

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043091**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.25

(51) Int. Cl. **B01J 8/24** (2006.01)
B01J 8/18 (2006.01)

(21) Номер заявки
202290153

(22) Дата подачи заявки
2020.06.25

**(54) РЕАКТОРНАЯ СИСТЕМА ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ
ОТБОР ОБРАЗЦОВ ЧАСТИЦ ВО ВРЕМЯ РЕАКЦИИ**

(31) 16/453,571

(56) US-A1-20080299291
US-A1-20140017137
US-A1-20080267834
KR-B1-100783667
US-A1-20130337186

(32) 2019.06.26

(33) US

(43) 2022.02.17

(86) PCT/US2020/039541

(87) WO 2020/264104 2020.12.30

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
Экс ЭНЕРДЖИ, ЭлЭлСи (US)

(72) Изобретатель:
Ким Ховард Таери (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Реактор псевдоожиженного слоя включает в себя систему для предотвращения преждевременной реакции псевдоожижающего газа, содержащего реагент; реакционную камеру, включающую в себя слой частиц; газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий, каждое из которых выходит в реакционную камеру; и множество вертикальных впускных труб для псевдоожижающего газа, причем каждая из впускных труб для псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине. Каждая впускная труба для псевдоожижающего газа выполнена с возможностью приема псевдоожижающего газа и подачи псевдоожижающего газа в реакционную камеру. Источник псевдоожижающего газа обеспечивает поток псевдоожижающего газа во впускные трубы для псевдоожижающего газа. Система хладагента предотвращает реакцию псевдоожижающего газа до его входа в реакционную камеру. Система хладагента включает в себя впускное отверстие для текучей среды; канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды и выполненный с возможностью охлаждения каждой впускной трубы для псевдоожижающего газа; и выпускное отверстие для текучей среды, сообщающееся по текучей среде с каналом для потока хладагента. Каждая впускная труба для псевдоожижающего газа может включать в себя выпускное отверстие для частиц и систему клапанов, где система клапанов позволяет останавливать поток псевдоожижающего газа к впускным трубам для псевдоожижающего газа; а также позволяет извлекать частицы из слоя частиц, когда поток псевдоожижающего газа остановлен.

B1**043091****043091****B1**

Уровень техники

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение в целом относится к реакторам псевдоожиженного слоя. В различных вариантах осуществления изобретение в целом относится к системе для извлечения образца частиц из реактора псевдоожиженного слоя без прерывания протекающей реакции. В различных вариантах осуществления изобретение относится к системе обеспечения хладагента для трубопровода подачи псевдоожижающего газа в реакторе псевдоожиженного слоя.

Описание предшествующего уровня техники

Известно использование реакторной системы псевдоожиженного слоя, используемой в сочетании с газораспределительной пластиной с локальным охлаждением, где охлаждающие каналы позволяют транспортировать охлаждающую текучую среду через рубашку, располагающуюся вокруг газового инжектора. Газораспределительная пластина с локальным охлаждением помогает предотвратить образование отложений на стенках вокруг отверстий газораспределительной пластины. Однако газовые инжекторы позволяют транспортировать газ только из нагнетательной камеры в реакционную камеру и не позволяют извлекать образец частиц, пока продолжается выриск газа. Кроме того, газовые инжекторы охлаждают псевдоожижающий газ на газораспределительной пластине или рядом с ней и не могут эффективно предотвращать реакцию газов-реагентов внутри нагнетательной камеры.

Также известно использование реактора псевдоожиженного слоя с потоком псевдоожижающего газа через инжектор и каналом для отвода частиц рядом с инжектором, где поток газа в реактор может использоваться для предотвращения или уменьшения потока частиц через проход для извлечения частицы. Псевдоожижающий газообразный реагент может вводиться в нижнюю часть реактора, а удаление частиц может быть инициировано путем уменьшения потока газа через канал для удаления частиц. Однако это позволяет отбирать частицы только из одной точки псевдоожиженного слоя. Было бы желательно иметь возможность избирательно удалять частицы из любой из множества точек в псевдоожиженном слое.

Изобретение описывает систему для извлечения образца частиц из реактора псевдоожиженного слоя без прерывания протекающей реакции. Изобретение дополнительно описывает систему обеспечения хладагента для трубопровода подачи псевдоожижающего газа в реакторе псевдоожиженного слоя. Эти системы могут быть реализованы с помощью различных вариантов осуществления, раскрытых в настоящем документе. Эти варианты осуществления не претендуют на то, чтобы быть исчерпывающими или ограничивающими возможные преимущества, которые могут быть реализованы на основе принципов настоящего раскрытия. Различные цели и преимущества различных вариантов осуществления, раскрытых в настоящем документе, будут очевидны из приведенного в настоящем документе описания, или могут быть изучены при применении на практике различных вариантов осуществления, как описанных в настоящем документе, так и модифицированных с учетом любых изменений, которые могут быть очевидны специалистам в данной области техники. Соответственно, настоящее изобретение заключается в новых способах, компоновках, комбинациях и улучшениях, раскрытых в настоящем документе в различных вариантах осуществления.

Сущность изобретения

В свете существующей потребности в улучшенных способах удаления захваченных частиц из потока отходящего газа представлено краткое описание различных примерных вариантов осуществления. Некоторые упрощения и пропуски могут быть сделаны в следующем кратком изложении, которое предназначено для того, чтобы выделить и представить некоторые аспекты различных иллюстративных вариантов осуществления, но не для того, чтобы ограничить объем настоящего изобретения. Подробное описание предпочтительного примерного варианта осуществления, достаточное для того, чтобы позволить специалистам в данной области техники реализовать и использовать идеи настоящего изобретения, будет приведено в последующих разделах.

Различные варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к реактору псевдоожиженного слоя, выполненному с возможностью извлечения образца частиц без прерывания протекающей реакции. В различных вариантах осуществления реактор псевдоожиженного слоя включает в себя реакционную камеру, содержащую слой частиц; и газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий, каждое из которых выходит в реакционную камеру. Реактор также включает в себя множество впускных труб для псевдоожижающего газа, каждая из которых находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине, причем каждая впускная труба для псевдоожижающего газа выполнена с возможностью приема псевдоожижающего газа и его транспортировки в реакционную камеру через газораспределительную пластину. Источник псевдоожижающего газа выполнен с возможностью подачи потока псевдоожижающего газа во впускные трубы для псевдоожижающего газа. Различные варианты осуществления реактора включают множество выпускных отверстий для частиц, причем каждое выпускное отверстие для частиц расположено в одной из впускных труб для псевдоожижающего газа. Источник псевдоожижающего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдоожижающего газа к любой из впускных труб для псевдоожижающего газа; и каждое выпускное отверстие для частиц выполнено с возможностью приема частиц из слоя частиц, в то время как поток псевдоожижающего газа к соответствующей впускной трубе для

псевдоожижающего газа остановлен.

В различных вариантах осуществления источник псевдоожижающего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдоожижающего газа в любую из впускных труб для псевдоожижающего газа без прерывания потока псевдоожижающего газа в другие впускные трубы для псевдоожижающего газа. В различных вариантах осуществления источник псевдоожижающего газа содержит множество труб для подачи псевдоожижающего газа, причем каждая труба для подачи псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с соответствующими впускными трубами для псевдоожижающего газа, причем каждая труба для подачи псевдоожижающего газа содержит клапан, выполненный с возможностью выборочной остановки потока псевдоожижающего газа в соответствующую впускную трубу для псевдоожижающего газа.

