы окисления.

Секция может занимать различное расположение в системе окисления.

Секция может содержать 0, 1, 2, 3, 4, 5 или большее количество слоев со средствами интенсификации диспергирования газа в жидкости.

Система окисления может содержать ступень с жидкостью. Высота уровня жидкости в ступени может составлять более 3 м. Система окисления может быть выполнена с возможностью обеспечения не менее 20% избытка воздуха окисления.

Колонна может быть выполнена с возможностью охлаждения и промывки дымовых газов, используя циркулирующую промывную жидкость в зоне предварительной промывки, и одновременного увеличения концентрации циркулирующей промывной жидкости. Колонна может быть выполнена с возможностью прохождения дымовых газов через зону абсорбции, в которой осуществляются промывка и десульфуризация с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости. Колонна может быть выполнена с возможностью прохождения дымовых газов через зону контроля концентрации мелких частиц, в которой мелкие частицы улавливаются с помощью циркулирующей промывной жидкости. Колонна может быть сконфигурирована с обеспечением выпуска дымовых газов. Колонна может быть выполнена с возможностью пополнения циркулирующей промывной жидкости в зоне предварительной промывки за счет циркулирующей промывной жидкости для улавливания (удаления) мелких частиц. Колонна может быть выполнена с возможностью отмывки загрязнений на стенке колонны. Колонна может быть выполнена с возможностью пополнения циркулирующей абсорбирующей жидкости. Колонна может быть выполнена с возможностью окисления циркулирующей абсорбирующей жидкости в системе окисления. Колонна может быть выполнена с возможностью отвода циркулирующих жидкостей, имеющих различные составы, из системы окисления в различных участках для последующего распределения по различным зонам.

Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может быть преобладающей составляющей жидкостей, используемых для пополнения циркулирующей промывной жидкости.

Колонна может быть выполнена с возможностью отмывки загрязнения посредством распыления циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц. Упомянутыми загрязнениями могут быть химические загрязнения. Загрязнениями могут быть физические загрязнения. Загрязнения могут образоваться во внутреннем объеме колонны. Загрязнения могут образоваться на конструктивных элементах внутри колонны.

Колонна может быть выполнена с возможностью отмывки загрязнения посредством распыления технической воды.

Колонна может быть выполнена с возможностью пополнения циркулирующей абсорбирующей жидкости за счет жидкости из зоны контроля концентрации мелких частиц.

Колонна может быть выполнена с возможностью пополнения циркулирующей абсорбирующей жидкости за счет технической воды. Колонна может быть выполнена с возможностью пополнения технической воды за счет жидкости из зоны контроля концентрации мелких частиц.

Колонна может быть выполнена так, чтобы приведенная скорость потока дымовых газов находилась в интервале 1-5 м/с.

Колонна может быть выполнена с возможностью обеспечения в зоне предварительной промывки температуры в интервале от 40°C до 80°C.

Колонна может быть выполнена с возможностью приема дымовых газов с концентрацией SO₂ до 30000 мг/Нм³.

Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска очищенных дымовых газов, которые соответствуют всем требованиям по выбросам стандарта GB13223-2011, т.е. нормативам выбросов загрязнителей воздуха для тепловых электростанций Министерства охраны окружающей среды Китайской народной республики, 2011 г., который полностью включен в настоящее описание посредством ссылки. Например, упомянутый стандарт GB13223-2011 требует, чтобы основные принятые в КНР показатели, а именно, выбросы пыли, диоксида серы и оксидов азота из котельных установок, сжигающих уголь, не превышали 20, 50 и 100 мг/Нм³ (содержание кислорода 6%, по расчету на сухое топливо), соответственно. Согласно «Environment and Development» No. 164 (Полная реализация рабочего плана по сверхнизким выбросам вредных веществ и экономии энергоресурсов электростанций, работающих на твердом топливе, Министерство охраны окружающей среды, Комиссия по развитию и реформам, Комитет по энергии Китайской народной республики, реализовано 11 декабря 2015 г., (полностью включено в настоящее описание посредством ссылки на этот источник)),

Китай, 2020, на электростанциях, работающих на твердом топливе, следует обеспечивать сверхнизкие уровни вредных выбросов (а именно, в условиях содержания кислорода 6% концентрации пылевидных частиц, диоксида серы и оксидов азота в выбросах, не должны превышать 10, 35 и 50 мг/Нм³ соответственно). Кроме того, в патентном документе РСТ/US2002/039095 описан способ удаления SO₂/NO/NO₂ из потока газа, включающий десульфуризацию с использованием аммиака и электростатический способ каплеулавливания; осуществление известного способа предусматривает:

А. окисление всего потока газа или его части до NO₂; затем

В. промывку некоторой части или всех составляющих SO₂, NO и NO₂, содержащихся в газовом потоке, промывной жидкостью, содержащей аммиак и имеющей величину pH в интервале от 6 до 8;

С. использование устройства для извлечения аэрозолей и удаления некоторой части или всех аэрозолей аммиака, образовавшихся на стадии промывки; и

Д. удаление сульфата аммония из промывной жидкости для его использования в качестве минерального удобрения; в результате стоимость конструкции используемой колонны может быть уменьшена на 10-20%, эксплуатационные расходы снижаются на 5-10%, и снижается на 15-30% отношение цена-производительность.

Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов с концентрацией SO₂ не более 200 мг/Нм³. Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов с концентрацией SO₂ не более 100 мг/Нм³. Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов с концентрацией SO₂ не более 35 мг/Нм³. Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов с концентрацией SO₂ не более 5 мг/Нм³.

Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов, в которых общая концентрация пылевидных частиц, включая аэрозоли, составляет не более 20 мг/Нм³. Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов, в которых общая концентрация пылевидных частиц, включая аэрозоли, составляет не более 10 мг/Нм³. Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов с общей концентрацией пылевидных частиц, включая аэрозоли, составляющей не более 5 мг/Нм³. Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов с общей концентрацией пылевидных частиц, включая аэрозоли, составляющей не более 2 мг/Нм³.

Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов, имеющих концентрацию аммиака не более 5 мг/Нм³. Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов с концентрацией аммиака не более 2 мг/Нм³.

Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов,

имеющих концентрацию аммиака не более 1 мг/Нм^3 .

Колонна может быть выполнена с возможностью выпуска дымовых газов, имеющих концентрацию аммиака не более $0,5 \text{ мг/Нм}^3$.

Установка может содержать сушильное устройство. Сушильное устройство может быть выполнено с возможностью приема абсорбирующей жидкости. Сушильное устройство может обеспечить возможность получения продукта в твердой фазе, который включает ион из циркулирующей жидкости. Ион может представлять собой хлорид. Ион может представлять собой фторид.

Сушильное устройство может быть выполнено с возможностью снижения концентрации хлорид-ионов в циркулирующей жидкости до величины менее 50000 мг/л . Сушильное устройство может быть выполнено с возможностью снижения концентрации фторид-ионов в циркулирующей жидкости до величины менее 20000 мг/л . Сушильное устройство может быть выполнено с возможностью снижения концентрации фторид-ионов в циркулирующей жидкости до величины $300\text{-}3000 \text{ мг/л}$. Сушильное устройство может быть выполнено с возможностью снижения концентрации хлорид-ионов в циркулирующей жидкости до величины $10000\text{-}31000 \text{ мг/л}$.

Колонна может быть выполнена с возможностью распыления, в слое распыления зоны абсорбции, циркулирующей абсорбирующей жидкости, имеющей отношение массовых концентраций сульфата аммония и сульфита аммония в интервале от $1,5\text{-}199$ до 1 .

Колонна может быть выполнена с возможностью распыления, в слое распыления зоны контроля концентрации мелких частиц, циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц, имеющей отношение массовых концентраций сульфата аммония и сульфита аммония в интервале от $3\text{-}1,999$ до 1 .

Способы могут включать применение к дымовым газам градиента концентрации солей аммония. Способы могут включать применение к дымовым газам градиента условий проведения реакции.

Применение градиента концентрации соли аммония может включать применение первой концентрации соли аммония на первой ступени. Применение градиента концентрации соли аммония может включать применение второй концентрации соли аммония на второй ступени. Первая ступень может быть расположена выше по ходу движения потока дымовых газов относительно второй ступени.

Соль может представлять собой сульфит аммония. Соль может представлять собой бисульфит аммония. Соль может представлять собой сульфат аммония.

Первая концентрация может быть больше, чем вторая концентрация.

Применение первой концентрации соли аммония на первой ступени может включать распыление в дымовые газы циркулирующей абсорбирующей жидкости в процессе абсорбции диоксида серы.

Применение второй концентрации соли аммония на второй ступени может включать распыление в дымовые газы циркулирующей абсорбирующей жидкости в процессе абсорбции диоксида серы.

Применение первой концентрации соли аммония на первой ступени может включать распыление в дымовые газы циркулирующей промывной жидкости для мелких частиц в процессе промывки мелких частиц.

Применение второй концентрации соли аммония на второй ступни может включать распыление в дымовые газы циркулирующей промывной жидкости для мелких частиц в процессе промывки мелких частиц.

Применение градиента условий проведения реакции может включать обеспечение на первой ступени первой температуры. Применение градиента условий проведения реакции может включать обеспечение на второй ступени второй температуры. Первая ступень может быть осуществлена выше по ходу движения потока дымовых газов относительно второй ступени.

Первая температура может быть выше второй температуры.

Обеспечение первой температуры на первой ступени может включать установление первой температуры в процессе абсорбции диоксида серы. Обеспечение второй температуры на второй ступени может включать установление второй температуры в процессе промывки для улавливания мелких частиц.

Применение градиента условий проведения реакции может включать обеспечение первой величины pH на первой ступени. Применение градиента условий проведения реакции может включать обеспечение второй величины pH на второй ступени. Первая ступень может находиться выше по ходу движения потока дымовых газов относительно второй ступени.

Первая величина pH может быть выше второй величины pH.

Обеспечение первой величины pH на первой ступени может включать распыление в дымовые газы циркулирующей абсорбирующей жидкости в процессе абсорбции диоксида серы.

Обеспечение второй величины pH на второй ступени включать распыление в дымовые газы циркулирующей абсорбирующей жидкости в процессе абсорбции диоксида серы.

Обеспечение первой величины pH на первой ступени может включать распыление

в дымовые газы циркулирующей промывной воды для улавливания мелких частиц в процессе промывки с улавливанием мелких частиц.

Обеспечение второй величины рН на второй ступени может включать распыление в дымовые газы циркулирующей промывной воды для улавливания мелких частиц в процессе промывки с улавливанием мелких частиц.

Способ может включать охлаждение и очистку дымовых газов. После охлаждения и очистки способ может включать абсорбцию диоксида серы. Способ может включать после абсорбции промывку дымовых газов с использованием циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц. Применение градиента концентрации аммониевой соли может быть осуществлено после охлаждения и очистки. Абсорбция и промывка могут включать распыление сульфита аммония. Абсорбция и промывка могут включать распыление сульфата аммония.

Абсорбция может включать распыление в дымовые газы циркулирующей абсорбирующей жидкости. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц имеет величину рН, которая меньше рН циркулирующей абсорбирующей жидкости для очистки дымовых газов. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может иметь концентрацию сульфита аммония, меньшую, чем концентрация сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости.

Условием проведения реакции может быть градиент температуры. Градиент температуры может быть установлен в соответствии с температурой абсорбции и температурой промывки. Применение градиента условий проведения реакции может включать регулирование температуры абсорбции и температуры промывки для снижения потребления энергии. Применение градиента условий проведения реакции может включать сохранение эффективности абсорбции. Применение градиента условий проведения реакции может включать сохранение предельной величины потерь аэрозоля.

Температура абсорбции может находиться в интервале от 30°C до 70°C.

Температура абсорбции может находиться в интервале от 35°C до 60°C.

Температура абсорбции может находиться в интервале от 45°C до 55°C.

Температура промывки может находиться в интервале от 28°C до 68°C.

Температура промывки может находиться в интервале от 30°C до 55°C.

Температура промывки может находиться в интервале от 40°C до 50°C.

Абсорбция может включать распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на находящейся ниже ступени. Абсорбция может включать распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на находящейся выше ступени, которая расположена ниже по ходу движения потока, относительно находящейся ниже ступени.

Циркулирующая абсорбирующая жидкость на одной или обеих из находящейся выше и находящейся ниже ступеней может содержать 0,15%-4,95% сульфита аммония. Циркулирующая абсорбирующая жидкость на одной или обеих упомянутых ступеней может содержать 5%-38% сульфата аммония. Циркулирующая абсорбирующая жидкость на одной или обеих из указанных ступеней может иметь величину pH в интервале от 4 до 6,6. Концентрация сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной выше ступени может быть ниже концентрации сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной ниже ступени.

Величина pH циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной выше ступени может быть меньшей величины pH циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной ниже ступени.

Абсорбция может включать распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной ниже ступени. Абсорбция может включать распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной выше ступени, которая находится ниже по ходу движения потока относительно нижней ступени. Циркулирующая абсорбирующая жидкость на одной или обеих из находящейся выше и находящейся ниже ступеней может содержать 0,15%-4,95% сульфита аммония. Циркулирующая абсорбирующая жидкость на одной или обеих из упомянутых ступеней может содержать 5%-38% сульфата аммония. Циркулирующая абсорбирующая жидкость на одной или обеих из расположенной выше и расположенной ниже ступеней может иметь величину pH в интервале от 4 до 6,6. Концентрация сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной выше ступени может быть ниже концентрации сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной ниже ступени.

Абсорбция может включать распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на одной единственной ступени.

Абсорбция может включать распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости только на двух ступенях.

На ступени промывки циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может содержать 0,003%-1% сульфита аммония. На ступени промывки циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может содержать 0,3%-38% сульфата аммония. На ступени промывки циркулирующая промывная жидкость может иметь величину pH в интервале от 3 до 5,4.

Промывка может включать распыление циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц на двух ступенях. На одной ступени из указанных ступеней

циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может содержать 0,1%-1% сульфита аммония. На одной ступени из указанных ступеней циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может содержать 5%-38% сульфата аммония.

Установка и способы в соответствии с изобретением обеспечивают контроль потерь аммиака и образования аэрозолей в их источнике, при этом в указанных установке и способах диоксид серы, присутствующий в дымовых газах, удаляется с помощью абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, и десульфуризация с использованием аммиака осуществляется путем превращения аммиака в сульфит аммония при добавлении аммиака в циркулирующую абсорбирующую жидкость. Кроме того, за счет использования ступенчатого регулирования состава раствора и регулирования условий проведения реакции может быть достигнуто регулирование абсорбции, окисления и концентрирования с синергическим эффектом. Это может упростить технологический процесс, с уменьшением капиталовложений, и создание технических средств, соответствующих настоящему изобретению.

