

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202392187 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.05.07

(51) Int. Cl. *B01D 53/14* (2006.01)
B01D 53/62 (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01)
B01D 53/18 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.05.18

(54) СПОСОБ МНОГОСТАДИЙНОЙ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАБОТКИ АММИАКОМ

(31) 202210553333.1

(72) Изобретатель:
Чжан Цзюнь, Ци Лифан, Ван Цинъюн,
Луо Цзин (CN)

(32) 2022.05.20

(33) CN

(86) PCT/CN2023/095042

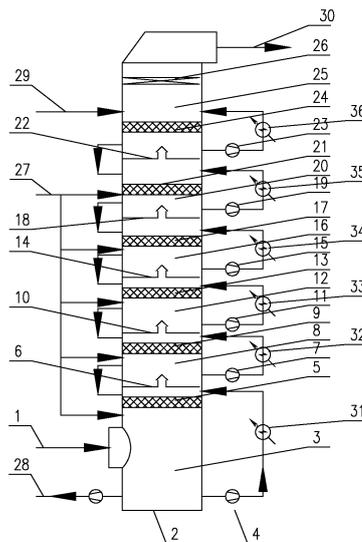
(74) Представитель:
Воль О.И., Фелицына С.Б. (RU)

(87) WO 2023/222082 2023.11.23

(71) Заявитель:

ЦЗЯННАНЬ ЭНВАЙРОНМЕНТАЛ
ТЕКНОЛОДЖИ ИНК (US)

(57) Настоящее изобретение относится к способу многостадийной декарбонизации с использованием аммиака, содержащему абсорбцию CO₂ из технологического газа с использованием аммиака в качестве абсорбента в абсорбере, включающем в себя четыре или более стадий абсорбции, причем четыре или более стадий абсорбции включают в себя: последовательно расположенные по направлению потока технологического газа первую стадию абсорбции, вторую стадию абсорбции, третью стадию абсорбции, четвертую стадию абсорбции и необязательно более высокую стадию абсорбции; и регулирование температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была не ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и температуры технологического газа на четвертой и необязательной более высокой стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.



A1

202392187

202392187

A1

СПОСОБ МНОГОСТАДИЙНОЙ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАБОТКИ АММИАКОМ

Перекрестная ссылка на родственную заявку

Настоящая заявка испрашивает приоритет и преимущества китайской патентной заявки № 202210553333.1, поданной 20 мая 2022 года, описание которой включено в данный документ во всей своей полноте путем ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится, в общем, к области охраны окружающей среды и, в частности, к способу многостадийной декарбонизации с повышенной эффективностью улавливания CO_2 в технологическом газе.

Уровень техники

Потепление климата является проблемой, которая влияет на развитие всего человечества, и CO_2 является основным фактором, способствующим потеплению климата. Промышленные газы, образующиеся в результате производственной деятельности химической промышленности, содержат большое количество CO_2 . Для того, чтобы контролировать выбросы CO_2 в больших масштабах и бороться с потеплением климата, необходимо сосредоточиться на разработке технологий, которые позволят эффективно улавливать CO_2 .

Способ химической абсорбции с использованием аммиачной воды в качестве абсорбирующей жидкости обладает такими характеристиками, как высокая абсорбционная способность, низкая коррозия, низкое потребление энергии на регенерацию, низкие затраты на пополнение, отсутствие легкого разложения абсорбента другими компонентами в дымовых газах и одновременное удаление многочисленных загрязнителей, содержащих кислые газы, и широко изучается техническими специалистами в КНР и других странах.

В патенте № CN102078743B раскрыт улучшенный неорганический абсорбент CO_2 , который включает в себя раствор карбонизированного аммиака и добавку. Общая массовая доля аммиака раствора карбонизированного аммиака составляет от 4% до 12%, добавкой является фосфорнокислый натрий или фосфорнокислый калий, отношение молярной концентрации добавки к общего молярной концентрации аммиака раствора карбонизированного аммиака составляет 0,04-0,20, и остальное представляет собой деионизированная вода. Настоящее изобретение позволяет повысить эффективность декарбонизации и снизить выделение аммиака путем регулирования состава неорганического абсорбента CO_2 . Однако использование добавки может повлиять на

чистоту продукта бикарбоната аммония.