В различных вариантах осуществления источник псевдоожижающего газа содержит множество труб для подачи псевдоожижающего газа, причем каждая труба для подачи псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с соответствующей впускной трубой для псевдоожижающего газа. Каждая труба подачи псевдоожижающего газа содержит первый клапан, выполненный с возможностью принятия первого положения, причем:

первое положение выборочно останавливает поток псевдоожижающего газа к соответствующей впускной трубе для псевдоожижающего газа; и

причем соответствующая впускная труба для псевдоожижающего газа содержит второй клапан, выполненный с возможностью обеспечения протекания частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц, когда первый клапан находится в первом положении. Аналогичным образом в различных вариантах осуществления первый клапан также выполнен с возможностью принятия второго положения, которое позволяет потоку псевдоожижающего газа течь к соответствующей впускной трубе для псевдоожижающего газа; и второй клапан выполнен с возможностью предотвращения протекания частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц, когда первый клапан находится во втором положении. В различных вариантах осуществления первый и второй клапаны либо позволяют потоку псевдоожижающего газа течь к соответствующей впускной трубе для псевдоожижающего газа; либо позволяют частицам из слоя частиц течь к выпускному отверстию для частиц через впускную трубу для псевдоожижающего газа; поток псевдоожижающего газа и поток частиц через впускную трубу для псевдоожижающего газа не могут течь одновременно.

В различных вариантах осуществления реактор псевдоожиженного слоя включает в себя систему хладагента, включающую впускное отверстие для жидкости; канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды и выполненный с возможностью охлаждения каждой впускной трубы для псевдоожижающего газа; и выпускное отверстие для текучей среды, сообщающееся по текучей среде с каналом для потока хладагента. Впускное отверстие для текучей среды может включать в себя впускной коллектор. Путь потока хладагента может включать в себя множество охлаждающих рубашек, при этом каждая охлаждающая рубашка окружает одну из впускных труб для псевдоожижающего газа; и каждая охлаждающая рубашка находится в сообщении по текучей среде с впускным коллектором. Выпускное отверстие для текучей среды может включать в себя выпускной коллектор, сообщающийся по текучей среде с каждой охлаждающей рубашкой.

В различных вариантах осуществления реактор псевдоожиженного слоя включает в себя систему хладагента, включающую впускное отверстие для жидкости; канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды; и выпускное отверстие для текучей среды, сообщающееся по текучей среде с каналом для потока хладагента. Путь потока хладагента может включать в себя множество охлаждающих рубашек, где каждая охлаждающая рубашка окружает одну из впускных труб для псевдоожижающего газа; и путь потока хладагента может быть выполнен с возможностью обеспечения потока хладагента от впускного отверстия к выпускному отверстию для текучей среды, где хладагент протекает последовательно через множество охлаждающих рубашек. В различных вариантах осуществления путь потока хладагента включает в себя множество охлаждающих рубашек, где каждая охлаждающая рубашка окружает одну из впускных труб для псевдоожижающего газа; и путь потока хладагента выполнен с возможностью обеспечения потока хладагента от впускного отверстия к выпускному отверстию для текучей среды, где хладагент протекает параллельно через множество охлаждающих рубашек.

Реактор псевдоожиженного слоя в некоторых вариантах осуществления может включать в себя противоуносную камеру над реакционной камерой; а также коническую камеру снижения скорости между ними. В различных вариантах осуществления диаметр противоуносной камеры в 1,5-10 раз больше, в 2-5 раз больше, в 2,25-4 раза больше, или приблизительно в 2,5 раза больше, чем диаметр реакционной камеры.

В различных вариантах осуществления реактор псевдоожиженного слоя включает в себя реакционную камеру, имеющую графитовую стенку, выполненную с возможностью нагревания до температуры приблизительно 600-2200°C, или приблизительно 800-2000°C, или приблизительно 1250-1800°C. Реактор псевдоожиженного слоя может включать в себя реакционную камеру, имеющую графитовую стенку, выполненную с возможностью нагревания до температуры приблизительно 600-2200°C; и по меньшей

мере одну из камеры снижения скорости и противоуносной камеры, имеющей графитовую стенку, выполненную с возможностью нагревания до температуры приблизительно 600-2200°C.

Различные варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, направлены на реактор псевдооживленного слоя, включающий в себя реакционную камеру, имеющую слой частиц; газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий, каждое из которых выходит в реакционную камеру; и множество впускных труб для псевдооживляющего газа, причем каждая из впускных труб для псевдооживляющего газа находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине. Каждая впускная труба для псевдооживляющего газа может быть выполнена с возможностью приема псевдооживляющего газа и подачи псевдооживляющего газа в реакционную камеру. Реактор может включать в себя источник псевдооживляющего газа, выполненный с возможностью подачи потока псевдооживляющего газа во впускные трубы для псевдооживляющего газа; а также систему хладагента. В различных вариантах осуществления система хладагента включает в себя впускное отверстие для текучей среды; канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды и выполненный с возможностью охлаждения каждой впускной трубы для псевдооживляющего газа; и выпускное отверстие для текучей среды, сообщающееся по текучей среде с каналом для потока хладагента.

Различные варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, направлены на реактор псевдооживленного слоя, выполненный с возможностью извлечения образца частиц без прерывания протекающей реакции, включающий в себя реакционную камеру, имеющую слой частиц; газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий; и множество впускных труб для псевдооживляющего газа, сообщающихся по текучей среде с одним из конических отверстий в газораспределительной пластине. В различных вариантах осуществления каждая впускная труба для псевдооживляющего газа имеет впускное отверстие для газа и выпускное отверстие для частиц. Источник псевдооживляющего газа может быть выполнен с возможностью подачи потока псевдооживляющего газа к впускным отверстиям для газа во впускных трубах для псевдооживляющего газа. В различных вариантах осуществления реактор включает в себя систему клапанов, выполненную с возможностью выборочного прекращения потока псевдооживляющего газа к впускному отверстию для газа в любой из впускных труб для псевдооживляющего газа; а также обеспечения потока частиц из слоя частиц к выходному отверстию для частиц, в то время как поток псевдооживляющего газа к входному отверстию для газа остановлен. Система клапанов может быть выполнена с возможностью выборочной остановки потока псевдооживляющего газа к впускному отверстию для газа в любой из впускных труб для псевдооживляющего газа без прерывания потока псевдооживляющего газа к впускному отверстию для газа в других впускных трубах для псевдооживляющего газа. Система клапанов может быть выполнена с возможностью предотвращения потока частиц из слоя частиц к выходному отверстию для частиц, если поток псевдооживляющего газа к входному отверстию для газа не остановлен.