Описанные ниже и иллюстрируемые основные принципы (идеи) изобретения могут быть использованы отдельно или в комбинации, или в комбинации с другими раскрытыми в настоящем описании принципами:

1. Процесс очистки газа может включать циркуляцию в процессе абсорбции, циркуляцию в процессе промывки для улавливания мелких частиц, и циркулирующая жидкость в процессе очистки газа может представлять собой циркулирующую абсорбирующую жидкость и циркулирующую промывную жидкость для улавливания мелких частиц. Циркулирующая абсорбирующая жидкость может быть использована, главным образом, для десульфуризации и контроля образования аэрозолей во время десульфуризации. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может, кроме того, повышать эффективность десульфуризации, учитывая фактор контроля концентрации мелких частиц.

2. Условия проведения реакции могут быть регулируемыми, при этом величина pH абсорбирующей циркулирующей жидкости может быть уменьшена до величины не более 6,6, а температура абсорбции может быть регулируемой в пределах 30°C-70°C, в результате чего снижаются потери аммиака и образование аэрозолей, общее содержание пылевидной фракции на выходе после каплеулавливания в зоне абсорбции составляет не более 100 мг/Нм³. Это может уменьшить потребление энергии, уменьшить или предотвратить выпуск отработавшей воды, и обеспечить продолжительный период стабильной работы установки.

3. Содержание сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости может быть регулируемым. Это позволяет контролировать образование аэрозолей в процессе абсорбции, создавать благоприятные условия для окисления и уменьшить потребление энергии и затраты, связанные с окислением.

4. Нагревание дымовых газов может быть использовано для концентрирования раствора сульфата аммония. Содержание сульфата аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости может быть повышено до величины не менее 5%, обычно, например, до величины, не менее чем в пределах от 15% до 35%. Это может поддерживать эффективность абсорбции и контроль образования аэрозолей, и в то же время способствует процессу повышения концентрации. В способе, рассчитанном на очистку исходных дымовых газов с концентрацией SO_2 более 10000 мг/Нм^3 , осуществление кристаллизации необходимо осуществлять лишь путем насыщения раствора. Для дымовых газов с более высокой концентрацией SO_2 часть раствора может быть направлена для обработки в устройство для кристаллизации испарением, в результате чего в системе последующей обработки сульфата аммония снижаются капиталовложения и потребление энергии.

5. Система окисления, которая может использовать различные слои, различные устройства или и то и другое, реализована в соответствии с желаемым регулированием составов растворов. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц и циркулирующая абсорбирующая жидкость могут быть отобраны из окислительной ёмкости системы окисления в различных точках, каждая из которых соответствует различному слою или различному устройству в колонне.

Контроль образования аэрозолей в процессе абсорбции может способствовать эффективности описанных выше процессов. Средства контроля могут включать строгий контроль отдельного состава растворов. Циркулирующая абсорбирующая жидкость может быть подведена к одной ступени или к ряду ступеней. На одной или большем количестве ступеней могут быть использованы сульфит аммония и сульфат аммония, и циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может быть подведена на одной или большем числе ступеней. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может иметь величину pH меньше величины pH циркулирующей абсорбирующей жидкости, и содержание сульфита аммония, которое меньше содержания сульфата аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости. Температуру абсорбции можно регулировать в пределах подходящего интервала для снижения потребления энергии, обеспечивая в то же время эффективность абсорбции и контроль потерь аммиака и образования аэрозолей. Общее содержание пылевидных

частиц на выходе после каплеулавливания в зоне абсорбции может составлять не более 100 мг/Нм³.

Отдельный состав растворов можно регулировать за счет принудительного окисления посредством использования окислительной ёмкости и/или естественного окисления и/или обеспечения ввода жидкости предварительной промывки в зону абсорбции и/или регулирования рабочей температуры.

Температура абсорбции может быть понижена с помощью традиционных способов, таких, как охлаждение технической водой и смешивание с холодным потоком воздуха, и может быть повышена с помощью традиционных способов, таких как смешивание с горячим потоком воздуха.

Способ контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака может включать извлечение диоксида серы, присутствующего в дымовых газах, с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, так, чтобы контролировать образование аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Аэрозоль может включать твердые кристаллические зерна, полученные посредством кристаллизации при испарении капель циркулирующей абсорбирующей жидкости в горячих дымовых газах, и твердые частицы, образованные при реагировании газообразного аммиака (NH_3), выделившегося в результате испарения водного раствора аммиака в циркулирующей абсорбирующей жидкости, с оксидом серы SO_2 , присутствующим в дымовых газах, которые состоят, главным образом из $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$, NH_4HSO_3 , NH_4HSO_4 и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Чем больше величина pH циркулирующей абсорбирующей жидкости и/или чем выше рабочая температура, тем более вредной является аэрозоль.

Аэрозоль имеет определенную взаимосвязь с общим содержанием пылевидным частиц на выходе, и чем выше концентрация аэрозолей, тем выше общее содержание пылевидных частиц на выходе. Технологические установки, в которых отсутствует возможность контроля или не контролируется образование аэрозолей в достаточной степени, могут не соответствовать требованиям норм, устанавливающих сверхнизкие выбросы вредных веществ, например, требованиям GB13223-2011. Очищенные дымовые газы, выбрасываемые в атмосферу, могут принимать очертания в виде так называемого «белого дракона», который в виде тумана может растянуться на несколько километров или даже на десятки километров, создавая опасное загрязнение окружающей среды.

Эффективная десульфуризация и удаление пылевидных частиц могут быть достигнуты путем ступенчатого регулирования состава раствора и условий проведения

реакции, и одновременно могут контролироваться потери аммиака и образование аэрозолей.

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

Дымовые газы, после предварительного снижения температуры и очистки, могут быть последовательно приведены в контакт с циркулирующей абсорбирующей жидкостью и циркулирующей промывной жидкостью для улавливания мелких частиц так, чтобы обеспечить регулирование абсорбции, окисления и концентрации с синергическим эффектом. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может быть обеспечена на одной ступени или на ряде ступеней, по мере необходимости, при этом одна или большее число ступеней могут использовать сульфит аммония и сульфат аммония. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может быть обеспечена на одной ступени или в ряде ступеней. На одной или большем числе ступеней используются сульфит аммония и сульфат аммония.

Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может иметь величину рН, которая меньше величины рН циркулирующей абсорбирующей жидкости, и концентрацию сульфита аммония меньше концентрации сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости.

Температура абсорбции и температура промывки могут быть регулируемыми параметрами в пределах подходящего интервала для уменьшения потребления энергии, при одновременном сохранении эффективности абсорбции, и контроля потерь аммиака и образования аэрозолей.

Для циркулирующей абсорбирующей жидкости может быть предусмотрено любое подходящее количество ступеней, например, 1-2 ступени или одна ступень. В случае использования некоторого количества ступеней, в одной или большем числе ступеней состав циркулирующей абсорбирующей жидкости может содержать 0,15%-4,95% сульфита аммония, и 5%-38% сульфата аммония, при этом величина рН составляет от 4 до 6,6, и концентрация сульфита аммония в расположенной выше ступени циркулирующей абсорбирующей жидкости может быть меньше концентрации сульфита аммония в расположенной ниже ступени циркулирующей абсорбирующей жидкости. Величина рН циркулирующей абсорбирующей жидкости в расположенной выше ступени может быть меньше величины рН циркулирующей абсорбирующей жидкости в расположенной ниже ступени.

Одна или большее число ступеней для циркулирующей промывной жидкости для

улавливания мелких частиц может содержать состав, включающий 0,003%-1% сульфита аммония и 0,3%-38% сульфата аммония с величиной pH, составляющей от 3 до 5,4.

Для циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц может быть предусмотрено любое подходящее количество ступеней, например, две ступени. Одна из ступеней может быть обеспечена циркулирующей жидкостью с высоким содержанием сульфата аммония, в которой концентрация сульфита аммония находится в интервале от 0,1% до 1%, и концентрация сульфата аммония составляет от 5% до 38%. На другой ступени может циркулировать разбавленный раствор, в котором содержание сульфита аммония составляет не более 0,1%. Может быть использована одна ступень разбавленного раствора. Может быть использована одна ступень технической воды.

Температура абсорбции может быть любой подходящей температурой, например, от 30°C до 70°C, от 35°C до 60°C или от 45°C до 55°C.

Температура промывки может быть любой подходящей температурой, например, от 28°C до 68°C, от 30°C до 55°C или от 40°C до 50°C.

Дополнительная система может включать систему последующей обработки сульфата аммония, систему снабжения аммиаком и систему технической воды.

Устройство и способы могут использовать отдельный контроль, и содержат зону предварительной промывки, зону абсорбции и зону контроля концентрации мелких частиц, при этом каждая из указанных зоны предварительной промывки, зоны абсорбции и зоны контроля концентрации мелких частиц обеспечена одним или большим количеством слоев распыления, и между зоной абсорбции и зоной предварительной промывки размещен газо-жидкостный сепаратор, который пропускает только газ и позволяет отводить жидкость сбоку или из нижней части, такой как сборник жидкости, разделительная перегородка с колпачком для прохода газа, газораспределительная плита и тарелка для приема жидкости.

Газо-жидкостный сепаратор, который допускает прохождение через него только газа и позволяет отводить жидкости сбоку или из нижней части, может быть размещен между зоной абсорбции и зоной контроля мелких частиц, в пределах зоны абсорбции и в пределах зоны контроля концентрации мелких частиц, и более конкретно:

если расход исходных дымовых газов составляет более 800000 Нм³/час, газо-жидкостный сепаратор, который допускает прохождение через него только газа и обеспечивает отвод жидкости сбоку или из нижней части, может быть размещен в пределах зоны абсорбции и в пределах зоны контроля концентрации мелких частиц;

если расход исходных дымовых газов составляет более 6000 Нм³/час, газо-жидкостный сепаратор, который допускает прохождение через него только газа и

обеспечивает отвод жидкости сбоку или из нижней части, может быть размещен в пределах зоны абсорбции;

если расход исходных дымовых газов составляет более $100 \text{ Нм}^3/\text{час}$, газожидкостный сепаратор, который допускает прохождение через него только газа и позволяет отводить жидкость сбоку или из нижней части, может быть размещен в пределах зоны контроля концентрации мелких частиц.

В зоне контроля концентрации мелких частиц может быть размещен один слой или большее количество слоев каплеуловителей, и в каждом слое зоны предварительной промывки и зоны абсорбции может быть размещен один слой или большее число слоев каплеуловителей. Конструкции каплеуловителей могут использовать структуры с отражательными пластинами, гофрированными листами, наполнителями, структуры из металлической сетки или комбинации этих конструктивных форм исполнения.

Отношение жидкость-газ и охват распылением в каждом слое зоны абсорбции могут быть регулируемы так, чтобы диоксид серы, твердые частицы и свободный аммиак были абсорбированы полностью или почти полностью. В частности, в каждом слое зоны абсорбции отношение жидкость-газ может составлять, например, не менее $0,2 \text{ л/Нм}^3$, а охват распылением - не менее 110%; и в каждом слое зоны контроля концентрации мелких частиц отношение жидкость-газ может составлять не менее $0,1 \text{ л/Нм}^3$, а охват распылением - не менее 105%.

В системе окисления могут быть размещены слои или использовано устройство в соответствии с требованиями регулирования состава растворов. Циркулирующая промывная жидкость для мелких частиц и циркулирующая абсорбирующая жидкость могут отводиться из различных точек окислительной ёмкости системы окисления или из окислительной ёмкости другого устройства.

В некоторых воплощениях циркулирующая абсорбирующая жидкость и циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц при высоких концентрациях сульфата аммония и сульфита аммония могут отводиться из окислительной ёмкости системы окисления в различных местах. Циркулирующая абсорбирующая жидкость может занимать в колонне 1-3 уровня. Для циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц при высокой концентрации сульфата аммония и сульфита аммония могут быть использованы 1-2 ступени. При низкой концентрации циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может поступать отдельно из циркуляционной ёмкости для промывки с улавливанием мелких частиц и может охватывать 1-3 уровня.

В некоторых воплощениях циркулирующая абсорбирующая жидкость может быть

подведена из циркуляционной ёмкости для абсорбирующей жидкости, и может использовать 1-4 уровня. При высокой концентрации сульфата аммония и сульфита аммония циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может быть отведена из окислительной ёмкости системы окисления на 1-2 ступени. При низкой концентрации сульфата аммония циркуляция промывной жидкости для улавливания мелких частиц может быть обеспечена отдельно из циркуляционной ёмкости для промывки с улавливанием мелких частиц. Отдельная циркуляция может быть исключена, если, например, концентрация диоксида серы исходных дымовых газов составляет менее 2000 мг/Нм³ (6% O₂, в расчете на сухую массу), и концентрация выбросов диоксида серы в очищенном газе превышает 100 мг/Нм³ (6% O₂, на сухую массу). Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может быть распылена на 1-3 уровнях.

В некоторых воплощениях на последнем (самом нижнем по ходу движения потока) уровне циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц может быть использована техническая вода.

В окислительной ёмкости системы окисления может быть размещено 1-5 слоев интенсификаторов диспергирования газа в жидкости. Интенсификатор диспергирования газа в жидкости может быть выполнен с использованием одного или более из структурированной насадки (наполнителя), неупорядоченной насадки, перфорированных пластин, газораспределительных колпачков, аэрирующих головок и тому подобного, или может быть использована любая комбинация упомянутых воплощений интенсификаторов.

В окислительной ёмкости уровень жидкости может составлять более 3 м, и в окислительную ёмкость может поступать воздух окисления с избытком не менее 20%.

Способы могут включать следующий типичный пример рабочего процесса:

дымовые газы поступают из зоны предварительной промывки, в которой они охлаждаются и промываются циркулирующей промывной жидкостью, при этом в циркуляционной промывной жидкости происходит повышение концентрации, и затем дымовые газы проходят через зону абсорбции, где дымовые газы промываются с десульфуризацией с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости; затем дымовые газы проходят через зону абсорбции, в которой дымовые газы промываются и подвергаются десульфуризации с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости, проходят через зону контроля концентрации мелких частиц, где мелкие частицы удаляются с помощью циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц соответственно, и затем отводятся из установки;

циркулирующая промывная жидкость в зоне предварительной промывки

пополняется за счет циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц, и упомянутая циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц и/или техническая вода используется для отмывки загрязнений на стенке колонны, а абсорбирующая циркулирующая жидкость пополняется за счет циркулирующей промывной жидкости в зоне контроля концентрации мелких частиц и/или технической воды; и

циркулирующая абсорбирующая жидкость окисляется в системе окисления, и растворы с различными составами отводятся из различных точек окислительной ёмкости системы окисления или из окислительной ёмкости другого устройства, соответственно, для циркуляции.

