

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 028458

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2017.11.30

(51) Int. Cl. B01D 53/52 (2006.01)
B01D 53/58 (2006.01)
B01D 53/34 (2006.01)

(21) Номер заявки
201490561

(22) Дата подачи заявки
2012.09.07

(54) СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ СЖИГАНИЯ АММИАКА

(31) 2007381

(56) GB-A-2116531
US-B1-6902713
US-A1-2008247927

(32) 2011.09.09

(33) NL

(43) 2014.07.30

(86) PCT/NL2012/050626

(87) WO 2013/036124 2013.03.14

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

ДЁЙКЕР КОМБАСЧЕН
ИНЖИНИЭРС Б.В. (NL)

(72) Изобретатель:

Бетлем Мартен, Олстхорн Шак, Ван
Велсен Марк (NL)

(74) Представитель:

Хмара М.В., Рыбаков В.М.,
Новоселова С.В., Дощечкина В.В.,
Липатова И.И. (RU)

(57) Изобретение относится к способу сжигания NH₃ в установке для сжигания NH₃, включающему первый этап сжигания при контролируемых субстехиометрических условиях сжигания и второй этап сжигания с использованием количества кислорода, превышающего стехиометрическое, в результате чего получают поток продукта с образованием меньшего количества NO. Изобретение также относится к установке для сжигания NH₃.

B1

028458

028458
B1

Область техники

Изобретение относится к сжиганию аммиака (NH_3). В частности, настоящее изобретение относится к способу сжигания NH_3 с меньшим образованием оксида азота (NO), контролю данного способа сжигания, а также установке для сжигания NH_3 .

Уровень техники

NH_3 (аммиак) представляет собой коррозийный бесцветный газ с резким запахом. Он имеет естественное происхождение, а также производится в химической промышленности. Потоки отработанных газов, содержащие аммиак, часто встречаются на нефтеперерабатывающих производствах. Иногда данные потоки отработанных газов также содержат в аналогичных пропорциях сероводород.

Утилизировать NH_3 можно посредством сжигания NH_3 или, как вариант, в процессе Клауса. Два данных способа ликвидации NH_3 различаются в плане требований к оборудованию, химизма и условий протекания процесса. Но в обоих случаях достигается цель по ликвидации NH_3 . Таким образом, потоки газообразного сероводорода (H_2S), содержащие NH_3 , можно использовать в качестве потока сырья в процессе Клауса. Процесс Клауса представляет собой процесс десульфуризации газа с получением элементарной серы из газообразного сероводорода. Более того, процесс Клауса представляет собой очень эффективный процесс конверсии NH_3 в присутствии H_2S и SO_2 с меньшим или нулевым образованием NO.

Недостатком процесса Клауса является образование аммониевых солей при использовании сырья, где помимо H_2S содержится NH_3 . Печь Клауса, адаптированная к присутствию в ней NH_3 , таким образом, работает при более высокой температуре (обычно при повышенной температуре по меньшей мере при 1250°C). Более того, количество кислорода, требуемое при использовании смешанных газовых потоков, по сравнению с использованием потока относительно чистого H_2S , существенно выше, что увеличивает производственные и капитальные затраты.

Согласно международной заявке WO 2006/106289 поток газа, содержащий сероводород и аммиак, поступает из отпарной колонны на одноэтапную стадию сжигания или в печь установки Клауса. Процесс сжигания проводится при таких условиях, при которых ликвидируется практически весь аммиак. Процесс сжигания поддерживается газовым потоком, содержащим по меньшей мере 40 об.% кислорода.

В международной заявке WO 2008/124625 раскрыты способы окисления и восстановления для экономичной ликвидации газового потока, содержащего аммиак, и потенциально содержащего небольшое, но значимое количество сероводорода, в стандартной установке Клауса для сжигания остаточных газов и регенерации серы с применением контроля за расходом и составами газов горения с целью достичь температуры, необходимой для требуемой ликвидации нежелательных горючих веществ.

В патенте US 6902713 раскрыта процедура частичного окисления газа, содержащего сероводород и аммиак, в печи Клауса с помощью обогащенного кислородом газа. Процедура включает в себя измерение содержания остаточного аммиака на выходе из печи (т.е. после прохождения различных стадий процесса Клауса и независимо от выхода продукта и конверсии во время процесса Клауса), сравнение данного значения с максимальным значением, заданным пользователем установки Клауса, а также корректировка расхода обогащенного кислородом газа пропорционально расходу аммиачного газа соответственно. Содержание остаточного аммиака измеряется непрерывно посредством лазерного диода, находящегося в главном газоходе или трубопроводе для отбора проб на выходе из печи Клауса, при этом газы из трубы для отбора проб вновь подаются в главный газоход, а расход обогащенного кислородом газа корректируется с помощью контура управления между прибором непрерывного измерения и блоком автоматического управления регулятора. Данный высокосернистый газ может содержать до 60 мол.% аммиака и содержит значительное количество сероводорода.

