(19) **RU** (11) **2 137 539** (13) **C1**

(51) МПК[6] **B 01 J 19/24, C 07 C 2/76**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 95101388/25, 01.02.1995

(30) Приоритет: 02.02.94

(30) Приоритет: 02.02.1994 FR 9401243

(46) Дата публикации: 20.09.1999

(56) Ссылки: EP 0539270 A1, 15.10.92. EP 0289391 A1, 02.11.88. EP 0323287 A1, 05.07.89. US 4973777 A, . 27.11.90. SU 1806003 A3, 30.03.93. SU 1821237 A1, 15.06.93. SU 1012968 A, 23.04.83.

(98) Адрес для переписки:
103735, Москва, ул.Ильинка 5/2, Союзпатент, Томской Е.В.

(71) Заявитель:
Энститю Франсэ дю Петроль (FR),
Газ де Франс (FR)

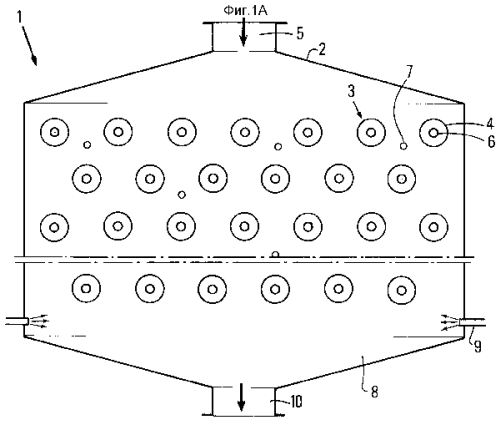
(72) Изобретатель: Кристиан Бюссон (FR), Анри Дельом (FR), Лор Голлион (FR), Жан Пьер Кассань (FR)

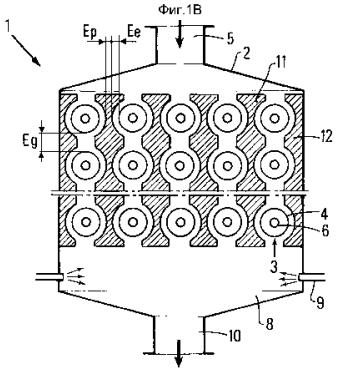
(73) Патентообладатель:
Энститю Франсэ дю Петроль (FR),
Газ де Франс (FR)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ, ТРЕБУЮЩИХ ПО КРАЙНЕЙ МЕРЕ ДЛЯ ЗАПУСКА ПОДВОДА ТЕПЛА

(57) Реферат:

Устройство включает реактор (1) удлиненной по оси формы, предпочтительно с квадратным или прямоугольным сечением, имеющий на первом конце по меньшей мере одно средство загрузки по меньшей мере одного реагента, на противоположном конце по меньшей мере одно средство для удаления полученных эфлюентов. Реактор в первой зоне (со стороны первого конца) включает множество средств теплообмена (3), причем указанные средства теплообмена (3) практически параллельны между собой, располагаются в виде практически параллельных слоев, перпендикулярных оси реактора, образуя между указанными средствами и/или образованными этими средствами слоями зазоры или проходы для циркуляции реагента или реагентов и/или эфлюентов. Средства теплообмена (3) приспособлены для теплообмена в проходах за счет последовательных поперечных участков, независимых и практически перпендикулярных оси реактора. По меньшей мере некоторые из средств теплообмена (3) включает трубу, образованную по меньшей мере одной оболочкой, загружаемую газом или газовой смесью для теплообмена и включающую по меньшей мере одно средство для удаления газа или газовой смеси, подвергнутой теплообмену с реагентом или реагентами и/или эфлюентами, циркулирующими снаружи средства теплообмена (3). 15 з. п. ф-лы, 2 ил.





RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

(19) **RU** (11) **2 137 539** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **B 01 J 19/24, C 07 C 2/76**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 95101388/25, 01.02.1995

(30) Priority: 02.02.94

(30) Priority: 02.02.1994 FR 9401243

(46) Date of publication: 20.09.1999

(98) Mail address:
103735, Moskva, ul.Il'inka 5/2, Sojuzpatent, Tomskoj E.V.

(71) Applicant:
Ehnstitju Franseh dju Petrol' (FR),
Gaz de Frans (FR)

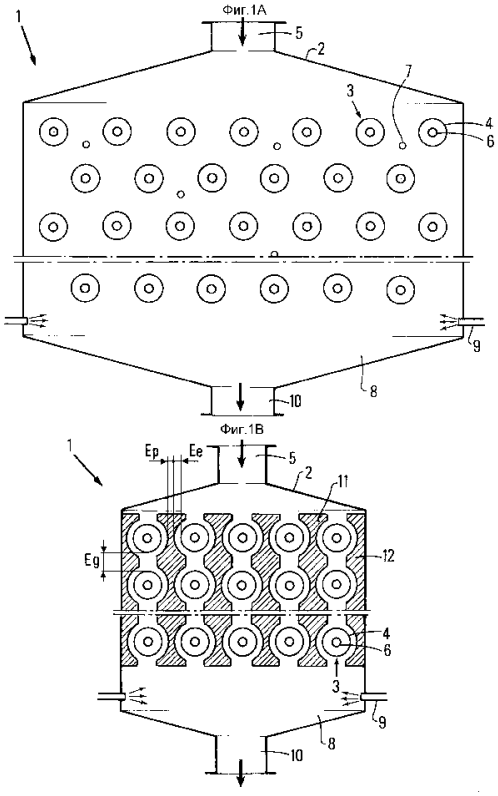
(72) Inventor: Kristian Bjusson (FR),
Anri Del'om (FR), Lor Gollion (FR), Zhan P'er Kassan' (FR)

(73) Proprietor:
Ehnstitju Franseh dju Petrol' (FR),
Gaz de Frans (FR)

(54) DEVICE FOR PERFORMING CHEMICAL REACTIONS WHICH REQUIRE DELIVERY OF HEAT FOR AT LEAST START

(57) Abstract:

FIELD: methods of performing chemical reactions. SUBSTANCE: device includes axially elongated reactor 1 having square or rectangular section; at one end, reactor has at least one unit loading at least one reagent and at opposite end, it has at least one unit for removal of effluents. Reactor has many heat exchange device 3 is first zone (on side of first end) which are practically parallel relative to one another and are arranged in practically parallel layers which are perpendicular relative to reactor axis forming clearances or passages between these devices and/or layers formed by them for circulation of reagent or reagents and/or effluents. Heat exchanger devices 3 are adaptable for heat exchange in passages due to successive transversal sections which are independent and practically perpendicular to reactor axis. At least several heat exchange devices 3 include tube formed by at least one envelope which is loaded with gas or gaseous mixture for heat exchange and provided with at least one device for removal of gas or gaseous mixture subjected to heat exchange with reagent or reagents and/or effluents circulating on the outside of heat exchange device 3. EFFECT: enhanced efficiency. 16 cl, 4 dwg



RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

Изобретение относится к устройству для осуществления химических реакций, требующих по крайней мере для запуска подвода тепла. Это устройство обычно включает серию элементов, позволяющих по крайней мере в первой зоне осуществлять подвод тепла, необходимый для запуска реакции. Это устройство может быть использовано для осуществления экзотермических реакций, но требующих подвода тепла для запуска, таких как, например, каталитические реакции гидрирования. Однако это устройство преимущественно применимо для осуществления любой эндотермической реакции, но предпочтительно для осуществления реакций парового крекинга, пиролиза, каталитического дегидрирования и каталитического риформинга углеводородов или фракций углеводородов, при которых температура реакции чаще всего примерно 350°C и где решаемыми проблемами является ограничение вторичных реакций, приводящих к образованию гудрона и/или кокса.

В очень многочисленных документах описываются способы и устройства для осуществления этих способов. В частности можно указать патент США A-4780196 и патент США A-4973777 на имя Institut Francais du Petrole (французского Института нефти), где описываются соответственно процесс термического пиролиза в присутствии водяного пара, так называемый способ парового крекинга, и способ термической конверсии метана, осуществляемый в многоканальном реакторе из керамического материала. Способ парового крекинга дает хороший выход этилена и пропилена, а термическое дегидрирующее соединение метана приводит к хорошим выходам ацетилена, этилена и ароматических соединений. Однако конструкция реактора тонкая, используемые для ее реализации керамические изделия представляют собой относительно дорогостоящие керамические изделия и трудно поддерживать постоянную температуру вдоль всей реакционной зоны, что является недостатком способа. Кроме того, одна и та же конструкция реактора делает очень трудным контроль температуры вдоль зоны реакции в случае парового крекинга и использования в качестве средства нагрева теплоносителя (нагревающей жидкости), циркулирующего в некоторых каналах. В случае электронагрева для термической конверсии метана срок службы электрических сопротивлений тем более ограничен, поскольку температура, которую желательно поддерживать в реакционной зоне, собственно говоря более высокая. Кроме того, конструкция реактора также очень тонкая и контроль поперечных сечений нагрева требует сложных систем, таких как приводимые в действие следящей системой трансформаторы и тиристорные (thyristors) модуляторы.

Термодинамические и кинетические изучения этих реакций, и в особенности реакций пиролиза углеводородов, и реакций, относящихся к термической конверсии метана, следовательно, проводятся для того, чтобы повысить селективность реакции по отношению к получению целевых продуктов (олефинов или смеси олефинов, ацетиленовых и ароматических углеводородов), оказывая влияние на следующие параметры:

- быстрое повышение температуры загрузки вплоть до оптимальной температуры пиролиза для данной загрузки и поддерживание этой температуры по возможности постоянной в реакционной зоне;
- уменьшение времени пребывания загрузки в реакционной части;
- снижение парциального давления углеводородной загрузки.