Техническая вода может быть пополнена из одной или обеих из зоны контроля концентрации мелких частиц и циркуляционной ёмкости для промывки с улавливанием мелких частиц, или техническая вода может быть пополнена за счет воды, используемой для отмывки.

Состав раствора можно регулировать посредством принудительного окисления с использованием окислительной ёмкости и/или естественного окисления и/или обеспечивая поступление жидкости предварительной промывки в зону абсорбции и/или регулируя рабочую температуру. В обычных условиях температура дымовых газов составляет 110°C-180°C, содержание кислорода в дымовых газах 3%-7% и содержание воды 7-10%; в это же время для регулирования состава раствора в пределах желаемого диапазона необходимо контролировать принудительное окисление части циркулирующей жидкости; однако в том случае, если температура дымовых газов составляет более 200°C и/или содержание кислорода в дымовых газах превышает 8%, естественное окисление циркулирующей абсорбирующей жидкости дымовыми газами может соответствовать установленным требованиям, при этом отсутствует необходимость регулирования принудительного окисления в процессе циркуляции жидкости и абсорбции.

В случае высокой скорости газа в абсорбционной колонне, обуславливающей значительный унос жидкости потоком газа, или при недостаточном уплотнении тарелок между одной зоной и другой зоной циркулирующая жидкость предварительной промывки и циркулирующая абсорбирующая жидкость смешиваются друг с другом с получением состава идеального раствора.

Воплощения могут включать ступенчатое регулирование составов растворов и ступенчатый контроль условий проведения реакций для того, чтобы обеспечить эффективность десульфуризации и удаления пылевидных частиц, в то же время контролируются эффективная десульфуризация, потери аммиака и образование аэрозолей

в процессе абсорбции. Вещество для десульфуризации может представлять собой сульфит аммония. Абсорбирующей циркулирующей жидкостью может быть слабокислый раствор смеси сульфита аммония и сульфата аммония, а циркулирующей промывной жидкостью для улавливания мелких частиц может быть более кислый раствор смеси сульфита аммония и сульфата аммония с более низкими концентрациями. Это может способствовать регулированию абсорбции, окисления и концентрирования с синергическим эффектом.

Диоксид серы, присутствующий в дымовых газах, может быть извлечен с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, и циркулирующая абсорбирующая жидкость после абсорбции SO_2 может быть превращена в сульфит аммония путем добавления аммиака и последующей десульфуризацией с использованием аммиака.

Абсорбционная колонна может содержать входной патрубок для дымовых газов и различные зоны, расположенные, исходя из параметров дымовых газов на одной или большем количестве следующих ступеней: входная ступень, ступень после регулирования предварительной промывки (если такая ступень используется), ступень после абсорбции, ступень после контроля концентрации мелких частиц, после выпуска. Расположение зон также может зависеть от того, имеется или не имеется в колонне зона регулирования предварительной промывки, от количества слоев распыления в зонах, степени окисления абсорбирующей жидкости в системе окисления и степени насыщения для последующей обработки. Входной патрубок для дымовых газов может быть расположен на уровне, соответствующем 10%-40% высоты колонны, высота зоны предварительной промывки может составлять 10%-40% высоты колонны, высота зоны абсорбции может составлять 10%-35% высоты колонны, и высота зоны контроля концентрации мелких частиц может составлять 15%-70% высоты колонны.

Отношение диаметра абсорбционной колонны к диаметру окислительной ёмкости может находиться в пределах от 0,5 до 3, а высота окислительной ёмкости может составлять от 0,3 диаметра до 6 диаметров абсорбционной колонны.

Приведенная скорость газа в абсорбционной колонне может находиться в пределах от 1 м/с до 5 м/с. Рабочая температура зоны предварительной промывки может составлять 40°C-80°C.

Температура абсорбции может быть регулируемой в соответствии с параметрами дымовых газов, и для котельных дымовых газов обычно регулируется в интервале 40°C-60°C. Для отходящих газов, из которых извлекают серу, и дымовых газов, полученных при сжигании отходов, температура абсорбции обычно регулируется в интервале 50°C-

70°C. Что касается сухого способа, используемого для удаления тумана серной кислоты из отходящих газов, температура абсорбции в этом случае обычно регулируется в интервале 30°C-45°C.

Если система находится в условиях, в которых концентрация SO₂ в исходных дымовых газах составляет не более 30000 мг/Нм³, очищенные дымовые газы могут удовлетворять наиболее жестким требованиям норм выбросов или требованиям к технологическим процессам, предъявляемым во всем мире, и установка может быть отрегулирована и спроектирована в соответствии с конкретными требованиями проекта для уменьшения капиталовложений и эксплуатационных расходов, и улучшения соотношения эффективность-цена.

Очищенные дымовые газы характеризуются концентрацией SO₂ не более 200 мг/Нм³, например, не более 100 мг/Нм³ или 35 мг/Нм³, или 5 мг/Нм³.

Очищенные дымовые газы имеют общее содержание пылевидных частиц (включая аэрозоль) не более 20 мг/Нм³, например, не более 10 мг/Нм³ или 5 мг/Нм³, или 2 мг/Нм³.

Очищенные дымовые газы характеризуются потерями аммиака не более 5 мг/Нм³, например, не более 2 мг/Нм³ или 1 мг/Нм³, или 0,5 мг/Нм³.

В случае низких требований к показателю токсичности капиталовложения и эксплуатационные расходы могут быть уменьшены путем снижения количества уровней циркуляции жидкости при абсорбции и при промывке с улавливанием мелких частиц и/или количества слоев распыления, и/или кратности циркуляции, и/или увеличения содержания сульфита аммония и величины pH абсорбирующей жидкости.

Если требования к показателю токсичности являются жесткими, допускаемые нормы выбросов могут быть достигнуты или технологические требования последующих технологических процессов могут быть удовлетворены путем увеличения числа уровней циркуляции при абсорбции и промывке с улавливанием мелких частиц и/или количества слоев распыления, и/или кратности циркуляции, и/или точного регулирования содержания сульфита аммония и величин pH абсорбирующей жидкости.

Соотношение массовой концентрации сульфата аммония и сульфита аммония в одной или большем количестве ступеней абсорбирующей циркулирующей жидкости может составлять 1,5-199 : 1, например, 9-99 : 1.

Соотношение массовой концентрации сульфата аммония и сульфита аммония в одной или большем количестве ступеней циркулирующей промывной жидкости для мелких частиц может составлять 3-1999 : 1, например, 9-999 : 1.

В случае необходимости контроля содержания вредных токсичных ионов, таких как хлорид-ионы и фторид-ионы в циркулирующем растворе, часть циркулирующей

промывной жидкости для мелких частиц может быть предварительно приготовлена непосредственно в качестве сульфата аммония. Содержание хлорид-ионов в циркулирующем растворе может составлять менее 50000 мг/л, например, 10000-31000 мг/л, а концентрация фторид-ионов может составлять менее 20000 мг/л, например, 300-3000 мг/л.

Определенные иллюстративные воплощения:

1. Способ регулирования образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака, в котором присутствующий в дымовых газах диоксид серы извлекают с помощью абсорбирующей циркулирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, так чтобы контролировать образование аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

2. Способ согласно воплощению 1, в котором эффективные десульфуризация и удаление пылевидных частиц достигаются путем ступенчатого регулирования составов растворов и регулирования условий проведения реакций, и в то же время осуществляется контроль эффективной десульфуризации и извлечения пылевидных частиц, потерь аммиака и образования аэрозолей.

3. Способ согласно воплощению 2, в котором ступенчатое регулирование составов растворов включает регулирование градиента концентрации сульфита аммония, бисульфита аммония, сульфата аммония или комбинации указанных веществ.

4. Способ согласно воплощению 2, в котором дымовые газы, после предварительного снижения температуры и очистки, приводятся последовательно в контакт с циркулирующей абсорбирующей жидкостью и циркулирующей промывной жидкостью для улавливания мелких частиц так, чтобы обеспечить регулирование абсорбции, окисления и концентрирования с синергическим эффектом, при этом циркуляция абсорбирующей жидкости обеспечивается посредством одной ступени или некоторого количества ступеней, в соответствии с необходимостью, причем на одной или большем количестве ступеней используются сульфит аммония и сульфат аммония; циркуляция промывной жидкости для улавливания мелких частиц обеспечивается посредством одной ступени или некоторого количества ступеней, в соответствии с необходимостью, причем на одной или большем количестве ступеней используются сульфит аммония и сульфат аммония.

5. Способ согласно воплощению 4, в котором циркулирующая промывная жидкость для мелких частиц имеет величину pH, которая меньшей величины pH абсорбирующей циркулирующей жидкости, а содержание сульфита аммония меньше содержания сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости.

6. Способ согласно воплощению 2, в котором температуру абсорбции и температуру промывки регулируют в пределах подходящего интервала для уменьшения потребления энергии, обеспечивая в то же время эффективность абсорбции и контроль потерь аммиака и образования аэрозолей.

7. Способ согласно воплощению 4, в котором выбирают некоторое количество уровней для циркулирующей абсорбирующей жидкости, при этом на одной или более чем одной ступени состава используются 0,15%-4,95% сульфит аммония и 5%-38% сульфат аммония, величина pH составляет 4-6,6, содержание сульфита аммония на находящемся выше уровне циркулирующей абсорбирующей жидкости меньше содержания сульфита аммония на находящемся ниже уровне циркулирующей абсорбирующей жидкости, и/или величина pH на находящемся выше уровне циркулирующей абсорбирующей жидкости меньше величины pH на более низком уровне циркулирующей абсорбирующей жидкости.

8. Способ согласно воплощению 4, в котором циркулирующая абсорбирующая жидкость циркулирует на одной или двух ступенях, например, на одной ступени.

9. Способ согласно воплощению 4, в котором одна или большее число ступеней состава циркулирующей промывной жидкостью для улавливания мелких частиц включает 0,003%-1% сульфита аммония и 0,3%-38% сульфата аммония, с величиной pH в пределах 3-5,4.

10. Способ согласно воплощению 9, в котором циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц используется на двух ступенях, и одна из этих ступеней содержит сульфат аммония с высокой концентрацией, при этом концентрация сульфита аммония составляет 0,1%-1%, а концентрация сульфата аммония 5%-38%.

11. Способ согласно воплощению 6, в котором температура абсорбции находится в интервале от 30°C до 70°C, например, от 35°C до 60°C, или от 45°C до 55°C.

12. Способ согласно воплощению 6, в котором температура промывки находится в интервале от 28°C до 68°C, например, от 30°C до 55°C, или от 40°C до 50°C.

13. Установка для контроля образования аэрозолей в процессе десульфуризации с использованием аммиака, предназначенная для осуществления способа по любому из воплощений 1-12, которая содержит систему очистки и удаления газа, систему окисления и дополнительную систему.

14. Установка согласно воплощению 13, в которой в состав дополнительной системы входит система последующей обработки сульфата аммония, система подачи аммиака и система технической воды.

15. Установка согласно воплощению 13, в которой в абсорбционной колонне системы очистки и извлечения газа используется отдельное регулирование, при этом

колонна содержит зону предварительной очистки, зону абсорбции и зону контроля концентрации мелких частиц, и в каждой из зоны предварительной очистки, зоны абсорбции и зоны контроля концентрации мелких частиц расположен один или большее количество слоев распыления, а между зоной абсорбции и зоной предварительной промывки размещено устройство/компонент, допускающее прохождение через него только газа.

16. Установка согласно воплощению 15, содержащая устройство/компонент, который допускает прохождение через него только газа и размещен, при необходимости, между зоной абсорбции и зоной контроля концентрации мелких частиц.

17. Установка согласно воплощению 15, содержащая устройство/компонент, который допускает прохождение через него только газа и размещен, при необходимости, в пределах зоны абсорбции.

18. Устройство согласно воплощению 15, содержащее устройство/компонент, который допускает прохождение через него только газа, размещенный, при необходимости, в пределах зоны контроля концентрации мелких частиц.

19. Устройство согласно воплощению 15, в котором в зоне контроля концентрации мелких частиц размещен один или большее количество слоев с каплеуловителем, и в каждом слое распыления зоны предварительной очистки и зоны абсорбции размещен один или большее количество слоев каплеуловителей; при этом каплеуловители выполнены с использованием структуры с отражательными экранами, гофрированными листами, наполнителями, металлической сеткой или использованы комбинации указанных структур.

20. Установка согласно воплощению 15, в которой в зоне абсорбции отношение жидкость-газ на один слой распыления составляет не менее $0,2 \text{ л/Нм}^3$, а охват распылением составляет не менее 110%; в каждом слое зоны контроля концентрации мелких частиц отношение жидкость-газ составляет не менее $0,1 \text{ л/Нм}^3$, а охват распылением составляет не менее 105%.

21. Установка согласно воплощению 13, в котором система окисления снабжена слоями или устройством в соответствии с требованиями регулирования состава раствора, и циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц и циркулирующая абсорбирующая жидкость отбираются из различных точек окислительной ёмкости или из другого устройства.

22. Установка согласно воплощению 13, в которой в окислительной ёмкости системы окисления размещено 1 -5 слоев интенсификаторов диспергирования газа в жидкости.

23. Установка согласно воплощению 22, в которой интенсификатор диспергирования газа в жидкости может быть выполнен с использованием одного из структурированных заполнителей, неупорядоченных заполнителей, перфорированных плит, колпачков для прохода газа и аэрирующих головок или комбинации указанных средств.

24. Установка согласно воплощению 21, в которой высота уровня жидкости в окислительной ёмкости системы окисления составляет более 3 м, и в ёмкость поступает воздух окисления с избытком не более 20%.