Краткое описание чертежей

Для лучшего понимания различных примерных вариантов осуществления делаются ссылки на сопроводительные чертежи, в которых:

фиг. 1 показывает реактор псевдооживленного слоя со множеством впускных труб для газа, каждая из которых предназначена для подачи псевдооживляющего газа в реакционную камеру;

фиг. 2 показывает реактор псевдооживленного слоя со множеством впускных труб для газа в соответствии с Фиг. 1, где одна впускная труба для газа выполнена с возможностью получения образца частиц из псевдооживленного слоя;

фиг. 3-5 показывают различные варианты осуществления реактора псевдооживленного слоя со множеством впускных труб для газа в соответствии с фиг. 1, где впускные трубы для газа снабжены системой хладагента;

фиг. 6-8 показывают четыре различных вида системы, обеспечивающей впускные трубы для газа для реактора псевдооживленного слоя, снабженные системой охлаждающих рубашек;

фиг. 9 показывает газораспределительную пластину в сочетании с системой, показанной на фиг. 6-8;

фиг. 10A-10F показывают различные компоновки впускных труб для газа в сочетании с газораспределительной пластиной, показанной на фиг. 9;

фиг. 11 показывает устройство для использования в сочетании с реактором псевдооживленного слоя для отделения мелких частиц от псевдооживляющего газа; и

фиг. 12 показывает устройство, изображенное на фиг. 10, используемое в сочетании с реактором псевдооживленного слоя.

Подробное описание

Далее со ссылками на чертежи, на которых одинаковые ссылочные цифры относятся к одинаковым компонентам или стадиям, раскрываются широкие аспекты различных примерных вариантов осуществления. Фиг. 1 показывает реактор псевдооживленного слоя, выполненный с возможностью извлечения образца частиц без прерывания протекающей реакции.

1. Отбор образца частиц во время псевдооживления.

Реактор псевдоожиженного слоя, показанный на фиг. 1, включает в себя реакционную камеру 1 со слоем частиц 2 в ней. Газораспределительная пластина 3 образует дно реакционной камеры 1 и имеет конические впускные отверстия 9 для газа. Множество впускных труб 4 для псевдоожижающего газа, которые могут быть расположены вертикально, подают псевдоожижающий газ в реакционную камеру 1, при этом каждая из впускных труб для псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий 9 в газораспределительной пластине 3. Псевдоожижающий газ подается к каждой впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа из источника псевдоожижающего газа через трубу 5 для подачи псевдоожижающего газа. Каждая труба 5 для подачи псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с соответствующей впускной трубой 4 для псевдоожижающего газа и выполнена с возможностью подачи потока псевдоожижающего газа в соответствующую впускную трубу 4 для псевдоожижающего газа. Реактор псевдоожиженного слоя, показанный на фиг. 1, также включает в себя множество выпускных отверстий 8 для частиц, причем каждое выпускное отверстие 8 для частиц расположено в или соединено с одной из впускных труб 4 для псевдоожижающего газа.

В различных вариантах осуществления источник псевдоожижающего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдоожижающего газа в любую из впускных труб 4 для псевдоожижающего газа. Каждое выпускное отверстие для частиц выполнено с возможностью приема частиц из слоя частиц, в то время как поток псевдоожижающего газа к соответствующей впускной трубе для псевдоожижающего газа остановлен. Как показано на фиг. 1, каждое выпускное отверстие 8 для частиц соединено с одной из впускных труб 4 для псевдоожижающего газа через клапан 7, при этом каждый клапан 7 закрыт. Каждая труба 5 подачи псевдоожижающего газа соединена с одной из впускных труб 4 для псевдоожижающего газа через клапан 6. На фиг. 1 каждый клапан 6 открыт, а каждый клапан 7 закрыт. Псевдоожижающий газ подается по трубам 5 к впускным трубам 4 для псевдоожижающего газа в направлении стрелки А, где псевдоожижающий газ проходит от первой секции 5а трубы 5 для подачи псевдоожижающего газа через клапан 6, а затем к впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа через вторую секцию 5b трубы 5 подачи псевдоожижающего газа. Затем псевдоожижающий газ проходит через впускные трубы 4 для псевдоожижающего газа в направлении стрелки А, попадая в реакционную камеру 1 через отверстия 9 и псевдоожижая слой частиц 2.

В различных вариантах осуществления псевдоожижающий газ включает в себя газообразный реагент, который осаждает углеродное или керамическое покрытие на частицах 2. В таких случаях желательно иметь возможность получать образец частиц из псевдоожиженного слоя для анализа слоя покрытия. Кроме того, желательно иметь возможность получать образец частиц из псевдоожиженного слоя без прерывания реакции осаждения. Система клапанов в устройстве, показанном на фиг. 1, позволяет получать такой образец, как показано на фиг. 2.

На фиг. 2 псевдоожижающий газ подается по двум трубам 5 к впускным трубам 4 для псевдоожижающего газа в направлении стрелки через клапаны 6, а затем к впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа. Затем псевдоожижающий газ проходит через впускные трубы 4 для псевдоожижающего газа в направлении стрелки А, попадая в реакционную камеру 1 через отверстия 9 и псевдоожижая слой частиц 2. Во впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа, принимающей псевдоожижающий газ из труб 5, клапаны 7 закрыты. Как показано на фиг. 2, в третью впускную трубу 4 для псевдоожижающего газа псевдоожижающий газ не поступает, потому что клапан 6а (соответствующий одному из клапанов 6 на фиг. 1), закрыт и блокирует поток псевдоожижающего газа из трубы 5а. В этой третьей впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа клапан 7а между выпускным отверстием 8 для частиц и впускной трубой 4 для псевдоожижающего газа открыт. Это позволяет образцу частиц 2 в реакционной камере 1 падать через впускную трубу 4 для псевдоожижающего газа к выпускному отверстию 8 для частиц в направлении стрелки С, позволяя извлечь образец частиц, находящихся в псевдоожиженном слое, из выпускного отверстия 8 для частиц. Поскольку псевдоожижающий газ продолжает поступать в реакционную камеру через другие трубы 4 в направлении стрелки В, извлечение образца частиц не прерывает протекающую реакцию осаждения в реакционной камере 1. Кроме того, когда псевдоожижающий газ поступает в реакционную камеру по трубам 4 в направлении стрелки В, избыточное давление в реакционной камере может способствовать извлечению частиц за счет их выдувания в направлении стрелки С.

Фиг. 3 показывает реактор псевдоожиженного слоя с реакционной камерой 1 со слоем частиц 2 в ней. Газораспределительная пластина 3 имеет конические отверстия 9 для подвода газа. Множество впускных труб 4 для псевдоожижающего газа (на фиг. 3 показаны две, хотя можно использовать и больше) подают псевдоожижающий газ в реакционную камеру 1 в направлении стрелки В. Псевдоожижающий газ подается к каждой впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа из источника псевдоожижающего газа через трубу 5 для подачи псевдоожижающего газа. Каждая труба 5 для подачи псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с соответствующей впускной трубой 4 для псевдоожижающего газа и выполнена с возможностью подачи потока псевдоожижающего газа в соответствующую впускную трубу 4 для псевдоожижающего газа. Реактор псевдоожиженного слоя, показанный на фиг. 1, также включает в себя множество выпускных отверстий 8 для частиц, причем каждое выпускное отверстие 8 для частиц расположено в или соединено с одной из впускных труб 4 для псевдоожижающего газа.

На фиг. 3 реакционная камера 1 имеет стенку 10 из проводящего материала, такого как проводящий углерод, например графит. Графитовая стенка реакционной камеры является электрически резистивной (представлена на фиг. 3 как резистор 10a). Источник питания 11 подает ток на резистивную графитовую стенку 10 через цепь 12, нагревая реакционную камеру 1 до температуры приблизительно 600-2200°C.