Следовательно, особенно важно свести к минимуму время контакта между продуктами реакции и нагретыми стенками реактора.

В технологическом плане эти необходимые условия быстро приводят к общей схеме способа, состоящей:

а) в подогреве загрузки (в случае необходимости разбавленной водным паром или водородом, азотом или другим газом в зависимости от осуществляемой реакции);

б) в нагревании до высокой температуры этой загрузки или смеси загрузки с водяным паром, или еще смеси загрузки с разбавляющим газом в трубчатых печах, чтобы ограничить время пребывания углеводородов в течение этой фазы пиролиза.

Эволюция печей для термического пиролиза и особенно для парового крекинга по существу направлена на достижение более коротких времен пребывания и уменьшение потери загрузки, что в свою очередь приводит конструкторов к уменьшению длины трубчатых реакторов, следовательно, к увеличению плотности теплового потока.

Увеличение этого последнего фактора по существу может быть достигнуто за счет повышения температуры поверхности (оболочки) трубчатых реакторов и/или вследствие уменьшения диаметра труб (что позволяет увеличивать соотношение s/v, где "s" обозначает поверхность обмена, а "v" представляет собой реакционный объем).

Также предлагается несколько моделей печи для пиролиза, где во всех случаях стремятся к увеличению плотности теплового потока по направлению к началу трубы для пиролиза и к уменьшению впоследствии либо за счет использования трубчатых реакторов с возрастающим диаметром, либо за счет соединения по крайней мере двух труб для пиролиза в одну после некоторой длины реакционной зоны (см., например, статью F.WALL и др., опубликованную в Chemical Engineering Progress, декабрь 1983, с. 50 - 55); также описываются нецилиндрические трубчатые печи, где стремятся к повышению соотношения s/v; также в патенте США A-3572999 описывается использование труб овального сечения, а в патенте США A-3964873 описывается использование труб, сечение которых в форме гантели.

Технология реакторов для термического пиролиза и особенно парового крекинга, таким образом, развивается, начиная с применения горизонтальных труб длиной около 100 м и с внутренними диаметрами порядка 90 - 140 мм, вплоть до классической технологии укрепленных вертикально труб длиной около 40 м и с диаметром порядка 60 мм, функционирующих при времени пребывания порядка 0,3 - 0,4 секунды (с), и, наконец, так называемой милливторичной

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

технологии, предлагаемой фирмой PULL MAN-KELLOG (патент США A-3671198), при которой используют вертикальные и прямолинейные трубы длиной около 10 м и с внутренним диаметром 25 - 35 мм, причем эти трубы доводятся до температуры порядка 100 °C (температура, чаще всего очень близкая к таковой предела применения металла). Время пребывания загрузок в этом типе печи составляет величину порядка 0,07 с; наблюдаемые потери давления порядка 0,09 - 0,18 МПа и расчет соотношения поверхности обмена "s" к реакционному объему "v" приводит к величинам порядка 120 $м^{-1}$.

Одна из самых важных проблем, которая возникает при осуществлении термического пиролиза и в особенности парового крекинга углеводородов, связана с образованием кокса на стенках реакторов. Это образование возникает большей частью вследствие вторичных реакций, таких как образование конденсированных полициклических ароматических углеводородов. Этим реакциям очень благоприятствует уровень нагрева: выше 900°C повышение температуры стенок реакторов на 50°C приводит к возрастанию вдвое скорости отложения кокса на этих стенках. Это явление коксообразования обязательно приводит к остановкам блока для удаления из него кокса, какой бы ни был способ. Это явление тем более вызывает затруднения, что пространство между стенками уменьшается.

В уровне техники также предлагается, с целью избежания вышеуказанных недостатков, особенно в европейском патенте B-323287 и в патенте США A-5160501 на имя Institut Francais du Petrole (французского Института нефти), способ термической конверсии метана в углеводороды с более высокими молекулярными весами, включающий средства электронагрева с теплопередачей газовой смеси, содержащей превращаемый метан, через герметичные или нет стенки покрытий из керамического материала, которые изолируют вышеуказанные средства нагрева газовой смеси, содержащей метан. В этом способе зону нагрева нагревают путем подвода электроэнергии с помощью электрических сопротивлений и тепло, выделяющееся в этих сопротивлениях за счет эффекта Джоуля, передается, в основном за счет эмиссии, покрытиям из керамического материала, расположенным вокруг сопротивлений, не прилегая к ним. Газовые загрузки, которые циркулируют в значительной степени перпендикулярно оси нагреваемых покрытий (оболочек), нагреваются главным образом за счет конвекции. Один из основных недостатков этих реализаций заключается в трудности достижения повышенной температуры снаружи оболочек без обязательного поддерживания сопротивлений при температуре, близкой к максимальной, которую может выдерживать материал, из которого они изготовлены, что в свою очередь делает относительно коротким срок службы этих сопротивлений и, следовательно, частую остановку промышленного блока с целью их замены. Также очень важно избегать максимального появления локальных перегревов на поверхностях обмена. Кроме того, в описанных в этих патентах устройствах непроницаемости (герметичности) достигаются при нагревании, динамически, за счет применения нагнетания газа в оболочки (покрытия) сопротивлений, что представляет собой существенный недостаток (затруднение), когда в одной оболочке возникает инцидент, ибо тогда появляется необходимость прерывания функционирования установки целиком. Более того, если при этих реализациях покрытия (оболочки) могут образовывать нагревательные элементы, когда сопротивления питаются электрическим током, или пассивные элементы, когда они не питаются электрическим током, то их никогда нельзя использовать в качестве элементов непрямого охлаждения продуктов, циркулирующих в печи. Наконец, температура по всей длине образованной оболочкой трубы очень неоднородная.

Более того, в патенте США A-2163599 описывается теплообменник, включающий двойные или тройные концентрические трубы, содержащие в первой кольцеобразной рубашке (оболочке) текучий жидкий теплоноситель, такой как вода, рассол или масло, который циркулирует. Эта рубашка окружена другой кольцеобразной изолированной рубашкой, в которой находятся, в качестве жидкого буфера, ртуть, свинец, различные легкоплавкие сплавы, дифенил или расплавленные соли. Наружные связи фиксированы на этой последней рубашке (оболочке) для облегчения теплообмена с наружной стенкой трубы. Этот тип трубчатого теплообменника несовместим с температурами реакции, которые могут достигать 1500°C, и с системой модуляции, без инерции, уровня температуры в реакторе.

Наконец, другие технологические варианты уровня техники иллюстрируются в патенте Франции A-2403518, европейском патенте A-0539270 и патенте США A-5160501, а также в публикации в Revue Generale de Thermique, 29 N 346, октябрь 1990 г., Paris, France, с. 531 - 538.

Одним из предметов изобретения является избежание вышеописанных недостатков. Цели, которых предполагают достичь и которые отвечают поставленным в уровне техники проблемам, по существу следующие:

- достижение большей однородности температуры по всей покрытой оболочкой (рубашкой) трубе за счет средств теплообмена, что должно позволять достигать наилучших химических выходов;
- улучшение теплообменов между реагентом или реагентами и нагретыми поверхностями за счет контакта с этой смесью;
- увеличение пригодности устройства и легкости его конструирования и демонтажа для очистки от кокса реактора и поддерживания его в хорошем состоянии. В особенности устройство должно быть способно функционировать даже в случае инцидента с одним или несколькими средствами теплообмена;
- наилучшее овладение профилями реакционной температуры, что позволяет повышать выход целевых продуктов, как, например, этилена и пропилена в случае термического парового крекинга углеводородов, по отношению к

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

существующим способам;

- располагать аппаратурой, обеспечивающей одновременно податливость (изменениям) и гибкость производства и позволяющей осуществлять управление, например, путем ход (действие)/остановка с различными скоростями или с высокой частотой, все время сохраняя самую высокую, насколько возможно, производительность в отношении целевых продуктов;

- располагать аппаратурой, в которой непроницаемости достигаются на холоде на уровне стенок реактора. Это позволяет избавляться от дополнительного отделения продуктов ниже реактора в случае, где герметизирующий газ имеет природу, отличную от выходящих из реактора продуктов, и иметь более незначительный обрабатываемый газовый эфлюент;

- располагать аппаратурой, геометрия реакционной зоны которой изменяема, что позволяет иметь для реактора с фиксированной геометрией возможность функционировать с очень отличными одни от других загрузками;

- располагать аппаратурой, которая может функционировать, в зависимости от случая, с зоной прямого быстрого охлаждения, в случае необходимости соединенной с зоной непрямого быстрого охлаждения или только с зоной непрямого быстрого охлаждения (закалки);

- располагать аппаратурой, в которой каждое средство теплообмена может функционировать либо как нагревательный элемент, либо как элемент охлаждения, либо еще как пассивный элемент.

В настоящем изобретении предлагается устройство для осуществления различных способов, и в особенности вышеуказанных способов, путем внесения значительных усовершенствований по сравнению с реализациями согласно уровню техники, таких как, например, более легкое, более гибкое и лучше контролируемое осуществление. Гибкость использования связана с применением элементов теплообмена, которые могут быть полностью независимы одни от других и которые могут быть по желанию нагревательными элементами, элементами охлаждения или пассивными элементами.

