

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009140150/05, 05.03.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.03.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
30.03.2007 FR 0702412

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2011 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 27.09.2012 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: DE 19921420 A1, 16.11.2000. SU 1828449 A3,
15.07.1993. RU 2235058 C2, 10.07.2003. WO
2006119812 A1, 16.11.2006. EP 1816101 A1,
08.08.2007.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 30.10.2009(86) Заявка РСТ:
FR 2008/000292 (05.03.2008)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/132312 (06.11.2008)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Е.И. Емельянову

(72) Автор(ы):

**ЖИРУДЬЕР Фабрис (FR),
ФИШЕР Беатрис (FR)**

(73) Патентообладатель(и):

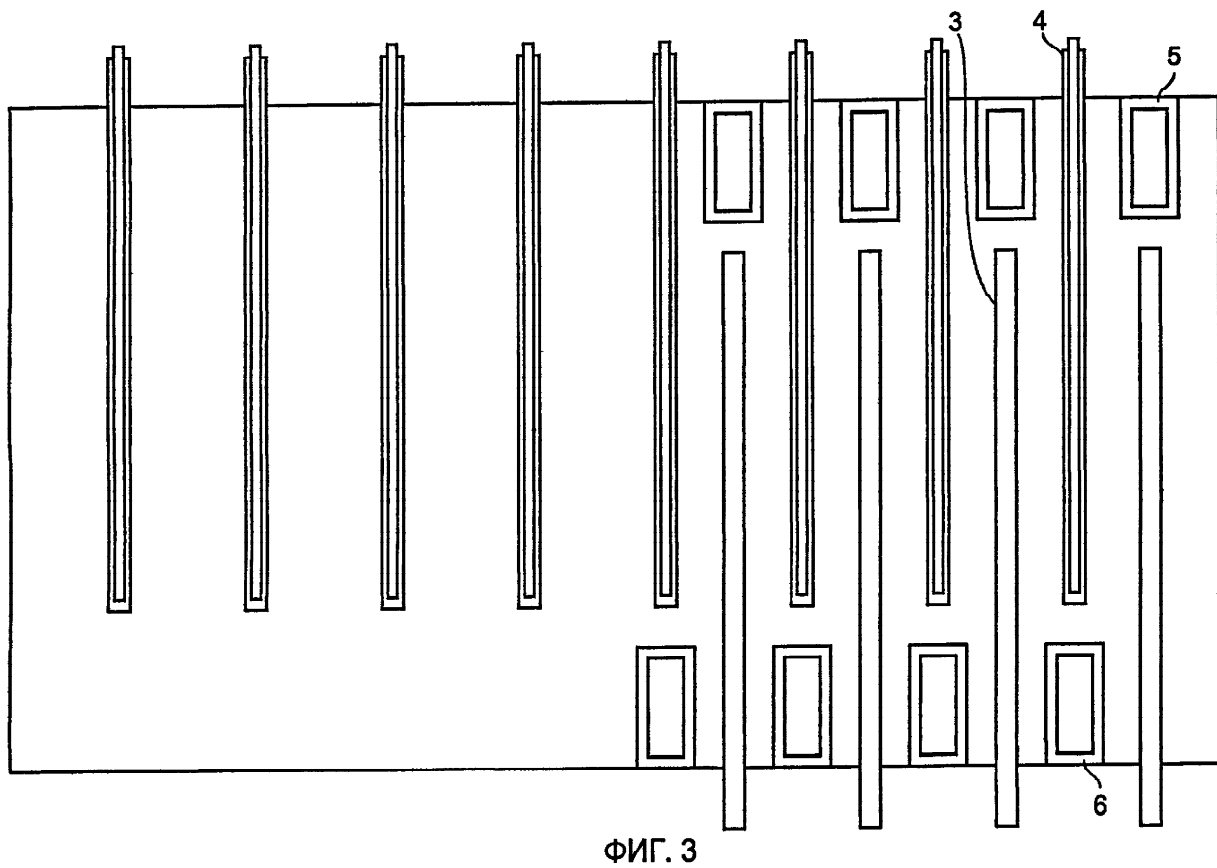
ИФП (FR)

(54) НОВАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА, СОДЕРЖАЩАЯ ПОРИСТЫЕ ГОРЕЛКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области химии. Печь для парового риформинга углеводородной фракции содержит набор вертикальных труб 4 байонетного типа, подвешенных к верхней части упомянутой печи, частично заполненных катализатором на основе никеля. Упомянутые трубы распределены в виде параллельных рядов. Тепло, необходимое для реакции парового риформинга, обеспечивают для труб с катализатором за счет горения при помощи

длинномерных пористых горелок 3, расположенных в виде рядов между рядами нагреваемых труб. Печь имеет вытяжные трубы 6 и каналы 5 подачи воздуха. Топливо, используемое для питания пористых длинномерных горелок, содержит водород в количестве от 5 до 100 мол.%. Воздух, поступающий в зону горения, подают в печь после предварительного нагревания до температуры порядка 600°C и предпочтительно сверх 700°C. 3 н. и 7 з.п. ф-лы, 5 ил.