В различных вариантах осуществления на частицы, находящиеся в реакционной камере, могут быть нанесены различные материалы. Химическое осаждение из паровой фазы в псевдооживленном слое (FBCVD) может использоваться для осаждения материалов в виде монокристаллических, поликристаллических и аморфных покрытий на частицы псевдооживленного слоя. Эти покрытия включают в себя кремний, диоксид кремния, карбид кремния, нитрид кремния, оксинитрид кремния, пиролитический углерод, алмаз, графит, фторуглероды, вольфрам, нитрид титана и диэлектрики с высоким значением k .

В различных вариантах осуществления пиролитический углерод (PyC) может быть осажден на частицы с помощью FBCVD при температурах осаждения 1250-1450°C с использованием ацетилена или смесей ацетилен/пропилен. Кремний может быть осажден на частицы с помощью FBCVD с использованием пиролитического разложения силана с последующим осаждением образовавшегося кремния на псевдооживленный слой при 650°C. Карбид кремния (SiC) может быть осажден на частицы с помощью FBCVD из CH_3SiCl_3 с использованием водорода в качестве газа-носителя при 1500°C.

В различных вариантах осуществления частицы могут быть последовательно покрыты несколькими слоями. Например, частицы ядерного топлива могут быть получены путем последовательного нанесения покрытия на частицы из UO_2 . Частицы UO_2 могут быть покрыты пористым углеродным слоем путем осаждения углерода из этилена в инертном газе-носителе при 1250°C с последующим осаждением плотного углеродного слоя путем осаждения углерода из смеси ацетилен/пропилен в инертном газе-носителе при температуре 1300°C. Слой карбида кремния осаждается на плотном углеродном слое из CH_3SiCl_3 с использованием водорода в качестве газа-носителя при 1500°C. Наконец, наружный слой плотного углерода осаждается из смеси ацетилен/пропилен в инертном газе-носителе при 1300°C. Получаемые частицы известны как частицы с тризоструктурным (TRISO) покрытием.

В различных вариантах осуществления псевдооживленный слой в реакторе псевдооживленного слоя по п.1 формулы изобретения может содержать частицы, а псевдооживляющий газ, содержащий реагент, может течь в реакционную камеру 1 из различных впускных труб 4 через отверстия 9 в газораспределительной пластине 3, как показано на фиг. 1. После протекания реакции в течение определенного периода времени один клапан 6 (показан как клапан 6a на фиг. 2) может быть закрыт, перекрывая поток псевдооживляющего газа через одну впускную трубу 4 без прерывания псевдооживления слоя частиц потоком псевдооживляющего газа через оставшиеся впускные трубы 4. Как показано на фиг. 2, один из клапанов 7 (показан как клапан 7a на фиг. 2), присутствующий во впускной трубе, связанной с клапаном 6a, открывается, позволяя образцу частиц падать через впускную трубу 4 в выпускное отверстие 8 для частиц для извлечения и анализа. Например, если на частицах осаждается пиролитический углерод, то после протекания реакции в течение определенного периода времени образец покрытых углеродом частиц может быть извлечен через впускную трубу 4 и выпускное отверстие 8 для частиц без прерывания псевдооживления через оставшиеся впускные трубы 4. Если после анализа обнаруживается, что частицы образца имеют неровные или неполные покрытия, можно продолжить осаждение пиролитического углерода в реакционной камере. Если обнаружится, что частицы имеют полное покрытие, осаждение может быть остановлено, и частицы могут быть извлечены.

Если частицы последовательно покрываются несколькими слоями, образцы частиц можно отбирать, не прерывая псевдооживления, и подвергать анализу на каждой стадии нанесения покрытия.

2. Системы хладагента.

При проведении высокотемпературных реакций FBCVD нагрев внутренней части реакционной камеры 1 до температуры приблизительно 600-2200°C может иметь нежелательный побочный эффект нагрева псевдооживляющего газа во впускной трубе 4 для псевдооживляющего газа до того, как он попадет в реакционную камеру 1. Если псевдооживляющий газ содержит реакционный газ, это может вызвать отложение продукта реакции, например, углеродного или керамического слоя, на внутренней стороне труб 4, уменьшая скорость потока или полностью блокируя поток псевдооживляющего газа. Это может быть уменьшено или предотвращено с помощью подходящей системы охлаждения.

Такая система охлаждения показана на фиг. 3. Каждая впускная труба 4 для псевдооживляющего газа входит в нагнетательную камеру 17 под газораспределительной пластиной 3. Каждая впускная труба 4 для псевдооживляющего газа окружена полрой рубашкой 14. Текучая среда хладагента, которая может представлять собой воду или пар, поступает в первую рубашку 14 через впускную трубу 13 для хладагента. После заполнения первой рубашки 14 хладагент выходит из рубашки 14 через трубу 15 для хладагента, направляясь во вторую рубашку 14. После заполнения второй рубашки 14 хладагент выходит из второй рубашки 14 через выпускную трубу 16 для хладагента. В варианте осуществления, показанном на фиг. 3, хладагент проходит через охлаждающие рубашки 14 последовательно. Это уменьшает вероятность чрезмерного нагрева впускных труб 4 для псевдооживляющего газа или самого псевдооживляющего газа в этих трубах горячими газами внутри реакционной камеры 1. Это также уменьшает скорость, с которой углеродные или керамические продукты реакции будут осажаться на внутренних поверхностях

труб 4.

Альтернативная система охлаждения показана на фиг. 4. Каждая впускная труба 4 для псевдоожижающего газа входит в нагнетательную камеру 17 под газораспределительной пластиной 3. Текущая среда хладагента, которая предпочтительно является газом 18, таким как пар, входит в нагнетательную камеру 17 через впускную трубу 13а для хладагента. После заполнения нагнетательной камеры 17 хладагент выходит из нагнетательной камеры 17 через выходную трубу 16 для хладагента. Это уменьшает вероятность чрезмерного нагрева внутренней части камеры 17, а также позволяет избежать чрезмерного нагрева псевдоожижающего газа во впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа горячими газами внутри реакционной камеры 1. Опять же, это снижает скорость, с которой продукты реакции осаждаются на внутренних поверхностях труб 4.

Третья система охлаждения показана на фиг. 5. Впускная труба 4 для псевдоожижающего газа находится в нагнетательной камере 17. Каждая впускная труба 4 для псевдоожижающего газа окружена полой рубашкой 14. Текущая среда хладагента, которая может быть водой или паром, поступает во впускной коллектор 19 из впускной трубы 13 для хладагента. Из впускного коллектора 19 поток хладагента распределяется на каждую рубашку 14 (на фиг. 5 показаны две впускные трубы с рубашками, хотя при желании можно использовать больше). После заполнения различных рубашек 14 хладагент выходит из них и поступает в выпускной коллектор 20. Из выпускного коллектора 20 хладагент выходит в нагнетательную камеру 17 через выпускную трубу 16 для хладагента. В варианте осуществления, показанном на фиг. 5, хладагент проходит через различные охлаждающие рубашки 14 параллельно. Это может обеспечить более равномерное распределение тепла внутри нагнетательной камеры, чем последовательное прохождение хладагента через различные охлаждающие рубашки 14. Если хладагент проходит через охлаждающие рубашки последовательно, он имеет меньше времени, чтобы поглотить тепло из впускной трубы 4 для псевдоожижающего газа при входе в первую охлаждающую рубашку, чем при входе в последнюю охлаждающую рубашку, поэтому эффективность отвода тепла от впускных труб 4 для псевдоожижающего газа уменьшается по мере увеличения расстояния от входного отверстия для хладагента. Если хладагент проходит через охлаждающие рубашки параллельно, хладагент достигает каждой охлаждающей рубашки 14 примерно одновременно, поэтому тепло отводится от каждой впускной трубы 4 для псевдоожижающего газа с одинаковой эффективностью.