Преимущественно изобретение относится к устройству для осуществления реакций, требующих по крайней мере для запуска подвода тепла, и особенно для реализации эндотермических реакций. С целью упрощения продолжение описания настоящего изобретения связано с использованием устройства согласно изобретению в рамках его применения для проведения эндотермических реакций и более конкретно в рамках его осуществления для пиролиза метана или для термического пиролиза углеводородов с 2 С-атомами в их молекуле. Однако это описание не нужно рассматривать как ограничивающее объем охраны изобретения в плане применения предлагаемого согласно изобретению устройства.

Устройство согласно настоящему изобретению (см. фиг. 1 и 2) включает реактор 1 удлиненной по оси формы, предпочтительно квадратного или прямоугольного сечения, содержащий на первом конце по меньшей мере одно загрузочное устройство по меньшей мере для одного реагента, а на противоположном конце по меньшей мере одно средство для удаления образовавшихся эфлюентов, причем вышеуказанный реактор в первой зоне (со стороны первого конца) включает множество средств теплообмена 3, которые по существу параллельны между собой, расположены в виде практически параллельных слоев, перпендикулярных оси реактора, таким образом, чтобы между вышеуказанными средствами и/или образованными этими средствами слоями образовались зазоры или проходы для циркуляции реагента или реагентов и/или эфлюентов. Средства теплообмена (3) приспособлены для теплообмена в вышеуказанных проходах за счет последовательных поперечных участков (сечений), независимых и практически перпендикулярных оси реактора. Каждое средство теплообмена (3) включает трубу, образованную по меньшей мере одной оболочкой, связанную с устройством для загрузки газа или газовой смеси для теплообмена, приспособленную для теплообмена с реагентом или реагентами и/или эфлюентами, циркулирующими снаружи средства теплообмена (3), и включающую по меньшей мере одно средство удаления наружу из реактора газа или газовой смеси, подвернутой теплообмену с реагентом или реагентами и/или эфлюентами.

Согласно особому варианту реализации все или часть средств 3 теплообмена, загружаемых газом или газовой смесью для теплообмена, сообщается с газовыми горелками, соединенными со средствами загрузки горючего газа и поддерживающего горение газа. Имеются также средства автоматического регулирования горелок и модуляции количества газа, которыми снабжаются горелки, причем эти средства находятся между средствами загрузки и горелками для того, чтобы средства теплообмена загружались либо продуктом сгорания газа, исходящим из горелок, либо исключительно газом, поддерживающим горение.

В рамках настоящего изобретения труба включает по меньшей мере одну оболочку, имеющую поперечное сечение любой формы, например многоугольной, овальной или практически круглой формы. В случае применения трубы, поперечное сечение оболочки которой имеет многоугольную форму, предпочтительно используют трубы, поперечное сечение оболочки которых имеют треугольную, квадратную, прямоугольную, пятиугольную, шестиугольную, семиугольную или восьмиугольную форму. Чаще всего это поперечное сечение имеет квадратную, прямоугольную, овальную или практически круглую форму. А наиболее часто это поперечное сечение имеет практически круглую форму. Нет необходимости в том, чтобы сечение было постоянным по всей длине трубы ни по своей форме, ни по площади, однако это сечение чаще всего постоянно по своей форме и предпочтительно также по своей площади.

Форма труб не очень критическая, и можно использовать трубы, включающие оболочку

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

протяженной вдоль оси формы, трубы в виде шпильки или в форме U, или трубы в форме W. Обычно предпочтительно использовать трубы, включающие оболочку вытянутой вдоль оси формы.

Вдоль всего реактора можно использовать трубы различных форм. Например, трубы в форме U или W в начале реактора, поблизости от ввода реагента или реагентов, и затем трубы, включающие оболочку вытянутой вдоль оси формы. Трубы в форме U или W также могут быть использованы поблизости от конца, противоположного таковому, через который вводят реагент или реагенты.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения по крайней мере некоторые из средств теплообмена (3) образованы трубой в виде перчаточного пальца, в свою очередь образованной наружной оболочкой, закрытой на одном из своих концов, и внутренней оболочкой, практически коаксиальной вышеуказанной наружной оболочке, открытой со своих обоих концов и загружаемой с одного из своих концов газом или газовой смесью для теплообмена, причем вышеуказанный газ или газовая смесь для теплообмена удаляется через другой конец в свободное пространство (часто так называемый кольцевой зазор, причем форма этого пространства не ограничивается формой круга) между двумя оболочками (рубашками).

Для того, чтобы иметь наилучшую однородность температуры по всей наружной длине внешней оболочки (рубашки) трубы в виде перчаточного пальца и хорошую циркуляцию газа в кольцевом зазоре между двумя оболочками, обычно предпочтительно, чтобы соотношение внутренней площади (Se) поперечного сечения трубы, образующей наружную оболочку трубы в виде перчаточного пальца, к наружной площади (Si) поперечного сечения (площади рассчитываются из диаметров D и d труб с круглым сечением согласно схематически представленному осуществлению на фиг. 2) трубы, образующей наружную оболочку трубы в виде перчаточного пальца, составляло около 1,4:1 - примерно 25:1 и предпочтительно примерно от 2:1 до примерно 9:1. В этих условиях соотношения площадей можно обеспечивать однородность температуры, такую, что ее максимальное изменение вдоль наружной трубы составляет самое большее 30°C.

В предпочтительном варианте реализации устройство настоящего изобретения включает реактор, имеющий во второй зоне (8) (со стороны противоположного конца), соприкасающейся с первой зоной, средства охлаждения (9) эфлюентов, связанные по крайней мере с одним средством загрузки охлаждающего флюида. Обычно предпочтительно, чтобы этот реактор включал средства автоматического управления и модуляции теплообмена, связанные со средствами теплообмена (3).

Гибкость использования связана с применением элементов теплообмена, которые могут быть полностью независимы одни от других и которые позволяют получать реакционную зону изменяемой длины, без ограничения с самого начала геометрией реактора, как это будет показано ниже на примерах применений. Элементы теплообмена по желанию могут быть нагревательными элементами, элементами охлаждения или пассивными элементами и, следовательно, позволяют осуществлять очень легко вариацию длины различных зон и температур в этих зонах.

Средства теплообмена обычно практически перпендикулярны направлению введения продукта или продуктов в вышеуказанный реактор и в поперечной проекции образуют пучок с треугольным, квадратным или прямоугольным шагом. Эти средства могут быть перегруппированы путем последовательных поперечных, практически перпендикулярных направлению (к оси) зоны реакции сечений, независимых друг от друга и загружаемых газообразным топливом, чтобы образовать по крайней мере две части в первой зоне, так называемой зоне нагрева, причем первая часть позволяет доводить загрузку вплоть до температуры, равной самое большое примерно 1500°C, а вторая часть, следующая за первой частью, позволяет поддерживать загрузку при температуре, практически равной максимальной температуре, до которой она доводится в вышеуказанной первой части. Во второй зоне, следующей за вышеуказанной второй частью, охлаждают эфлюенты из зоны нагрева, затем собирают образовавшиеся продукты в конце реакционной зоны. Таким образом, во второй зоне реактора можно иметь одно или несколько средств теплообмена, используемых в качестве элементов, позволяющих охлаждать эфлюенты, выходящие из второй части зоны нагрева, за счет непрямого теплообмена и либо тогда собирать образовавшиеся продукты в конце этой зоны охлаждения или закалки, либо предусматривать после этой зоны непрямого быстрого охлаждения зону прямого быстрого охлаждения, затем собирать продукты на выходе из этой зоны прямого быстрого охлаждения (закалки).

Таким образом, в одном варианте реализации устройства согласно изобретению реактор образован (со стороны первого конца) первой зоной, в которой по крайней мере некоторые из и предпочтительно большая часть средств теплообмена этой первой зоны образуют нагревательные средства для реагента или реагентов, вводимого или вводимых в вышеуказанный реактор, и второй зоной, в которой по крайней мере некоторые и предпочтительно большинство средств теплообмена этой второй зоны образуют средства охлаждения или непрямого быстрого охлаждения (закалки) продуктов, исходящих из вышеуказанной первой зоны.

Согласно этим реализациям средства теплообмена первой зоны, загружаемые газом, могут снабжаться продуктами сгорания газа с повышенной температурой, предпочтительно исходящими из горелки, снабжаемой горючим газом и поддерживающим горение газом, таким как воздух, и средства теплообмена второй зоны, загружаемые газом, каждое снабжается по крайней мере газом с более низкой температурой, чем таковая продуктов сгорания газа, вводимых в вышеуказанную первую зону, и предпочтительно газом, исходящим из горелки, снабжаемой только

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

поддерживающим горение газом, таким как воздух.

В случае парового крекинга углеводорода, который осуществляется при температуре порядка 800-1300 °С, как и в случае термического дегидрирующего связывания метана, которое осуществляется при температуре порядка 1100-1500 °С, причем обе реакции сильно эндотермические, необходимо достигать очень значительной плотности теплового потока. Необходимо, чтобы максимальный подвод тепла осуществлялся в зоне, где протекают эндотермические реакции крекинга и дегидрирования; кроме того, принимая во внимание реакционноспособность образующихся продуктов, как ацетилен, этилен и/или пропилен, необходимо иметь время контакта, которое контролируется, относительно коротким с последующим быстрым охлаждением, чтобы получить профиль температуры "квадратного" типа и избежать слишком большого образования кокса.

