

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036465**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.13

(51) Int. Cl. **C01B 3/38** (2006.01)
F23C 5/08 (2006.01)

(21) Номер заявки
201890743

(22) Дата подачи заявки
2016.09.28

(54) УСТРОЙСТВО ПАРОВОГО РИФОРМИНГА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕЗ-ГАЗА

(31) **15400043.4**

(32) **2015.10.05**

(33) **EP**

(43) **2018.08.31**

(86) **PCT/EP2016/025105**

(87) **WO 2017/059963 2017.04.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**Л'ЭР ЛИКВИД СОСЬЕТЕ АНОНИМ
ПУР Л'ЭТЮД И ЭКСПЛОТАСЙОН
ДЕ ПРОСИД ЖОРЖ КЛОД (FR)**

(72) Изобретатель:

**Косия Антонио, Хасслер Натанель
(DE)**

(74) Представитель:

**Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.
(RU)**

(56) EP-A1-1193219

FARHADI F. ET AL.: "Radiative models for the furnace side of a bottom-fired reformer", APPLIED THERMAL ENGINEERING, PERGAMON, OXFORD, GB, vol. 25, no. 14-15, October 2005 (2005-10), pages 2398-2411, XP027682174, ISSN: 1359-4311 [retrieved on 2005-10-01] figure 1

"PRIMARY REFORMER PROBLEMS", NITROGEN AND METHANOL, BRITISH SULPHUR PUBLISHING, LONDON, GB, no. 250, March 2001 (2001-03), pages 30-32,34, XP001008931, ISSN: 1462-2378 "Firing configuration", last paragraph figure 1
DE-A1-102005020943

(57) Устройство парового риформинга, содержащее камеру сгорания, причем нижняя часть, потолок и боковые стенки ограничивают камеру сгорания; катализаторные трубы, расположенные в несколько рядов, с интегрированной рециркуляцией газообразного продукта, которые проходят через нижнюю часть камеры сгорания, причем катализаторные трубы расположены так, что трубные отверстия для трубопроводов для газообразного реагента и трубопроводов для газообразного продукта расположены на конце катализаторных труб, выступающем в нижнем направлении из камеры сгорания; подающие трубопроводы для газообразного реагента и сборные трубопроводы для газообразного продукта, которые проходят под нижней частью камеры сгорания; горелки для нагревания катализаторных труб, которые установлены в нижней части камеры сгорания и направлены вертикально вверх в камеру сгорания; подающие трубопроводы, проходящие под нижней частью камеры сгорания, каждый предназначен для подачи воздуха и топливного газа к горелкам; отверстия, выполненные в потолке камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок; каналы, проходящие над потолком камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок, при этом упомянутые отверстия в потолке камеры сгорания являются входными отверстиями упомянутых каналов.

B1**036465****036465****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к устройству парового риформинга для преобразования газа, богатого углеводородами, с помощью пара в синтез-газ, богатый монооксидом углерода и водородом.

Настоящее изобретение, кроме того, относится к способу производства синтез-газа, богатого монооксидом углерода и водородом, посредством парового риформинга газа, богатого углеводородами.

Известный уровень техники

Устройства парового риформинга для преобразования газообразных углеводородов с помощью пара в синтез-газ, в основном состоящий из монооксида углерода (CO) и водорода (H₂), являются известными. Принцип парового риформинга описан, например, в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, Vol. 15, chapter "Gas Production", Chapter 2.2.. Принцип работы разных типов трубчатых реакторов, применяемых на практике для этого процесса, описан в главе 2.2.3 того же тома. В этой главе описаны трубчатые реакторы, в которых горелки установлены в крыше или в нижней части, или в боковых стенках корпуса устройства риформинга. Настоящее изобретение относится к устройствам риформинга, в которых горелки установлены в крыше или в нижней части корпуса. В этой категории к настоящему времени в основном получил признание вариант с горелками, установленными в крыше, как это показано на фиг. 6 этой главы издания Ullmann. В этом варианте все подающие трубопроводы, т. е. трубопроводы для снабжения горелок топливным газом и трубопроводы для газообразного реагента для реакционных труб, расположены на крыше, и все выпускные трубопроводы, такие как трубопровод для выпуска отработанных газов горелки и газообразного продукта из реакционных труб, расположены в нижней части корпуса устройства риформинга. Выпуск газообразных продуктов в нижней части корпуса является особенно выгодным, поскольку их температура находится в диапазоне 900°C, и после выхода из устройства риформинга они проходят через котел-рекуператор для рекуперации тепла. Поскольку котел-рекуператор является настолько тяжелым, что его установка имеет смысл только на уровне земли, отвод газообразных продуктов в нижней части корпуса устройства риформинга обеспечивает короткий путь трубопровода к котлу-котлу-рекуператору, а следовательно и малые потери тела в трубопроводе.