В патентной заявке № CN102688676А раскрыт процесс декарбонизации при обработке аммиаком дымовых газов электростанций. Дымовой газ охлаждается до температуры от 45°C до 55°C посредством десульфурации и удаления пыли, затем поступает в абсорбционно-декарбонизационную колонну и находится в противоточном контакте с абсорбирующей жидкостью в абсорбционно-декарбонизационной колонне, где общая массовая доля аммиака абсорбирующей жидкости регулируется на уровне от 3% до 5%, так что CO₂ в дымовых газах поглощается. Затем абсорбирующий насыщенный раствор после поглощения CO₂ вводится в регенерационную колонну, и насыщенный раствор нагревается для десорбции и выделения CO₂, где температура десорбции составляет от 85°C до 95°C. Затем абсорбирующая жидкость возвращается в абсорбционно-декарбонизационную колонну для того, чтобы начать новый цикл абсорбции. В абсорбирующую жидкость добавляют бикарбонат натрия или бикарбонат калия, и концентрация добавляемого бикарбоната натрия или бикарбоната калия составляет от 0,1 до 0,5 моль/л. Эта технология представляет собой процесс декарбонизации с использованием обработки аммиаком дымовых газов электростанций, который имеет высокую скорость десорбции CO₂, поддерживает неизменную концентрацию CO₂ в абсорбирующей жидкости во время процесса рециркуляции и обеспечивает абсорбционную способность раствора для CO₂.

В патентной заявке № CN103007719А раскрыто устройство для декарбонизации дымового газа с двойной циркуляцией аммиака. Устройство спроектировано с двумя циркуляционными секциями, в которых твердый продукт отделяется от нижней части для того, чтобы решить проблемы, с которыми сталкиваются существующие устройства для абсорбции диоксида углерода в дымовых газах электростанций при обработке аммиаком и которые связаны с тем, что эффективность абсорбции не является высокой, и устройство склонно к блокировке. Решить проблему твердых засоров в этом устройстве предложено только за счет обеспечения в нем двух циркуляционных секций, при этом взаимосвязь между процессом декарбонизационной абсорбции аммиака и регулированием температуры не учитывается.

В патентной заявке № CN200880122376.2 раскрыта система многостадийного удаления CO₂ и способ обработки потока дымовых газов. Благодаря использованию контейнера-абсорбента, поток дымовых газов контактирует с ионным раствором, содержащим аммиак, в условиях низкой температуры от 0°C до 20°C, при этом раствор на первой стадии абсорбции имеет более высокую температуру и более низкое отношение аммиака к углероду, чем раствор на третьей стадии абсорбции. Выделение аммиака можно

уменьшить, регулируя низкую температуру и устанавливая более низкую температуру на третьей стадии. Однако более высокое отношение аммиака к углероду на третьей стадии увеличивает выход аммиака.

Таким образом, сохраняется потребность в способе декарбонизации с использованием аммиака, который демонстрирует высокую эффективность абсорбции и позволяет эффективно регулировать выделение аммиака.

Сущность изобретения

Для того, чтобы преодолеть проблемы низкой эффективности абсорбции и значительного выделения аммиака, с которыми сталкиваются существующие процессы декарбонизации на основе аммиака, авторы изобретения провели тщательное исследование. В результате было обнаружено, что высокая эффективность абсорбции и эффективное регулирование выделения аммиака в процессе декарбонизации на основе аммиака могут быть достигнуты за счет обеспечения четырех или более стадий абсорбции и регулирования температурного профиля на отдельных стадиях абсорбции, при необходимости в сочетании с регулированием добавления аммиака. Таким образом было создано настоящее изобретение.

Таким образом, задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы создать способ многостадийной декарбонизации с использованием обработки аммиаком, включающий в себя абсорбцию, с использованием аммиака в качестве абсорбента CO_2 из технологического газа в абсорбере, включающем в себя четыре или более стадий абсорбции, причем четыре или более стадий абсорбции включают в себя, последовательно расположенные по направлению потока технологического газа, первую стадию абсорбции, вторую стадию абсорбции, третью стадию абсорбции, четвертую стадию абсорбции и необязательную более высокую стадию абсорбции; и регулирование температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была не ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и температуры технологического газа на четвертой стадии и необязательной более высокой стадии абсорбции таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.

Способ настоящего изобретения позволяет эффективно снизить потребление энергии, повысить эффективность абсорбции и эффективно регулировать выделение аммиака.

Другая задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы создать устройство для осуществления способа настоящего изобретения, включающее в себя:

абсорбционный сосуд первой стадии, абсорбционный сосуд второй стадии,

абсорбционный сосуд третьей стадии, абсорбционный сосуд четвертой стадии и необязательный абсорбционный сосуд более высокой стадии, которые последовательно расположены по направлению потока технологического газа;

блок добавления аммиака, который выполнен с возможностью подачи абсорбента аммиака в один или несколько абсорбционных сосудов; и

средство регулирования температуры, которое выполнено с возможностью регулирования температуры технологического газа в абсорбционных сосудах второй стадии и третьей стадии таким образом, чтобы она была не ниже температуры технологического газа в абсорбционном сосуде первой стадии; в абсорбционных сосудах четвертой стадии и необязательной более высокой стадии таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа в абсорбционном сосуде первой стадии.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показано схематичное представление устройства для декарбонизации с использованием обработки аммиаком согласно некоторым вариантами осуществления настоящего изобретения.