Теплообмены являются одним из ключевых элементов для этого типа очень эндотермической реакции, где необходимо переносить очень значительные количества энергии от средств теплообмена, используемых в качестве средств нагрева, к газовой смеси, содержащей по крайней мере один углеводород, называемый ниже процессным газом (gaz process). Во время предварительного изучения, осуществляемого заявителем в отношении теплообменов в печи для пиролиза, сконструированной согласно модели, применяемой в настоящем изобретении, было замечено, что там имеет место обычно только в незначительной степени эмиссионный обмен между наружной оболочкой средства теплообмена и процессным газом. В самом деле, обычно этот газ образован по существу смесью углеводородов с разбавляющим газом, смесью, которая мало абсорбирует эмитируемое оболочкой излучение. Теплопередача между процессным газом и оболочкой (рубашкой), следовательно, в рассматриваемом в настоящем изобретении случае представляет собой главным образом передачу путем конвекции. В таком случае качество теплообменов непосредственно связано с доступной поверхностью обмена соотношением поверхность/объем так же, как с хорошей однородностью температуры средства теплообмена.

Так, если поверхность обмена относительно незначительная, то для достижения заданной температуры процессного газа, соответствующей предварительно выбранной степени конверсии, необходимо повышать температуру оболочки средства теплообмена в тем более значительных пропорциях из-за того, что эта поверхность незначительная, что в свою очередь вызывает возрастающую опасность образования кокса.

Стенки в значительной степени принимают участие в теплообмене, поскольку они способны поглощать эмитируемое оболочками средств теплообмена излучение, и, следовательно, температуры этих оболочек и стенок имеют тенденцию уравновешиваться. Тогда можно увеличивать значительно поверхность обмена и практически удваивать ее, предпочтительным образом конструируя устройство. В самом деле, хотя средства теплообмена могут быть расположены в шахматном порядке, с целью увеличения поверхности обмена предпочтительно располагать эти средства теплообмена таким образом, что они выстраиваются в линию, что позволяет получать "n" рядов "m" средств теплообмена в направлении длины (для общего числа средств теплообмена, равного "n" x "m"); таким образом получают по крайней мере одну продольную зону и наиболее часто по крайней мере две продольные зоны, включающие каждая по крайней мере один и часто несколько слоев средств теплообмена, причем каждая продольная зона отделяется от следующей перегородкой из огнеупорного материала. Также можно увеличивать поверхность теплообмена за счет оптимизированной поверхности, такой как, например, образуемой за счет соединения выступов на наружных оболочках средств теплообмена, участвующих в теплопередаче.

За счет эмиссии температура этих перегородок увеличивается и имеет тенденцию достигать величины, очень близкой к таковой наружных оболочек средств теплообмена. Эти перегородки, следовательно, также принимают участие в нагревании за счет конвекции процессного газа. Так, в этой форме реализации, при которой поверхность обмена значительно увеличена, можно достигать той же самой температуры процессного газа с помощью температуры наружных оболочек средств теплообмена и относительно более незначительной температуры перегородок, что позволяет, следовательно, снижать образование кокса.

В особой форме реализации изобретения каждая продольная зона включает один ряд средств теплообмена.

Согласно этим двум формам реализации конвективные обмены между процессным газом и перегородками значительно увеличиваются и они могут быть еще улучшены за счет придания процессному газу значительных скоростей и за счет создания зон турбулентности. Повышение скорости процессного газа, например, можно получать путем применения перегородок, форма которых благоприятствует этому повышению скорости и появлению зон турбулентности. Перегородки особых форм представлены на фиг. 1В и 1С, которые не ограничивают объема охраны изобретения.

Перегородки обычно выполнены из огнеупорного материала. Для реализации перегородок можно использовать любой огнеупорный материал, и в качестве примеров, не ограничивающих объема охраны изобретения, можно назвать циркон, карбид кремния, муллит и различные огнеупорные бетоны.

Принимая во внимание, что нет необходимости иметь герметичность на уровне перегородок, поскольку состав газа практически идентичный с каждой стороны перегородок, эта реализация индуктирует только минимальное увеличение стоимости устройства. В самом деле, с одной стороны, нет необходимости иметь ни специально толстые перегородки, ни особенно сложное исполнение; с другой стороны, общие

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

размеры реактора мало увеличиваются, так как в сущности ширина этого реактора определяется шириной наружных оболочек (рубашек) средств теплообмена. В качестве примера эти оболочки могут иметь ширину порядка 165 мм для толщины, имеющей размер порядка 50 мм, что вызывает только увеличение общей ширины реактора порядка 30%.

Дополнительным преимуществом этой реализации, включающей перегородки, является то, что можно более просто выполнять реактор, причем вертикальные перегородки, кроме улучшения теплопередачи за счет конвекции, позволяют поддерживать свод реактора.

Кроме того, предпочтительно, что каждая перегородка включает по крайней мере одно средство, позволяющее уравновешивать давления в продольных зонах, расположенных с обеих сторон перегородки. В качестве примера простого, но эффективного средства, позволяющего уравновешивать давления, можно назвать образование зон, включающих одну или несколько перфораций, или пористых зон.

Реакционная зона, согласно другому варианту реализации, также может включать ряд элементов, так называемых пассивных элементов, теплопередачи, основными функциями которых являются увеличение поверхности обмена, ограничение времени пребывания и регулирования скорости прохождения реагентов. Эти пассивные элементы теплопередачи также могут быть использованы в комбинации с перегородками из огнеупорного материала, особенно когда между двумя перегородками имеется несколько слоев средств теплообмена. Эти перегородки так же, как эти пассивные элементы теплопередачи, в случае реализации эндотермических реакций представляют собой, по крайней мере в первой части реакционной зоны, нагревательные элементы, участвующие в теплообмене, поглощая, затем отдавая обратно часть излучения, эмитированного средствами теплообмена.

Согласно другому варианту реализации зона нагрева и/или реакционная зона содержит уплотняющие элементы, основной материал которых выбирают предпочтительно в группе, образованной огнеупорными материалами. Эти уплотняющие элементы могут быть из материала типа огнеупорного бетона, монолитных керамик или керамических волокон. Следовательно, это либо элементы в разделенной форме, либо цельные (массивные) элементы, которые тогда можно рассматривать как таковые, которые находятся в реакционной зоне в качестве пассивных элементов, указанных выше. Можно одновременно вводить элементы в раздельной форме и цельные элементы. Эти уплотняющие элементы часто используются для ограничения времени пребывания и регулирования скорости прохождения процессного газа (реагенты и/или образовавшиеся продукты) в реакционной зоне. Эти элементы, когда они представляют собой цельные элементы, также могут служить основой наружных стенок по крайней море частично из огнеупорного материала. Они также могут иметь такие размеры, что они связываются только с наружной стенкой и тогда служат перегородкой, увеличивающей поверхность обмена между процессным газом и средствами теплообмена.

В особой форме реализации, одним из преимуществ которой является еще повышенная гибкость устройства изобретения, реактор включает средства теплообмена, образованные трубой, включающей оболочку, не снабжаемую газом или газовой смесью, причем вышеуказанные средства также образуют пассивные элементы теплопередачи.

В особой форме реализации эта труба может представлять собой трубу в виде перчаточного пальца, включающую наружную оболочку, закрытую на одном из своих концов, и внутреннюю оболочку, практически соосную вышеуказанной наружной оболочке, открытую с обоих концов и не снабжаемую газом или газовой смесью, причем вышеуказанные средства также образуют пассивные элементы теплопередачи.

Согласно одной из характеристик изобретения средства теплообмена, которые поставляют тепло в зону нагрева, снабжаются независимым образом, либо изолированно, либо за счет поперечных сечений, таким образом, чтобы создать участки нагрева вдоль зоны нагрева и таким образом иметь возможность модулировать количество энергии, поставляемое полностью вдоль этой зоны.

Зона нагрева обычно состоит из 2-20 участков нагрева, предпочтительно из 5-12 участков. В первой части этой зоны газовая смесь, включающая по крайней мере один углеводород, предварительно нагретая примерно до 400-1000°C, обычно доводится до температуры, самое большее равной примерно 1500°C и предпочтительно 800-1300°C (начало зоны нагрева расположено в том месте, где вводится реагент или реагенты).

Модуляция этих участков нагрева реализуется классическим образом; средства теплообмена, соответствующие вышеуказанным участкам, обычно снабжаются в условиях дебита горючего газа и поддерживающего горение газа, позволяя достигать желательной температуры снаружи наружной оболочки каждого средства теплообмена.

Для того, чтобы можно было осуществлять регулирование всей совокупности, каждый участок нагрева может быть снабжен датчиками температуры; эти датчики расположены в зазорах (пространствах), где циркулирует загрузка, информации передаются регулятору, который управляет дебитами горючего газа и поддерживающего горение газа.

Длина первой части зоны нагрева обычно составляет по крайней мере 5% общей длины зоны нагрева, предпочтительно по крайней мере 20% и, например, 20-90%.

Энергия, подводимая к этой первой части зоны нагрева, такая, что она генерирует сильный градиент температуры, который позволяет иметь среднюю температуры загрузки, во всей зоне нагрева, относительно высокую. Этот температурный градиент обычно составляет около 0,5 - 25 °C /см. В случае пиролиза углеводородов, такого как, например, пиролиз этана, это

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

благоприятствует селективности в отношении более легких олефинов.