Как видно на фиг. 3 и 5, каждая труба 5 для подачи псевдоожижающего газа может проходить через охлаждающую рубашку 14 до пересечения с соответствующей впускной трубой 4 для псевдоожижающего газа. Это охлаждает псевдоожижающий газ перед его входом во впускную трубу 4, предотвращая реакцию реагента в псевдоожижающем газе с образованием твердого углеродного или керамического материала, который накапливается в отверстии между подающей трубой 5 и впускной трубой 4. Это уменьшает вероятность блокирования потока псевдоожижающего газа во впускную трубу 4.

Также как показано на фиг. 3, впускные трубы 4 для псевдоожижающего газа могут проходить вниз за пределы нижней поверхности нагнетательной камеры 17. Для каждой впускной трубы 4 клапан 7 расположен на стыке между впускной трубой 4 и выпускным отверстием 8 для частиц ниже нагнетательной камеры 17.

Как видно на фиг. 3, каждая труба 5 для подачи псевдоожижающего газа имеет клапан 6, позволяющий прекращать поток псевдоожижающего газа к соответствующей впускной трубе 4. Каждый клапан 6 работает независимо. Поток псевдоожижающего газа к любой из впускных труб 4 может быть остановлен путем закрытия клапана 6 в соответствующей подающей трубе 5 без прерывания подачи псевдоожижающего газа к каждой оставшейся впускной трубе.

После выбора впускной трубы 4 и прерывания потока псевдоожижающего газа к этой выбранной впускной трубе клапан 7 в нижнем конце выбранной впускной трубы открывается, и образец частиц, находящихся в слое частиц, падает через выбранную впускную трубу через открытый клапан 7 к выпускному отверстию 7 для частиц. Во время забора частиц они проваливаются через область впускной трубы 4, охлаждаемую охлаждающей рубашкой 5, что замедляет скорость реакции между любым газом-реагентом в трубе 4 и поверхностью частицы. После забора образца частиц клапан 7 закрывается, а клапан 6 открывается, восстанавливая поток псевдоожижающего газа через выбранную впускную трубу 4. Таким образом, эта компоновка позволяет извлекать образец частиц для анализа из выпускного отверстия 8 для частиц, соединенного с первой впускной трубой 4, позволяя при этом псевдоожижающему газу продолжать поступать в реакционную камеру 1 через все оставшиеся впускные трубы. Таким образом, получение образца частиц не прерывает реакцию между псевдоожижающим газом и слоем частиц в камере 1.

Фиг. 6 и 7 показывают узел, содержащий набор впускных труб для псевдоожижающего газа и систему охлаждения, предназначенный для размещения в нагнетательной камере реактора псевдоожиженного слоя под газораспределительной пластиной. В варианте осуществления, показанном на фиг. 6 и 7, имеется две охлаждающие рубашки 14. Впускная труба 4 для псевдоожижающего газа (показана на фиг. 7) проходит через каждую охлаждающую рубашку, перенося псевдоожижающий газ в реакционную камеру через отверстие 9, проходящее через распределительную пластину 3 (не показана на фиг. 6 и 7). Пластина 22 (показана на фиг. 7) стабилизирует охлаждающие рубашки, удерживая их в фиксированной

относительной ориентации; пластина 22 также может быть прикреплена к внутренней стенке нагнетательной камеры.

Нижний конец каждой охлаждающей рубашки может заканчиваться второй стабилизирующей пластиной 23 (показана на фиг. 7), которая может быть прикреплена к дну нагнетательной камеры (не показана на фиг. 6 и 7). Впускные трубы 4 для псевдоожижающего газа внутри каждой внешней охлаждающей рубашки 14 ведут к клапану 7. Когда клапан 7 открыт, частицы из реактора псевдоожиженного слоя проходят через клапан 7 в выпускную трубу 8 для частиц, а затем попадают в камеру 24 для отбора проб.

Как видно на фиг. 6 и 7, впускное отверстие 13 для хладагента подает текучую среду хладагента к первой охлаждающей рубашке 14. Затем текучая среда хладагента проходит из первой охлаждающей рубашки 14 во вторую охлаждающую рубашку 14, после чего выходит из нагнетательной камеры через выпускное отверстие 16 для хладагента. Затем хладагент проходит между охлаждающими рубашками 14 по трубе 15. Как видно на фиг. 6 и 7, псевдоожижающий газ подается к каждой впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа через соответствующую трубу 5 для подачи псевдоожижающего газа, которая может проходить через охлаждающую рубашку 14 до пересечения с впускной трубой 4. Альтернативно, как показано на фиг. 7, труба 5 подачи псевдоожижающего газа может проходить через сплошной цилиндр 14с до пересечения с впускной трубой 4, где цилиндр 14с расположен ниже впускного отверстия 13 для хладагента. Клапан 6 позволяет временно прекратить подачу псевдоожижающего газа в каждую впускную трубу, чтобы можно было собрать образец частиц в соответствующей камере 24 для отбора проб, открыв клапан 7.

Фиг. 8 показывает узел, изображенный на фиг. 7, если смотреть в направлении стрелки 8. На фиг. 8 с верхней стороны камер 24 для отбора проб видны охлаждающие рубашки 14. Первая охлаждающая рубашка 14 имеет впускное отверстие 13 для текучей среды, через которое текучая среда хладагента поступает в рубашку 14. Охлаждающая текучая среда покидает первую охлаждающую рубашку 14 через трубу 15 и входит во вторую охлаждающую рубашку 14. Затем текучая среда хладагента покидает вторую охлаждающую рубашку через выпускное отверстие 16 для хладагента. У каждой охлаждающей рубашки 14 имеется впускная труба 4 для псевдоожижающего газа в ее центре, так что температура псевдоожижающего газа регулируется путем теплообмена через стенку с текучей средой хладагента. Каждая впускная труба 4 для псевдоожижающего газа снабжается псевдоожижающим газом через подающую трубу 5а, ведущую к клапану 6, а затем через трубу 5б.

Фиг. 9 показывает поперечное сечение устройства, изображенного на фиг. 7, в сочетании с газораспределительной пластиной 3. Как показано на фиг. 9, пластина 3 может иметь цилиндрическую стенку 3а и конические газораспределительные поверхности 9, окружающие отверстие впускной трубы 4 для псевдоожижающего газа. Смежные газораспределительные отверстия 9 могут контактировать друг с другом на краях 9а в форме гребня. Поверхность конических газораспределительных отверстий 9 может пересекать цилиндрическую стенку 3а на краях 9б.

Фиг. 10А-10F показывают различные конфигурации газораспределительной пластины 3 для использования с тремя впускными трубами 4 для псевдоожижающего газа (фиг. 10А и 10В); с четырьмя впускными трубами 4 для псевдоожижающего газа (фиг. 10С и 10D); или с пятью впускными трубами 4 для псевдоожижающего газа (фиг. 10Е и 10F). Каждая пластина имеет множество отверстий, каждое из которых соответствует верхнему отверстию впускных труб 4 для псевдоожижающего газа; а также конические поверхности 9, окружающие каждое отверстие в нижней части пластины 3. Каждая пара смежных конических поверхностей 9 пересекается на краях 9а в форме гребня.