Несмотря на то что преимуществом вышеуказанных способов утилизации потоков отработанных газов, содержащих сероводород и аммиак, является то, что практически весь аммиак ликвидируется, к сожалению, печь Клауса не всегда доступна. Более того, стандартная печь Клауса довольно сложна и включает несколько стадий частичного сжигания сероводорода и проведения реакции Клауса между сероводородом и диоксидом серы с образованием элементарной серы, несколько конденсаторов для получения элементарной серы, а также несколько подогревателей для подогрева оставшихся газов перед последующими реакциями. Другими словами, несмотря на то что применение улучшенных процесса и печи Клауса описывается выше как обеспечивающее практически полное сжигание NH_3 без образования NO, недостатком является капитальные вложения в достаточно дорогую печь Клауса и оборудование, располагающееся следом за печью Клауса, что приводит к относительно высоким производственным затратам. Наконец, как раскрыто в патенте US 6902713, даже для процесса Клауса обычно требуется установка для сжигания остаточных газов процесса Клауса.

Специальная установка для сжигания NH_3 больше подходит для утилизации потоков отработанных газов, содержащих NH_3 в качестве основного или единственного горючего компонента, чем процесс Клауса. Однако проблема установок для сжигания NH_3 состоит в том, что во время сгорания могут образовываться оксиды азота. Необходимо ликвидировать преимущественно весь аммиак в данных газовых потоках, но без образования заметного количества оксидов азота в потоке газа, выходящем в процессе сжигания.

В патенте GB 2116531 раскрыты способ и установка для одновременного избавления от отработанного газа, содержащего NH_3 , и отработанного газа, содержащего горючие сернистые соединения. В данном процессе сжигание проводят в три отдельных этапа, при этом сжигание отработанного газа, содержащего горючие сернистые соединения, происходит на третьем этапе. На первом этапе сжигания отработанный газ, содержащий NH_3 , сжигают в присутствии топливного газа первым субстехиометрическим количеством свободного кислорода в установке для сжигания. Затем газы горения смешивают со вторым количеством свободного кислорода, при этом и первое, и второе количества вместе являются сверхстехиометрическими, и сжигают получившуюся смесь во второй установке для сжигания. Никакой информации о том, как оптимизировать эффективность процесса сжигания с последующим образованием меньшего количества NO , не предоставлено.

В патенте JP 49042749 процесс сжигания аммиака воздухом раскрыт как двухстадийный процесс с промежуточным охлаждением.

Из патента EP 1106239 известен альтернативный способ. Газовый поток, содержащий по меньшей мере 50 об.% аммиака, но меньше 5 об.% сероводорода, сжигают в реакционной зоне, куда подают кислород и обогащенный кислородом воздух. И сжигание, и термический крекинг аммиака происходят в реакционной зоне. Объем подачи кислорода в реакционную зону составляет от 75 до 98% от стехиометрического коэффициента, требуемого для полного сгорания всех горючих жидкостей, подаваемых в реакционную зону, поэтому соотношение кислорода к аммиаку еще меньше. Затем поток, выходящий из реакционной зоны, сжигают (предпочтительно используя чистый кислород или обогащенный кислородом воздух) и выбрасывают в атмосферу. При этих условиях ликвидируется практически весь аммиак в отходящем газе, при этом можно минимизировать образование оксидов азота. Поэтому данный способ требует использования чистого кислорода или обогащенного кислородом воздуха. Более предпочтителен такой способ сжигания NH_3 , который бы не основывался на использовании чистого кислорода или обогащенного кислородом воздуха. Однако желательно снизить количество образуемого NO до 100 м.д. или меньше, предпочтительно до менее 50 м.д.

Авторы настоящего изобретения поставили задачу оптимизировать способ сжигания NH_3 , например потока, содержащего по меньшей мере 30 об.% NH_3 и предпочтительно содержащий не больше 40 об.% H_2S , и при этом снизить образование NO до менее 100 м.д. NO . Данная задача была решена следующим образом.