Во второй части зоны нагрева модулируют энергию, подводимую к различным участкам нагрева этой зоны, таким образом, что изменение температуры вдоль всей этой зоны незначительное, обычно менее примерно 50 °С (± 25°С от заданного значения) и предпочтительно ниже примерно 20°С (± 10°С от заданного значения).

Кроме того, использование различных поперечных участков нагрева, независимых одни от других, позволяет достигать, на уровне второй части зоны нагрева, максимума тепловой энергии в месте, где осуществляется большая часть эндотермических реакций, и поддерживать в остальной части зоны нагрева почти неизменяемую температуру.

Длина зоны нагрева обычно составляет около 50-90% общей длины реакционной зоны.

Особенно в вышеуказанных условиях нагрева получают очень значительный тепловой поток с повышенным температурным уровнем. Это обычно требует особого выбора материала, образующего наружные оболочки труб в виде перчаточного пальца. В качестве материала, используемого для реализации этих оболочек, можно назвать керамические материалы, карбид кремния, нитрид бора, нитрид кремния и циркон.

В особенно предпочтительном варианте реализации устройства согласно изобретению по меньшей мере некоторые из средств теплообмена 3 включают трубу, снабжаемую газом или газовой смесью с помощью горелки, включающей оболочку, образующую кольцевую камеру вокруг вышеуказанной горелки, в которой циркулирует газ или газовая смесь для теплообмена, затем удаляется наружу из вышеуказанной камеры.

В предпочтительном варианте реализации по крайней мере некоторые из средств теплообмена 3 включают трубу в виде перчаточного пальца, снабжаемую газом или газовой смесью с помощью горелки, включающей оболочку, образующую кольцевую камеру вокруг вышеуказанной горелки, в которой циркулирует газ или газовая смесь для теплообмена, происходящая из кольцевого зазора между двумя оболочками трубы в виде перчаточного пальца, затем удаляется наружу из вышеуказанной камеры. В этом случае использование горелки, выбрасывающей с высокой скоростью на выходе газ, имеет следствием эффективную рециркуляцию газообразных продуктов и в результате очень хорошую однородность температуры по всей высоте наружной оболочки вышеуказанной трубы в виде перчаточного пальца.

Чаще всего наружная оболочка трубы в виде перчаточного пальца и оболочка, образующая кольцевую камеру вокруг горелки, соосны и имеют один и тот же внутренний диаметр. Обычно эти две оболочки (рубашки), т.е. наружная оболочка трубы в виде перчаточного пальца и оболочка, образующая кольцевую камеру вокруг форсунки, образованы одной-единственной трубой.

Внутренняя оболочка трубы в виде перчаточного пальца обычно содержит на своей цилиндрической, радиально идущей, внешней поверхности ребра для центрирования в наружной оболочке трубы в виде перчаточного пальца.

Предпочтительно можно применять средство теплообмена, в котором внутренняя оболочка трубы в виде перчаточного пальца включает множество отрезков (troncons) трубы, расположенных конец-в-конец практически аксиально выстроенными в линию и соединенными за счет средств соединения, включающих кольцевой элемент, образующий муфту, которая окружает коаксиально отрезки трубы для связывания на уровне зоны стыка и радиально идущая внешняя поверхность которой включает в середине своей длины фланец (кольцевой угольник), радиально поступающий внутрь и располагающийся между двумя отрезками связываемой трубы; части внутренней поверхности, расположенные с той и другой стороны фланца (кольцевого угольника), идут расширяясь постепенно к концам муфты. В этом последнем случае муфта чаще всего несет на своей цилиндрической, радиально идущей внешней поверхности ребра для центрирования внутренней оболочки трубы в виде перчаточного пальца в наружной оболочке трубы в виде перчаточного пальца.

Согласно настоящему изобретению предпочтительно используют трубу в виде перчаточного пальца, такую как труба, описанная в патенте Франции А-2616518 (патент США 4850334) на имя Gaz de France, и также можно использовать струйную авторекуператорную горелку, описанную в патенте Франции В-2616520 на имя Gaz de France (патент США 5894 006, которые включены в описание в виде ссылок.

Изобретение подробнее поясняется путем описания нескольких вариантов реализации, данных чисто в качестве иллюстрации, которые не ограничивают объема охраны изобретения и которые поясняются ниже с помощью прилагаемых рисунков, на которых подобные элементы обозначаются одними и теми же цифрами и буквами. Эти рисунки относятся к предпочтительной реализации реактора согласно изобретению в случае использования по меньшей мере одной трубы в виде перчаточного пальца и по меньшей мере одной струйной горелки в способе, где протекают эндотермические или экзотермические реакции.

В дальнейшем изобретение поясняется описанием конкретных примеров и чертежами, на которых:

фиг. 1А, 1В и 1С представляют собой продольный разрез реактора перпендикулярно оси оболочек (рубашек). В случае фигур 1В и 1С этот реактор включает перегородку, разделяющую один или несколько слоев средств теплообмена;

фиг. 2 иллюстрирует в виде продольного разреза по оси средства теплообмена деталь этого элемента, когда она представляет собой средство нагрева, включающее струйную авторекуператорную горелку.

На фиг. 1А представлен, согласно одному варианту реализации, вертикальный реактор 1 удлиненной формы и прямоугольного сечения, включающий распределитель 2, позволяющий снабжать входное отверстие 5 реактора реакционной газовой смесью. Эту последнюю, которая содержит, например, по объему 50% метана и 50% разбавляющего

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

газа, подогревают в обычной зоне подогрева, не представленной на чертеже, предпочтительно путем конвекции. Реактор включает множество средств теплообмена 3, содержащих каждое наружную оболочку (рубашку) 4 и практически соосную внутреннюю трубу 6, расположенные в виде параллельных слоев и образующих в плоскости чертежа пучок с треугольным шагом. Эти слои определяют поперечные участки нагрева или охлаждения, практически перпендикулярные оси реактора, определяемой в зависимости от направления поступления загрузки.

Эти участки нагрева снабжают теплом за счет циркуляции газа или газовой смеси, вводимой во внутреннюю трубу 6 и удаляемой в кольцевой зазор между внутренней трубой 6 и наружной оболочкой (рубашкой) 4, независимым образом. Пирометрические зонды с термопарой 7 размещаются в пространствах, где циркулирует загрузка, между средствами теплообмена 3 снаружи оболочки 4 вышеуказанных средств, и позволяют автоматически регулировать температуру каждого участка нагрева с помощью классического устройства для регулирования, не представленного на чертеже.

В первой части зоны нагрева и в случае термической конверсии метана средства теплообмена нагревают таким образом, что температура загрузки быстро превышает температуру подогрева (например, 750 или 1000°C), примерно доходя до 1200 °C; эта зона прогрессирующего нагрева обычно составляет примерно 25% общей длины зоны нагрева; газовая смесь затем циркулирует во второй части зоны нагрева, где обычно поддерживается температура при постоянном значении, практически равном таковому, достигаемому в конце первой зоны нагрева, или обычно примерно 1200°C. В самом деле, модулируют силу нагрева, даваемую несколькими участками нагрева, которые образуют вторую часть зоны нагрева; таким образом достигают вариации температуры, не превышающей примерно ± 10°C от приводимого в инструкции значения. Длина этой второй части зоны нагрева составляет около 75% от всей длины зоны нагрева.

При выходе из зоны нагрева эфлюенты реакции охлаждают в зоне охлаждения 8. Они вводятся в контакт с агентом быстрого охлаждения (закалки), таким как, например, пропан, вводимый через посредство инжекторов 9, расположенных на периферии реактора 1 и связанных с внешним источником пропана, не представленным на чертеже. Совокупность газообразных эфлюентов охлаждается до температуры около 500°C, и эту совокупность собирают, выводя через выпускное отверстие 10 в конце реактора 1.

Согласно другому варианту эфлюенты можно по меньшей мере частично охлаждать за счет циркуляции через зону, расположенную после второй части зоны нагрева, в которой элементы теплообмена представляют собой элементы охлаждения, включающие снабжение внутренней трубы 6 относительно холодным газом или газовой смесью, вводимой в вышеуказанную трубу и удаляемой в кольцевое пространство между внутренней трубой 6 и наружной оболочкой (рубашкой) 4. Можно, но обычно это не является необходимым, продолжать это охлаждение за счет прямого быстрого охлаждения в зоне 8, как описано выше.

На фиг. 1B представлен, согласно варианту реализации, вертикальный реактор 1 удлиненной формы и с прямоугольным сечениям, который отличается от реактора, представленного на фиг. 1A, тем, что он включает средства теплообмена, расположенные в виде рядов слоев, практически параллельных и образующих в плоскости (плоскость чертежа) пучок с квадратным шагом. Эти ряды разделяются одни от других перегородками 11 предпочтительно из керамического материала, практически параллельными оси реактора. Эти перегородки имеют форму, приспособленную для создания турбулентностей, включающую альвеолы на уровне каждого средства теплообмена 3. Этот реактор на внутренней стороне своих наружных стенок включает выпуклую часть 12 предпочтительно из керамического материала, имеющую форму, приспособленную для создания турбулентностей, включающую альвеолы на уровне каждого средства теплообмена 3. Расстояние Eg, разделяющее два соседних средства теплообмена 3, не очень критическое, но однако остается довольно незначительным в связи с проблемами времени пребывания и плотности обеспечиваемого теплового потока. Оно обычно составляет около 2-100 мм. Ряды средств теплообмена 3 разделяются перегородкой, например, из огнеупорного бетона на основе электровыплавляемого глинозема. Расстояние Ee между средствами теплообмена 3 и перегородками, или размер проходов, обычно довольно незначительное, чтобы обеспечивать хороший контакт газа с наружной поверхностью оболочки 4 средств теплообмена 3. Обычно это расстояние составляет около 1-100 мм и предпочтительно около 2-50 мм. Перегородки в своей самой тонкой части имеют относительно незначительную толщину (Ep), но достаточную для обеспечения хорошей механической устойчивости этих перегородок. Обычно эта толщина составляет около 2-300 мм и предпочтительно около 5-50 мм.