ФИГ. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C01B 3/38 (2006.01)**B01J 8/06** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2009140150/05, 05.03.2008**(24) Effective date for property rights:
05.03.2008

Priority:

(30) Convention priority:
30.03.2007 FR 0702412(43) Application published: **10.05.2011 Bull. 13**(45) Date of publication: **27.09.2012 Bull. 27**(85) Commencement of national phase: **30.10.2009**(86) PCT application:
FR 2008/000292 (05.03.2008)(87) PCT publication:
WO 2008/132312 (06.11.2008)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. E.I. Emel'janovu**

(72) Inventor(s):

**ZhIRUD'ER Fabris (FR),
FISHER Beatris (FR)**

(73) Proprietor(s):

IFP (FR)**(54) NOVEL FURNACE FOR STEAM REFORMING HAVING POROUS BURNERS**

(57) Abstract:

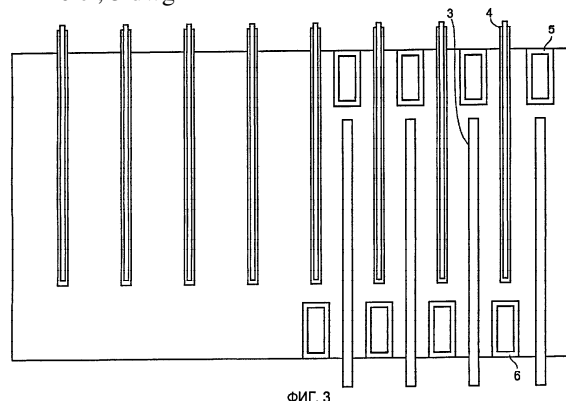
FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to chemistry. The furnace for steam reforming of a hydrocarbon fraction has a set of vertical bayoneted tubes 4, suspended from the top part of said furnace and partially filled with a nickel-based catalyst. Said tubes are distributed in form of parallel rows. Heat needed for the steam reforming reaction is provided for the tubes with the catalyst by combustion through long porous burners 3 lying in form of rows between rows of the heated tubes. The furnace has draught tubes 6 and channels 5 for feeding air. Fuel used to feed the porous long burners contains hydrogen in amount of 5-100 mol %. Air coming into the combustion zone is fed into the furnace after

preheating to temperature of about 600°C and preferably higher than 700°C.

EFFECT: high efficiency of reforming.

10 cl, 5 dwg



ФИГ. 3

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к области печей для парового риформинга углеводородной шихты, предназначенных для производства синтетического газа. Используемой шихтой может быть любой углеводород с числом атомов углерода от 1 до 30, но чаще всего ею является природный газ или фракция, аналогичная газовому бензину, называемому «нафтой».

Обычно печи парового риформинга содержат набор вертикальных труб длиной от 10 до 15 метров, внутри которых циркулирует рабочая текучая среда, и этот набор труб выполняют в виде нескольких параллельных рядов.

Трубы нагревают при помощи набора горелок, расположенных в самых разных возможных конфигурациях.

В так называемых печах «top fired» (что можно перевести как печи с верхним нагревом) горелки установлены в верхней части печи, и пламя, производимое горелками, направлено сверху вниз.

В так называемых ярусных печах горелки расположены в несколько горизонтальных рядов, по существу перпендикулярных к плоскости труб, и эти ряды, называемые ярусами, установлены ступенчато вдоль упомянутых труб.

Наконец, существуют также печи, в которых горелки установлены в нижней части, называемой подом, при этом пламя, производимое горелками, направлено снизу вверх.

Общим признаком всех этих конфигураций является подача энергии, необходимой для реакций парового риформинга, в виде дискретного набора точек нагрева, более или менее равномерно окружающих нагреваемые трубы.

В настоящем изобретении, учитывая используемый тип горелок, этот набор точек нагрева заменен сплошной зоной нагрева, по существу параллельной нагреваемым трубам, и за счет изоляции пламени в замкнутом пространстве позволяет приблизить друг к другу нагреваемые трубы и горелки.

В результате одновременно добиваются высокой точности в тепловом потоке по всей длине нагреваемых труб и существенной компактности по сравнению с известными печами.

ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг. 1 изображает вид сбоку типового расположения горелок и нагреваемых труб в известной печи парового риформинга.

Схематично показано пламя, производимое в верхней части печи и распространяющееся вертикально вниз.

Фиг. 2 - вид сбоку типового расположения горелок и нагреваемых труб в печи парового риформинга в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг. 3 - вид сбоку типового расположения горелок и нагреваемых труб в печи парового риформинга в соответствии с настоящим изобретением с использованием труб байонетного типа.

Фиг. 4 - пористую длинномерную горелку, используемую в настоящем изобретении.

Фиг. 5 - вид байонетной трубы, используемой в качестве нагреваемой трубы, с иллюстрацией циркуляции реакционных сред.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Печи парового риформинга в основном применяются для производства водорода. Они позволяют преобразовать углеводородную смесь и водяной пар в смесь водорода, углекислого газа и монооксида углерода.