С другой стороны, установка трубопроводов для газообразного реагента и трубопроводов для топливного газа на крыше корпуса устройства риформинга является невыгодным по нескольким причинам. Эти трубопроводы ухудшают доступность реакционных труб, которые можно заменить только через крышу. В дополнение, для технического обслуживания горелок и для проверки трубопроводов крыша должна быть безопасной для доступа и хождения по ней персонала.

Особенно невыгодным является расположение трубопроводов для газообразного реагента на крыше корпуса устройства риформинга в случае реакционных труб с интегрированным теплообменом между газообразными реагентами и газообразными продуктами. Такие реакционные трубы описаны, например, в документе DE 10201118217 A1. Поскольку в этих реакционных трубах выпускное отверстие для газообразного продукта расположено на той же стороне, что и впускное отверстие для газообразного реагента, то трубопроводы для газообразного продукта также должны быть расположены на крыше корпуса устройства риформинга, из-за чего затрудняются подача газообразных продуктов в котел-рекуператор и размещение котла-рекуператора.

Описание изобретения

Следовательно, целью настоящего изобретения является предоставление устройства парового риформинга, в котором устраняются недостатки известного уровня техники. Этой цели достигают с помощью устройства парового риформинга согласно признакам независимого п.1 формулы изобретения и, в альтернативном аспекте настоящего изобретения, независимого п.2 формулы изобретения.

Устройство парового риформинга согласно настоящему изобретению: Устройство парового риформинга, содержащее:

- камеру сгорания, причем нижняя часть, потолок и боковые стенки ограничивают камеру сгорания;
- катализаторные трубы, расположенные в несколько рядов, с интегрированной рециркуляцией газообразного продукта, которые проходят через нижнюю часть камеры сгорания, причем катализаторные трубы расположены так, что трубные отверстия для трубопроводов для газообразного реагента и трубопроводов для газообразного продукта расположены на конце катализаторных труб, выступающем в нижнем направлении из камеры сгорания;
- подающие трубопроводы для газообразного реагента и сборные трубопроводы для газообразного продукта, которые проходят под нижней частью камеры сгорания;
- горелки для нагревания катализаторных труб, которые установлены в нижней части камеры сгорания и направлены вертикально вверх в камеру сгорания;
- подающие трубопроводы, проходящие под нижней частью камеры сгорания, каждый предназначен для подачи воздуха и топливного газа к горелкам;
- отверстия, выполненные в потолке камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок;
- каналы, проходящие над потолком камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок, при этом упомянутые отверстия в потолке камеры сгорания являются входными отверстиями упомянутых каналов.

Устройство парового риформинга согласно настоящему изобретению в альтернативной конфигура-

ции:

Устройство парового риформинга, содержащее:

камеру сгорания, причем нижняя часть, потолок и боковые стенки ограничивают камеру сгорания;
катализаторные трубы, расположенные в несколько рядов, которые проходят через нижнюю часть и потолок камеры сгорания, причем катализаторные трубы расположены так, что трубные отверстия для трубопроводов для газообразного реагента расположены на конце катализаторных труб, выступающем в нижнем направлении из камеры сгорания, и трубные отверстия для трубопроводов для газообразного продукта расположены на конце катализаторных труб, выступающем в верхнем направлении из камеры сгорания;

подающие трубопроводы для газообразного реагента, которые проходят под нижней частью камеры сгорания;

сборные трубопроводы для газообразного продукта, которые проходят над потолком камеры сгорания;

горелки для нагревания катализаторных труб, которые установлены в нижней части камеры сгорания и направлены вертикально вверх в камеру сгорания;

подающие трубопроводы, проходящие под нижней частью камеры сгорания, каждый предназначен для подачи воздуха и топливного газа к горелкам;

отверстия, выполненные в потолке камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок;

каналы, проходящие над потолком камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок, при этом упомянутые отверстия в потолке камеры сгорания являются входными отверстиями упомянутых каналов.

В устройстве риформинга по п.1 один из отличительных признаков состоит в том, что применяются катализаторные трубы с интегрированной рециркуляцией газообразного продукта, так, как они описаны в нерассмотренной немецкой заявке DE 10201118217 A1. При такой технологии впускные отверстия для газообразного реагента и газообразного продукта расположены на одном и том же конце катализаторной трубы.