Способ реализации, схематически представленный на фиг. 1C, отличается от такового, схематически представленного на фиг. 1B, только тем, что несколько рядов средств теплообмена 3 располагаются между двумя перегородками 11.

Фиг. 2 иллюстрирует, в виде продольного разреза по оси средства теплообмена, деталь этого элемента, когда он представляет собой средство нагрева, включающее струйную авторекуперативную горелку.

Эта горелка включает по существу топочную трубу 13 из термомеханической керамики, которая ограничивает камеру сгорания 14 горелки и имеет простую форму с сужением 19 на конце выхода продуктов сгорания газа для обеспечения сильного выталкивания продуктов сгорания при их выходе из горелки. Со стороны, противоположной выходу 17, определяемому сужением 19, камера сгорания 14 закрывается предпочтительно прозрачным диском 15. Трубчатый элемент 16 окружает коаксиально

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

топочную трубу 13. Этот трубчатый элемент 16 включает на своем конце, расположенном по стороны выхода 17 продуктов сгорания газа, радиальное сужение, которое образует упор 18 аксиального положения топочной трубы 13, который окружает коаксиально сужение 19 этой трубы. Топочная труба 13 опирается на этот упор за счет кольцевой радиальной закраины, выполненной в виде продолжения наружу сужения 19, через посредство непроницаемого стыка. Трубчатый элемент 16 также окружает коаксиально трубу 20, которая расположена в виде аксиального продолжения топочной трубы 13, со стороны диска 15 для закрытия камеры сгорания. Труба 20 имеет практически такой же диаметр, что и топочная труба 13.

На фиг. 2, на которой представлена струйная горелка, состоящая из рекуперирующей горелки, трубчатый элемент 16 реализуется в форме теплообменника из жаростойкого сплава с лопатками 21. Этот теплообменник выполнен из отрезков некоторой длины, например 50 мм, которые скреплены между собой. Труба, образованная наружной оболочкой 4, и отрезок трубы 43, который расположен на аксиальном продолжении трубы 4, коаксиально окружают теплообменник 16. Рядом с их концом трубы 4 и 43 снабжены соответственно фланцами 24 и 25, которые позволяют соединяться трубам между собой, с изоляционным слоем на стыке, не представленным на чертеже, и позволяют фиксировать горелку на стенке реактора 1, схематически представленной позицией 44. Пространство, ограниченное трубами 4 и 43, закрывается со стороны, противоположной топочной трубе 13, с помощью трубчатой оболочки 29, которая расположена на аксиальном продолжении трубы 43 и закрыта на своем свободном конце стенкой 30, перпендикулярной оси трубчатого узла. Вблизи концов трубы 43 и оболочки 29 находятся соединительные фланцы 31, 32. Теплообменник 16, своим концом, противоположным упору 18 для закрепления топочной трубы, поддерживается элементами 33, радиально выступающими наружу и зажатыми между фланцами 31 и 32. Отрезок трубы 43 снабжен отверстием 35 для удаления продуктов сгорания газа наружу из реактора, тогда как оболочка 29 снабжена перфорацией 36 для подачи воздуха, поступающего в зону горения. Теплообменник 16 разделяет поток воздуха, поступающего в зону горения через вход 36 в горелку, и продукты сгорания газа, которые циркулируют противотоком и выходят из горелки через отверстие 35.

Подача горючего газа или горючих газов обеспечивается через подводящую трубу 37, которая идет по оси трубы 20, начиная от стенки 30 оболочки 29, в камеру сгорания 14, проходя через диск 15. Горючий газ или горючие газы проникают в камеру 14 через отверстия 38, например, в количестве шести, которые размещаются ангулярно на трубопроводе, образующем трубу 37 для нагнетания газа вблизи ее конца. Труба 37 для нагнетания газа имеет на своем конце устройство для зажигания при высоком напряжении. Заземленный электрод, обозначенный цифрой 39, припаивается к трубе 37 для нагнетания газа, тогда как электрод высокого напряжения, обозначенный цифрой 40, располагается по ее оси. Он выполнен, например, в виде стержня из жаростойкого сплава, помещенного в оболочку из оксида алюминия. Воздух или газ, поддерживающий горение, проникает в камеру сгорания 14 через отверстия P в топочной трубе 13, которые обычно располагаются в одной плоскости, практически перпендикулярной оси топки. Чаще всего эта топочная труба включает несколько плоскостей подачи воздуха или газа, поддерживающего горение, и отверстия для ввода воздуха или поддерживающего горение газа проделывают таким образом, что воздух или поддерживающий горение газ проникает в камеру сгорания 14 практически по тангенциальным траекториям.

Продукты сгорания газа выходят из камеры сгорания 14 по выходу 17 и прямо поступают во внутреннюю трубу, согласно схематически представленной на чертеже форме выполнения, включающую два отрезка 6a и 6b и образующую внутреннюю оболочку трубы в виде перчаточного пальца, образующей средство теплообмена 3. Это средство теплообмена 3 в этом исполнении представляет собой радиантную трубу в виде перчаточного пальца с рециркуляцией, которая включает трубу, образованную наружной оболочкой 4, которая в свою очередь также образует наружную оболочку вышеописанного устройства сжигания.

Трубы или оболочки средства теплообмена 3 чаще всего выполняются из термомеханического керамического материала. Однако, не выходя за рамки изобретения, возможно использование для их реализации другого материала, имеющего характеристики механической и химической устойчивости, совместимые с предусматриваемым использованием. Преимущественно наружная оболочка 4 может быть выполнена из жаростойкого сплава. Внутренняя труба средства теплообмена 3 может быть выполнена из одного отрезка, но чаще всего она составляется из нескольких отрезков, и, например, из 2-12 отрезков, аксиально выстроенных в линию и связанных между собой соединительными средствами, т.е. средствами гибкого связывания, при этом отрезки трубы 6a и 6b располагаются конец-к-концу. Каждое из средств связывания реализуется в форме муфты 41, например, из керамики, окружающей коаксиально концы, соединенные в виде конец-в-конец из двух отрезков трубы 6a и 6b. Радиально идущая внутренняя поверхность муфты 41 предпочтительно в середине своей длины имеет кольцевой треугольник фланец 42, который радиально выступает наружу и располагается между двумя концами соединяемых труб. Внутренний диаметр фланца соответствует по существу внутреннему диаметру отрезков трубы 6a и 6b, тогда как наружный диаметр фланца немного больше, чем наружный диаметр отрезков, чтобы мог существовать некоторый радиальный зазор, учитывающий смещение отрезков, обеспечивая герметичность соединения.

В форме реализации, не представленной на фиг.2, части внутренней поверхности муфты 41, расположенные по обе стороны фланца 42, имеют диаметр, который

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

постепенно увеличивается в направлении конца муфты. Увеличение диаметра определяется таким образом, чтобы позволить отрезку 6a или следующему отрезку 6b за счет соответствующего аксиального смещения, которое может достигать нескольких градусов, двигаться по типу сползания трубы, образованной оболочкой 4, в особенности, когда она выполнена из жаростойкого сплава. Эта последняя, таким образом, может быть выполнена из жаростойкого сплава, т. е. из материала с коэффициентом расширения и устойчивостью к высокой температуре, очень отличными от материала, образующего внутреннюю трубу 6 (фиг. 1A, 1B и 1C; а также 6a и 6b фиг.2).

Каждая муфта 41 имеет на своей наружной цилиндрической поверхности ребра (на фиг. не представлено) для центрирования в наружной оболочке 4. Первый и последний отрезки трубы 6 включают на уровне их свободных концов ребра 45 для центрирования и могут содержать вырезки или входные отверстия U-образной формы, выполняемые в цилиндрической стенке отрезков между двумя ребрами центрирования.

Внутренняя труба 6 открыта с обоих своих концов, что позволяет осуществляться циркуляции продуктов сгорания газа, выходящих из камеры сгорания 14 в эту трубу и в кольцевой зазор, создаваемый между внутренней трубой 6 и оболочкой 4 указанным стрелками образом, причем оболочка закрыта на своем конце, удаленном от горелки. Наличие входных отверстий благоприятствует циркуляции продуктов сгорания газа. Так, радиантная труба может быть использована в вертикальном положении, даже если последний отрезок опирается на днище оболочки 4, после аксиального смещения этого отрезка или нескольких отрезков. На этом конце аксиальная полудлина муфты больше суммы аксиальных зазоров между трубой и соседними элементами или различными отрезками. Принимая во внимание, что отрезки трубы 6 имеют внутренний и внешний диаметры постоянными по всей длине, трубе 6 можно придавать любую пригодную длину простым вырезанием отрезков или отрезка желательной длины или путем конструирования трубы из некоторого числа стандартных модулей различной длины.