Обозначения ссылочных позиций на фиг. 1 являются следующими:

1 – технологический газ; 2 – абсорбер; 3 – абсорбция на первой стадии абсорбера; 4 – циркуляционный насос первой стадии; 5 – насадка на первой стадии; 6 – сборник жидкости на первой стадии; 7 – циркуляционный насос второй стадии; 8 – абсорбция на второй стадии абсорбера; 9 – насадка на второй стадии; 10 – сборник жидкости на второй стадии; 11 – циркуляционный насос третьей стадии; 12 – абсорбция на третьей стадии абсорбера; 13 – насадка на третьей стадии; 14 – сборник жидкости на третьей стадии; 15 – циркуляционный насос четвертой стадии; 16 – абсорбция на четвертой стадии абсорбера; 17 – насадка на четвертой стадии; 18 – сборник жидкости на четвертой стадии; 19 – циркуляционный насос пятой стадии; 20 – абсорбция на пятой стадии абсорбера; 21 – насадка на пятой стадии; 22 – сборник жидкости на пятой стадии; 23 – циркуляционный насос шестой стадии; 24 – насадка на шестой стадии; 25 – абсорбция на шестой стадии абсорбера; 26 – каплеуловитель; 27 – аммиак; 28 – раствор/суспензия бикарбоната аммония; 29 – пополнение воды; 30 – декарбонизированный газ; 31 – теплообменник на первой стадии; 32 – теплообменник на второй стадии; 33 – теплообменник на третьей стадии; 34 – теплообменник на четвертой стадии; 35 – теплообменник на пятой стадии; 36 – теплообменник на шестой стадии.

Подробное описание изобретения

В первом аспекте настоящее раскрытие относится к способу многостадийной декарбонизации с использованием обработки аммиаком, включающему в себя абсорбцию,

с использованием аммиака в качестве абсорбента, CO_2 из технологического газа в абсорбере, включающем в себя четыре или более стадий абсорбции, причем четыре или более стадий абсорбции включают в себя, последовательно расположенные по направлению потока технологического газа, первую стадию абсорбции, вторую стадию абсорбции, третью стадию абсорбции, четвертую стадию абсорбции и необязательную более высокую стадию абсорбции; и

регулирование температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была не ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и температуры технологического газа на четвертой стадии абсорбции и необязательной более высокой стадии абсорбции таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.

Как понятно специалистам в данной области техники, в качестве абсорбирующей среды в способе настоящего изобретения можно использовать воду.

В некоторых вариантах осуществления температуру технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции регулируют таким образом, чтобы она была выше температуры технологического газа на первой стадии по меньшей мере на 1°C , предпочтительно по меньшей мере на 2°C и более предпочтительно по меньшей мере на 3°C . Предпочтительно температуру технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции регулируют таким образом, чтобы она была выше температуры технологического газа на первой стадии абсорбции не более чем на 30°C , предпочтительно не более чем на 25°C и более предпочтительно не более чем на 20°C .

В некоторых вариантах осуществления температуру технологического газа на четвертой и необязательной более высокой стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она была ниже, чем температура технологического газа на первой стадии абсорбции по меньшей мере на 1°C , предпочтительно по меньшей мере на 2°C и более предпочтительно по меньшей мере на 3°C . Предпочтительно, температуру технологического газа на четвертой и необязательно более высокой стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции не более чем на 25°C , предпочтительно не более чем на 20°C и более предпочтительно не более чем на 15°C .

В данном способе выполняется многостадийное добавление аммиака в абсорбер, и количество добавляемого аммиака в циркулирующую жидкость на заключительной стадии декарбонизационной абсорбции ниже, чем на предыдущей стадии, или аммиак не добавляется в циркулирующую жидкость на заключительной стадии декарбонизационной абсорбции. Добавление аммиака в абсорбционную циркулирующую жидкость может

привести к образованию карбамата или карбоната. Таким образом, этот способ добавления аммиака, то есть количество добавляемого аммиака в циркулирующую жидкость на заключительной стадии декарбонизационной абсорбции, которое меньше, чем на предыдущей стадии, или аммиак не добавляется в циркулирующую жидкость на заключительной стадии декарбонизационной абсорбции, полезен для уменьшения образования карбамата или карбоната, а также для регулирования выделения аммиака.