Сборные трубопроводы для этих случаев, таким образом, могут быть установлены полностью под нижней частью корпуса устройства риформинга.

С другой стороны, в устройстве риформинга согласно второму независимому п.2 формулы изобретения один из отличительных признаков состоит в том, что применяются катализаторные трубы без интегрированной рециркуляции газообразного продукта. Катализаторные трубы выступают из нижней части и потолка корпуса устройства риформинга, газообразные реагенты вводятся в катализаторные трубы в нижней части, и газообразные продукты собираются и выпускаются из катализаторных труб через крышу корпуса.

Одно преимущество устройств риформинга согласно настоящему изобретению состоит в том, что отвод отработанных газов горелок осуществляется в верхней части крыши устройства риформинга, т.е. в направлении конвекции отработанных газов. Таким образом, можно сэкономить питание компрессора и нагнетателя, поскольку отработанные газы горелок легче отсасывать.

Кроме того, расположение подающих трубопроводов и выпускных трубопроводов для газообразных реагентов, газообразных продуктов, топочного воздуха и топливных газов в нижней части или под нижней частью устройства риформинга согласно настоящему изобретению обеспечивает очень симметричную и компактную конструкцию камеры сгорания, благодаря чему сокращаются потери тепла и потребности в топливе.

Также выгодной является лучшая доступность реакционных труб через крышу, в сравнении с обычными устройствами риформинга, так что в случае обслуживания они легче могут быть демонтированы в направлении к верхней части и заменены. То же самое касается возможно необходимой замены катализатора в трубах, причем деактивированный катализатор удобно удаляется сверху, например, путем отсасывания, и новый катализатор аналогично может быть введен сверху путем его введения в реакционные трубы.

Благодаря очень короткому соединению трубопроводов для газообразных продуктов с расположенными ниже по потоку устройствами, например, котлами-рекуператорами, согласно настоящему изобретению риск коррозии из-за металлического запыливания также сокращается, не говоря о сокращении потерь тепла.

Расположение горелок в нижней части камеры сгорания согласно настоящему изобретению делает их легко доступными в случае технического обслуживания. Кроме того, нижняя плита поглощает нагрузку системы подачи топливного газа и воздуха в горелку, так что крыша устройства риформинга соответственно разгружается.

Доступ к блокам установки, расположенным в нижней части или под нижней частью камеры сгорания, обеспечивается расположением доступной для ходьбы промежуточной плоскости между нижней частью камеры сгорания и монтажным основанием.

Настоящее изобретение также включает способ каталитического преобразования содержащего углеводороды газа с помощью пара в синтез-газ, содержащий водород и оксиды углерода, включающий

следующие этапы способа:

- а) предоставление содержащего углеводороды газа и пара,
- б) производство газообразного реагента путем смешивания указанных газа и пара,
- с) преобразование газообразного реагента в синтез-газ, содержащий водород и оксиды углерода, посредством преобразования в устройстве парового риформинга согласно пп. 1-5 в условиях риформинга,
- д) выпуск синтез-газа для дополнительной обработки за пределами способа. Под условиями риформинга понимают рабочие условия установки устройства риформинга, хорошо известные специалисту, которые обеспечивают технически и экономически выгодный уровень преобразования сырья в компоненты синтез-газа.

Предпочтительные аспекты настоящего изобретения

Предпочтительный аспект настоящего изобретения состоит в том, что интегрированная рециркуляция газообразного продукта в каталитических трубах осуществляется с применением теплообменника, интегрированного в каждую трубу, посредством которого осуществляется теплообмен между газообразным реагентом и газообразным продуктом, текущими в каталитической трубе. Эта технология также описана в нерассмотренной немецкой заявке DE 10201118217 A1. Таким образом, тепло передается от горячего газообразного продукта к газообразному реагенту, благодаря чему экономится энергия нагревания, и нагревание, а значит и преобразование газообразных реагентов, ускоряется.

Другой предпочтительный аспект настоящего изобретения состоит в том, что на своем верхнем конце каталитические трубы оснащены закрывающимися отверстиями для замены катализатора. Через эти отверстия отработанный катализатор может быть удален из труб, например, путем отсасывания, и новый катализатор может быть введен внутрь.