Часто предпочтительно, чтобы горелка была целиком включена в одну из стенок реактора, как это схематически представлено на фиг.2, однако это но является обязательным для осуществления изобретения. Точно также положение горелки обычно выбирают так, что "носик" горелки, т.е. выход 17 продуктов сгорания газа, располагается в непосредственной близости от внутренней стенки 44 реактора и предпочтительно на уровне этой стенки или слегка внутрь зоны между обеими стенками реактора.

Следующие примеры служат для иллюстрации изобретения, но никоим образом не ограничивают его объема охраны. Они особенно ясно показывают гибкость устройства, предмета настоящего изобретения.

Пример 1

Используют горизонтальный реактор с прямым быстрым охлаждением, с полной полезной длиной 7 м и прямоугольным сечением 1,5 м на 1,6 м, конфигурация которого подобна таковой, схематически представленной на фиг.1B.

Средства теплообмена 3, которые представляют собой нагревательные средства этого реактора, включают горелку, продукты сгорания газа которой поступают во внутреннюю оболочку 6 трубы в виде перчаточного пальца, образующую каждая радиантный нагревательный элемент 3 из карбида кремния.

Эти нагревательные элементы располагаются перпендикулярно направлению циркуляции загрузки (вертикально) в виде параллельных слоев. Нагревательные элементы 3 из керамики имеют длину 1,5 м и наружный диаметр 165 мм; расстояние Rg, разделяющее два соседних нагревательных элемента, составляет 36 мм. Реактор содержит 5 продольных рядов, разделенных перегородками 11 из огнеупорного бетона на основе электровыплавленного оксида алюминия. Расстояние Ee между нагревательными элементами 3 и перегородкой 11 или 12 или размер проходов составляет 18 мм. Каждый ряд включает 30 нагревательных элементов 3. Перегородки 11 и 12 в своей наиболее тонкой части имеют толщину Ep $\approx$ 99 мм.

Первая часть каждого ряда протяженностью 1,4 м содержит 7 нагревательных элементов 3 в ряду; в этой части загрузку, вводимую через входное отверстие 5 и подогретую до 1000°C, доводят до температуры 1200°C. Эта зона включает термическое регулирование через посредство термопар 7 (фиг.1A), расположенных в зазорах, где циркулирует загрузка.

Вторая часть каждого ряда, смежная с вышеуказанной первой частью, имеет протяженность 4,6 м; она состоит из 23-х нагревательных элементов 3, расположенных таким же образом, как и в первой части вышеуказанного ряда. Каждый нагревательный элемент 3 включает средство терморегулирования, позволяющее обеспечивать поддерживание температуры по всей длине этой зоны при 1200°C $\pm$ 10°C.

Газообразные эфлюенты, выходящие из вышеуказанной второй части, охлаждаются до 800°C за счет прямого быстрого охлаждения в зоне 8 длиной 1 м, следующей за вышеуказанной второй частью. Быстрое охлаждение осуществляют путем введения фракции C_4 из парового крекинга через посредство инжектора 9.

Загрузка образована метаном, содержащим 2 вес.% этана, разбавленным водородом в объемном соотношении (всех углеводородов к водороду) 1,1 : 1. Эту смесь подогревают до 1000°C и подвергают крекингу при 1200°C в вышеуказанном реакторе. Абсолютное давление газовой смеси на выходе из реактора составляет 0,140 МПа.

После охлаждения до комнатной температуры на 500 кмоль смеси получают 22 кмоля смеси этилена с ацетиленом, содержащей 70 мол.% ацетилена.

Пример 2

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

Используют такой же реактор и загрузку, образованную смесью бутана с изобутаном, содержащей 45 мол.% изобутана.

Первая часть каждого ряда протяженностью 2,8 м включает 14 нагревательных элементов на ряд; в этом ряду загрузку, вводимую через входное отверстие 5, подогретую до 400°С, доводят до температуры 900°С. Эта зона включает терморегулирование через посредство термопар 7 (фиг. 1А), расположенных в зазорах, где циркулирует загрузка.

Вторая часть каждого ряда, смежная с вышеуказанной первой частью, имеет длину 0,8 м; она образована 4-мя нагревательными элементами, расположенными таким же образом, как и в первом ряду. Каждый нагревательный элемент 3 содержит средство для терморегулирования для нагревания загрузки до температуры 900-1000°С и обеспечения поддерживания этой температуры во всей этой зоне при 1000 °С ± 10°С.

В каждом ряду имеются в распоряжении 12 средств теплообмена 3. Эти средства теплообмена 3 используют для непрямого быстрого охлаждения газа от 1000 °С до 840 °С. На деле, прекращают доступ горючего газа в форсунку и регулируют расход воздуха, чтобы осуществить быстрое охлаждение. Остаточная теплота рекуперируется за счет прямого обмена путем введения фракции C_4 из парового крекинга через посредство инжекторов 9.

Загрузка образована смесью бутана с изобутаном в молярном соотношении 45 моль изобутана на 100 молей смеси, разбавленной азотом в объемном соотношении (все углеводороды к азоту) 1:3. Эту смесь подогревают до 400°С и подвергают крекингу при 1000°С в вышеописанном реакторе. Абсолютное давление газовой смеси, измеряемое на выходе из реактора, составляет 0,140 МПа. После охлаждения до комнатной температуры на 250 кмоль смеси бутана с изобутаном и азотом получают 22 кмоля смеси этилена с ацетиленом, содержащей 37 мол.% ацетилена.

Формула изобретения:

1. Устройство для осуществления химических реакций, требующих по крайней мере для запуска подвода тепла, включающее реактор удлиненной формы, предпочтительно с квадратным или прямоугольным сечением, содержащий на первом конце по меньшей мере одно средство загрузки по меньшей мере одного реагента, на противоположном конце - по меньшей мере одно средство для удаления полученных эфлюентов, в первой зоне со стороны первого конца множество средств теплообмена, которые, по существу, параллельны между собой и расположены параллельными слоями, перпендикулярными оси реактора таким образом, что между средствами и/или слоями образованы зазоры для циркуляции реагента или реагентов и/или эфлюентов, при этом средства теплообмена расположены в виде последовательных поперечных участков, независимых, по существу, перпендикулярных оси реактора, отличающееся тем, что, по меньшей мере, некоторые из средств теплообмена включают трубу с по меньшей мере одной оболочкой, связанную со средством ввода газа или газовой смеси для теплообмена, приспособленную для теплообмена с реагентом или реагентами и/или эфлюентами, циркулирующими снаружи средства теплообмена и включающую по меньшей мере одно средство для удаления газа или газовой смеси, подвергнутой теплообмену с реагентом или реагентами и/или эфлюентами.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что все или часть средств теплообмена, снабжаемых газом или газовой смесью для теплообмена, оснащены газовыми горелками, соединенными со средствами загрузки горючего газа и газа, поддерживающего горение, и со средствами автоматического регулирования горелок и модуляции количества газа, подводимого к этим горелкам, расположенными между вышеуказанными средствами загрузки и вышеуказанными горелками для обеспечения загрузки средств теплообмена либо продуктами сгорания газа, исходящими из горелок, либо исключительно газом, поддерживающим горение.

3. Устройство по п.1 или 2, отличающееся тем, что реактор включает во второй зоне (8) со стороны противоположного конца, прилегающей к первой зоне, средства охлаждения (9) эфлюентов, сообщенные по меньшей мере с одним средством загрузки охлаждающей жидкости.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что реактор включает средства автоматического регулирования и модуляции теплообмена, связанные со средствами теплообмена (3).

5. Устройство по любому из пп.1-4, отличающееся тем, что по меньшей мере некоторые из средств теплообмена (3) образованы трубой, состоящей из оболочки удлиненной вдоль оси формы.

6. Устройство по любому из пп.1 и 3-5, отличающееся тем, что по меньшей мере некоторые из средств теплообмена (3) включают трубу, снабжаемую газом или газовой смесью с помощью горелки, включающей оболочку, образующую кольцевую камеру вокруг горелки, приспособленную для циркуляции в ней газа или газовой смеси для теплообмена, с последующим удалением наружу из камеры.

7. Устройство по любому из пп.1-6, отличающееся тем, что по меньшей мере некоторые из средств теплообмена (3) включают трубу в виде перчаточного пальца, состоящую из наружной оболочки, закрытой с одного из ее концов, и внутренней оболочки, по существу, соосной наружной оболочки, открытой с обоих концов и снабжаемой газом или газовой смесью для теплообмена с одного из этих концов, причем вышеуказанный газ или газовая смесь для теплообмена удаляются через другой конец в свободное пространство между двумя оболочками.

8. Устройство по п.7, отличающееся тем, что по меньшей мере некоторые из средств теплообмена (3) включают трубу в виде перчаточного пальца, снабжаемую газом или газовой смесью с помощью горелки, включающей оболочку, образующую кольцевую камеру вокруг горелки, приспособленную для циркуляции газа или

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1

газовой смеси для теплообмена, происходящего в кольцевом зазоре между обеими оболочками трубы в виде перчаточного пальца, затем удаляется наружу из вышеуказанной камеры, причем наружная оболочка трубы в виде перчаточного пальца и оболочка, образующая кольцевую камеру вокруг горелки, предпочтительно соосны и предпочтительно имеют один и тот же внутренний диаметр.

9. Устройство по п. 7 или 8, отличающееся тем, что наружная оболочка трубы в виде перчаточного пальца и оболочка, образующая кольцевую камеру вокруг горелки, образованы одной единственной трубой.