25. Установка по любому из воплощений 13-24, в которой:

дымовые газы выходят из зоны предварительной промывки, охлаждаются и промываются с помощью циркулирующей промывной жидкости в зоне предварительной промывки, при этом циркулирующая промывная жидкость становится более концентрированной, и затем дымовые газы проходят через зону абсорбции, где производится промывка и десульфуризация дымовых газов с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости; далее дымовые газы проходят через зону контроля концентрации мелких частиц, в которой мелкие частицы удаляются с помощью циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц, и затем дымовые газы удаляются; циркулирующая промывная жидкость в зоне предварительной промывки пополняется, главным образом, за счет циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц; указанная циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц и/или техническая вода используется для отмывки загрязнений на стенке колонны, а абсорбирующая циркулирующая жидкость пополняется за счет циркулирующей промывной жидкости в зоне контроля концентрации мелких частиц и/или технической воды; и абсорбирующая циркулирующая жидкость окисляется в системе окисления, а растворы с различными составами отводятся из различных точек окислительной ёмкости системы окисления или из другого устройства, соответственно, для циркуляции.

26. Установка согласно воплощению 25, в которой техническая вода пополняется из зоны контроля концентрации мелких частиц.

27. Установка согласно воплощению 25, в которой предварительное снижение температуры и очистка осуществляются посредством снижения температуры и удаления пылевидных частиц с помощью циркулирующей промывной жидкости.

28. Установка согласно воплощению 15, в которой входной патрубок для дымовых газов расположен на уровне, соответствующем 10%-40% высоты колонны, высота зоны предварительной промывки составляет 10%-40% высоты колонны, высота зоны

абсорбции соответствует 10%-35% высоты колонны, и высота зоны контроля мелких частиц соответствует 15%-70% высоты колонны.

29. Установка в соответствии с воплощением 21, в которой отношение диаметра абсорбционной колонны к диаметру окислительной ёмкости составляет 0,5-3, а отношение высоты окислительной ёмкости к диаметру абсорбционной колонны составляет от 0,3 до 6.

30. Установка согласно воплощению 25, в которой приведенная скорость газового потока в абсорбционной колонне находится в интервале 1м/с до 5 м/с и/или рабочая температура в зоне предварительной очистки составляет от 40°C до 80°C.

31. Установка согласно воплощению 25, в которой концентрация SO_2 в исходных дымовых газах $\leq 30000 \text{ мг/Нм}^3$.

32. Установка согласно воплощению 31, в которой очищенные дымовые газы могут соответствовать наиболее жестким требованиям стандартов по вредным выбросам или технологическим требованиям, действующим во всем мире, и установка оптимизируется и проектируется в соответствии с конкретными проектными требованиями так, чтобы обеспечить уменьшение капиталовложений и эксплуатационных затрат и улучшение соотношения цена-производительность.

33. Установка согласно воплощению 31, в которой очищенные дымовые газы имеют концентрацию $\text{SO}_2 \leq 200 \text{ мг/Нм}^3$, например, $\leq 100 \text{ мг/Нм}^3$, $\leq 35 \text{ мг/Нм}^3$ или $\leq 5 \text{ мг/Нм}^3$.

34. Установка согласно воплощению 32, в которой очищенные дымовые газы имеют общую концентрацию пылевидных частиц (включая аэрозоли) $\leq 20 \text{ мг/Нм}^3$, например, $\leq 10 \text{ мг/Нм}^3$, $\leq 5 \text{ мг/Нм}^3$ или $\leq 2 \text{ мг/Нм}^3$.

35. Установка согласно воплощению 32, в которой потери аммиака, связанные с его присутствием в очищенных дымовых газах, составляют $\leq 5 \text{ мг/Нм}^3$, например, $\leq 2 \text{ мг/Нм}^3$, $\leq 1 \text{ мг/Нм}^3$ или $\leq 0,5 \text{ мг/Нм}^3$.

36. Установка согласно воплощению 25, в которой в случае необходимости контроля вредных (токсичных) ионов, таких как хлорид-ионы и фторид-ионы в циркулирующем растворе, часть абсорбирующей жидкости непосредственно превращают в твердый продукт с использованием для этого сушильного устройства.

37. Установка согласно воплощению 36, в которой содержание хлорид-ионов в циркулирующем растворе составляет менее 50000 мг/л, например, 10000-31000 мг/л, а концентрация фторид-ионов составляет менее 20000 мг/л, например, 300-3000 мг/л.

38. Установка согласно воплощению 21, в которой состав раствора регулируют посредством принудительного окисления с использованием окислительной ёмкости и/или

естественного окисления и/или направляют жидкость предварительной промывки в зону абсорбции и/или осуществляют регулирование рабочей температуры

39. Установка согласно воплощению 25, в которой соотношение массовых концентраций сульфата аммония и сульфита аммония в одной или большем количестве ступеней циркулирующей абсорбирующей жидкости составляет 1,5-199 : 1.

40. Установка согласно воплощению 20, в которой соотношение массовых концентраций сульфата аммония и сульфита аммония в одной или большем количестве ступеней циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц составляет 3-1999 : 1.

Описанные выше установка и способы являются иллюстративными. Установка и способы в соответствии с изобретением будут рассмотрены ниже более подробно в сочетании с фиг., которые образуют часть описания настоящего изобретения. Эти фиг. наглядно иллюстрируют характерные особенности (признаки) установки и стадий способов в соответствии с принципами изобретения. Следует понимать, что могут быть использованы другие воплощения, и конструктивные, функциональные изменения и изменения технологии могут быть произведены без выхода за пределы границ объема и сущности настоящего изобретения.

Стадии способов могут быть осуществлены в определенном порядке, который отличается от иллюстрируемого и/или описанного здесь порядка их осуществления. Воплощения могут не включать стадии, отображенные и/или описанные в отношении приведенных примеров способов. Воплощения могут включать стадии, которые не отображены и не описаны в отношении примеров способов. Стадии примеров способов могут быть скомбинированы. Например, один пример способа может включать стадии, раскрытые в отношении другого примера способа.

Отдельной установке могут быть не присущи характерные особенности, отображенные и/или описанные в отношении приведенных примеров воплощения установки. Воплощения могут включать характерные особенности, которые не отображены и не описаны в отношении примеров способов. Характерные особенности примеры устройства могут быть скомбинированы. Например, одно иллюстративное воплощение может содержать характерные особенности, раскрытые в отношении другого примера воплощения.

Установка и способы в соответствии с изобретением будут описаны в отношении воплощений и характерных особенностей примеров выполнения установки. Эти установки будут описаны ниже со ссылками на сопровождающие чертежи, которые образуют часть настоящего описания.

Как показано на фиг. 1, способ контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака осуществляется посредством извлечения диоксида серы, присутствующего в дымовых газах, с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония так, чтобы обеспечить контроль образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Эффективные десульфуризация и удаление пылевидных частиц могут быть достигнуты путем ступенчатого регулирования состава раствора и условий проведения реакции, и одновременно осуществляется контроль потерь аммиака и образования аэрозолей.

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

Дымовые газы могут поступать в зону предварительной промывки и после предварительных снижения температуры и очистки в зоне предварительной промывки, могут быть последовательно приведены в контакт с циркулирующей абсорбирующей жидкостью 7 и циркулирующей промывной жидкостью 15 для улавливания мелких частиц, для регулирования абсорбции, окисления и концентрации с достижением синергического эффекта. Циркуляция абсорбирующей жидкости может быть обеспечена посредством одной ступени, на которой упомянутая жидкость содержит 1% сульфита аммония, 22% сульфата аммония с величиной pH 6,1 и имеет температуру абсорбции 50°C. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц может быть обеспечена на трех уровнях, при этом на нижнем уровне используется смешанный раствор сульфата аммония и сульфита аммония высокой концентрации, содержащий 0,17% сульфита аммония и 22% сульфата аммония с величиной pH равной 4,5 и температурой промывки 49,3°C, на втором уровне используется смешанный раствор сульфата аммония и сульфита аммония высокой концентрации, содержащий 0,01% сульфита аммония и 1,5% сульфата аммония с величиной pH равной 4,3 и температурой промывки 48°C, а на третьем уровне циркулирует техническая вода.

Установка может быть выполнена с возможностью контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при проведении десульфуризации с использованием аммиака. В состав установки может входить система очистки и удаления газа, система окисления, и дополнительная система. Дополнительная система может включать систему последующей обработки сульфата аммония, систему снабжения аммиаком и систему технической воды.

Система очистки и удаления газа может содержать абсорбционную колонну 1, циркуляционную ёмкость 3 для промывки с улавливанием мелких частиц, циркуляционный насос для предварительной промывки, и циркуляционный насос для промывки с улавливанием мелких частиц. Абсорбционная колонна 1 может использовать раздельное регулирование и может быть разделена на зону 4 предварительной промывки, зону 5 абсорбции и зону 6 контроля концентрации мелких частиц, при этом упомянутые зона 4 предварительной промывки, зона 5 абсорбции и зона 6 контроля концентрации мелких частиц могут быть разделены на три, три и пять слоев распыления, соответственно. Кроме того, в колонне может быть размещен газожидкостный сепаратор a17, через который выше может проходить только газ и который позволяет жидкости вытекать из колонны сбоку или из нижней части, при этом указанный газожидкостный сепаратор может быть установлен между зоной 5 абсорбции и зоной 4 предварительной промывки. Зона контроля концентрации мелких частиц может быть разделена на три слоя распыления, при этом между вторым слоем распыления и третьим слоем распыления может быть установлен газожидкостный сепаратор b 18, через который дальше может проходить только газ, а жидкость может вытекать из колонны сбоку или из нижней части. Циркулирующая промывная жидкость 15 для мелких частиц в слоях 1-2 может быть смешана с абсорбирующей циркулирующей жидкостью 7, после чего полученная смесь поступает в окислительную ёмкость.

В зоне контроля концентрации мелких частиц может быть размещено семь слоев каплеуловителей, при этом три слоя находятся ниже газожидкостного сепаратора b, включая один слой с отражательными пластинами, два слоя из гофрированных листов, и четыре слоя расположены ниже выпускного патрубка 8 для дымовых газов и включают один слой с отражательными пластинами, два слоя из гофрированных листов и один слой структуры из металлической сетки.

В каждом слое зоны абсорбции отношение жидкость-газ может составлять 1,5 л/Нм³, а охват распылением может составлять 300%. В различных слоях зоны контроля концентрации мелких частиц отношение жидкость-газ может составлять 0,15 л/Нм³, 1,1 л/Нм, 1,3 л/Нм³, 0, 15 л/Нм³ и 1,5 л/Нм³ соответственно, а охват распылением может составлять 105%, 250%, 280%, 105% и 300%, соответственно.

Система окисления может содержать окислительную ёмкость 2, при этом указанное окислительное устройство 2 может быть снабжено слоями интенсификаторов в соответствии с требованиями регулирования состава раствора. Циркулирующая промывная жидкость 15 для улавливания мелких частиц и циркулирующая абсорбирующая жидкость 7 могут отводиться из окислительной ёмкости в различных

точках. В окислительной ёмкости может быть размещено пять слоев интенсификаторов диспергирования газа в жидкости. Указанные интенсификаторы диспергирования газа в жидкости используют перфорированную плиту.

Уровень жидкости в окислительной ёмкости может иметь высоту 8 м, и в ёмкость может поступать воздух окисления с избытком 200%.

Установка и способы позволяют осуществить следующий иллюстративный процесс:

дымовые газы поступают из зоны 4 предварительной промывки, охлаждаются и промываются циркулирующей промывной жидкостью в зоне 4 предварительной промывки, при этом концентрация циркулирующей промывной жидкости увеличивается, и затем дымовые газы проходят через зону 5 абсорбции, где осуществляется промывка и десульфуризация дымовых газов с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости 7, проходят через зону 6 контроля концентрации мелких частиц, в которой мелкие частицы удаляются из газов с помощью циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц, соответственно, и затем дымовые газы удаляются;

циркулирующая промывная жидкость в зоне 4 предварительной промывки пополняется, главным образом за счет циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц, указанная циркулирующая промывная жидкость 15 для улавливания мелких частиц и/или техническая вода 23 используется для отмывки загрязнений на стенке колонны и тому подобного, а циркулирующая абсорбирующая жидкость пополняется за счет циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц и/или технической воды 23;

и циркулирующая абсорбирующая жидкость 7 окисляется в окислительной ёмкости 2, и растворы с различными составами отводятся из окислительной ёмкости 2 в различных соответствующих точках для циркуляции.

Диоксид серы может быть извлечен из дымовых газов с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, и аммиак может быть превращен в сульфит аммония после его добавления в циркулирующую абсорбирующую жидкость для десульфуризации, и в то же время аммиак может быть добавлен в зону предварительной промывки, в необходимом количестве, для того чтобы показатели свободной кислоты в продукте, содержащем сульфат аммония, соответствовали требованиям GB535.

Техническая вода 23 может пополняться из зоны 6 контроля концентрации мелких частиц и циркуляционной ёмкости 3 для промывки с улавливанием мелких частиц. Входной патрубок для дымовых газов может быть расположен на уровне,

соответствующем 12% высоты абсорбционной колонны 1. Высота зоны 4 предварительной промывки может составлять 20% от высоты колонны. Высота зоны 5 абсорбции может составлять 15% от высоты колонны. Высота зоны 6 контроля мелких частиц может составлять 65% от высоты колонны.

Отношение диаметра абсорбционной колонны 1 к диаметру окислительной ёмкости 2 может быть равным 1,5, а высота окислительной ёмкости может в 1,4 раза превышать диаметр абсорбционной колонны 1.

Поверхностная скорость газового потока в абсорбционной колонне 1 может составлять 2,75 м/с, а рабочая температура зоны 4 предварительной очистки может быть равной 55°C.

Расход дымовых газов может составлять 186000 Нм³/час, концентрация SO₂ - 3000 мг/Нм³, общая концентрация пылевидных частиц - 19,6 мг/Нм³; в очищенных дымовых газах концентрация SO₂ может составлять 79,4 мг/Нм³, общая концентрация пылевидных частиц (включая аэрозоли) - 6,5 мг/Нм³, потери аммиака - 1,8 мг/Нм³.

Состав раствора можно регулировать, главным образом, посредством принудительного окисления в окислительной ёмкости 1 и регулирования рабочей температуры.

Соотношение массовых концентраций сульфата аммония и сульфита аммония в циркулирующей абсорбирующей жидкости 7 для улавливания мелких частиц может быть равным 22 : 1.

Соотношение массовых концентраций сульфата аммония и сульфита аммония на самом нижнем уровне циркуляции промывочной жидкости 15 для улавливания мелких частиц может быть равным 1298,4 : 1.

Примеры

Рассмотренные ниже примеры приведены в целях иллюстрации и не направлены на ограничение объема изобретения. Применение принципов изобретения не ограничивается параметрами, приведенными в примерах, и следует понимать, что эти принципы изобретения охватывают различные изменения и модификации рассмотренных примеров, и такие изменения и модификации могут быть произведены без выхода за пределы границ сущности и объема изобретения.