В некоторых вариантах осуществления количество добавляемого аммиака в циркулирующую жидкость на заключительной стадии декарбонизационной абсорбции составляет 20 мас.% или менее, или предпочтительно 10 мас.% или менее, или более предпочтительно 5 мас.% или менее или даже более предпочтительно 0 мас.% от общего количества аммиака, добавленного в течение всего процесса.

В некоторых вариантах осуществления температуру технологического газа на второй стадии абсорбции и температуру технологического газа на третьей стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она была одинаковой.

В некоторых вариантах осуществления температуру технологического газа на второй стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она была ниже, чем температура технологического газа на третьей стадии абсорбции, например, по меньшей мере на 1°C, или 2°C или 3°C.

В некоторых вариантах осуществления температуру технологического газа на первой стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 10°C до 30°C; температуру технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции регулируют таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 15°C до 35°C; и температуру технологического газа на четвертой и необязательной более высокой стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 5°C до 25°C, при условии, что температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции не должны быть ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и температуры технологического газа на четвертой и необязательной более высокой стадии абсорбции не должны быть ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.

В некоторых вариантах осуществления способ, согласно настоящему раскрытию, включает в себя регулирование температуры технологического газа и/или количества аммиака, добавляемого на первой стадии абсорбции, таким образом, чтобы способствовать выработке бикарбоната аммония на первой стадии абсорбции.

В некоторых вариантах осуществления многостадийное добавление аммиака выполняется в абсорбере, и количество добавляемого аммиака в циркулирующую

жидкость на первой стадии декарбонизационной абсорбции ниже, чем на второй стадии декарбонизационной абсорбции, или аммиак вообще не добавляется в циркулирующую жидкость на первой стадии декарбонизационной абсорбции. Предпочтительно, количество добавляемого аммиака в циркулирующую жидкость на первой стадии декарбонизационной абсорбции составляет 70 мас.% или менее, например, 50 мас.% или менее, или 30 мас.% или менее, или 10 мас.% или менее от количества аммиака, добавляемого в циркулирующую жидкость на второй стадии декарбонизационной абсорбции. Такой способ добавления аммиака позволяет увеличить производство бикарбоната аммония.

В некоторых вариантах осуществления способ, согласно настоящему раскрытию, дополнительно включает в себя сбор на первой стадии абсорбции раствора или суспензии бикарбоната аммония; и получение твердого бикарбоната аммония из раствора или суспензии.

В некоторых вариантах осуществления многостадийные абсорбционные системы абсорбера объединены в одну или несколько колонн, и устройство (компонент), пропускающее газ, расположено между стадиями.

В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере один слой распределителя циркулирующей жидкости расположен на каждой стадии абсорбции.

В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере один слой газожидкостного контактного компонента расположен на каждой стадии абсорбции, и газожидкостный контактный компонент предпочтительно представляет собой насадку.

В некоторых вариантах осуществления способ, согласно настоящему раскрытию, дополнительно включает в себя уменьшение температуры циркулирующей жидкости, подаваемой на стадии, с использованием теплообменника; и уменьшение температуры технологического газа путем распыления циркулирующей жидкости в технологическом газе.

В способе согласно настоящему раскрытию среди многостадийных абсорбирующих жидкостей, последовательно используемых по направлению потока технологического газа, абсорбирующая жидкость на предыдущей стадии пополняется абсорбирующей жидкостью непосредственно со следующей стадии, и абсорбирующая жидкость заключительной стадии пополняется водой.

Во втором аспекте предложено устройство для выполнения способа настоящего изобретения, содержащее:

абсорбционный сосуд первой стадии, абсорбционный сосуд второй стадии, абсорбционный сосуд третьей стадии, абсорбционный сосуд четвертой стадии и

необязательно абсорбционный сосуд более высокой стадии, которые последовательно расположены по направлению потока технологического газа;

блок добавления аммиака, который выполнен с возможностью подачи абсорбента аммиака в один или несколько абсорбционных сосудов; и

средство регулирования температуры, выполненное с возможностью регулирования температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была не ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и

температуры технологического газа на четвертой стадии и необязательно более высокой стадии абсорбции таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.

В некоторых вариантах осуществления, в устройстве согласно настоящему раскрытию, блок добавления аммиака выполнен с возможностью подачи абсорбента аммиака в многостадийные абсорбционные сосуды, при этом количество аммиака, добавляемого в декарбонизационную циркулирующую жидкость в абсорбционном сосуде на заключительной стадии, меньше, чем было добавлено непосредственно на предшествующей стадии, или аммиак не добавляется в декарбонизационную циркулирующую жидкость в абсорбционном сосуде на заключительной стадии.