Другой предпочтительный аспект настоящего изобретения состоит в том, что потолок камеры сгорания содержит отверстия, через которые демонтированные каталитические трубы могут быть удалены из камеры сгорания в верхнем направлении. Поскольку согласно настоящему изобретению горелки установлены в нижней части устройства риформинга, на крыше устройства риформинга освобождается пространство, благодаря чему облегчается замена каталитических труб через крышу.

Иллюстративные варианты осуществления

Дополнительные признаки, преимущества и возможные применения настоящего изобретения также могут быть взяты из следующего описания иллюстративных вариантов осуществления и графических материалов. Все описанные и/или проиллюстрированные признаки образуют сущность изобретения сами по себе или в любой комбинации независимо от их включения в формулу изобретения или обратных ссылок на них.

Со ссылкой на фиг. 1 графических материалов, будет объяснен один из возможных вариантов осуществления устройства парового риформинга согласно настоящему изобретению. На графических материалах

фиг. 1 представляет собой вид в разрезе иллюстративного устройства парового риформинга согласно первому аспекту настоящего изобретения, при рассмотрении спереди,

фиг. 2 представляет собой вид в разрезе иллюстративного устройства парового риформинга согласно второму аспекту настоящего изобретения, при рассмотрении спереди.

Устройство 1 парового риформинга, как показано на фиг. 1, соответствует одному аспекту настоящего изобретения согласно п.1 формулы изобретения и содержит корпус 2 устройства риформинга. Внутреннюю часть корпуса 2 устройства риформинга часто также называют камерой сгорания. Для иллюстрации устройство 1 риформинга в этом примере оснащено тремя рядами каталитических труб 3. Трубы 3 проходят через потолок корпуса 2 устройства риформинга. В результате они являются легко доступными для работ технического обслуживания. Трубы выполнены с возможностью внутренней рециркуляции газообразного продукта, так что и обеспечение газообразным реагентом, и выпуск газообразного продукта осуществляют с одной и той же стороны трубы в нижней части камеры сгорания, или под нижней частью. Сборные трубопроводы для газообразного реагента 4 и для газообразного продукта 5 проходят под нижней частью устройства риформинга параллельно рядам каталитических труб. В нижней части устройства риформинга горелки 6 расположены в четыре ряда, влево и вправо, и между рядами каталитических труб. Горелки 6 выровнены так, что их пламя 7 направлено вертикально вверх в корпус устройства риформинга. Сборные трубопроводы для топливного газа 8 и топочного воздуха (не показаны) также проходят под нижней частью корпуса 2 устройства риформинга параллельно рядам горелок. Отработанный газ 9 горелок проходит через отверстия в потолке корпуса 2 устройства риформинга в каналы 10 для отработанного газа. Четыре канала 10 для отработанного газа расположены на корпусе параллельно рядам каталитических труб.

Устройство 1 парового риформинга, как показано на фиг. 2, соответствует одному аспекту настоящего изобретения согласно пункту 2 формулы изобретения. Сборные трубопроводы для газообразного продукта 5 здесь расположены над потолком корпуса 2 устройства риформинга.

Промышленная применимость

Настоящее изобретение предусматривает устройство парового риформинга, эксплуатацию и ремонт которого можно проводить более легко, и которое обеспечивает определенные преимущества в плане

энергопотребления и возможностей установки. Таким образом, настоящее изобретение обеспечивает экономическое преимущество над устройствами риформинга, известными из предыдущего уровня техники, и следовательно является промышленно применимым с обеспечением выгод.

Перечень ссылочных позиций

- 1 - устройство парового риформинга;
- 2 - корпус устройства риформинга;
- 3 - катализаторные трубы;
- 4 - газообразный реагент сборного трубопровода;
- 5 - газообразный продукт сборного трубопровода;
- 6 - горелка;
- 7 - пламя горелки;
- 8 - топливный газ сборного трубопровода;
- 9 - отработанный газ горелок;
- 10 - канал для отработанного газа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство парового риформинга, содержащее камеру сгорания, причем нижняя часть, потолок и боковые стенки ограничивают камеру сгорания; катализаторные трубы, расположенные в несколько рядов, с интегрированной рециркуляцией газообразного продукта, которые проходят через нижнюю часть камеры сгорания, причем катализаторные трубы расположены так, что трубные отверстия для трубопроводов для газообразного реагента и трубопроводов для газообразного продукта расположены на конце катализаторных труб, выступающем в нижнем направлении из камеры сгорания;

подающие трубопроводы для газообразного реагента и сборные трубопроводы для газообразного продукта, которые проходят под нижней частью камеры сгорания;

горелки для нагревания катализаторных труб, которые установлены в нижней части камеры сгорания и направлены вертикально вверх в камеру сгорания;

подающие трубопроводы, проходящие под нижней частью камеры сгорания, каждый предназначен для подачи воздуха и топливного газа к горелкам;

отверстия, выполненные в потолке камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок;

каналы, проходящие над потолком камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок, при этом упомянутые отверстия в потолке камеры сгорания являются входными отверстиями упомянутых каналов.