Как показано на фиг. 3, реакционная камера 1 имеет стенку 10 из проводящего материала, такого как проводящий углерод, например графит. Псевдоожижающий газ проходит через реакционную камеру 1 в направлении стрелки В и выходит из реакционной камеры через выпускную трубу 1а. Когда псевдоожижающий газ проходит через реакционную камеру 1, частицы 2 в слое частиц псевдоожижаются. Обычно слой частиц включает частицы, имеющие диапазон размеров частиц, включая крупные частицы и мелкие частицы. Когда псевдоожижающий газ проходит через слой частиц, поток газа заставляет более крупные частицы перемещаться внутри слоя частиц, не покидая поверхности слоя частиц. Однако более мелкие частицы могут увлекаться потоком псевдоожижающего газа, поскольку они обладают большей плавучестью в потоке псевдоожижающего газа. Эти мелкие частицы покидают поверхность псевдоожиженного слоя и могут выходить из реактора 1 через трубу 1а. Это снижает выход реакции между частицами и реагентом в псевдоожиженном слое и вынуждает размещать устройства для извлечения или рециркуляции мелких унесенных частиц на выходе из трубы 1а. Было бы выгодным предотвращать попадание мелких унесенных частиц в выпускную трубу 1а для псевдоожиженного газа.

3. Отделение мелких частиц.

Фиг. 11 показывает устройство 25 для извлечения мелких унесенных частиц из потока псевдоожижающего газа, проходящего через трубчатый реактор псевдоожиженного слоя. Устройство 25 выполнено с возможностью его установки над камерой 1 трубчатого реактора псевдоожиженного слоя. Устройство 25 включает в себя нижний конец с отверстием 26, имеющим диаметр x , выполненный с возможностью принимать псевдоожижающий газ из реакционной камеры; и трубчатую противоуносную камеру 30 над отверстием 26, имеющую диаметр px , где p равно 1,5-10. В различных вариантах осуществления внут-

ренный диаметр противоуносной камеры в 1,5-10 раз больше (n равно 1,5-10) в 2-5 раз больше, в 2,25-4 раза больше или приблизительно в 2,5 раза больше, чем диаметр реакционной камеры. В различных вариантах осуществления коническая камера 29 снижения скорости соединяет отверстие 26 и камеру снижения скорости, при этом угол α между плоскостью m , определяющей нижнюю границу противоуносной камеры 30, и конической внутренней стенкой камеры 29 снижения скорости составляет 15-75°, 25-65°, 30-60°, 40-50° или приблизительно 45°. Два отверстия 31 в стенке противоуносной камеры 30 позволяют псевдоожижающему газу выходить из противоуносной камеры 30 после входа в камеру снижения скорости через отверстие 26.

Край отверстия 26 определяется приподнятым буртиком 28. Выступ 27 определяется вертикальной наружной поверхностью буртика 28 и горизонтальной поверхностью на нижнем краю наружной поверхности стенки камеры 29 снижения скорости. Буртик 28 и выступ 27 используются для крепления устройства 25 к верхнему краю реакционной камеры 1.

Как показано на фиг. 12, устройство 25 может использоваться в совокупности с реактором псевдоожиженного слоя, как показано на фиг. 1. Реактор псевдоожиженного слоя имеет реакционную камеру 1 с отверстием 35 на ее верхнем конце. Вокруг периферийного края отверстия 35 реакционная камера 1 имеет приподнятый буртик 34, который входит в выступ 27 в устройстве 25. Реакционная камера 1 также имеет углубление 33, в которое входит приподнятый буртик 28 в устройстве 25. Отверстие в верхней части устройства 1 может быть закрыто крышкой 32.

Как видно на фиг. 11, псевдоожижающий газ проходит из трубы 5а подачи псевдоожижающего газа через впускную трубу 4 для псевдоожижающего газа и поступает в реакционную камеру 1 через отверстия 9 в газораспределительной пластине 3. Затем псевдоожижающий газ выходит из реакционной камеры через отверстие 26 и поступает в устройство 25. В устройстве 25 псевдоожижающий газ поступает в камеру 29 снижения скорости с первой скоростью, увлекая за собой мелкие частицы из псевдоожиженного слоя в реакционной камере 1. Когда псевдоожижающий газ проходит через камеру снижения скорости, площадь поперечного сечения, пересекаемого газом, увеличивается, а скорость газа уменьшается до тех пор, пока псевдоожижающий газ не выйдет из камеры 29 снижения скорости и не войдет в противоуносную камеру 30 со второй скоростью, которая меньше, чем первая скорость. В устройстве, изображенном на фиг. 12, площадь поперечного сечения реакционной камеры 1 равна x , а площадь поперечного сечения противоуносной камеры 30 равна $2,5x$. По мере того, как псевдоожижающий газ проходит из реакционной камеры 1 в противоуносную камеру 30 через камеру 29 снижения скорости, скорость газа уменьшается в 10 раз.

Из-за пониженной скорости псевдоожижающего газа в противоуносной камере 30 мелкие частицы, увлекаемые псевдоожижающим газом при его прохождении через реакционную камеру 1, становятся менее плавучими в псевдоожижающем газе в противоуносной камере 30. Таким образом, мелкие частицы имеют тенденцию выпадать из потока псевдоожижающего газа, т.е. отделяться от него, до того, как поток газа войдет в выпускные отверстия 31. Отделенные частицы падают через камеру 29 снижения скорости в реакционную камеру 1. Коническая внутренняя поверхность камеры 29 снижения скорости помогает направлять отделенные частицы из противоуносной камеры 30 в реакционную камеру 1. После отделения мелких частиц псевдоожижающий газ выходит из противоуносной камеры через выпускные отверстия 31, входя в выпускные трубы 1а. Выпускные трубы 1а могут отводить псевдоожижающий газ непосредственно из противоуносной камеры 30, как показано на фиг. 12. Альтернативно отверстия 31 могут подавать псевдоожижающий газ из противоуносной камеры 30 во внешнюю камеру корпуса, окружающую реакционную камеру 1 и устройство 25. Затем псевдоожижающий газ может выходить из внешней камеры корпуса через ряд выпускных труб.

Хотя различные варианты осуществления были подробно описаны с конкретной ссылкой на некоторые их аспекты, следует понимать, что настоящее изобретение допускает другие варианты осуществления, и его детали могут быть модифицированы в различных очевидных аспектах. Как будет очевидно для специалиста в данной области техники, вариации и модификации могут быть сделаны без отступлений от духа или области охвата настоящего изобретения. Соответственно, вышеизложенное раскрытие, описание и чертежи предназначены только для иллюстративных целей и никоим образом не ограничивают настоящее изобретение, которое определяется только формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Реактор псевдооживленного слоя, выполненный с возможностью извлечения образца частиц без прерывания протекающей реакции, содержащий:

- a. реакционную камеру, включающую в себя слой частиц;
 - b. газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий;
 - c. множество вертикальных впускных труб для псевдооживляющего газа, каждая из которых находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине; причем каждая впускная труба для псевдооживляющего газа выполнена с возможностью приема псевдооживляющего газа и подачи псевдооживляющего газа в реакционную камеру;
 - d. источник псевдооживляющего газа, выполненный с возможностью подачи потока псевдооживляющего газа во впускные трубы для псевдооживляющего газа; и
 - e. множество выпускных отверстий для частиц, каждое из которых расположено в одной из впускных труб для псевдооживляющего газа;
- причем источник псевдооживляющего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдооживляющего газа в любую из впускных труб для псевдооживляющего газа; и
- причем каждое выпускное отверстие для частиц выполнено с возможностью приема частиц из слоя частиц при остановке потока псевдооживляющего газа к соответствующей впускной трубе для псевдооживляющего газа.