В некоторых вариантах осуществления, в устройстве согласно настоящему раскрытию, блок добавления аммиака выполнен с возможностью подачи абсорбента аммиака в многостадийные абсорбционные сосуды, при этом количество аммиака, добавленного в декарбонизационную циркулирующую жидкость в абсорбционном сосуде первой стадии, меньше, чем было добавлено на второй стадии, или аммиак не добавляется в декарбонизационную циркулирующую жидкость на первой стадии.

В некоторых вариантах осуществления, в устройстве согласно настоящему раскрытию, средство регулирования температуры выполнено с возможностью регулирования температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была одинаковой.

В некоторых вариантах осуществления в устройстве, согласно настоящему раскрытию, средство регулирования температуры выполнено с возможностью регулирования температуры технологического газа на второй стадии абсорбции таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на третьей стадии абсорбции.

В некоторых вариантах осуществления, в устройстве согласно настоящему раскрытию, средство регулирования температуры выполнено с возможностью

регулирования температуры технологического газа на первой стадии абсорбции таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 10°C до 30°C; температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 15°C до 35°C; и температуры технологического газа на четвертой стадии и необязательной более высокой стадии абсорбции таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 5°C до 25°C, при условии, что температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции не ниже, чем температура технологического газа на первой стадии абсорбции, и температуры технологического газа на четвертой стадии и необязательной более высокой стадии абсорбции ниже, чем температура технологического газа на первой стадии абсорбции.

В некоторых вариантах осуществления устройство, согласно настоящему раскрытию, дополнительно включает в себя блок последующей обработки бикарбоната аммония, который выполнен с возможностью приема раствора или суспензии бикарбоната аммония с первой стадии абсорбции и получения из него твердого бикарбоната аммония.

В некоторых вариантах осуществления, в устройстве согласно настоящему раскрытию, многостадийные абсорбционные емкости объединены в одну или несколько колонн, и между стадиями расположено устройство (компонент), пропускающее газ.

В некоторых вариантах осуществления, в устройстве согласно настоящему раскрытию, на каждой стадии абсорбции расположен по меньшей мере один слой распределителя циркулирующей жидкости.

В некоторых вариантах осуществления, в устройстве согласно настоящему раскрытию, на каждой стадии абсорбции расположен по меньшей мере один слой газожидкостного контактного компонента, например, насадка.

В некоторых вариантах осуществления, в устройстве согласно настоящему раскрытию, среди многостадийных абсорбирующих жидкостей, последовательно используемых по направлению потока технологического газа, абсорбирующая жидкость на предыдущей стадии пополняется абсорбирующей жидкостью, находящейся непосредственно на следующей стадии, и абсорбирующую жидкость на последней стадии пополняют водой.

Иллюстративный вариант осуществления устройства/способа, согласно изобретению, теперь будет описан со ссылкой на сопроводительные чертежи. Технологический газ 1, содержащий диоксид углерода, поступает в абсорбер 2 и сначала подвергается абсорбции 3 на первой стадии. Жидкость закачивается в верхнюю часть на первой стадии с использованием циркуляционного насоса 4 на первой стадии, протекает через насадку 5 на первой стадии и контактирует с технологическим газом, и затем

возвращается в нижнюю часть на первой стадии. Циркулирующая жидкость на первой стадии охлаждается с использованием теплообменника 31, и температура технологического газа снижается после того, как циркулирующая жидкость проконтактировала с технологическим газом. Аммиак 27 добавляют в абсорбционную жидкость на первой стадии через трубу, и диоксид углерода в технологическом газе поглощается при контакте жидкость-газ. Технологический газ, подвергнутый абсорбции и охлаждению на первой стадии, поступает на вторую стадию абсорбции через жидкостной коллектор 6, при этом технологический процесс на второй стадии является таким же, как и на первой стадии. Абсорбционная жидкость с второй стадии перетекает в абсорбционную жидкость на первой стадии. Технологический газ, подвергнутый абсорбции и охлаждению на второй стадии, поступает на третью стадию абсорбции через жидкостной коллектор 10, и процедура процесса на третьей стадии является такой же, как и на первой стадии. Абсорбционная жидкость с третьей стадии перетекает в абсорбционную жидкость на второй стадии. Обработанный технологический газ затем последовательно проходит аналогичную абсорбцию на третьей стадии, абсорбцию на четвертой стадии, абсорбцию на пятой стадии и абсорбцию на шестой стадии.

Раствор/суспензия бикарбоната аммония выгружается из нижней части на первой стадии абсорбции через насос для производства твердого бикарбоната аммония (не показан).

Вода 29 для пополнения системы подается на шестую стадию абсорбции. В верхней части на шестой стадии абсорбции расположен каплеуловитель, и из верхней части башни выводится обезвоженный технологический газ.