Сущность изобретения

В изобретении предлагается способ сжигания NH_3 в установке для сжигания NH_3 , включающий:

(а) первый этап сжигания, отличающийся тем, что:

i) газовый поток, содержащий NH_3 , и необязательно поток топлива в условиях сжигания подвергают взаимодействию с первым кислородсодержащим потоком при субстехиометрическом количестве кислорода в первом кислородсодержащем потоке относительно NH_3 в газовом потоке с получением при этом первого потока продукта;

ii) проводят анализ состава первого потока продукта на содержание остаточного NH_3 и/или образовавшегося HCS , и/или образовавшегося NO , а также

iii) регулируют состав первого кислородсодержащего потока и/или газового потока, содержащего NH_3 , и/или поток топлива, если есть, на основе анализа первого потока продукта таким образом, чтобы образовался первый поток продукта, содержащий и остаточный NH_3 и NO , но не более 250 м.д. H_2S и не более 250 м.д. NO ; а также

(б) второй этап сжигания, включающий следующие стадии:

i) первый поток продукта в условиях сжигания подвергают взаимодействию со вторым кислородсодержащим потоком при количестве кислорода, превышающем стехиометрическое, с получением при этом второго потока продукта.

Данный способ, в частности, подходит для утилизации газовых потоков, содержащих большие количества NH_3 и относительно малые количества H_2S , если есть. Также в соответствии с настоящим изобретением предусмотрена подходящая для использования в данном способе установка для сжигания NH_3 .

Краткое описание фигур

Фигура представляет собой упрощенную схему установки для сжигания NH_3 согласно настоящему изобретению.

Представлена установка для сжигания NH_3 , содержащая первую реакторную зону 100, включающую: горелку 110 для сжигания NH_3 ; входной патрубок 120 у горелки 110 для первого кислородсодержащего потока (B), оборудованный первым прибором контроля кислорода 121 для регулирования количества кислородсодержащего потока; входной патрубок 130 у горелки 110 для газового потока (A), содержащего NH_3 , необязательно оборудованный первым прибором контроля NH_3 131 для регулирования количества NH_3 -содержащего потока; необязательный входной патрубок 140 у горелки 110 для потока топлива (C), необязательно оборудованный первым прибором контроля топлива 141 для регулирования количества потока топлива; выходной патрубок 160, расположенный за реакционной зоной 100, для первого потока продукта, подготовленного в реакционной зоне 100; анализатор 170 в конце реакционной

зоны 100 с функцией анализа содержания NH_3 и/или HCN и/или NO в первом потоке продукта, полученного в реакционной зоне 100, и функцией контроля работы одного или больше первых контрольных приборов 121, 131 и 141; и необязательно прибор контроля температуры 180, расположенный за реакционной зоной 100 (например, в виде теплоотвода или котла-utiлизатора для утилизации теплоты реакции); а также включающая вторую реакционную зону 200, расположенную за реакционной зоной 100, для сжигания первого потока продукта, полученного в реакционной зоне 100, и включающую входной патрубок 230 в начале реакционной зоны 200 для первого потока продукта, полученного в реакционной зоне 100; включающую входной патрубок 220 в начале реакционной зоны 200 для второго кислородсодержащего потока (B), необязательно оборудованный вторым контрольным прибором 221 для регулирования количества второго кислородсодержащего потока; необязательно включающую вторую горелку 210; оборудованную входным патрубком 211 у второй горелки 210 для третьего кислородсодержащего потока (B) и входным патрубком 212 у второй горелки 210 для второго потока топлива (C); необязательно оборудованную входным патрубком 250 в начале реакционной зоны 200 для потока отработанных газов (D); выходной патрубок 260, расположенный за реакционной зоной 200, для второго потока продукта, полученного в реакционной зоне 200; необязательно оборудованный анализатором 270 в конце реакционной зоны 200 с функцией анализа содержания кислорода во втором потоке продукта, полученном в реакционной зоне 200, и предпочтительно с функцией регулирования работы второго контрольного прибора 221; а также необязательно оборудованной котлом-utiлизатором 280, расположенным за реакционной зоной 200 для утилизации теплоты реакции.

Способы осуществления изобретения

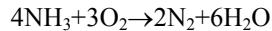
Ниже раскрыты предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения.

Условия сжигания известны. Обычно NH_3 сжигают при атмосферном давлении. Реакция является экзотермической и температура обычно достигает примерно 1500°C в зависимости от дополнительных компонентов (например, добавленного топлива) NH_3 -содержащего потока. Данный процесс представляет особый интерес относительно потоков отработанных газов, содержащих по меньшей мере 30 об.%, предпочтительно по меньшей мере 50 об.% NH_3 , более предпочтительно по меньшей мере 60 об.% NH_3 . Газовый поток может содержать некоторое количество H_2S , предпочтительно максимум 40 об.% H_2S , более предпочтительно максимум 5 об.% H_2S . Газовые потоки, содержащие большее количество H_2S , лучше утилизировать в печах Клауса. Подходящими источниками NH_3 -содержащих газовых потоков являются, например, потоки из отпарной колонны кислой воды.