Описание таких печей можно найти во многих публикациях, например в труде “Catalyst Handbook”, Martin V. Twigg, 2-е издание (1989 г.), который можно перевести

как «Справочник по катализу».

Печи парового риформинга содержат трубы, заполненные катализатором на основе никеля (Ni), которые необходимо нагревать в достаточной степени, чтобы получить выходную температуру реактивов, близкую к 900°C.

Как правило, давление внутри труб парового риформинга составляет от 10 бар до 30 бар (1 бар = 10⁵ паскаль).

Трубы нагревают при помощи горелок, обычно расположенных в области свода печи, в области пода или ярусами, что и предопределяет различные упомянутые выше типы печей.

На фиг. 1 схематично показана известная печь с обычным расположением горелок в области свода. На фигуре показано расположение горелок, обозначенных (2), по отношению к нагреваемым трубам, обозначенным (1). Промежуток между двумя рядами примерно равен 1 м, расстояние между двумя трубами одного ряда обычно составляет от 200 мм до 400 мм в зависимости от диаметра труб.

Как правило, диаметр труб составляет от 70 мм до 150 мм, их длина обычно составляет от 7 метров до 15 метров, при этом часть трубы, заполненная катализатором, чаще всего имеет длину примерно 10 м.

На фиг. 1 показано также пламя, выходящее из горелок (2), установленных в области свода. Упомянутое пламя не должно касаться смежных труб (1), во избежание текучести материала этих труб, чем и объясняется большой промежуток между рядами труб.

В настоящее время, учитывая необходимость использования этого большого промежутка, число труб в одной печи парового риформинга ограничено примерно 1000 трубами, что приводит к ограничению мощности на единицу производства водорода до максимального значения примерно в 100000 Нм³/ч произведенного H₂.

Водород (H₂) не получают напрямую на выходе печи парового риформинга.

Действительно, эфлюентом печи парового риформинга является смесь CO, CO₂, H₂ и H₂O, которую в первой так называемой установке конверсии CO преобразуют при помощи реакции конверсии CO в CO₂ при низкой температуре с целью максимизации пропорции H₂ в смеси.

Затем во второй установке удаляют CO₂ и H₂O, чтобы получить водород со степенью чистоты, как правило, близкой к 95%, которую, в случае необходимости, можно повысить при помощи мембранной сепараторной установки путем выделения остаточного CO₂, что позволяет получить водород со степенью чистоты более 98%.

Вся линия производства водорода на выходе печи парового риформинга не относится к настоящему изобретению, которое касается только печи. Вместе с тем, мощность печи часто характеризуют по мощности производства водорода.

Наконец, необходимо отметить, что известная печь парового риформинга содержит вытяжную трубу для удаления дымовых газов (6) через нижнюю часть печи, при этом воздух, как правило, подают в смеси с топливом непосредственно на уровне горелок.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Объектом настоящего изобретения является печь для парового риформинга углеводородной фракции, как правило, содержащей от 1 до 30 атомов углерода, предназначенная для производства водорода, при этом упомянутая печь содержит набор вертикальных труб, частично заполненных катализатором на основе никеля.

Трубы печи парового риформинга в соответствии с настоящим изобретением распределены в виде параллельных рядов, при этом тепло, необходимое для реакции

парового риформинга, обеспечивают нагреванием труб с катализатором за счет горения при помощи длинномерных пористых горелок, расположенных в виде рядов между рядами нагреваемых труб.

Расстояние между двумя рядами труб, между которыми установлен ряд горелок, обычно составляет от 600 мм до 1200 мм и предпочтительно составляет от 650 мм до 1000 мм.

Как правило, расстояние между рядом горелок и ближайшим рядом труб составляет от 300 мм до 600 мм и предпочтительно от 300 мм до 500 мм.

Расстояние между центрами двух последовательных труб одного ряда обычно составляет от 250 мм до 400 мм и предпочтительно составляет от 300 мм до 400 мм.

Воздух для горения чаще всего подают через каналы, расположенные в верхней части печи, а дымовые газы собирают при помощи вытяжных труб, находящихся в нижней части печи.

В другом варианте воздух для горения подают через каналы, находящиеся в нижней части печи, а дымовые газы удаляют через вытяжные трубы, находящиеся в верхней части печи.

Топливо, используемое в печи в соответствии с настоящим изобретением, может иметь любое происхождение. Чаще всего речь идет о топливе, получаемом при продувке установок нефтеперерабатывающего завода, или о природном газе, или о любой смеси из различных топливных компонентов, имеющихся в наличии в месте, где установлена печь парового риформинга.

Горелки, используемые в печи парового риформинга в соответствии с настоящим изобретением, являются пористыми длинномерными горелками, содержащими длинномерный центральный дозатор, как правило, цилиндрической формы, охваченный пористым кольцевым элементом. Расстояние между наружной стенкой дозатора и кольцевым пористым элементом, как правило, составляет от 0,5 см до 10 см.

Как правило, пористый элемент имеет пористость менее 50% и предпочтительно менее 20%.