Пример 1

Декарбонизацию с использованием обработки аммиаком выполняли с использованием устройства, показанного на сопроводительном чертеже.

В этом способе количество аммиака, добавленного в абсорбирующую жидкость на первой стадии, составляло 2 мас.% от общего количества добавленного аммиака, количество аммиака, добавленного в абсорбирующую жидкость на второй стадии, составляло 8 мас.% от общего количества добавленного аммиака, количество аммиака, добавленного в абсорбирующую жидкость на третьей стадии, составляло 40 мас.% от общего количества добавленного аммиака, количество аммиака, добавленного в абсорбирующую жидкость на четвертой стадии, составляло 40 мас.% от общего количества добавленного аммиака, количество аммиака, добавленного в абсорбирующую жидкость на пятой стадии, составляло 10 мас.% от общего количества добавленного аммиака, и аммиак не добавляли в абсорбирующую жидкость на шестой стадии.

Температуру на отдельных стадиях абсорбции регулировали следующим образом:

первая стадия: 25°C

вторая стадия: 30°C

третья стадия: 33°C

четвертая стадия: 22°C

пятая стадия: 22°C

шестая стадия: 22°C

В качестве абсорбента для декарбонизации использовался 99,6%-й жидкий аммиак, и параметры технологического газа перед декарбонизацией показаны ниже в таблице:

Порядковый номер	Название параметра	Значение
1	Расход газа, Нм ³ /ч	80000
2	Температура, °C	30
3	Содержание SO ₂ , мг/Нм ³	5
4	Содержание CO ₂ , об.% (объемных процентов)	13
5	Содержание NH ₃ , ppm (частей на миллион)	3

Основные параметры после обработки в декарбонизационной колонне показаны ниже в таблице:

Порядковый номер	Название параметра	Значение
1	Расход газа на выходе из колонны декарбонизации, Нм ³ /ч	73896
2	Содержание CO ₂ на выходе из колонны декарбонизации, об.%	5,75
3	NH ₃ на выходе из колонны декарбонизации, ppm	1000
4	Эффективность декарбонизации, %	60
5	Количество побочного продукта бикарбоната аммония, т/ч	22,5
6	Потребление жидкого аммиака 99,6%, т/ч	4,86

Сравнительный пример 1

По сравнению с примером 1 единственным отличием было добавление аммиака. Аммиак добавляли во все области декарбонизационной абсорбции с первой по шестую стадии с эквивалентными добавляемыми количествами аммиака на шести стадиях.

Так как количество аммиака, добавленного в область декарбонизационной абсорбции на первой стадии, достигло 16,7%, бикарбонату аммония было трудно образоваться в растворе, и кристаллы бикарбоната аммония не были получены. Количество аммиака, добавленного в области декарбонизационной абсорбции шестой стадии, достигло 16,7%, что привело к значительному увеличению количества выходящего аммиака для декарбонизации, при этом количество выходящего аммиака в технологическом газе, подвергнутом декарбонизации, достигало 5000 ppm. Соответственно, блок последующего удаления аммиака имел повышенную нагрузку по удалению аммиака.

Основные параметры газа после декарбонизации приведены ниже в таблице:

Порядковый номер	Название параметра	Значение
1	Расход газа на выходе из абсорбционно-декарбонизационной колонны, $\text{Нм}^3/\text{ч}$	77339
2	Содержание CO_2 на выходе из абсорбционно-декарбонизационной колонны, об. %	8,11
3	Содержание NH_3 на выходе из абсорбционно-декарбонизационной колонны, ppm	5000
4	Содержание SO_2 на выходе из абсорбционно-декарбонизационной колонны, $\text{мг}/\text{Нм}^3$	5
5	Эффективность декарбонизации, %	40
6	Количество побочного продукта бикарбоната аммония, т/ч	15,0
7	Расход 99,6%-го жидкого аммиака, т/ч	3.39

Сравнительный пример 2

По сравнению с примером 1 единственным отличием было регулирование температуры. Температура области декарбонизационной абсорбции на первой стадии составляла 25°C , и температуры областей декарбонизационной абсорбции на второй - шестой стадиях были одинаковыми, и все они были установлены на 22°C .