2. Устройство парового риформинга, содержащее

камеру сгорания, причем нижняя часть, потолок и боковые стенки ограничивают камеру сгорания;

катализаторные трубы, расположенные в несколько рядов, которые проходят через нижнюю часть и потолок камеры сгорания, причем катализаторные трубы расположены так, что трубные отверстия для трубопроводов для газообразного реагента расположены на конце катализаторных труб, выступающем в нижнем направлении из камеры сгорания, и трубные отверстия для трубопроводов для газообразного продукта расположены на конце катализаторных труб, выступающем в верхнем направлении из камеры сгорания;

подающие трубопроводы для газообразного реагента, которые проходят под нижней частью камеры сгорания;

сборные трубопроводы для газообразного продукта, которые проходят над потолком камеры сгорания;

горелки для нагревания катализаторных труб, которые установлены в нижней части камеры сгорания и направлены вертикально вверх в камеру сгорания;

подающие трубопроводы, проходящие под нижней частью камеры сгорания, каждый предназначен для подачи воздуха и топливного газа к горелкам;

отверстия, выполненные в потолке камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок;

каналы, проходящие над потолком камеры сгорания, для выпуска отработанного газа горелок, при этом упомянутые отверстия в потолке камеры сгорания являются входными отверстиями упомянутых каналов.

3. Устройство парового риформинга по п.1, отличающееся тем, что интегрированная рециркуляция газообразного продукта в катализаторных трубах осуществляется с применением теплообменника, интегрированного в каждую трубу, посредством которого осуществляется теплообмен между газообразным реагентом и газообразным продуктом, текущими в катализаторной трубе.

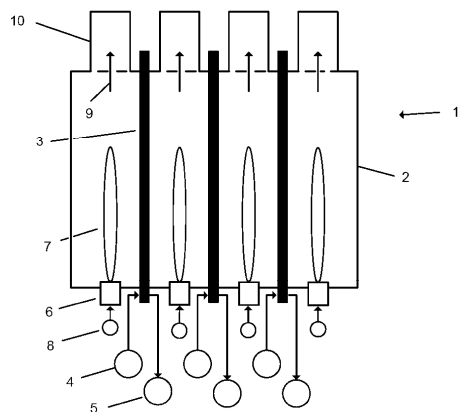
4. Устройство парового риформинга по п.1 или 3, отличающееся тем, что на своем верхнем конце катализаторные трубы оснащены закрывающимися отверстиями для замены катализатора.

5. Устройство парового риформинга по пп.1, 3 или 4, отличающееся тем, что потолок камеры сгорания содержит отверстия, через которые демонтированные катализаторные трубы могут быть удалены

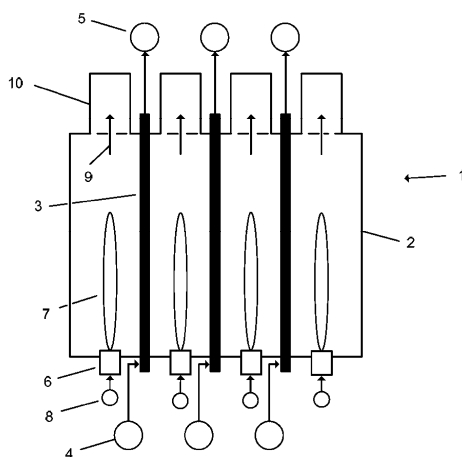
из камеры сгорания в верхнем направлении.

6. Способ каталитического преобразования содержащего углеводороды газа с помощью пара в синтез-газ, содержащий водород и оксиды углерода, включающий следующие этапы способа:

- е) подачу содержащего углеводороды газа и пара,
- ф) производство газообразного реагента путем смешивания указанных газа и пара,
- г) преобразование газообразного реагента в синтез-газ, содержащий водород и оксиды углерода, посредством преобразования в устройстве парового риформинга по любому из пп.1-5 в условиях риформинга,
- h) выпуск синтез-газа для дополнительной обработки.



Фиг. 1



Фиг. 2