Нагреваемые трубы могут быть простыми вертикальными трубами, установленными по всей высоте печи или в предпочтительном варианте трубами байонетного типа, подвешенными к верхней части печи.

Система подвески труб может быть любой известной специалистам системой, и изобретение не привязано к какой-либо специальной системе подвески.

Для печи с производительностью водорода в пределах от 50000 м³/ч до 150000 м³/ч длина нагреваемых труб обычно составляет от 7 метров до 15 метров и предпочтительно составляет от 10 метров до 14 метров.

Объектом настоящего изобретения является также способ парового риформинга природного газа или нефти, в котором применяют печь в соответствии с настоящим изобретением.

В некоторых случаях используемое топливо может содержать водород с содержанием от 5 до 100 мол.%. В частном случае используемое топливо может состоять только из водорода, и этот водород может быть частично получен из эфлюентов, выходящих из печи парового риформинга.

Воздух, поступающий в зону горения, как правило, подают в печь после предварительного нагревания до температуры порядка 600°C и предпочтительно сверх 700°C.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение касается усовершенствования печей парового риформинга в результате использования типа горелки, называемой пористой горелкой, которая позволяет генерировать изолированное пламя в непосредственной близости от пористого элемента, являющегося неотъемлемой частью горелки. Это пламя, иногда называемое плоским пламенем, одновременно обеспечивает лучший контроль температурного профиля вдоль нагреваемых труб и очень большой выигрыш в компактности всей печи. Нагреваемые трубы, по меньшей мере, частично заполнены катализатором на основе никеля, имеющим форму цилиндра диаметром примерно 16 мм и высотой 10 мм. Внутри труб циркулирует реакционная среда. Поскольку реакция парового риформинга нефтяной фракции является преимущественно эндотермической, эти трубы необходимо нагревать, чтобы обеспечить наличие тепла, необходимого для реакции.

В частности, настоящее изобретение касается использования пористой длинномерной горелки, обеспечивающей нагрев набора труб, и расположения между трубами и горелками, позволяющего получить гораздо более компактную печь для каталитического парового риформинга по сравнению с известными техническими решениями.

На фиг. 2, согласно изобретению, показано расположение пористых горелок (3) относительно нагреваемых труб (1), которые в случае, показанном на фиг. 2, являются стандартными трубами, установленными вертикально в печи сверху вниз.

На фиг. 3 показана конструкция печи в соответствии с настоящим изобретением, использующая байонетные трубы (4) и пористые горелки (3). В конфигурации, показанной на фиг. 3, трубы не доходят до пода печи и находятся над вытяжными трубами (6) для удаления дымовых газов, тогда как горелки (3) доходят до уровня под каналами (5) подачи воздуха.

Данная конструкция является более компактной, чем конструкция со стандартными трубами, поскольку ряды труб можно расположить через промежутки в один метр или меньше (против 2 метров или более в известных технических решениях), что позволяет примерно вдвое повысить мощность установки для производства водорода паровым риформингом по сравнению с известными печами.

На фиг. 4 показаны основные элементы пористой длинномерной горелки (3). Полное описание этого типа пористой длинномерной горелки можно найти в патентной заявке, поданной под номером 06/10.999.

Питание топливом (обозначенным на фиг. 4 (Н)) осуществляют при помощи центрального дозатора (17), который по существу является вертикальным и охвачен пористым элементом (18) кольцевой формы толщиной от 0,5 см до 5 см.

В этой пористой горелке расстояние между дозатором и пористым элементом (зона (19) на фиг. (4)) имеет значение от 0,5 см до 10 см.

Пористый элемент (18) имеет пористость менее 50% и предпочтительно менее 30%, при этом пористость определяют как отношение объема пустот к видимому объему упомянутого пористого элемента.

Топливо (Н) распределяется по всей длине центрального дозатора (17), в случае необходимости, при помощи совокупности отверстий (20) диаметром, меняющимся в зависимости от их положения вдоль дозатора, и горит при контакте с воздухом-окислителем на поверхности или даже внутри пористого элемента (18).

Пористые горелки (3), используемые в настоящем изобретении, содержат центральный дозатор (17), который может содержать единый участок с отверстиями одинакового диаметра или может быть поделен, по меньшей мере, на два участка, при

этом каждый участок имеет отверстия (20) одинакового диаметра, и на разные участки с отверстиями разного диаметра.

Например, центральный дозатор (17) может быть разделен, по меньшей мере, на два участка, при этом каждый участок содержит отверстия (20) диаметром, увеличивающимся с осевым расстоянием вдоль дозатора в направлении прохождения топлива.

В качестве не ограничительного примера различных вариантов выполнения дозатора пористых горелок (3) центральный дозатор (17) может быть разделен, по меньшей мере, на два участка, при этом каждый участок содержит отверстия (20) с диаметром, увеличивающимся согласно экспоненциальному правилу в направлении прохождения топлива. Такое расположение позволяет получать вдоль всей пористой горелки (3) примерно постоянный тепловой поток, чего невозможно добиться при одинаковом диаметре отверстий ввиду потери напора вдоль дозатора, которая приводит к более слабому расходу топлива в отверстиях, наиболее удаленных от конца подачи топлива в упомянутый дозатор. Этот аспект имеет большое значение в рамках настоящего изобретения, так как пористые горелки (3), как правило, могут иметь длину 10 м и более и даже достигать 15 метров длины.