10. Устройство по любому из пп.7-9, отличающееся тем, что внутренняя оболочка трубы в виде перчаточного пальца имеет на своей наружной поверхности радиальные ребра, закрепленные в наружной оболочке трубы.

11. Устройство по любому из пп.7-10, отличающееся тем, что внутренняя оболочка трубы в виде перчаточного пальца образована множеством отрезков трубы, расположенных конец в конец, установленных практически в линию аксиально и соединенных средствами соединения, включающими кольцевой элемент, образующий муфту, окружающую соосно отрезки трубы, связываемые на уровне зоны стыка, и радиально идущая внутренняя поверхность которых в середине своей длины имеет радиальный фланец треугольного профиля, выступающий внутрь и расположенный между двумя отрезками связываемой трубы, причем части внутренней поверхности, расположенные по обе стороны фланца, идут постепенно расширяясь к концам муфты.

12. Устройство по п.11, отличающееся тем, что муфта имеет на своей наружной цилиндрической поверхности радиальные ребра для центрирования внутренней оболочки трубы в виде перчаточного пальца в наружной оболочке трубы в виде перчаточного пальца.

13. Устройство по любому из пп.1-12, отличающееся тем, что реактор включает дополнительные средства теплообмена, образованные трубой, состоящей из оболочки, не загружаемой газом или газовой смесью, причем вышеуказанные средства также образуют пассивные элементы теплопередачи.

14. Устройство по любому из пп.1-13, отличающееся тем, что реактор со стороны первого конца включает первую зону, в которой по меньшей мере часть и предпочтительно большую часть средств теплообмена этой первой зоны образуют средства нагрева реагента или реагентов, вводимого или вводимых в реактор, и вторую зону, в которой по меньшей мере часть и предпочтительно большую часть средств теплообмена второй зоны образуют средства охлаждения или непрямого быстрого охлаждения продуктов, исходящих из первой зоны.

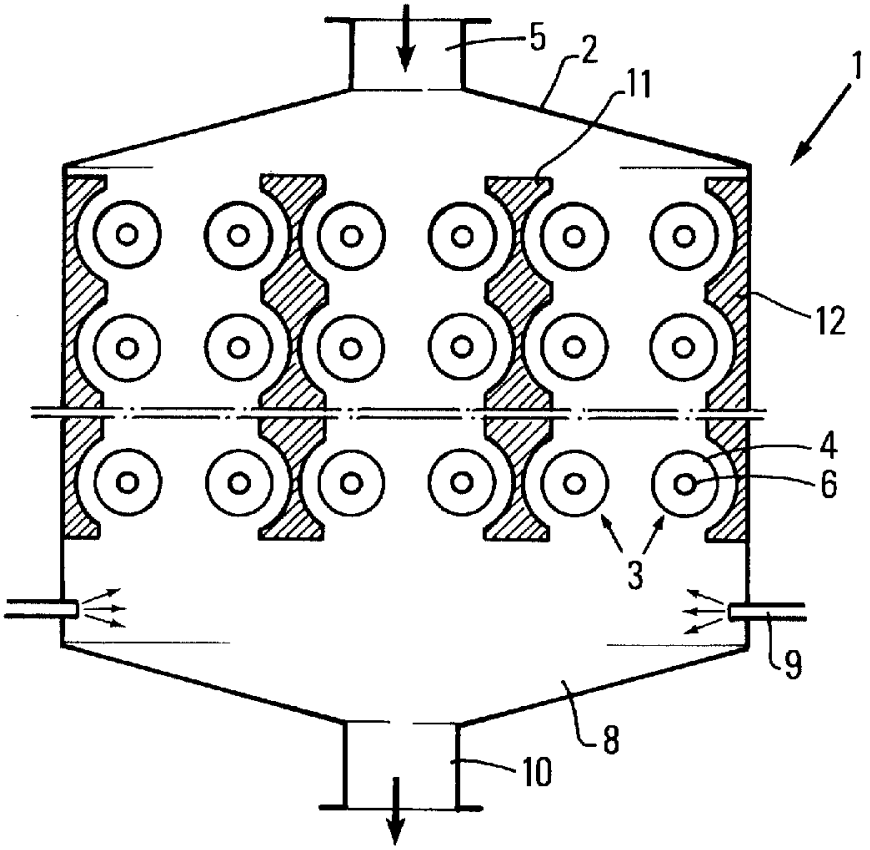
15. Устройство по п.14, отличающееся тем, что средства теплообмена первой зоны, снабжаемые газом, выполнены каждое с возможностью загрузки продуктами сгорания газа с повышенной температурой, исходящими из горелки, снабжаемой горючим газом и газом, поддерживающим горение, таким, как, воздух, а средства теплообмена второй зоны выполнены каждое с возможностью снабжения по меньшей мере газом с более низкой температурой, чем таковая продуктов сгорания газа, загружаемых в первую зону, и предпочтительно газами, исходящими из горелки, загружаемой только поддерживающим горение газа, таким, как воздух.

16. Устройство по любому из пп.7-15, отличающееся тем, что трубы в виде перчаточного пальца состоят из оболочек, в которых соотношение площади (Se) внутреннего поперечного сечения трубы, образующей наружную оболочку трубы в виде перчаточного пальца, к площади (Si) наружного поперечного сечения трубы, образующей внутреннюю оболочку трубы в виде перчаточного пальца, составляет около 1,4:1°Около 25:1.

RU 2137539 C1

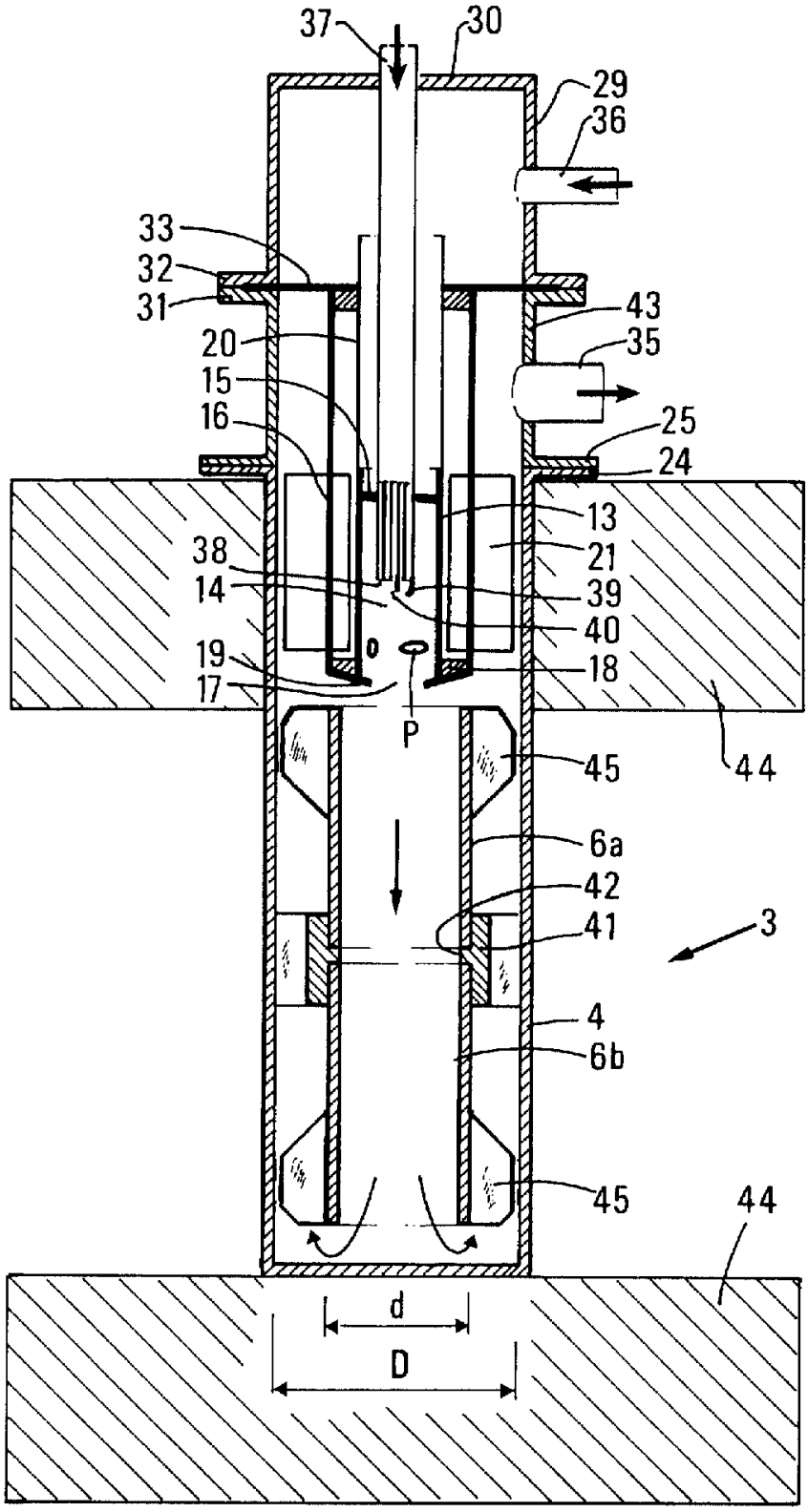
RU 2137539 C1

Фиг.1С



RU 2137539 C1

RU 2137539 C1



Фиг.2

RU 2137539 C1

RU 2137539 C1