Так как области декарбонизационной абсорбции на второй и третьей стадиях регулировали до относительно низкой температуры, и, таким образом, они имели уменьшенную разность температур от источника холода, площади теплообмена, необходимые для теплообменников 32 и 33, были увеличены по сравнению с площадью теплообмена в примере 1, тем самым увеличивая инвестиционные затраты на оборудование. Кроме того, когда температура окружающей среды равна 22°C , источником холода, используемым для теплообменников 32 и 33 для областей декарбонизационной абсорбции второй и на третьей стадии в примере 1, может быть низкотемпературный окружающий воздух, который охлаждается воздушным охладителем, тем самым экономя эксплуатационные расходы. В сравнительном примере 2, так как температура окружающей среды и целевая температура одинаковы, и обе установлены на 22°C , охлаждение с использованием воздушного охладителя было невозможным, и для охлаждения использовалась охлажденная вода с высоким потреблением энергии.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ многостадийной декарбонизации с использованием обработки аммиаком, содержащий:

абсорбцию, с использованием аммиака в качестве абсорбента, CO_2 из технологического газа в абсорбере, включающем в себя четыре или более стадий абсорбции, причем четыре или более стадий абсорбции, которые последовательно расположены по направлению потока технологического газа, включают в себя первую стадию абсорбции, вторую стадию абсорбции, третью стадию абсорбции, четвертую стадию абсорбции и необязательную более высокую стадию абсорбции; и

регулирование температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была не ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и температура технологического газа на четвертой стадии абсорбции и необязательной более высокой стадии абсорбции таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.

2. Способ по п. 1, имеющий по меньшей мере один из следующих признаков:

- осуществляют многостадийное добавление аммиака в абсорбер, причем количество добавляемого аммиака в циркулирующую жидкость на заключительной стадии декарбонизационной абсорбции меньше, чем на предыдущей стадии, или аммиак не добавляют в циркулирующую жидкость на заключительной стадии декарбонизационной абсорбции;

- осуществляют многостадийное добавление аммиака в абсорбер, причем количество добавляемого аммиака в циркулирующую жидкость на первой стадии декарбонизационной абсорбции меньше, чем на второй стадии декарбонизационной абсорбции, или аммиак не добавляют в циркулирующую жидкость на первой стадии декарбонизационной абсорбции.

3. Способ по п. 1, имеющий по меньшей мере один из следующих признаков:

- температуру технологического газа на второй стадии абсорбции и температуру технологического газа на третьей стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она была одинаковой, или температуру технологического газа на третьей стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она была выше температуры технологического газа на второй стадии абсорбции;

- температуру технологического газа на первой стадии абсорбции регулируют таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 10°C до 30°C ;

температуру технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции регулируют таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 15°C до 35°C ;

температуру технологического газа на четвертой стадии абсорбции и необязательной более высокой стадии абсорбции регулируют в диапазоне от 5°C до 25°C;

при условии, что температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции не ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и температуры технологического газа на четвертой стадии абсорбции и необязательной более высокой стадии абсорбции ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.

4. Способ по п. 1, имеющий по меньшей мере один из следующих признаков:

- температуру технологического газа и количество аммиака, добавляемого на первой стадии абсорбции, регулируют таким образом, чтобы способствовать выработке бикарбоната аммония на первой стадии абсорбции;

- раствор или суспензию бикарбоната аммония собирают на первой стадии абсорбции и используют для получения из него твердого бикарбоната аммония.

5. Способ по п. 1, имеющий по меньшей мере один из следующих признаков:

- абсорбер объединен в одну или несколько колонн, и между стадиями расположено устройство, пропускающее газ;

- на каждой стадии абсорбции расположен по меньшей мере один слой распределителя циркулирующей жидкости;

- на каждой стадии абсорбции расположен по меньшей мере один слой газожидкостного контактного компонента и газожидкостный контактный компонент предпочтительно представляет собой насадку;

- температуру циркулирующей жидкости снижают за счет использования теплообменника, и температуру технологического газа снижают за счет распыления циркулирующей жидкости;

- среди многостадийных абсорбирующих жидкостей, последовательно используемых по направлению потока технологического газа, абсорбирующую жидкость на предыдущей стадии пополняют абсорбирующей жидкостью непосредственно со следующей стадии, и абсорбирующую жидкость заключительной стадии пополняют водой.

6. Устройство для осуществления способа по любому из пп. 1-5, содержащее:

абсорбционный сосуд первой стадии, абсорбционный сосуд второй стадии, абсорбционный сосуд третьей стадии, абсорбционный сосуд четвертой стадии и необязательно абсорбционный сосуд более высокой стадии;

блок добавления аммиака, который выполнен с возможностью подачи абсорбента аммиака в один или несколько абсорбционных сосудов; и

средство регулирования температуры, выполненное с возможностью регулирования температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была не ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и температуры технологического газа на четвертой и необязательной более высокой стадиях абсорбции таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.