Пламя, получаемое в результате горения, остается изолированным в непосредственной близости от пористого цилиндрического элемента (18), поэтому достаточно небольшого расстояния порядка 500 мм и предпочтительно порядка 400 мм между горелкой (3) и трубами (4) с катализатором, чтобы избежать любой возможности появления горячих точек.

Окислитель, как правило воздух, поступает отдельно по каналам (5) без какого-либо предварительного смешивания с топливом, а дымовые газы удаляются по вытяжным трубам (6).

В предпочтительном варианте изобретения, показанном на фиг.3, вместо простых труб используют так называемые байонетные трубы (4), показанные на фиг. 5.

Байонетные трубы (4) содержат центральную трубу (26), погруженную в наружную оболочку (25) и содержащую конец (28), который обеспечивает удаление эфлюентов реакции за пределы реактора. Наружная оболочка (25) содержит конец (29), через который осуществляют подачу реактивной среды в кольцевую зону (27), окружающую центральную трубу (26).

Кольцевая зона (27), по меньшей мере, частично заполнена катализатором парового риформинга, как правило, в виде небольших цилиндров или колец диаметром примерно 16 мм и высотой около 11 мм.

Нижнюю часть кольцевой зоны можно заполнить шариками диаметром, превышающим диаметр цилиндров катализатора, чтобы ограничить потерю напора, соответствующую изменению направления реакционной среды.

Реакционная среда проходит через кольцевую зону (27), затем после поворота примерно на 180° проходит внутри центральной трубы (26) и выводится из печи через конец (28) указанной центральной трубы и собирается в коллектор или любую другую эквивалентную систему, как правило, находящуюся снаружи самой печи.

За счет байонетной конфигурации часть тепла эфлюента, циркулирующего в центральной трубе (26), отбирается для нагрева шихты, циркулирующей в кольцевой зоне (27). Эффективность теплопередачи повышается, и мощность печи для данного расхода шихты за счет этого можно снизить.

ПРИМЕР (согласно изобретению)

Паровой риформинг природного газа осуществляют в печи парового риформинга,

использующей байонетные трубы и показанной на фиг. 3.

Горючий газ является смесью газа, получаемого при продувке установки PSA (установка адсорбции/десорбции путем изменения давления), и природного газа.

Газ, получаемый из установки PSA, имеет следующий молярный состав:

H_2 : 26%

CO_2 : 49%

CH_4 : 17%

CO : 8% (со следовыми количествами азота и воды).

При смешивании с природным газом получают горючий газ следующего состава:

H_2 : 25%

CO_2 : 48%

CH_4 : 18%

CO : 9%

Печь парового риформинга позволяет производить 16000 киломоль водорода в час, то есть 32 тонны в час, что требует примерно 40 МВт (аббревиатура для мегаватта, или 10^6 ватт) тепла, направляемого к трубам.

При избытке воздуха в 25% расход топлива составляет 950 киломоль/ч горючего газа и требует 3115 киломоль/ч воздуха, предварительно нагретого до $700^\circ C$.

Дымовые газы выделяются из расчета 3911 киломоль/ч, то есть $400000 \text{ м}^3/\text{ч}$ в условиях температуры и давления печи.

Домовые газы выходят из печи при $975^\circ C$. Давление дымовых газов составляет 1,2 абсолютных бар ($1 \text{ бар} = 10^5$ паскаль).

Часть энергии дымовых газов используют для предварительного нагрева воздуха, необходимого для горения.

Каждая вытяжная труба для удаления дымов имеет внутреннюю ширину 350 мм и внутреннюю высоту 1000 мм, что соответствует площади проходного сечения $0,35 \text{ м}^2$.

Каждая вытяжная труба пропускает дымовые газы в количестве $10000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Скорость прохождения дымовых газов в вытяжной трубе составляет 8 м/с.

Печь парового риформинга в соответствии с настоящим изобретением содержит 1720 вертикальных труб байонетного типа, кольцевая часть которых заполнена катализатором на основе никеля.

Частицы катализатора имеют форму небольших цилиндров диаметром 16 мм и высотой 11 мм.

Каждая байонетная труба содержит наружную оболочку длиной 12 м с наружным диаметром 190 мм и с внутренним диаметром 135 мм.

Байонетные трубы распределены в 40 рядов, при этом каждый ряд содержит 43 трубы.

Ряды труб отделены друг от друга промежутками в 750 мм, что дает внутреннюю длину печи, равную 30 м.

В данном ряду расстояние между трубами, измеренное между их центрами, составляет 350 мм.

Пористые горелки в количестве 1677 распределены в 39 рядов, вставленных между рядами труб. Каждый ряд содержит 43 горелки.