Пример 1

1. Способ контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Диоксид серы, присутствующий в дымовых газах, был извлечен с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, так что

осуществлялся контроль образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Эффективная десульфуризация и удаление пылевидных частиц были достигнуты путем ступенчатого регулирования составов растворов и условий проведения реакций, и одновременно контролировались потери аммиака и образование аэрозолей.

Ступенчатое регулирование состава раствора включало одно или более из регулирования градиентов концентрации сульфита аммиака, бисульфита аммиака, сульфата аммония.

Дымовые газы поступали из зоны предварительной промывки, и эти дымовые газы, после предварительного снижения температуры и очистки, были последовательно приведены в контакт с циркулирующей абсорбирующей жидкостью 7 и циркулирующей промывной жидкостью 15 для улавливания мелких частиц для того, чтобы обеспечить регулирование абсорбции, окисления и концентрации с синергетическим эффектом. Циркулирующая абсорбирующая жидкость подводилась в колонну на двух уровнях, при этом жидкость отводилась из различных точек окислительной ёмкости с помощью отдельных насосов. На первом уровне циркулирующая абсорбирующая жидкость содержала 1,5% сульфита аммония и 24% сульфата аммония с величиной pH равной 6,3 и температурой абсорбции 51°C, а на втором уровне была использована циркулирующая абсорбирующая жидкость, содержащая 0,9% сульфита аммония и 24% сульфата аммония с величиной pH равной 5,5 и температурой абсорбции 50,8°C. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц подводилась на трех уровнях, при этом на первом уровне использовался высококонцентрированный раствор смеси сульфата аммония и сульфита аммония, содержащей 0,15% сульфита аммония и 24% сульфата аммония, с величиной pH равной 4,5 и температурой промывки 50,5°C, на втором уровне использован слабый раствор смеси сульфата аммония и сульфита аммония, содержащего 0,02% сульфита аммония и 2% сульфата аммония с величиной pH равной 4,2 и температурой промывки 49,8°C, третий уровень обеспечивался технической водой.

2. Установка для контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Установка содержала, главным образом, систему очистки и удаления газа, систему окисления и дополнительную систему. Дополнительная система включает в себя систему последующей обработки сульфата аммония, систему снабжения аммиаком и систему технической воды.

Система очистки и удаления газа содержала абсорбционную колонну 1, циркуляционную ёмкость 3 для промывки с улавливанием мелких частиц,

циркуляционный насос для предварительной промывки и циркуляционный насос для промывки с улавливанием мелких частиц. В абсорбционной колонне 1 использовано раздельное регулирование, и колонна разделена, главным образом, на зону 4 предварительной промывки, зону 5 абсорбции и зону 6 контроля концентрации мелких частиц, при этом зона 4 предварительной промывки, зона 5 абсорбции и зона 6 контроля концентрации мелких частиц разделены на три, три и четыре слоя распыления, соответственно, и между зоной 5 абсорбции и зоной 4 предварительной промывки был размещен газожидкостный сепаратор а17, допускающий прохождение через него только газа. Указанный газожидкостный сепаратор 17, допускающий прохождение только газа, был размещен также между зоной 5 абсорбции и зоной 6 контроля мелких частиц. Зона 6 контроля мелких частиц разделена на три слоя распыления, при этом между первым слоем распыления и вторым слоем распыления размещен газожидкостный сепаратор b 18, допускающий прохождение через него только газа. Жидкость первого слоя распыления и циркулирующая абсорбирующая жидкость поступают в окислительную ёмкость, соответственно.

Зона контроля концентрации мелких частиц обеспечена пятью слоями каплеуловителей, из которых два слоя расположены ниже газожидкостного сепаратора b и включают один слой отражательных пластин и один слой гофрированных листов, три слоя расположены ниже выпускного патрубка 8 для очищенных дымовых газов и включают один слой гофрированных листов и два слоя структуры из металлической сетки.

В зоне абсорбции размещено два слоя каплеуловителей из гофрированных листов.

В каждом слое зоны абсорбции отношение жидкость-газ составляло $1,6 \text{ л/Нм}^3$, и охват распылением составлял 320%. В различных слоях зоны контроля мелких частиц сверху вниз отношения жидкость-газ составляли $0,2 \text{ л/Нм}^3$, $1,2 \text{ л/Нм}^3$, $1,3 \text{ л/Нм}^3$ и $1,6 \text{ л/Нм}^3$ соответственно, а охват распылением достигал 110%, 260%, 290% и 320%.

Система окисления содержала окислительную ёмкость 2, в которой размещено окислительное устройство 2 со слоями, образованными, исходя из требований регулирования состава раствора. Циркулирующая промывная жидкость 15 для улавливания мелких частиц и циркулирующая абсорбирующая жидкость 7 отводились из различных точек окислительной ёмкости 2. В окислительной ёмкости было размещено пять слоев интенсификаторов диспергирования газа в жидкости. В конструкции интенсификатора диспергирования газа в жидкости использованы перфорированная плита и аэрирующая головка.

Высота уровня жидкости в окислительной ёмкости была равной 9,3 м, и в ёмкость

поступал воздух окисления с избытком 250%.

3. Процессы и параметры способа контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Установка и способы позволяют осуществить описанный ниже иллюстративный процесс:

Дымовые газы предварительно охлаждены и промыты с помощью циркулирующей промывочной жидкости в зоне 4 предварительной промывки, при этом концентрация циркулирующей промывной жидкости увеличилась, и после этого дымовые газы были пропущены через зону абсорбции 5, где были осуществлены промывка и десульфуризация дымовых газов с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости 7, затем дымовые газы были пропущены через зону 6 контроля концентрации мелких частиц, в которой мелкие частицы были удалены с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости 15 для мелких частиц, и затем очищенные дымовые газы были отведены из установки.

Циркулирующая промывная жидкость в зоне 4 предварительной промывки пополнялась в основном за счет циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц. Циркулирующая промывная жидкость 15 для улавливания мелких частиц и/или техническая вода 23 была использована для отмывки загрязнения на стенке колонны и тому подобного, а циркулирующая абсорбирующая жидкость пополнялась за счет циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц и/или технической воды 23.

Циркулирующая абсорбирующая жидкость 7 была окислена в окислительной ёмкости 2, и растворы с различными составами отводились из окислительной ёмкости в различных точках для циркуляции в зону 5 абсорбции и зону 6 контроля концентрации мелких частиц для циркуляции, соответственно.

Техническая вода 23 пополнялась из зоны 6 контроля концентрации мелких частиц и циркуляционной ёмкости 3 для промывки с улавливанием мелких частиц.

Циркулирующая промывная жидкость 15 для улавливания мелких частиц (слабый раствор смеси сульфата аммония и сульфита аммония) второго уровня была смешана с циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц (высококонцентрированный раствор смеси сульфата аммония и сульфита аммония) первого уровня посредством трубопроводной линии, и затем распылена в слое распыления в зоне 6 контроля концентрации мелких частиц абсорбционной колонны 1.

В качестве абсорбента использовали раствор аммиака с концентрацией 20%, который был добавлен в зону 4 предварительной промывки и окислительную ёмкость 2.

Диоксид серы, присутствующий в дымовых газах, был извлечен с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония. Аммиак был превращен в сульфит аммония после добавления в окислительную ёмкость для десульфуризации с использованием аммиака, и одновременно аммиак был добавлен в зону предварительной промывки для того, чтобы показатели свободной кислоты в продукте, содержащем сульфат аммония, соответствовали требованиям GB535.

Воздух окисления был добавлен в окислительную ёмкость 2, и выходящий газ из окислительной ёмкости 2 был введен в зону 4 абсорбции абсорбционной колонны 1 для естественного окисления абсорбирующей жидкости.

Точка ввода дымовых газов находилась на уровне, соответствующем 11% высоты колонны 1, при этом высота зоны 4 предварительной промывки составляла 21% высоты колонны, высота зоны 5 абсорбции составляла 20% высоты колонны, и высота зоны 6 контроля концентрации мелких частиц составляла 59% высоты колонны.

Отношение диаметра абсорбционной колонны 1 к диаметру окислительной ёмкости 2 составляло 1,1, а высота окислительной ёмкости 2 в 1,2 раза превышала диаметр абсорбционной колонны 1.

Приведенная скорость газа в абсорбционной колонне была равной 2,68 м/с, а рабочая температура зоны 4 предварительной очистки 56°C.

Расчетная величина расхода дымовых газов составляла 510000 Нм³/ч, и согласно расчетам концентрация SO₂ составляла 5000 мг/Нм³, а общая расчетная концентрация пылевидных частиц не превышала 25 мг/Нм³.

Во время проведения опытов концентрация SO₂ в очищенных дымовых газах соответствовала 21 мг/Нм³, общая концентрация пылевидных частиц (включая аэрозоли) составляла 1,3 мг/Нм³, потери аммиака составили 0,8 мг/Нм³.

Составы растворов в различных зонах регулировали, главным образом, посредством принудительного окисления в окислительной ёмкости 2, естественного окисления в зоне 4 абсорбции, регулирования рабочей температуры и другими способами.

Таблица 1. Расчетные параметры установки

Номер п/п	Параметр процесса	Единица измерения (размерность)	Количественная величина
1	Расход дымовых газов	Нм ³ /час	510 000
2	Входная температура дымовых газов	°C	140-160
3	Концентрация SO ₂ в дымовых газах	мг/Нм ³	5 000
4	Концентрация пылевидных частиц на входе дымовых газов	мг/Нм ³	≤ 25
5	Концентрация SO ₂ на выходе дымовых газов	мг/Нм ³	≤ 35
6	Концентрация пылевидных частиц в выходящих дымовых газах	мг/Нм ³	≤ 5

7	Концентрация потерь аммиака в выходящих дымовых газах	мг/Нм ³	≤ 1
8	Степень использования аммиака	%	≥ 99,3

4. Эффект, полученный при осуществлении изобретения.

Были осуществлены десульфуризация дымовых газов с использованием аммиака и удаление пылевидных частиц в различных рабочих условиях с использованием установки и способа согласно Примеру 1. В таблице 2 указаны используемые методы испытаний и контрольно-измерительные приборы. В таблице 3 приведены рабочие параметры и результаты испытаний.

Таблица 2. Методы испытаний для определения каждого показателя и перечень основных средств измерения

Номер п/п	Контролируемая позиция	Стандартное наименование и регистрационный номер аналитического метода	Наименование и тип измерительного прибора	Номер измерительного прибора
1	Пылевидные частицы и газы	Методы определения содержания твердых частиц и отбора проб газообразных загрязнителей отходящих газов стационарного источника GB/T16157-1996	Отборник проб дымового газа и пыли Laoying 3012H Электронные весы BS224S, AB204-S	8042448, 08244496 18360886, и 1119051201
2	SO ₂	Определение содержания диоксида серы в отходящих газах стационарного источника Метод электролиза с контролируемым потенциалом HJ/T 57-2000	Анализатор дымовых газов Testo 350	10 [#] и 1 [#]
3	NO _x	Определение содержания оксидов азота в отходящих газах стационарного источника Метод электролиза с контролируемым потенциалом HJ/T 693-2014	Анализатор дымовых газов Testo 350	10 [#] и 1 [#]
4	Аммиак	Определение содержания аммиака в окружающем воздухе и отходящем газе Спектрофотометрия реактивом Несслера HJ 533-2009	Спектрофотометр Laoying 3072H модель 722	02085809 и 2c5BP363
5	Содержание кислорода в дымовых газах	Электрохимический метод - Технические требования и методика испытаний для систем непрерывного контроля вредных выбросов в дымовых газах, отводимых из стационарных источников (Приложение В) (HJ/T 76-2007)	Анализатор дымовых газов Testo 350	10 [#] и 1 [#]
6	Температура дымовых газов	Метод электросопротивления платины - Методы	TES-1310	

		определения содержания твердых частиц и отбора проб газообразных загрязнителей отходящих газов стационарного источника (GB/T 16157-1996)		
7	Относительная влажность дымовых газов	Технические требования и методика испытаний для систем непрерывного контроля вредных выбросов в дымовых газах, отводимых из стационарных источников (Приложение В) (HJ/T 76-2007)	Отборник проб дымового газа и пыли Laoying 3012H	8042448 и 08244496
8	Сульфат аммония	Сульфат аммония (GB 535-1995)	Аналитические весы, измеритель кислотности pH и другие традиционные лабораторные измерительные приборы	

Таблица 3. Рабочие параметры установки и результаты испытаний

Номер п/п	Наименование параметра		Единица измерения	Результат испытаний	Примечание
1	Объемный расход дымовых газов в абсорбционной колонне	Нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	×10 ⁴ м ³ /ч	45,67	-
		Нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	×10 ⁴ м ³ /ч	41,34	-
2	Гидравлическое сопротивление системы		Па	1021	-
3	Параметры исходных дымовых газов	Концентрация SO ₂ (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	4230	Средняя величина во время испытаний
		O ₂ (об./об.)	%	-	-
		Температура	°C	127,3	Средняя величина во время испытаний
		Влагосодержание (об./об.)	%	9,05	-
		Концентрация твердых частиц и паров (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	23,6	-
4	Параметры очищенных дымовых газов	Концентрация SO ₂ (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и	мг/Нм ³	21	Средняя величина во время испытаний

		6% O ₂)			
		O ₂ (об./об.)	%	-	-
		Температура	°C	49,8	Средняя величина во время испытаний
		Влагосодержание (об./об.)	%	14,23	-
		Концентрация твердых частиц и паров (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	1,3	Включая твердые частицы и растворимые твердые частицы
		Потери в виде свободного аммиака (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	0,8	-
5	Эффективность десульфуризации в абсорбционной колонне		%	99,5	
6	Эффективность удаления пылевидных частиц в абсорбционной колонне		%	94,5	-
7	Расход аммиака (исходя из 20% содержания аммиака)		т/ч	4,659	
8	Использование аммиака		%	99,45	-
9	Сопутствующие продукты для сульфата аммония	Содержание азота	%	21,1	
		Влажность	%	0,25	-
		Содержание свободной кислоты	%	0,03	-

Пример 2

1. Способ контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Диоксид серы, присутствующий в дымовых газах, был извлечен с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, при этом одновременно производился контроль образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Эффективные процессы десульфуризации дымовых газов и удаления пылевидных частиц были достигнуты путем ступенчатого регулирования составов растворов, условий проведения реакций, и одновременно контролировались потери аммиака и образование аэрозолей.

Ступенчатое регулирование составов растворов включало регулирование градиента концентрации одного или более из сульфита аммония, бисульфита аммония и сульфата аммония.