На фигуре представлена упрощенная схема установки для сжигания NH_3 согласно настоящему изобретению.

Чтобы начать реакцию, поток топлива поджигают вместе с кислородом в реакторной зоне 100 для достижения требуемых условий сжигания. Для сжигания NH_3 в реакторной зоне 100 предпочтительна температура в пределах от 950 до 1700°C , более предпочтительно в пределах от 1200 до 1400°C . При температуре ниже 950°C будет трудно достичь стабильного сгорания NH_3 -содержащего потока. Для проведения процесса сжигания при температуре выше 1700°C не подходят огнеупорные облицовочные материалы, которые обычно используются для теплоизоляции. NH_3 -содержащий поток вводят по достижении подходящей температуры. Топливо можно смешивать с NH_3 -содержащим потоком, после чего происходит совместная реакция с первым кислородсодержащим потоком. Например, целесообразно добавлять топливо в тех случаях, когда NH_3 -содержащий поток содержит воду. Присутствие воды может уменьшить количество выделившегося тепла в реакторе. Таким образом, количества топлива, добавляемого в NH_3 -содержащий поток, должно быть достаточно для поддержания температуры реакции в пределах от 950 до 1700°C , предпочтительно в пределах от 1200 до 1400°C . Что касается варианта осуществления настоящего изобретения, раскрытое ниже, предполагается, что NH_3 -содержащий поток, по существу, свободен от воды. Поэтому добавлять топливный газ не требуется.

В идеале сгорание NH_3 происходит без образования NO или таких побочных продуктов, как HCN , и в соответствии со следующей формулой реакции:



В идеале соотношение массы NH_3 к массе кислорода составляет примерно 2:3 (т.е. $4 \times 17:3 \times 32$). Однако содержание NH_3 в NH_3 -содержащем потоке обычно меньше 100%, в то время как содержание кислорода в воздухе с установки, который обычно применяется в качестве кислородсодержащего потока вместо чистого кислорода, составляет примерно 20 об.%. Поэтому соотношение массы NH_3 -содержащего потока к массе кислородсодержащего потока обычно составляет примерно 1:6. Однако с течением времени содержание NH_3 в NH_3 -содержащем потоке может колебаться, равно как и содержание других компонентов. Для поддержания более или менее стабильного состояния анализатор 170 регулирует работу первого контрольного прибора 121 (например, один или несколько клапанов), который корректирует количество кислорода, подаваемого в реакционную зону 100. В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения анализатор 170 регулирует работу первого контрольного прибора 131, который корректирует количество NH_3 , подаваемого в реакционную зону 100. В другом альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения анализатор 170 регулирует работу первого контрольного прибо-

ра 141, который корректирует количество топлива, подаваемого в реакционную зону 100. Также возможно комбинированное регулирование работы двух или более первых контрольных приборов. В случае, если в реакционной зоне 100 нет других горючих компонентов, тогда кислород подают в таком объеме, чтобы достичь уровня в 95-98% от стехиометрического коэффициента, требуемого для сжигания всего NH_3 . В том случае, если NH_3 -содержащий поток включает другие горючие компоненты, например топливо, тогда количество кислорода следует увеличить до 50-99% от стехиометрического относительно горючих компонентов, присутствующих в газовых потоках. Применение анализатора 170 в соответствии с настоящим изобретением имеет то преимущество, что параметры реагентов можно регулировать несмотря на довольно сложное взаимодействие в тех случаях, когда используется множество компонентов, и, следовательно, имеют место множественные реакции в меняющихся условиях сжигания. Например, количество кислорода можно регулировать посредством увеличения массового соотношения кислорода к NH_3 -содержащему потоку. В качестве альтернативы можно обогатить кислородом воздух, используемый как кислородный поток.

Кислородсодержащий поток можно подавать в один или более входных патрубков, но достаточно подавать в один. Время пребывания реагентов в реакционной зоне 100 может быть недолгим, т.е. 1 с или меньше, даже 0,2 с или меньше.

В качестве анализатора 170 можно использовать различные анализаторы. Предпочтительно, чтобы анализатор 170 представлял собой лазерный диод, который анализировал бы содержание остаточного NH_3 в конце реакционной зоны 100. Анализ можно проводить с различными интервалами или непрерывно. В тех случаях, когда требуется небольшое время ожидания, например из-за быстрых изменений в содержании реагентов в поступающих потоках, тогда предпочтительно проводить анализ непрерывно или полунепрерывно (например, каждые 5 с или с более коротким интервалом). Анализ можно проводить на линии байпаса или в реакционной зоне 100. Условия для анализа первого потока продукта на линии байпаса можно оставить неизменными, это повысит достоверность получаемых данных. С другой стороны, при анализе в реакционной зоне 100 время ожидания при изменении состава газового потока меньше и вследствие этого контроль условий сжигания лучше.