2. Реактор по п.1, в котором источник псевдооживляющего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдооживляющего газа в любую из впускных труб для псевдооживляющего газа без прерывания потока псевдооживляющего газа в другие впускные трубы для псевдооживляющего газа.

3. Реактор по п.1, в котором источник псевдооживляющего газа содержит множество труб для подачи псевдооживляющего газа, каждая из которых находится в сообщении по текучей среде с соответствующей впускной трубой для псевдооживляющего газа;

причем каждая труба для подачи псевдооживляющего газа содержит клапан, выполненный с возможностью выборочной остановки потока псевдооживляющего газа в соответствующую впускную трубу для псевдооживляющего газа.

4. Реактор по п.1, в котором источник псевдооживляющего газа содержит множество труб для подачи псевдооживляющего газа, каждая из которых находится в сообщении по текучей среде с соответствующей впускной трубой для псевдооживляющего газа;

причем каждая труба для подачи псевдооживляющего газа содержит первый клапан, выполненный с возможностью принимать первое положение, выборочно останавливающее поток псевдооживляющего газа к соответствующей впускной трубе для псевдооживляющего газа; и

причем соответствующая впускная труба для псевдооживляющего газа содержит второй клапан, выполненный с возможностью обеспечения протекания частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц при нахождении первого клапана в первом положении.

5. Реактор по п.4, в котором первый клапан выполнен с возможностью принимать второе положение, обеспечивающее протекание потока псевдооживляющего газа к соответствующей впускной трубе для псевдооживляющего газа; и

причем второй клапан выполнен с возможностью предотвращения протекания частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц при нахождении первого клапана во втором положении.

6. Реактор по п.1, дополнительно содержащий:

f. систему хладагента, содержащую:

впускное отверстие для текучей среды;

множество охлаждающих рубашек, каждая из которых окружает одну из впускных труб для псевдооживляющего газа и находится в сообщении по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды; и

выпускное отверстие для текучей среды, сообщающееся по текучей среде с каждой охлаждающей рубашкой.

7. Реактор по п.1, в котором реакционная камера содержит графитовую стенку, выполненную с возможностью нагрева до температуры приблизительно 600-2200°C.

8. Реактор по п.1, дополнительно содержащий:

противоуносную камеру над реакционной камерой; и

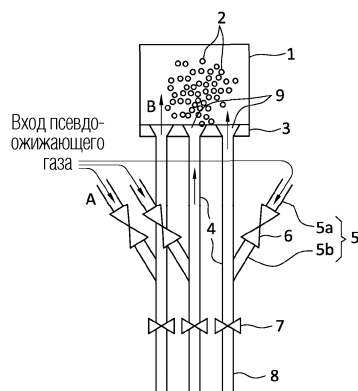
коническую камеру снижения скорости между ними;

причем диаметр противоуносной камеры в 1,5-10 раз больше, чем диаметр реакционной камеры.

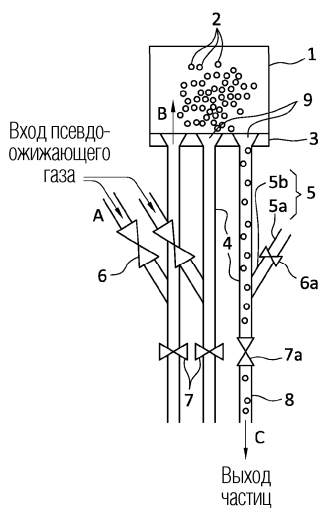
9. Реактор по п.8, в котором диаметр противоуносной камеры в 2-5 раз больше, чем диаметр реакционной камеры.

10. Реактор по п.8, в котором диаметр противоуносной камеры приблизительно в 2,5 раза больше, чем диаметр реакционной камеры.

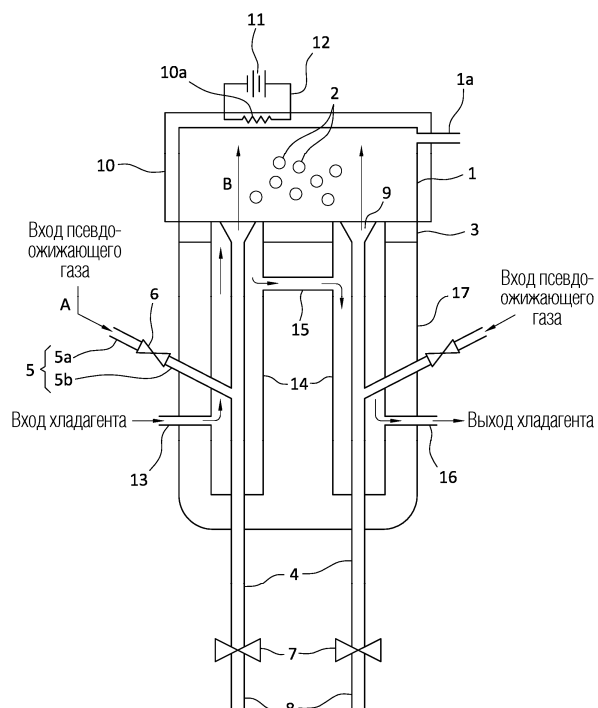
11. Реактор по п.8, в котором
 реакционная камера содержит графитовую стенку, выполненную с возможностью нагрева до температуры приблизительно 600-2200°C; и
 по меньшей мере одна из камеры снижения скорости и противоуносной камеры содержит графитовую стенку, выполненную с возможностью нагрева до температуры приблизительно 600-2200°C.