Дымовые газы после выхода из зоны предварительной промывки, в которой были осуществлены предварительные снижение температуры и очистка, последовательно

приведены в контакт с циркулирующей абсорбирующей жидкостью 7 и циркулирующей промывной жидкостью 15 для улавливания мелких частиц с тем, чтобы обеспечить регулирование процессов абсорбции, окисления и концентрирования с достижением синергического эффекта. Циркулирующая абсорбирующая жидкость поступала в колонну на двух уровнях, жидкость для которых отбиралась из циркуляционной ёмкости 16 для абсорбции в различных точках ёмкости и нагнеталась с помощью отдельных насосов. На первом уровне циркулирующая абсорбирующая жидкость содержала 2% сульфита аммония и 27% сульфата аммония при величине рН равной 6,4 и температуре абсорбции 49°C, а на втором уровне циркулирующая абсорбирующая жидкость содержала 1,1% сульфита аммония и 27,9% сульфата аммония при величине рН равной 5,7 и температуре абсорбции 48,7°C. Циркулирующая промывная жидкость для улавливания частиц поступала в колонну на четырех уровнях, при этом на первом уровне был использован высококонцентрированный раствор смеси сульфата аммония и сульфита аммония, содержащий 0,2% сульфита аммония и 28,8% сульфата аммония с величиной рН равной 4,9 и температурой промывки 48,5°C, на втором уровне использовали слабый раствор смеси сульфата аммония и сульфита аммония, содержащий 0,03% сульфита аммония и 3,7% сульфата аммония с величиной рН равной 4,3 и температурой промывки 48,2°C, на третьем уровне использовали слабый, менее концентрированный раствор смеси сульфата аммония и сульфита аммония, содержащий 0,005% сульфита аммония и 0,5% сульфата аммония с величиной рН равной 4,25 и температурой промывки 48,1°C, а на четвертом уровне использовали техническую воду.

2. Установка для контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

Установка содержала, главным образом, систему очистки и удаления газа, систему окисления и дополнительную систему. Дополнительная система включала в себя систему последующей обработки сульфата аммония, систему снабжения аммиаком и систему технической воды.

В состав системы очистки и удаления газа входили абсорбционная колонна 1, циркуляционная ёмкость 16 для абсорбции, циркуляционная ёмкость а3 промывки с улавливанием мелких частиц, циркуляционная ёмкость b3 промывки с улавливанием мелких частиц, циркуляционный насос для предварительной промывки, циркуляционный насос для абсорбции и циркуляционный насос для промывки с улавливанием мелких частиц. В абсорбционной колонне 1 использовали раздельное регулирование, и колонна была разделена, главным образом, на зону 4 предварительной промывки, зону 5 абсорбции и зону 6 контроля концентрации мелких частиц, при этом зона 4

предварительной промывки, зона 5 абсорбции и зона 6 контроля концентрации мелких частиц разделены на три, четыре и пять слоев распыления, соответственно, и между зоной 5 абсорбции и зоной 4 предварительной промывки был размещен газожидкостный сепаратор a17, допускающий прохождение через него только газа. Газожидкостный сепаратор a17, пропускающий только газ, был размещен также между зоной 5 абсорбции и зоной 6 контроля концентрации мелких частиц. Кроме того, газожидкостные сепараторы b18, пропускающие только газ, были размещены в промежутке между первой стадией абсорбции (два слоя распыления) и второй стадией абсорбции (два слоя распыления) в зоне абсорбции 5, между первым слоем распыления и вторым слоем распыления в зоне 6 контроля концентрации мелких частиц, и между третьим слоем распыления и четвертым слоем распыления в упомянутой зоне 6 контроля концентрации мелких частиц. Циркулирующая абсорбирующая жидкость 7 поступала в циркуляционную ёмкость процесса абсорбции. Жидкость первого слоя циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц отводилась в окислительную ёмкость 2. Жидкость второго и третьего слоев циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц отводилась в циркуляционную ёмкость a3. Жидкость четвертого и пятого слоев циркулирующей промывочной жидкости 15 для улавливания мелких частиц направлялась в циркуляционную ёмкость b3.

В зоне контроля концентрации мелких частиц было размещено семь слоев каплеуловителей, из которых два слоя, размещенные ниже газожидкостного сепаратора b 18, между первым слоем распыления и вторым слоем распыления, представляли собой два слоя из гофрированных листов, два слоя каплеуловителей были размещены ниже газожидкостного сепаратора b 18 между третьим слоем распыления и четвертым слоем распыления и были выполнены в виде одного слоя гофрированных листов и одного слоя структуры из металлической сетки, и три слоя находились ниже выпускного патрубка 8 для очищенных дымовых газов, из них один слой был образован гофрированными листами и два слоя - структурой из металлической сетки.

В зоне абсорбции был размещен один слой каплеуловителя из отражательных пластин и один слой каплеуловителя в виде гофрированных листов.

В каждом слое зоны абсорбции соотношение жидкость-газ составляло $2,1 \text{ л/Нм}^3$, а охват распылением - 400%. В различных слоях зоны контроля концентрации мелких частиц от верха до низа колонны соотношение жидкость-газ составляло $0,16 \text{ л/Нм}^3$, $2,1 \text{ л/Нм}^3$, $1,4 \text{ л/Нм}^3$, $1,4 \text{ л/Нм}^3$, $2,1 \text{ л/Нм}^3$, а охват распылением - 110%, 400%, 300%, 300%, и 400%, соответственно.

В циркуляционной ёмкости 16 абсорбции был размещен ряд слоев

интенсификаторов в соответствии с требованиями регулирования состава растворов. Первый уровень циркулирующей абсорбирующей жидкости 7 и второй уровень циркулирующей абсорбирующей жидкости 7 обеспечивались за счет отбора жидкости из циркуляционной ёмкости 2 для абсорбции в различных точках ёмкости. Внутри циркуляционной ёмкости 16 абсорбции были установлены два слоя интенсификаторов диспергирования газа в жидкости, которые представляли собой структурированный наполнитель.

В окислительной системе была использована окислительная ёмкость 2. В упомянутой окислительной ёмкости было размещено пять слоев интенсификаторов диспергирования газа в жидкости. В конструкции интенсификаторов диспергирования газа в жидкости была использована перфорированная плита и аэрирующая головка.

Высота уровня жидкости в окислительной ёмкости 2 составляла 10 м.

В циркуляционную ёмкость 16 абсорбции добавляли воздух окисления, и в окислительной ёмкости 2 воздух окисления находился с избытком 350%.

Система последующей обработки сульфата аммония была снабжена сушильной колонной, при прохождении через которую часть циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц была превращена непосредственно в сульфат аммония, что позволило регулировать содержание хлорид-ионов и фторид-ионов в различных циркулирующих растворах.

3. Процессы и параметры способа контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции при десульфуризации с использованием аммиака.

В описанных выше способе и установке были осуществлены следующие описанные ниже процессы:

Дымовые газы были охлаждены и промыты с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости в зоне 4 предварительной промывки, при этом концентрация циркулирующей промывной жидкости увеличилась, затем дымовые газы были пропущены через зону 5 абсорбции, в которой была осуществлена промывка и десульфуризация дымовых газов с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости 7, после этого дымовые газы прошли через зону 6 контроля концентрации мелких частиц, где мелкие частицы были удалены с помощью циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц, после чего газы были удалены из установки.

Циркулирующая промывная жидкость в зоне 4 предварительной промывки пополнялась, главным образом, за счет циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц, и указанная циркулирующая промывная жидкость 15 для улавливания мелких частиц и/или техническая вода была использована для отмывки

загрязнений на стенке колонны; циркулирующая абсорбирующая жидкость пополнялась за счет циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц и/или технической воды 23.

Циркулирующая абсорбирующая жидкость 7 была окислена в циркуляционной ёмкости 16 процесса абсорбции, и растворы различного состава отводились из циркуляционной ёмкости 16 процесса абсорбции в различных точках, соответственно, на первую стадию абсорбции и на вторую стадию абсорбции.

Техническая вода пополнялась из зоны 6 контроля концентрации мелких частиц и циркуляционной ёмкости 3 промывки с улавливанием мелких частиц.

Второй и третий уровни циркулирующей промывной жидкости 15 для мелких частиц (разбавленный раствор смеси сульфата аммония и сульфита аммония) пополнялись путем подачи дополнительной жидкости в окислительную ёмкость 2.

Четвертый уровень циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц пополнялся путем подачи жидкости в циркуляционную ёмкость 3.

Первый уровень циркулирующей промывной жидкости 15 для улавливания мелких частиц пополнялся путем подачи жидкости в циркуляционную ёмкость 16 процесса абсорбции.

В качестве абсорбента был использован жидкий аммиак, который пополнялся, главным образом, путем подачи аммиака в циркуляционную ёмкость 16 процесса абсорбции. Диоксид серы, присутствующий в дымовых газах, извлекался с помощью циркулирующей абсорбирующей жидкости, содержащей сульфит аммония, и аммиак был превращен в сульфит аммония после добавления в циркуляционную ёмкость 16 процесса абсорбции для десульфуризации с использованием аммиака.

Аммиак был добавлен в зону 4 предварительной промывки в целях регулирования величины pH для того, чтобы показатели свободной кислоты в продукте, содержащем сульфат аммония, удовлетворяли требованиям GB535. Для регулирования величины pH аммиак был добавлен в окислительную ёмкость 2.

Воздух окисления добавляли в окислительную ёмкость 2 и циркуляционную ёмкость 16 процесса абсорбции, и выходящие газы из окислительной ёмкости 2 и циркуляционной ёмкости 16 процесса абсорбции вводились в зону 4 абсорбции абсорбционной колонны 1 для естественного окисления абсорбирующей жидкости.

Входной патрубок был расположен на уровне, соответствующем 7% высоты абсорбционной колонны 1, высота зоны 4 предварительной промывки составляла 17% высоты колонны, высота зоны 5 абсорбции соответствовала 25% высоты колонны, а высота зоны 6 контроля концентрации мелких частиц - 58% высоты колонны.

Отношение диаметра абсорбционной колонны 1 к диаметру окислительной ёмкости 2 было равным 0,85, а высота окислительной ёмкости 2 в 1,25 превышала диаметр абсорбционной колонны 1.

Приведенная скорость газового потока в абсорбционной колонне 1 составляла 2,64 м/с; рабочая температура зоны 4 предварительной промывки была установлена равной 51°C.

Расчетная величина расхода дымовых газов составляла 350000 Нм³/ч, расчетная величина концентрации SO₂ была равной 15000 мг/Нм³, расчетное содержание хлористого водорода 100 мг/Нм³, а расчетная величина общего содержания пылевидных частиц составляла не более 30 мг/Нм³.

Дымовые газы имели высокое содержание диоксида серы. После проведения вычислений и анализа с водным балансом оказалось, что в систему испарительной кристаллизации для проведения отдельной обработки необходимо направить 10%-20% высококонцентрированной циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц, а остальная часть высококонцентрированной циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц была выпарена и кристаллизована в зоне предварительной промывки абсорбционной колонны. Принимая во внимание, что колонна спроектирована для концентрации хлористого водорода в дымовых газах вплоть до 100 мг/Нм³ вместо системы испарительной кристаллизации было выбрано сушильное устройство, в котором 10%-20% высококонцентрированной циркулирующей промывной жидкости для мелких частиц было осушено непосредственно в сушильном устройстве для регулирования концентрации хлорид-ионов так, чтобы в циркулирующей жидкости она составляла 10000-30000 мг/л, и для регулирования концентрации фторид-ионов так, чтобы в циркулирующей жидкости она составляла 500-2800 мг/л.

Во время проведения испытаний концентрация SO₂ в очищенных дымовых газах составляла 3,4 мг/Нм³ при общем содержании пылевидных частиц (включая аэрозоли) 0,9 мг/Нм³, концентрация потерь аммиака (с выходящими газами) составила 0,25 мг/Нм³.

Составы растворов в различных зонах регулировали, главным образом, посредством принудительного окисления в окислительной ёмкости 2, принудительного окисления в циркуляционной ёмкости 16 процесса абсорбции и посредством естественного окисления в зоне 4 окисления, регулируя при этом рабочую температуру и другие показатели.

Таблица 4. Расчетные параметры установки

Номер п/п	Параметр процесса	Единица измерения	Количественная величина
1	Расход дымовых газов	Нм ³ /час	350 000
2	Входная температура дымовых газов	°C	130-142
3	Концентрация SO ₂ в дымовых газах	мг/Нм ³	15 000
4	Концентрация пылевидных частиц на входе дымовых газов	мг/Нм ³	≤ 30
5	Концентрация SO ₂ на выходе дымовых газов	мг/Нм ³	≤ 5
6	Концентрация пылевидных частиц в выходящих дымовых газах	мг/Нм ³	≤ 2
7	Концентрация потерь аммиака в выходящих дымовых газах	мг/Нм ³	≤ 0,5
8	Степень использования аммиака	%	≥ 99

4. Эффект, полученный при осуществлении изобретения

Были осуществлены десульфуризация дымовых газов с использованием аммиака и удаление пылевидных частиц в различных рабочих условиях с использованием установки и способа согласно Примеру 2. В таблице 5 указаны используемые методы испытаний и контрольно-измерительные приборы. В таблице 6 приведены рабочие параметры и результаты испытаний.