В соответствии с изобретением NH_3 сжигают в реакторной зоне 100 вплоть до завершения процесса, но не полного. Чтобы все еще оставалось некоторое количество NH_3 . Если процесс сжигания завершен на стадии, когда содержание остаточного NH_3 равно (почти равно) нулю, тогда процесс образования NO уже начался и обнаружили, что общее количество образовавшегося NO может оказаться слишком большим. Если процесс сжигания в реакторной зоне 100 не выполняется в течение достаточно длительного периода, тогда в газовом потоке будет высокое содержание NH_3 , что приведет к содержанию большого количества NO , когда данный газовый поток будут сжигать в реакторной зоне 200. Другими словами, авторы настоящего изобретения обнаружили, что чтобы снизить содержание NO в конечном продукте, реакция на первой стадии должна продолжаться до образования некоторого количества NO .

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения первый кислородсодержащий поток и/или любой другой поступающий поток, участвующий в реакции, регулируют таким образом, чтобы содержание NH_3 в первом потоке продукта было меньше 100 м.д., более предпочтительно меньше 50 м.д. Можно использовать альтернативные анализаторы, регулирующие первый кислородсодержащий поток на основе других компонентов, которые могут присутствовать в первом потоке продукта, например, HCN или NO . Например, когда возгорается пламя пропана/воздуха с содержанием NH_3 4%, в результате чего образуется продукт горения HCN , тогда один или более поступающих потоков, участвующих в реакции, можно отрегулировать таким образом, чтобы содержание HCN в первом потоке продукта составляло меньше 1400 м.д., предпочтительно меньше 1000 м.д. Аналогичным образом один или более поступающих потоков, участвующих в реакции, можно отрегулировать таким образом, чтобы содержание NO в первом потоке продукта составляло менее 200 м.д., предпочтительно менее 100 м.д.

Во второй реакционной зоне 200 температуру предпочтительно поддерживать в пределах от 800 до 1100°C, более предпочтительно в пределах от 850 до 1000°C. Кислород подается в объеме, достаточном для того, чтобы обеспечить полное сжигание. В случае, если температура реакции в результате сжигания горючих компонентов в первом потоке продукта падает ниже нижнего предела, тогда, возможно, целесообразно добавить топливо. Возможно, также целесообразным будет снизить температуру в реакционной зоне 200, например посредством добавления воды в любой из поступающих потоков. Как раскрыто более подробно ниже, подогрев последующего потока отработанных газов, который затем сжигают в реакционной зоне 200, является очень эффективным способом использования повышенной температуры первого потока продукта.

Дизайн горелки 110 установки для сжигания в реакционной зоне 100 и необязательной горелки 210 установки для сжигания в реакционной зоне 200 не особенно важен. Можно использовать различные типы горелок для установок для сжигания. Предпочтительно использовать горелку, смешивающую поток(-и) горючих веществ и кислородсодержащий поток. Горелка может быть оборудована зажигателем.

Дизайн реакционных зон 100 и 200 также не имеет значения. В принципе, обе реакционные зоны установки для сжигания NH_3 могут быть частью одного реактора или представлять собой два отдельных реактора, соединенных между собой.

В настоящем изобретении также предлагается используемая в вышеописанном способе установка для сжигания NH_3 , содержащая первую реакторную зону 100, включающую горелку 110 для сжигания NH_3 ; входной патрубок 120 у горелки 110 для первого кислородсодержащего потока, оборудованный первым прибором контроля кислорода 121 для регулирования количества кислородсодержащего потока; входной патрубок 130 у горелки 110 для газового потока, содержащего NH_3 , необязательно оборудованный первым прибором контроля NH_3 131 для регулирования количества NH_3 -содержащего потока; необязательно входной патрубок 140 у горелки 110 для потока топлива, необязательно оборудованный первым прибором контроля топлива 141 для регулирования количества потока топлива; выходной патрубок 160, расположенный за реакционной зоной 100, для первого потока продукта, полученного в реакционной зоне 100; анализатор 170 в конце реакционной зоны 100 с функцией анализа содержания NH_3 и/или HCN и/или NO в первом потоке продукта, полученным в реакционной зоне 100, и с функцией регулирования работы одного или более первых контрольных приборов 121, 131 и 141; и необязательно прибор контроля температуры 180, расположенный за реакционной зоной 100 (например, в виде теплоотвода или котла-utiлизатора для утилизации теплоты реакции); а также включающая вторую реакционную зону 200, расположенную за реакционной зоной 100, для сжигания первого потока продукта, подготовленного в реакционной зоне 100, и которая включает входной патрубок 230 в начале реакционной зоны 200 для первого потока продукта, подготовленного в реакционной зоне 100; включает входной патрубок 220 в начале реакционной зоны 200 для второго кислородсодержащего потока, необязательно оборудованный вторым контрольным прибором 221 для регулирования количества кислородсодержащего потока; необязательно включает вторую горелку 210; оборудована входным патрубком 211 у второй горелки 210 для третьего кислородсодержащего потока, и входным патрубком 212 у второй горелки 210 для второго потока топлива; необязательным входным патрубком 250 в начале реакционной зоны 200 для потока отработанных газов; выходным патрубком 260, расположенным за реакторной зоной 200 для второго потока продукта, полученного в реакционной зоне 200; необязательным анализатором 270 в конце реакторной зоны 200 с функцией анализа содержания кислорода во втором потоке продукта, подготовленном в реакционной зоне 200, и предпочтительно с функцией регулирования работы второго контрольного прибора 221; и необязательно котлом-utiлизатором 280, расположенным за реакторной зоной 200, для утилизации теплоты реакции.