Между каждым рядом труб вставлен ряд пористых горелок длиной 10 метров, при этом расстояние между их центрами равно 350 мм.

Наружный диаметр пористой горелки равен 100 мм.

Диаметр центрального перфорированного дозатора составляет 20 мм.

Расстояние между дозатором и пористой горелкой (зона, обозначенная (19) на фиг. 4) равно 10 мм.

Толщина пористого элемента (18) равна 30 мм.

Пористость пористого элемента (18) составляет 0,1.

Печь в соответствии с настоящим изобретением имеет следующие внутренние размеры:

ширина: 15 м

длина: 30 м

высота: 14 м

Для сравнения, печь из предшествующего уровня техники такого же размера, что и печь в соответствии с настоящим изобретением, позволяет производить только 12 т/ч водорода вместо 32 т/ч.

Таким образом, печь в соответствии с настоящим изобретением позволяет получить существенный выигрыш в компактности.

Формула изобретения

1. Печь парового риформинга углеводородной фракции, содержащей от 1 до 30 атомов углерода, содержащая набор вертикальных труб байонетного типа, подвешенных к верхней части упомянутой печи, частично заполненных катализатором на основе никеля, при этом упомянутые трубы распределены в виде параллельных рядов, при этом тепло, необходимое для реакции парового риформинга, обеспечивают для труб с катализатором за счет горения при помощи длинномерных пористых горелок, расположенных в виде рядов между рядами нагреваемых труб, при этом расстояние между двумя рядами труб, между которыми установлен ряд пористых длинномерных горелок, составляет от 600 мм до 1200 мм и предпочтительно составляет от 650 мм до 1000 мм, при этом расстояние между рядом труб и ближайшим рядом пористых длинномерных горелок составляет от 300 мм до 600 мм и предпочтительно от 300 мм до 500 мм.

2. Печь парового риформинга по п.1, в которой воздух для горения подают через каналы, расположенные в верхней части печи, а дымовые газы удаляют при помощи вытяжных труб, находящихся в нижней части печи.

3. Печь парового риформинга по п.1, в которой воздух для горения подают через каналы, находящиеся в нижней части печи, а дымовые газы удаляют через вытяжные трубы, находящиеся в верхней части печи.

4. Печь парового риформинга по любому из пп.1-3, в которой пористые длинномерные горелки содержат длинномерный центральный дозатор, охваченный пористым кольцевым элементом, причем расстояние между наружной стенкой центрального дозатора и кольцевым пористым элементом составляет от 0,5 см до 10 см.

5. Печь парового риформинга по любому из пп.1-3, в которой кольцевой пористый элемент имеет пористость менее 50% и предпочтительно менее 20%.

6. Печь парового риформинга по любому из пп.1-3, в которой длина нагреваемых труб составляет от 7 м до 15 м и предпочтительно составляет от 10 м до 14 м.

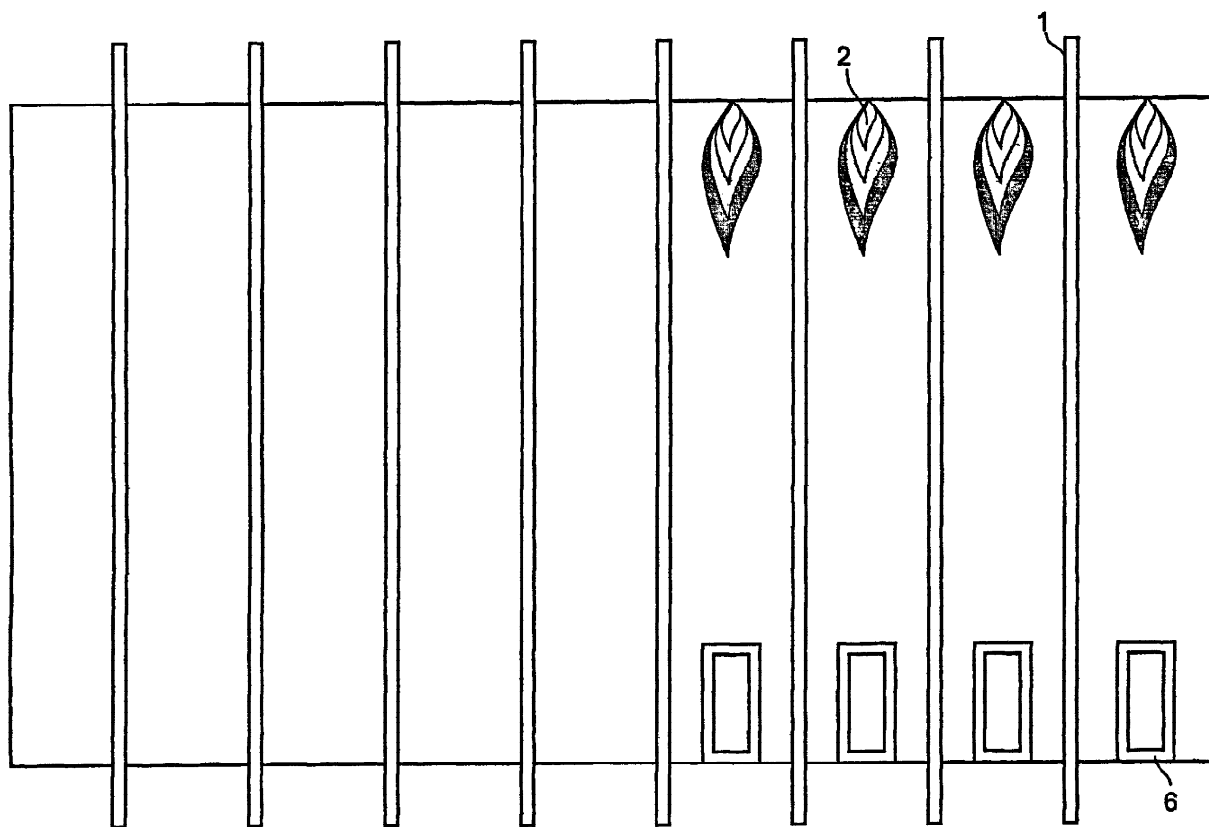
7. Печь парового риформинга по любому из пп.1-3, в которой расстояние между центрами двух последовательных труб одного ряда составляет от 250 мм до 400 мм и предпочтительно составляет от 300 мм до 400 мм.