Таблица 5. Методы испытаний для каждого показателя и перечень основных средств измерения

Номер п/п	Контролируемая позиция	Стандартное наименование и регистрационный номер аналитического метода	Наименование и тип измерительного прибора	Номер измерительного прибора
1	Пылевидные частицы и газы	Методы определения содержания твердых частиц и отбора проб газообразных загрязнителей отходящих газов стационарного источника GB/T16157-1996	Отборник проб дымового газа и пыли Laoying 3012H Электронные весы BS224S, AB204-S	8042448, 08244496 18360886, и 1119051201
2	SO ₂	Определение содержания диоксида серы в отходящих газах стационарного источника Метод электролиза с контролируемым потенциалом HJ/T 57-2000	Анализатор дымовых газов Testo 350	10 [#] и 1 [#]
3	NO _x	Определение содержания оксидов азота в отходящих газах стационарного источника Метод электролиза с контролируемым потенциалом HJ/T 693-2014	Анализатор дымовых газов Testo 350	10 [#] и 1 [#]
4	Аммиак	Определение содержания аммиака в окружающем воздухе и отходящем газе Спектрофотометрия реактивом Несслера HJ 533-2009	Спектрофотометр Laoying 3072H модель 722	02085809 и 2c5BP363

5	Содержание кислорода в дымовых газах	Электрохимический метод - Технические требования и методика испытаний для систем непрерывного контроля вредных выбросов в дымовых газах, отводимых из стационарных источников (Приложение В) (HJ/T 76-2007)	Анализатор дымовых газов Testo 350	10 [#] и 1 [#]
6	Температура дымовых газов	Метод электросопротивления платины - Методы определения содержания твердых частиц и отбора проб газообразных загрязнителей отходящих газов стационарного источника (GB/T 16157-1996)	TES-1310	/
7	Относительная влажность дымовых газов	Технические требования и методика испытаний для систем непрерывного контроля вредных выбросов в дымовых газах, отводимых из стационарных источников (Приложение В) (HJ/T 76-2007)	Отборник проб дымового газа и пыли Laoying 3012H	8042448 и 08244496
8	Сульфат аммония	Сульфат аммония (GB 535-1995)	Аналитические весы, измеритель кислотности pH и другие традиционные лабораторные измерительные приборы	

Таблица 6. Рабочие параметры установки и результаты испытаний

Номер п/п	Наименование параметра		Единица измерения	Результат испытаний	Примечание
1	Объемный расход дымовых газов в абсорбционной колонне	Нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	×10 ⁴ м ³ /ч	31,44	-
		Нормальное состояние, в расчете сухое вещество, и 6% O ₂)	×10 ⁴ м ³ /ч	28,95	-
2	Гидравлическое сопротивление системы		Па	1850	1850
3	Параметры исходных дымовых газов	Концентрация SO ₂ (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	12285	Средняя величина во время испытаний
		O ₂ (об./об.)	%	-	-
		Температура	°C	128	Средняя величина во время испытаний
		Влагосодержание	%	7,92	-

		(об./об.)			
		Концентрация твердых частиц и паров (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	27,5	-
4	Параметры очищенных дымовых газов	Концентрация SO ₂ (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	3,4	Средняя величина во время испытаний
		O ₂ (об./об.)	%	-	-
		Температура	°C	48,2	Средняя величина во время испытаний
		Влагосодержание (об./об.)	%	13,75	-
		Концентрация твердых частиц и паров (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	0,9	Включая твердые частицы и растворимые твердые частицы
		Потери в виде свободного аммиака (нормальное состояние, в расчете на сухое вещество, и 6% O ₂)	мг/Нм ³	0,25	-
5	Эффективность десульфуризации в абсорбционной колонне		%	99,97	
6	Эффективность удаления пылевидных частиц в абсорбционной колонне		%	96,7	-
7	Расход аммиака (исходя из 20% содержания аммиака)		т/ч	1,907	
8	Использование аммиака		%	99,75	-
9	Сопутствующие продукты для сульфата аммония	Содержание азота	%	21,2	
		Влажность	%	0,3	-
		Содержание свободной кислоты	т/ч	0,05	-

Таким образом, изобретением обеспечены установка и способы для контроля образования аэрозолей в процессе абсорбции диоксида серы из дымовых газов. Специалистам в данной области техники будет понятно, что настоящее изобретение может быть осуществлено с использованием других примеров, которые отличаются от рассмотренных выше, приведенных лишь в целях иллюстрации, а не ограничения изобретения. Настоящее изобретение ограничено только изложенными ниже пунктами формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ контроля образования аэрозоля в процессе абсорбции диоксида серы из дымовых газов, включающий использование градиента концентрации солей аммония применительно к дымовым газам.

2. Способ по п. 1, дополнительно включающий применение градиента условий проведения реакций к дымовым газам.

3. Способ по п. 1, в котором применение градиента концентрации солей аммония включает применение первой концентрации солей аммония на первой ступени; и второй концентрации солей аммония на второй ступени, при этом первую ступень осуществляют выше по ходу движения потока дымовых газов относительно второй ступени.

4. Способ по п. 3, в котором соль представляет собой сульфит аммония, бисульфит аммония или сульфат аммония.

5. Способ по п. 3, в котором первая концентрация больше, чем вторая концентрация.

6. Способ по п. 5, в котором применение первой концентрации солей аммония на первой ступени включает распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости в дымовые газы в процессе абсорбции диоксида серы; и/или в котором применение второй концентрации солей аммония на второй ступени включает распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости в дымовые газы в процессе абсорбции диоксида серы; и/или в котором применение первой концентрации солей аммония на первой ступени включает распыление циркулирующей жидкости промывки для улавливания мелких частиц в дымовые газы в процессе промывки для улавливания мелких частиц и/или в котором применение первой концентрации солей аммония на второй ступени включает распыление циркулирующей жидкости промывки для улавливания мелких частиц в дымовые газы в процессе промывки для улавливания мелких частиц.

7. Способ по п. 2, в котором применение градиента условий проведения реакций включает обеспечение первой температуры на первой ступени и второй температуры на второй ступени; при этом первая ступень расположена выше по ходу движения потока дымовых газов относительно второй ступени.

8. Способ по п. 7, в котором первая температура больше, чем вторая температура.

9. Способ по п. 8, в котором обеспечение первой температуры на первой ступени включает установление первой температуры в процессе абсорбции диоксида серы; и/или в котором обеспечение второй температуры на второй ступени включает установление второй температуры в процессе промывки для улавливания мелких частиц.

10. Способ по п. 2, в котором применение градиента условий проведения реакций

включает обеспечение первой величины рН на первой ступени и второй величины рН на второй ступени; при этом первая ступень находится выше по ходу движения потока дымовых газов относительно второй ступени.

11. Способ по п. 10, в котором первая величина рН больше, чем вторая величина рН.

12. Способ по п. 11, в котором обеспечение первой величины рН на первой ступени включает распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости в дымовые газы в процессе абсорбции диоксида серы и/или в котором обеспечение первой величины рН на первой ступени включает распыление циркулирующей промывной жидкости в дымовые газы для улавливания мелких частиц в процессе промывки.

13. Способ по п. 12, в котором обеспечение второй величины рН на второй ступени включает распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости в дымовые газы в процессе абсорбции диоксида серы и/или в котором обеспечение второй величины рН на второй ступени включает распыление в дымовые газы циркулирующей промывной жидкости в процессе промывки для улавливания мелких частиц.

14. Способ по п. 2, дополнительно включающий:

охлаждение и очистку дымовых газов, абсорбцию диоксида серы после охлаждения и очистки, и после абсорбции промывку дымовых газов с использованием циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц; при этом градиент концентрации солей аммония применяют после очистки и охлаждения, и абсорбция и промывка включают распыление сульфита аммония и распыление сульфата аммония.

15. Способ по п. 14, в котором абсорбция включает распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости в дымовые газы, и циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц имеет величину рН, которая меньше величины рН для циркулирующей абсорбирующей жидкости; и концентрация сульфита аммония меньше концентрации сульфита аммония в абсорбирующей циркулирующей жидкости.

16. Способ по п. 2, в котором условие проведения реакции представляет собой градиент температуры, определяемый температурой абсорбции и температурой промывки; и применение градиента условий проведения реакции включает: регулирование температуры абсорбции и температуры промывки для уменьшения потребления энергии; поддержание эффективности процесса абсорбции; поддержание предельной допустимой величины потерь аммиака и поддержание предельной допустимой величины выброса аэрозолей.

17. Способ по п. 16, в котором температура абсорбции находится в интервале от 30°C до 70°C или от 35°C до 60°C, или от 45°C до 55°C.

18. Способ по п. 16, в котором температура промывки находится в интервале от 28°C до 68°C или от 30°C до 55°C, или от 40°C до 50°C.

19. Способ по п. 14, в котором абсорбция включает: распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной ниже ступени, распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной выше ступени, которая размещена ниже по ходу движения потока относительно расположенной ниже ступени; и циркулирующая абсорбирующая жидкость на одной или на обеих из расположенной ниже и расположенной выше ступеней содержит от 0,15% до 4,95% сульфита аммония и от 5% до 38% сульфата аммония; и имеет величину pH в интервале от 4 до 6,6; при этом концентрация сульфита аммония на расположенной выше ступени циркулирующей абсорбирующей жидкости меньше концентрации сульфита аммония на расположенной ниже ступени циркулирующей абсорбирующей жидкости.

20. Способ по п. 19, в котором величина pH на расположенной выше ступени циркулирующей абсорбирующей жидкости меньше величины pH на расположенной ниже ступени циркулирующей абсорбирующей жидкости.

21. Способ по п. 14, в котором абсорбция включает: распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной ниже ступени; распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на расположенной выше ступени, которая находится ниже по ходу движения дымовых газов относительно расположенной ниже ступени, и циркулирующая жидкость процесса абсорбции на одной или обеих из расположенной ниже и расположенной выше ступенях содержит от 0,15% до 4,95% сульфита аммония и от 5% до 38% сульфата аммония, и имеет величину pH в интервале от 4 до 6,6; при этом величина pH на расположенной выше ступени циркулирующей абсорбирующей жидкости меньше величины pH на расположенной ниже ступени циркулирующей абсорбирующей жидкости.

22. Способ по п. 14, в котором абсорбция включает распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости на одной единственной ступени; и/или в котором абсорбция включает распыление циркулирующей абсорбирующей жидкости только на двух ступенях.

23. Способ по п. 14, в котором на одной ступени удаления циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц содержит от 0,003% до 1% сульфита аммония и от 0,3% до 38% сульфата аммония, и имеет величину pH в интервале от 3 до 5,4.

24. Способ по п. 23, в котором промывка включает распыление циркулирующей промывной жидкости для мелких частиц на двух ступенях; и на одной ступени из двух

ступеней циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц содержит от 0,1% до 1% сульфита аммония и от 5% до 38% сульфата аммония.

25. Установка для контроля образования аэрозолей при десульфуризации с использованием аммиака, содержащая:

систему очистки и удаления газа, которая выполнена с возможностью применения градиента концентрации солей аммония к дымовым газам; систему окисления и дополнительную систему.

26. Установка по п. 25, в которой система окисления содержит окислительную ёмкость, выполненную с возможностью принудительного окисления поступающего аммониевого раствора с получением некоторого количества выходящих продуктов с различной степенью окисления аммониевого раствора и направление полученных продуктов в систему очистки и удаления газа с установлением упомянутого градиента; и/или в которой дополнительная система содержит систему последующей обработки сульфата аммония, систему снабжения аммиаком и систему технической воды.

27. Установка по п. 25, дополнительно содержащая:

колонну, в которой размещены система очистки и удаления газа и в которой образованы зона предварительной очистки, зона абсорбции и зона контроля концентрации мелких частиц; колонна содержит устройство, размещенное между зоной абсорбции и зоной предварительной промывки, которое допускает прохождение через него только газа, ряд слоев распыления, при этой каждая из зоны предварительной промывки, зоны абсорбции и зоны контроля мелких частиц содержит слой распыления из указанного ряда слоев, при этом указанная колонна выполнена с возможностью обеспечения отдельного регулирования составов растворов, подводимых к слоям распыления.

28. Установка по п. 27, в которой система окисления содержит слои распыления и выполнена с возможностью контроля взаимодействия между жидкостью, распыляемой в разных слоях распыления, и дымовым газом в разных слоях распыления для естественного окисления жидкости дымовыми газами с получением различных продуктов с различной степенью окисления аммониевого раствора и установления упомянутого градиента,

и/или в которой система окисления выполнена с возможностью регулирования рабочей температуры зоны предварительной промывки для регулирования величины градиента;

и/или в которой система окисления выполнена с возможностью регулирования рабочей температуры зоны абсорбции для регулирования градиента;

и/или в которой система окисления выполнена с возможностью регулирования

рабочей температуры зоны контроля концентрации мелких частиц для регулирования градиента;

и/или в которой система окисления выполнена с возможностью регулирования рабочей температуры зоны предварительной промывки и регулирования рабочей температуры зоны контроля концентрации мелких частиц для регулирования величины упомянутого градиента;

и/или в которой система окисления выполнена с возможностью регулирования рабочей температуры зоны абсорбции для регулирования градиента;

и/или в которой система окисления выполнена с возможностью регулирования рабочей температуры зоны контроля концентрации мелких частиц для регулирования упомянутого градиента;

и/или в которой система окисления не содержит ёмкости принудительного окисления;

и/или в которой система окисления выполнена с возможностью направления жидкости предварительной промывки в зону абсорбции.

29. Установка по п. 27, в которой каждая зона содержит единственный слой распыления и/или в которой одна зона из упомянутых зон содержит множество слоев распыления; и/или дополнительно содержит устройство, размещенное между зоной абсорбции и зоной контроля мелких частиц, которое допускает прохождение через него только газа; и/или дополнительно содержит устройство, размещенное в зоне абсорбции, которое допускает прохождение через него только газа; и/или дополнительно содержит устройство, размещенное в зоне контроля концентрации мелких частиц, которое допускает прохождение через него только газа.

30. Установка по п. 27, дополнительно содержащая множество слоев каплеуловителей, при этом один слой каплеуловителя из указанного множества размещен в зоне контроля концентрации мелких частиц; и один слой каплеуловителя из указанного множества размещен в каждом слое распыления зоны предварительной промывки и зоны абсорбции.

31. Установка по п. 30, в которой каплеуловитель из множества слоев каплеуловителей содержит отражательную пластину; и/или в которой каплеуловитель из множества слоев каплеуловителей содержит гофрированный лист; и/или в которой каплеуловитель из множества слоев каплеуловителей содержит наполнитель; и/или в которой каплеуловитель из множества слоев каплеуловителей содержит металлическую сетку и/или в которой каплеуловитель из множества слоев каплеуловителей содержит структуру, выбранную из группы, состоящей из отражательной пластины,

гофрированного листа, наполнителя, металлической сетки и комбинации из одного или более из отражательной пластины, гофрированного листа, наполнителя и металлической сетки.

32. Установка по п. 27, в которой в каждом слое распыления зоны абсорбции отношение жидкость-газ составляет не менее $0,2 \text{ л/Нм}^3$, и охват распылением составляет не менее 110%; и в каждом слое распыления зоны контроля концентрации мелких частиц отношение жидкость-газ составляет не менее $0,1 \text{ л/Нм}^3$, и охват распылением составляет не менее 105%.

33. Установка по п. 25, в которой система окисления содержит множество участков, при этом каждый участок, соответствующий аммониевому раствору различного состава, сконфигурирован таким образом, чтобы обеспечить создание градиента концентрации солей аммония посредством использования в циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц одного состава из различных составов и использования в абсорбирующей циркулирующей жидкости одного состав из различных составов с созданием в результате градиента концентрации солей аммония.