Каждая из реакционных зон, 100 и 200, особенно последняя, могут быть оборудованы котлом-utiлизатором для рекуперации энергии.

Как указывалось выше, на втором этапе сжигания можно добавить отработанные газы. В качестве примера подобных газов можно привести остаточные газы из других процессов, например остаточный газ установки Клауса. Это особенно целесообразно, так как позволяет экономно расходовать тепло реакции, сгенерированное на первом этапе сжигания, чтобы подогреть относительно холодные отработанные газы.

Согласно настоящему изобретению обе реакционные зоны установки для сжигания NH_3 могут быть частью одного реактора. В качестве альтернативы каждая реакционная зона представляет собой отдельный реактор, при этом оба реактора соединены. Предпочтительно, чтобы установка для сжигания включала один или несколько котлов-utiлизаторов для регенерации энергии. В случае если есть дополнительные горючие отработанные газы, которые нужно утилизировать, тогда предпочтительно, чтобы установка для сжигания включала в себя входной патрубок 250 для подобных горючих отработанных газов. Наконец, установка для сжигания NH_3 может быть оснащена анализатором кислорода 270 для регулирования второго кислородсодержащего потока и/или третьего кислородсодержащего потока, при их наличии. Это может оказаться полезным в плане регулирования количества второго/третьего кислородсодержащего потока, что таким образом обеспечит наличие на втором этапе сжигания, по меньшей мере, стехиометрического, а предпочтительно избыточного, количества кислорода. Предпочтительно, чтобы общее количество второго и/или третьего кислородсодержащего потока составляло столько, чтобы второй поток продукта содержал остаточное количество кислорода в объеме по меньшей мере 0,5 об.%. С целью обеспечить безопасный выброс в атмосферу второго потока продукта, можно использовать дополнительные анализаторы.

Примеры

Следующий пример приведен исключительно в целях иллюстрации.

Поток NH_3 с расходом 1,95 норм.м³/ч вместе с потоком C_3H_8 при расходе 0,034 норм.м³/ч подавали в реакционную зону 100 установки для сжигания NH_3 . Также вводили субстехиометрическое количество первого кислородсодержащего потока при расходе 6,9 норм.м³/ч. Первый этап сжигания проводили при температуре около 1000°C и давлении окружающей среды.

Первый поток продукта вступил в реакцию со вторым кислородсодержащим потоком. Второй кислородсодержащий поток подавали в количестве, превышающем стехиометрическое, что привело к тому, что содержание кислорода, измеренное в конце реакционной зоны (в сухом дымовом газе), составляло 3 об.%. Второй этап сжигания проводили при температуре 840°C и давлении окружающей среды.

Без анализатора и, таким образом, без регулирования подачи кислорода на первом этапе сжигания, получили второй поток продукта, где содержание NO варьировало в пределах от 0 до 270 м.д., а содер-

жение NH_3 варьировалось от 0 до 275 м.д.

При повторении эксперимента, но уже с лазерным диодом в качестве анализатора 170, установленного для регулирования подачи кислорода на основе содержания остаточного NH_3 после реакционной зоны 100 в количестве 100 м.д., получали второй поток продукта с содержанием NO менее 50 м.д. и содержанием NH_3 0 м.д.