7. Устройство по п. 6, имеющее по меньшей мере один из следующих признаков:

- блок добавления аммиака выполнен с возможностью подачи абсорбента аммиака на несколько стадий абсорбции, причем количество аммиака, добавляемого в декарбонизационную циркулирующую жидкость на заключительной стадии абсорбции, меньше, чем непосредственно на предшествующей стадии, или аммиак не добавляют в декарбонизационную циркулирующую жидкость на заключительной стадии абсорбции;

- блок добавления аммиака выполнен с возможностью подачи абсорбента аммиака на несколько стадий абсорбции, причем количество аммиака, добавляемого в декарбонизационную циркулирующую жидкость на первой стадии абсорбции, меньше, чем на второй стадии абсорбции, или аммиак не добавляют в декарбонизационную циркулирующую жидкость на первой стадии абсорбции;

- средство регулирования температуры выполнено с возможностью регулирования температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы они были одинаковыми, или средство регулирования температуры выполнено с возможностью регулирования температуры технологического газа на второй стадии абсорбции таким образом, чтобы она была ниже температуры технологического газа на третьей стадии абсорбции;

- средство регулирования температуры выполнено с возможностью регулирования: температуры технологического газа на первой стадии абсорбции в диапазоне от 10°C до 30°C; температуры технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 15°C до 35°C; и температуры технологического газа на четвертой и дополнительной более высокой стадиях абсорбции таким образом, чтобы она находилась в диапазоне от 5°C до 25°C, при условии, что температура технологического газа на второй и третьей стадиях абсорбции не ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции, и температура технологического газа на четвертой и необязательной более высокой стадиях абсорбции ниже температуры технологического газа на первой стадии абсорбции.

8. Устройство по п. 6, дополнительно содержащее блок последующей обработки бикарбоната аммония, который выполнен с возможностью приема раствора или суспензии

бикарбоната аммония с первой стадии абсорбции и получения из него твердого бикарбоната аммония.

9. Устройство по п. 6, имеющее по меньшей мере один из следующих признаков:

- многостадийные абсорбции объединены в одну или несколько колонн, и между стадиями расположено устройство, пропускающее газ;

- по меньшей мере один слой распределителя циркулирующей жидкости расположен на каждой стадии абсорбции;

- по меньшей мере один слой газожидкостного контактного компонента, предпочтительно насадка, расположен на каждой стадии абсорбции;

- устройство выполнено таким образом, чтобы обеспечить среди многостадийных абсорбирующих жидкостей, последовательно используемых по направлению потока технологического газа, пополнение абсорбирующей жидкости на предыдущей стадии абсорбирующей жидкостью непосредственно со следующей стадии, и пополнение абсорбирующей жидкости заключительной стадии водой.

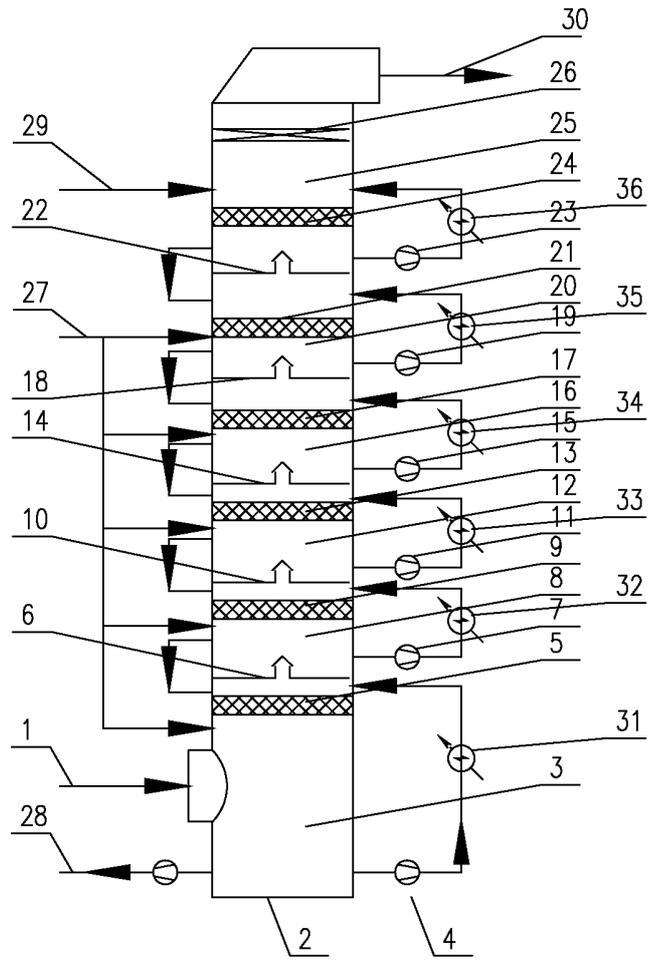


FIGURE 1