34. Установка по п. 25, в которой каждый участок образован слоем системы окисления; и/или в котором каждый участок образован компонентом системы окисления; и/или в котором каждый участок занимает различное положение в системе окисления; и/или в котором система окисления содержит 1-5 слоев интенсификаторов диспергирования газа в жидкости; или в котором система окисления содержит ступень с жидкостью, имеющей высоту уровня более 3 м, и сконфигурирована таким образом, чтобы обеспечить снабжение воздухом окисления с избытком не менее 20%.

35. Установка по п. 27, в которой колонна выполнена с возможностью охлаждения и промывки дымовых газов, используя циркулирующую промывную жидкость в зоне предварительной промывки, при этом одновременно увеличивая концентрацию циркулирующей промывной жидкости;

пропускания дымовых газов через зону абсорбции, в которой осуществляется промывка и десульфуризация дымовых газов с использованием циркулирующей абсорбирующей жидкости;

пропускания дымовых газов через зону контроля концентрации мелких частиц, в которой мелкие частицы удаляются с помощью циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц;

выпуска очищенных дымовых газов;

пополнения циркулирующей промывной жидкости в зоне предварительной промывки за счет циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц;

отмывки загрязнений, образовавшихся на стенке колонны;
пополнения абсорбирующей циркулирующей жидкости;
окисления циркулирующей абсорбирующей жидкости в системе окисления; и
отвода циркулирующих жидкостей с различными составами из различных участков системы окисления для распределения по различным зонам.

36. Установка по п. 35, в которой циркулирующая промывная жидкость для улавливания мелких частиц является преобладающим компонентом жидкостей, пополняющих циркулирующую промывную жидкость; и/или в которой колонна выполнена с возможностью отмывки загрязнений на стенке колонны путем распыления циркулирующей промывной жидкости для улавливания мелких частиц; и/или в которой колонна выполнена с возможностью отмывки загрязнений путем распыления технической воды; и/или в которой абсорбирующая циркулирующая жидкость пополняется за счет жидкости из зоны контроля концентрации мелких частиц; и/или в которой абсорбирующая циркулирующая жидкость пополняется за счет технической воды; и/или в которой техническая вода пополняется жидкостью из зоны контроля мелких частиц.

37. Установка по п. 35, в которой колонна выполнена с возможностью обеспечения поверхностной скорости дымовых газов в интервале от 1 до 5 м/с.

38. Установка по п. 37, в которой колонна выполнена с возможностью обеспечения в зоне предварительной промывки температуры в интервале от 40°C до 80°C; и/или колонна выполнена с возможностью приема газа с концентрацией SO₂ до 30000 мг/Нм³.

39. Установка по п. 38, в которой колонна дополнительно выполнена с возможностью выпуска очищенных дымовых газов, соответствующих всем действующим в Китае нормам по вредным выбросам, приведенным в стандарте GB13223-2011 и публикации «Environment and Development», 2015, № 164 в Китае; и по сравнению с десульфуризацией с использованием аммиака и электростатическим методом каплеулавливания, описанными в патентном документе PCT/US2002/039095, установка по п.38 обеспечивает снижение затрат на сооружение установки на 10-20%, снижение эксплуатационных расходов на 5-10% и соотношения цена-производительность - на 15-30%.

40. Установка по п. 39, в которой дымовые газы, выходящие из колонны, имеют концентрацию SO₂ не более 200 мг/Нм³ или концентрацию не более 100 мг/Нм³, или не более 35 мг/Нм³, или не более 5 мг/Нм³.

41. Установка по п. 39, в которой дымовые газы, выходящие из колонны, имеют общую концентрацию пылевидных частиц, включая аэрозоли, составляющую не более 20 мг/Нм³, или концентрацию не более 10 мг/Нм³, или не более 5 мг/Нм³, или не более 2

мг/Нм³.

42. Установка по п. 39, в которой дымовые газы, выходящие из колонны, имеют концентрацию аммиака, составляющую не более 5 мг/Нм³, или концентрацию не более 2 мг/Нм³, или концентрацию не более 1 мг/Нм³, или концентрацию не более 0,5 мг/Нм³.

43. Установка по п. 38, в которой дымовые газы, выходящие из колонны, имеют концентрацию SO₂, составляющую не более 200 мг/Нм³, или концентрацию не более 100 мг/Нм³, или концентрацию не более 35 мг/Нм³, или концентрацию не более 5 мг/Нм³.

44. Установка по п. 38, в которой дымовые газы, выходящие из колонны, имеют общую концентрацию пылевидных частиц, включая аэрозоли, составляющую не более 20 мг/Нм³, или концентрацию не более 10 мг/Нм³, или не более 5 мг/Нм³, или не более 2 мг/Нм³.

45. Установка по п. 38, в которой дымовые газы, выходящие из колонны, имеют концентрацию аммиака, составляющую не более 5 мг/Нм³, или концентрацию не более 2 мг/Нм³, или не более 1 мг/Нм³, или не более 0,5 мг/Нм³.

46. Установка по п. 35, дополнительно содержащая сушильное устройство, которое выполнено с возможностью приема абсорбирующей жидкости и получения твердого продукта, который включает ион из циркулирующей жидкости.

47. Установка по п. 46, в которой ион представляет собой хлорид-ион или фторид-ион.

48. Установка по п. 46, в которой сушильное устройство выполнено с возможностью снижения концентрации хлорид-ионов в циркулирующей жидкости до величины менее 50000 мг/л и концентрации фторид-ионов в циркулирующей жидкости до величины менее 20000 мг/л.

49. Установка по п. 46, в которой сушильное устройство выполнено с возможностью снижения концентрации хлорид-ионов в циркулирующей жидкости до величины менее 50000 мг/л и концентрации фторид-ионов в циркулирующей жидкости до величины в интервале от 300 до 3000 мг/л.

50. Установка по п. 46, в которой сушильное устройство выполнено с возможностью снижения концентрации хлорид-ионов в циркулирующей жидкости до величины в интервале от 10000 до 31000 мг/л и концентрации фторид-ионов в циркулирующей жидкости до величины менее 20000 мг/л.

51. Установка по п. 46, в которой сушильное устройство выполнено с возможностью снижения концентрации хлорид-ионов в циркулирующей жидкости до величины в интервале от 10000 до 31000 мг/л и концентрации фторид-ионов в циркулирующей жидкости до величины в интервале от 300 до 3000 мг/л.

52. Установка по п. 35, в которой колонна выполнена с возможностью распыления в слое распыления зоны абсорбции циркулирующей абсорбирующей жидкости, в которой отношение массовой концентрации сульфата аммония к массовой концентрации сульфита аммония находится в интервале от 1,5-199 до 1.

53. Установка по п. 35, в которой колонна выполнена с возможностью распыления, в слое распыления зоны абсорбции мелких частиц, циркулирующей промывочной жидкости для улавливания мелких частиц, в которой отношение массовой концентрации сульфата аммония к массовой концентрации сульфита аммония находится в интервале от 3-1999 до 1.

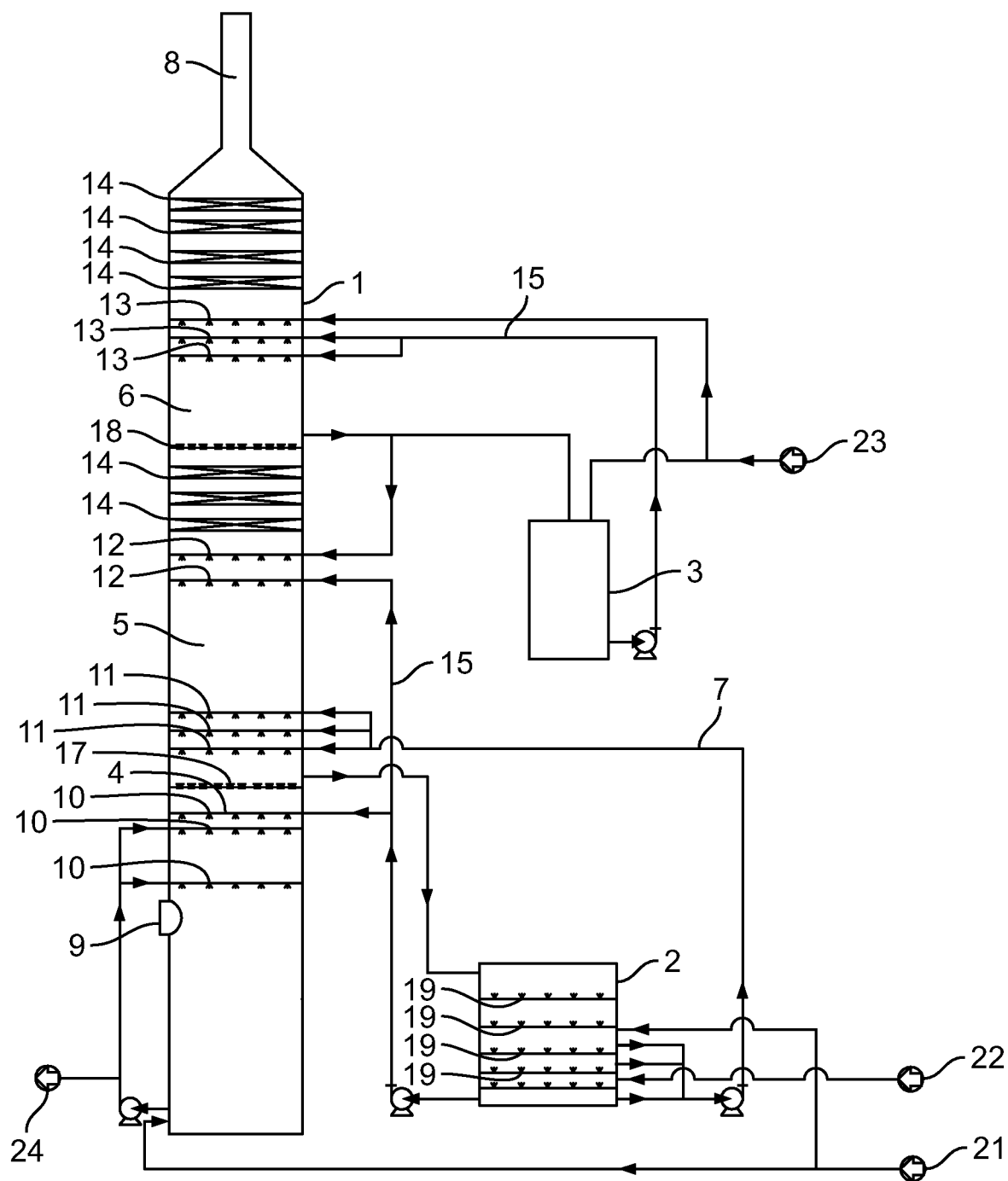


FIG. 1

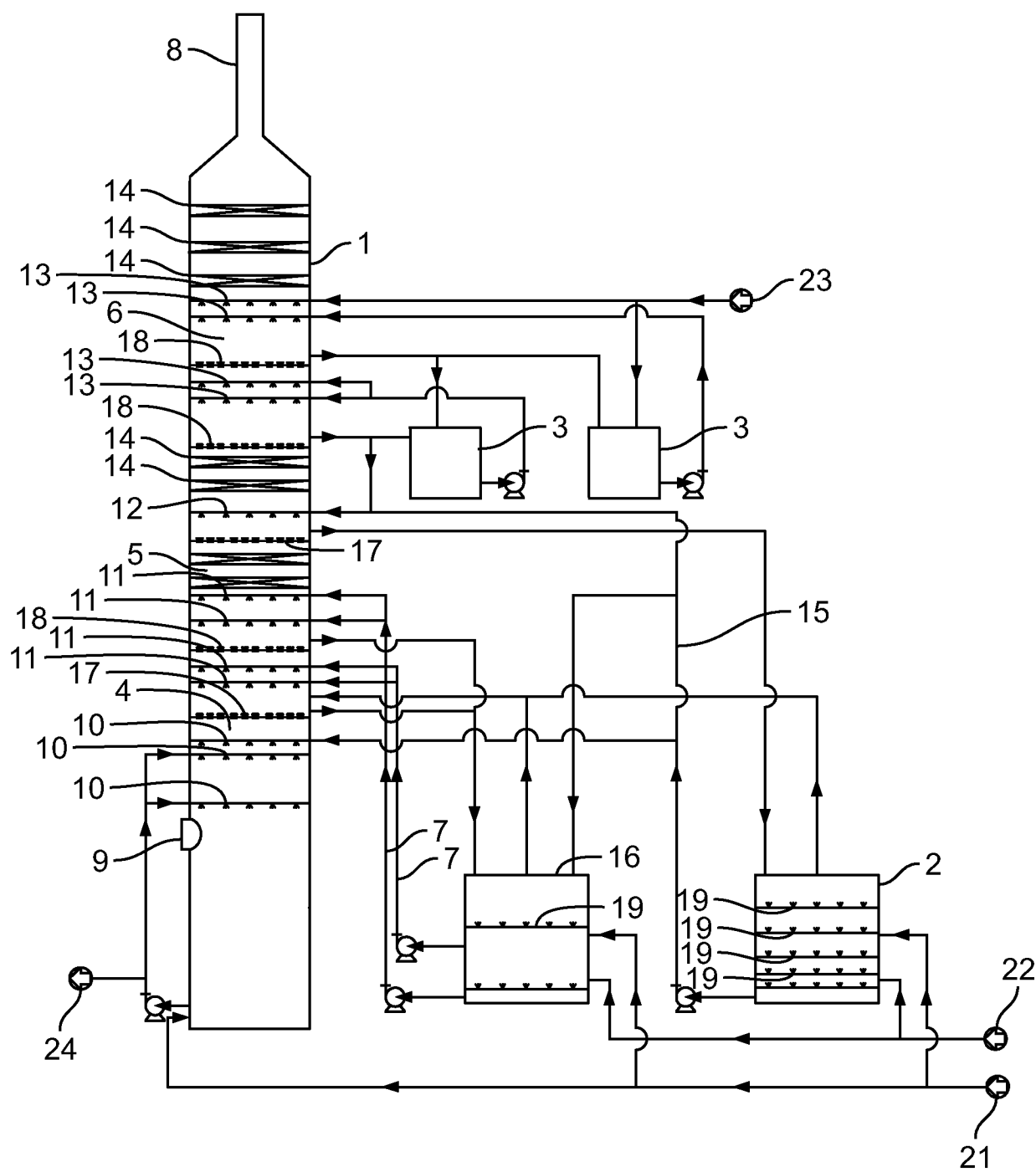


FIG. 3