Модельные эксперименты (только первого этапа сжигания) проводили в схожей с вышеописанным манере дважды. Сначала поток NH_3 сжигали, но теперь уже с той подачей кислорода, при которой на первом этапе сжигания получали первый поток продукта с содержанием NO 0 м.д. Во втором эксперименте кислород подавался в таком объеме, чтобы получить первый поток продукта с содержанием NH_3 0 м.д. Как показывает первый эксперимент, образования NO на первой стадии сжигания можно избежать, но только за счет неполного сгорания NH_3 . Если бы данный первый поток продукта сжигали на втором этапе с использованием количества кислорода, превышающим стехиометрическое, чтобы достичь полного сгорания NH_3 , тогда содержание NO превысило бы 50 м.д. Во втором эксперименте содержание NO превышает 50 м.д. уже в первом потоке продукта. Достичь низкого содержания NO уже невозможно. Достичь результатов, требуемых согласно настоящему изобретению, возможно только при условии проведения первого этапа сжигания до момента образования ограниченного количества NO . Результаты данных модельных экспериментов представлены в таблице.

| | Расход NH_3 , норм.м ³ /ч | Расход воздуха, норм.м ³ /ч | Содержание NH_3 , м.д. | Содержание NO , м.д. |
|---|--|---|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 2,20 | 5,86 | 1172 | 0 |
| 2 | 2,06 | 5,98 | 2 | 1185 |

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ сжигания NH_3 в установке для сжигания NH_3 , включающий:

(а) первый этап сжигания, содержащий следующие подэтапы:

i) газовый поток (1), содержащий NH_3 , и поток топлива (2) в условиях сжигания подвергают взаимодействию с первым кислородсодержащим потоком (3) при субстехиометрическом количестве кислорода в первом кислородсодержащем потоке (3) относительно NH_3 в газовом потоке (1) с получением при этом первого потока продукта (4);

ii) анализируют состав первого потока продукта (4) на содержание по меньшей мере одного из следующих веществ: остаточного NH_3 , образовавшегося HCN и образовавшегося NO ; и

iii) регулируют по меньшей мере один из следующих потоков: газовый поток (1), содержащий NH_3 , поток топлива (2) или первый кислородсодержащий поток (3) на основе анализа первого потока продукта (4) таким образом, чтобы получить первый поток продукта (4), содержащий и остаточный NH_3 , и NO , но не больше 250 м.д. NH_3 и не больше 250 м.д. NO ;

(б) второй этап сжигания, включающий взаимодействие полученного первого потока продукта (4) в условиях сжигания со вторым кислородсодержащим потоком (5) при количестве кислорода, превышающем стехиометрическое, с получением при этом второго потока продукта (7).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что газовый поток (1) содержит по меньшей мере 30 об.% HN_3 .

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что газовый поток (1) содержит максимум 40 об.% H_2S .

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что количество кислорода, поступающего из первого кислородсодержащего потока (3), составляет 50-99% от стехиометрического относительно горючих компонентов, присутствующих в газовых потоках, включающих газовый поток (1) и поток топлива (2).

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что HN_3 является единственным горючим компонентом в газовых потоках, включающих газовый поток (1) и поток топлива (2), и количество кислорода, поступающего из первого кислородсодержащего потока (3), составляет 95-98% от стехиометрического относительно HN_3 в газовом потоке.

6. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что первый поток продукта (4) анализируют на содержание остаточного HN_3 .

7. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что первый поток продукта (4) анализируют на содержание образовавшегося HCN .

8. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что первый поток продукта (4) анализируют на содержание образовавшегося NO .

9. Способ по п.6, отличающийся тем, что по меньшей мере один из следующих потоков: газовый поток (1), содержащий HN_3 , поток топлива (2) и первый кислородсодержащий поток (3) регулируют таким образом, чтобы содержание остаточного HN_3 в первом потоке продукта (4) составляло менее 100 м.д.

10. Способ по п.7, отличающийся тем, что по меньшей мере один из следующих потоков: газовый поток (1), содержащий HN_3 , поток топлива (2) и первый кислородсодержащий поток (3) регулируют таким образом, чтобы содержание образовавшегося HCN в первом потоке продукта (4) составляло менее 1400 м.д.

11. Способ по п.8, отличающийся тем, что по меньшей мере один из следующих потоков: газовый поток (1), содержащий HN_3 , поток топлива (2) и первый кислородсодержащий поток (3) регулируют таким образом, чтобы содержание образовавшегося NO в первом потоке продукта (4) составляло менее 200 м.д.

12. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что состав первого потока продукта (4) анализируют непрерывно или с интервалами в 5 с или меньше.

13. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что взаимодействию с первым кислородсодержащим потоком (3) подвергают также поток топлива (2).

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что соотношение потока топлива (2) к газовому потоку (1), содержащему HN_3 , является таким, что позволяет поддерживать температуру реакции в пределах от 950 до 1700°C.