8. Печь парового риформинга по любому из пп.1-3, в которой центральный дозатор (17) пористых горелок (3) разделен, по меньшей мере, на два участка, при

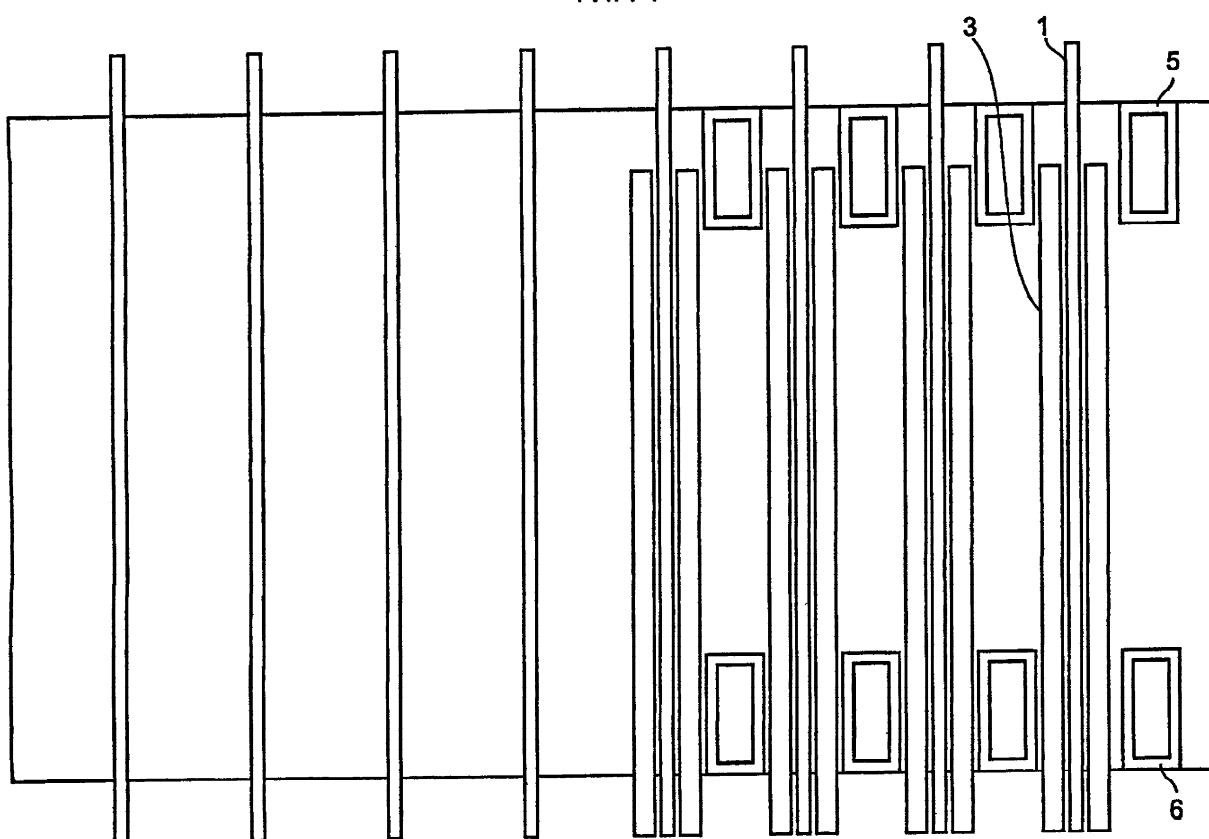
этом каждый участок содержит отверстия (20) диаметром, увеличивающимся с осевым расстоянием вдоль упомянутого дозатора в направлении прохождения топлива.