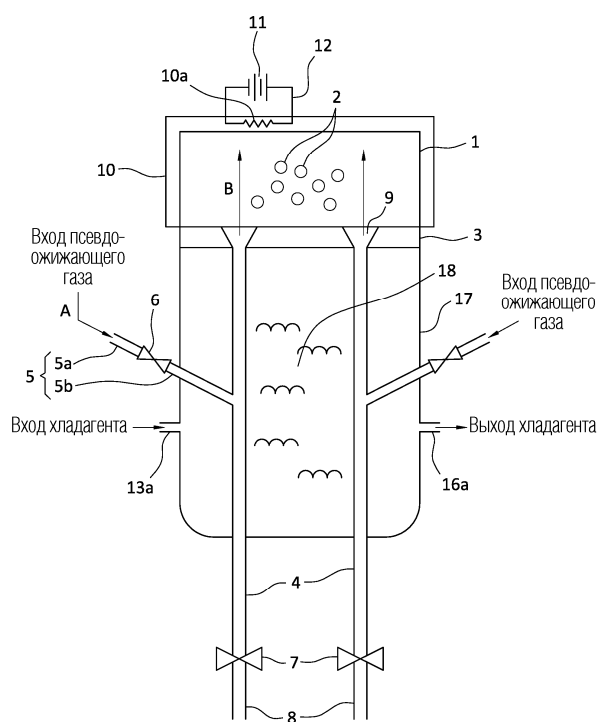
Фиг. 1



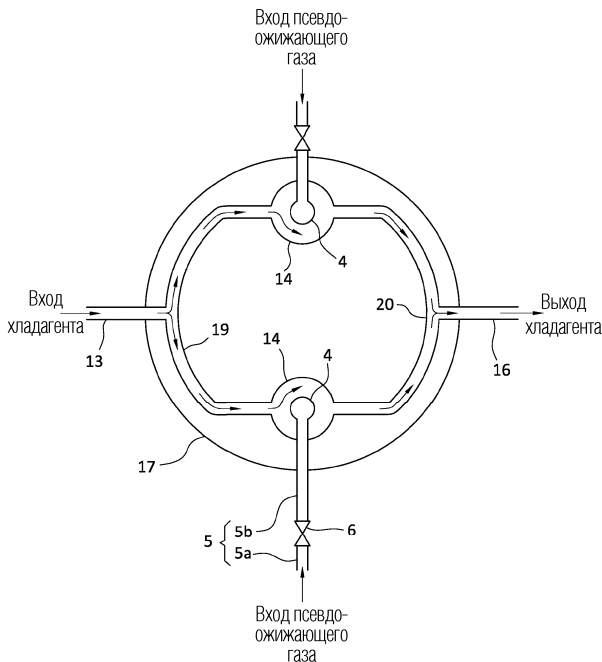
Фиг. 2



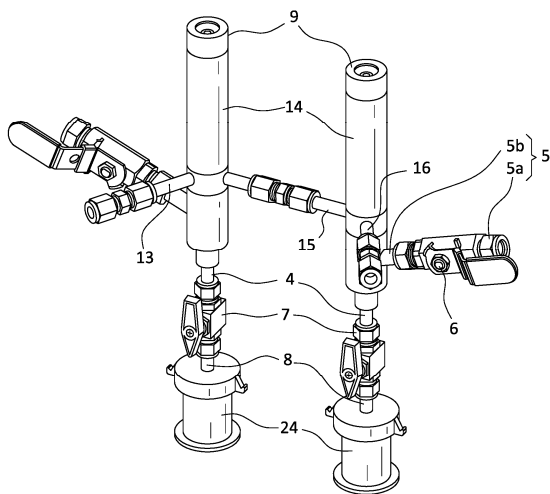
Фиг. 3



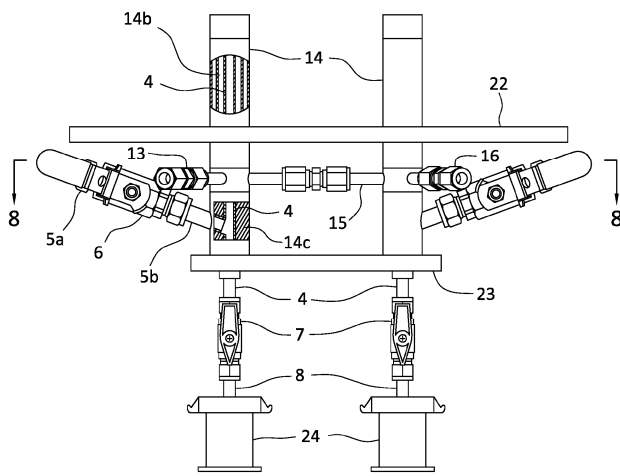
Фиг. 4



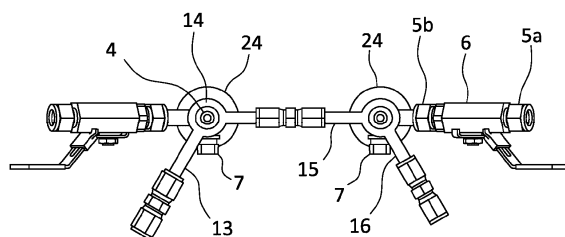
ФИГ. 5



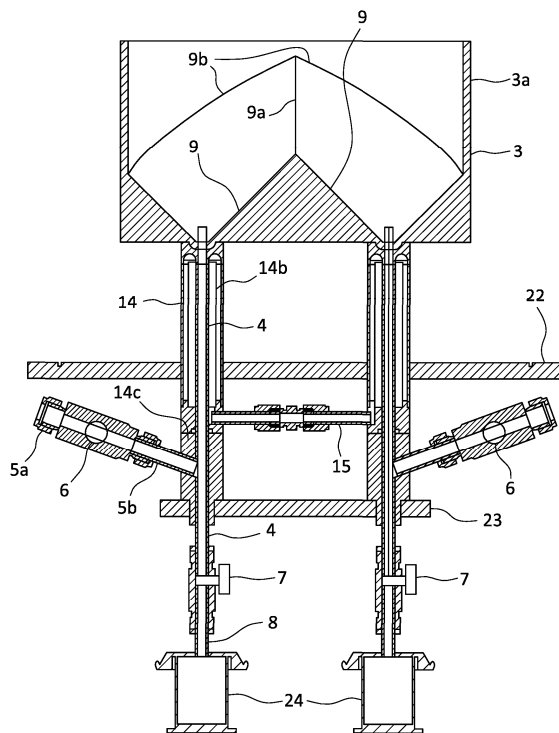
ФИГ. 6



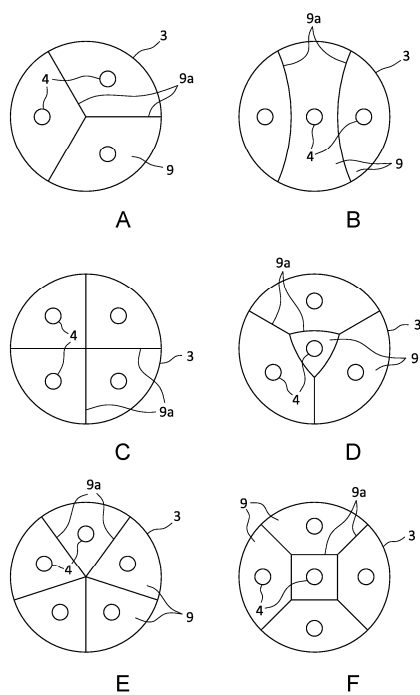
ФИГ. 7



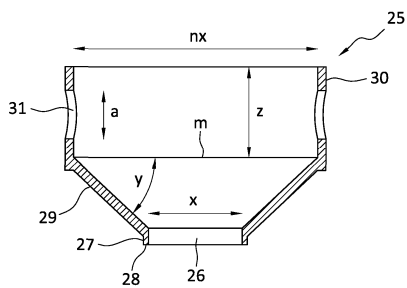
ФИГ. 8



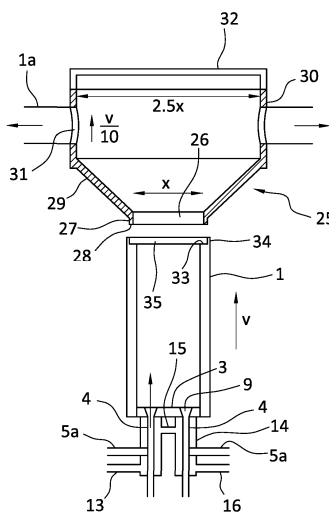
ФИГ. 9



ФИГ. 10А-Е



ФИГ. 11



ФИГ. 12