15. Способ по п.13, отличающийся тем, что поток топлива (2) содержит что-то одно или несколько из перечисленного: углеводороды, сероводород,monoоксид углерода или газообразный водород.

16. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что второй кислородсодержащий поток (5) вводят в реакцию в количестве, достаточном для того, чтобы количество остаточного кислорода во втором потоке продукта (7) составляло по меньшей мере 0,5 об.%.

17. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что на втором этапе сжигания вводят отработанный газ (6).

18. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что теплоту реакции с первого этапа сжигания и/или второго этапа сжигания утилизируют.

19. Установка для осуществления способа по п.1, включающая:

а) первую реакционную зону (100), содержащую горелку (110) для сжигания HN_3 ; входной патрубок (120) у горелки (110) для первого кислородсодержащего потока (3), оборудованный первым прибором контроля кислорода (121) для регулирования количества кислородсодержащего потока (3); входной патрубок (130) у горелки (110) для газового потока (1), содержащего HN_3 ; входной патрубок (140) у горелки (110) для потока топлива (2); выходной патрубок (160), расположенный за первой реакционной зоной (100), для первого потока продукта (4), полученного в первой реакционной зоне (100); анализатор (170) в конце первой реакционной зоны (100) с функцией анализа содержания по меньшей мере одного из следующих веществ: HN_3 , HCN и NO - в первом потоке продукта (4), полученном в первой реакционной зоне (100), и с функцией регулирования работы первого прибора контроля кислорода (121); и

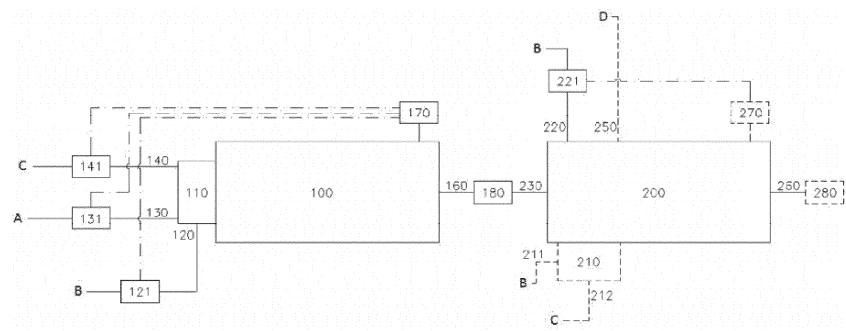
б) вторую реакционную зону (200), расположенную за первой реакционной зоной (100), для сжигания первого потока продукта (4), полученного в первой реакционной зоне (100), включающую входной патрубок (230) в начале второй реакционной зоны (200) для указанного первого потока продукта (4); входной патрубок (220) в начале второй реакционной зоны (200) для второго кислородсодержащего потока (5), оборудованный вторым прибором контроля (221) для регулирования количества второго кислородсодержащего потока (5); выходной патрубок (260), расположенный за второй реакционной зоной (200), для второго потока продукта (7), полученного во второй реакционной зоне (200); анализатор (270) в конце второй реакционной зоны (200) с функцией анализа содержания кислорода во втором потоке продукта (7), полученном во второй реакционной зоне (200), и с функцией регулирования работы второго прибора контроля (221).

20. Установка по п.19, отличающаяся тем, что анализатор (170) представляет собой лазерный диод.

21. Установка по любому из пп.19, 20, отличающаяся тем, что первая реакционная зона (100) и вторая реакционная зона (200) являются частью одного реактора.

22. Установка по любому из пп.19, 20, отличающаяся тем, что каждая из первой реакционной зоны (100) и второй реакционной зоны (200) представляет собой отдельный реактор, при этом оба реактора соединены.

23. Установка по п.19, отличающаяся тем, что указанный входной патрубок (130) оборудован первым прибором контроля HN_3 (131) для регулирования количества газового потока (1), содержащего HN_3 ; указанный входной патрубок (140) оборудован первым прибором контроля топлива (141) для регулирования количества потока топлива (2); указанный анализатор (170) обладает функцией регулирования работы одного или нескольких из следующих приборов: первого прибора контроля кислорода (121), первого прибора контроля HN_3 (131) и первого прибора контроля топлива (141); и установка дополнительно содержит прибор контроля температуры (180), расположенный за первой реакционной зоной (100), вторую горелку (210), оборудованную входным патрубком (211) для третьего кислородсодержащего потока (8) и входным патрубком (212) для второго потока топлива (9), входной патрубок (250) в начале второй реакционной зоны (200) для отработанного газа (6), а также котел-утилизатор (280), расположенный за второй реакционной зоной (200), для утилизации теплоты реакции.



Евразийская патентная организация, ЕАПО

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2