5 9. Способ парового риформинга углеводородной фракции, содержащей от 1 до 30 атомов углерода, использующий печь по любому из пп.1-8, в котором топливо, используемое для питания пористых длинномерных горелок, содержит водород в количестве от 5 до 100 мол.%.
10

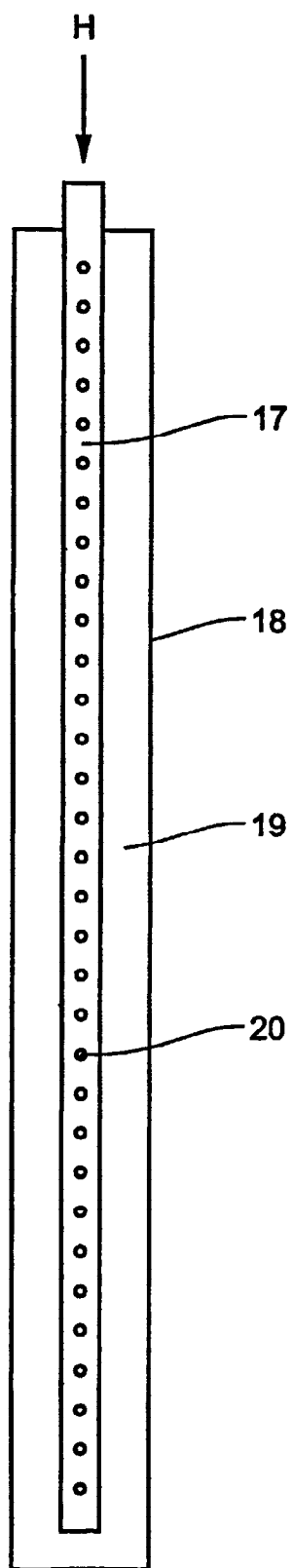
10. Способ парового риформинга углеводородной фракции, содержащей от 1 до 30 атомов углерода, по любому из пп.1-8, в котором воздух, поступающий в зону горения, подают в печь после предварительного нагревания до температуры порядка 600°C и предпочтительно сверх 700°C.
15
20
25
30
35
40
45
50



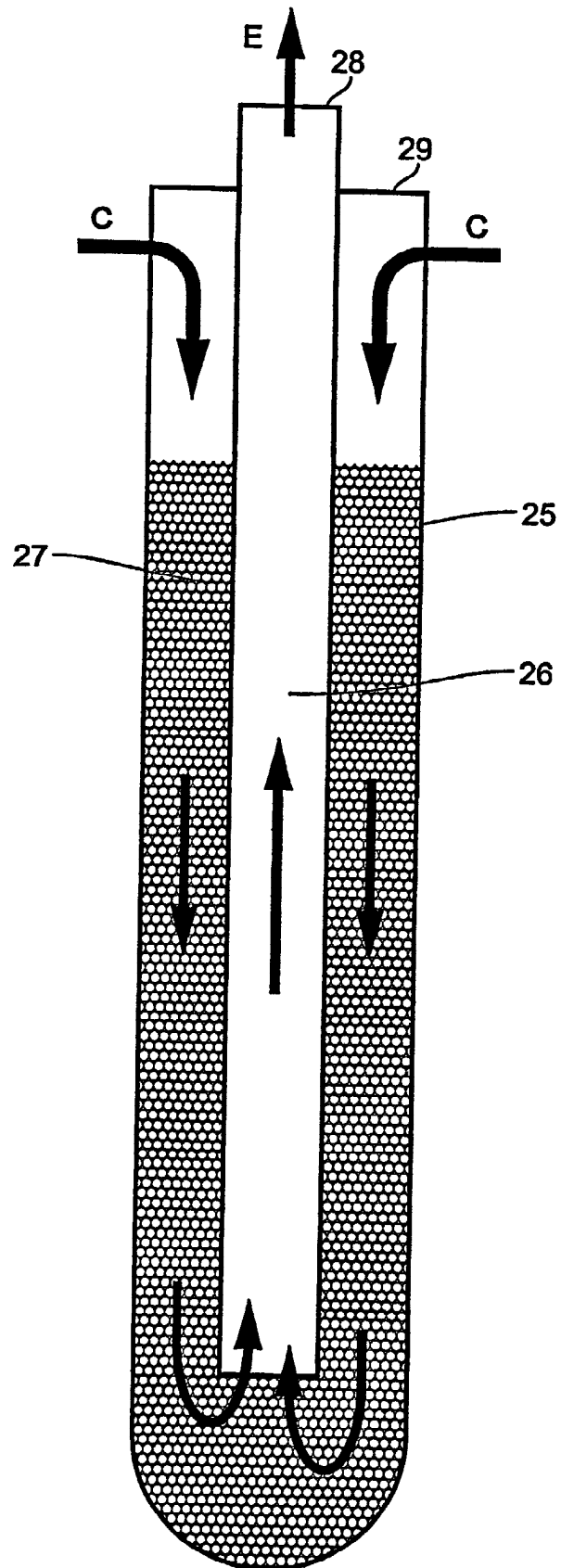
ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 4



ФИГ. 5