

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **018207**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2013.06.28

(21) Номер заявки
201001375

(22) Дата подачи заявки
2008.02.27

(51) Int. Cl. *F23G 5/38* (2006.01)
A62D 3/40 (2007.01)
C01B 3/02 (2006.01)
C01B 31/18 (2006.01)
C02F 1/02 (2006.01)
C02F 11/10 (2006.01)
F23G 5/027 (2006.01)
B09B 3/00 (2006.01)
C10J 3/00 (2006.01)

(54) МНОГОЗОНАЛЬНЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ КОНВЕРТОР С ПЛАЗМЕННОЙ ПЛАВКОЙ

(43) 2011.04.29

(86) РСТ/CA2008/000452

(87) WO 2008/104088 2008.09.04

(56) WO-A1-2006128286
US-A-4063521
US-A-4941415

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ПЛЭСКОЭНЕРДЖИ АЙПИ
ХОЛДИНГС, С.Л., БИЛЬБАО,
ШАФФХАУЗЕН БРЭНЧ (СН)**

(72) Изобретатель:
**Тсангарис Андреас, Бэйкон Марк
(СА)**

(74) Представитель:
**Ильмер Е.Г., Пантелеев А.С.,
Кузнецова Ю.В. (RU)**

(57) Предлагается многозональный углеродный конвертор для преобразования обработанного сырья в синтез-газ и шлак, включающий в себя камеру с зоной конверсии углерода, контактирующей со шлаковой зоной, для плавления золы в расплавленный шлак и/или для поддержания шлака в расплавленном состоянии посредством плазменного нагрева. Зоны конверсии углерода и шлака разделены межзональной областью, содержащей преграду для воспрепятствования или ограничения движения материала между этими двумя зонами. Межзональная область может также обеспечивать начальное плавление золы в расплавленный шлак посредством переноса плазменного нагрева из шлаковой зоны.

B1

018207

018207

B1

Область применения изобретения

Данное изобретение относится к газификации углеродсодержащего сырья и, в частности, к многозональному углеродному конвертеру.

Предпосылки создания изобретения

Газификация - это процесс, позволяющий преобразовать углеродсодержащее сырье, например коммунально-бытовые отходы (КБО) или уголь в горючий газ. Полученный газ может быть использован для производства электроэнергии, пара или в качестве базового сырья для производства химических реагентов и жидкого топлива.

Газ может быть использован следующим образом: сжигание в котле для производства пара для внутреннего технологического процесса и/или внешних целей либо для производства электроэнергии с помощью паровой турбины; непосредственное сжигание в газовой турбине или в газовом двигателе для производства электроэнергии; топливные элементы; производство метанола и других жидких топлив; в качестве последующего сырья для производства химической продукции, например пластмасс и удобрений; для экстракции водорода и монооксида углерода в качестве дискретных промышленных газовых топлив, а также для иного промышленного использования.

В целом, в процессе газификации углеродсодержащее сырье поступает в нагревательную камеру (газогенератор) вместе с дозируемым и/или ограниченным количеством кислорода и факультативно пара. В отличие от прокаливания в печи или сжигания, процессов, идущих в избытке кислорода с образованием CO_2 , H_2O , SO_x и NO_x , в ходе газификации производится неочищенная газовая смесь, включающая в себя CO , H_2 , H_2S , и NH_3 . В результате очистки получают основные ценные продукты газификации - H_2 и CO .

В качестве сырья могут использоваться любые коммунально-бытовые отходы, отходы промышленности, биомедицинские отходы, сточные воды, шламы, уголь, тяжелые нефти, нефтяной кокс, тяжелый остаточный продукт нефтепереработки, отходы нефтепереработки, почва, загрязненная углеводородом, биомасса и отходы сельскохозяйственного производства, автомобильные покрышки и другие вредные отходы. В зависимости от происхождения сырья летучие соединения могут включать H_2O , H_2 , N_2 , O_2 , CO_2 , CO , CH_4 , H_2S , NH_3 , C_2H_6 , ненасыщенные углеводороды, такие как ацетилены, олефины, ароматические соединения, смолы, жидкие углеводороды (масла) и обуглившееся вещество (сажу и золу). В ходе нагрева сырья первой выделяется вода. По мере повышения температуры сухого сырья происходит пиролиз. Во время пиролиза сырье термически разлагается с выделением смол, фенолов и легких летучих углеводородных газов, в результате чего оно обугливается.

Обуглившееся вещество состоит из остаточных твердых компонентов органического и неорганического происхождения. После пиролиза концентрация углерода в обуглившемся веществе выше, чем в сухом сырье, поэтому это вещество может служить источником получения активированного угля. В газогенераторах, работающих при высоких температурах ($>1200^\circ\text{C}$), или в системах с высокотемпературной зоной неорганические минеральные компоненты плавятся или переходят в стекловидное состояние, образуя расплавленное стеклоподобное вещество, называемое шлаком.

Поскольку шлак находится в расплавленном, стекловидном состоянии, он обычно оказывается опасным и может быть отправлен на мусорную свалку как опасное вещество или продан в качестве руды, материала для основания дорожного полотна или другого строительного материала. Способ уничтожения отходов сжиганием становится все менее привлекательным из-за крайне больших затрат топлива для нагрева и необходимости дальнейшей утилизации остаточных загрязняющих веществ, поскольку эти отходы можно превратить в синтетический газ (синтез-газ) и твердые материалы.

Краткое описание изобретения

Целью настоящего изобретения является разработка многозонального углеродного конвертора для конверсии обработанного сырья в синтез-газ и шлак. В соответствии с заявленной задачей изобретения предлагается многозональный углеродный конвертор с зоной конверсии углерода с одним или более каналами поступления обработанного сырья, с одним или более каналами выхода синтез-газа и каналом поступления нагретого воздуха, контактирующего со шлаковой зоной для плавления золы и/или для поддержания шлака в расплавленном состоянии, с источником плазменного нагрева и каналом выхода шлака. Зона конверсии углерода и шлаковая зона разделены межзональной областью, или межзоной, с устройством, препятствующим либо ограничивающим перемещение материала (преградой) между зоной конверсии углерода и шлаковой зоной.

В соответствии с другой задачей изобретения предлагается многозональный углеродный конвертор для преобразования обработанного сырья в синтез-газ и шлак, включающий в себя камеру с зоной конверсии углерода, контактирующей со шлаковой зоной, в котором зона конверсии углерода и шлаковая зона разделены межзональной областью, или межзоной; зону конверсии углерода с каналом поступления обработанного сырья из источника, каналом выхода синтез-газа и каналом поступления нагретого воздуха; межзональную область, или межзону, с преградой для ограничения движения материала между зоной конверсии углерода и шлаковой зоной с помощью частичного или периодического переграживания межзональной области, или межзоны, и факультативно оснащаемой теплоносителями, обеспечивающими начальное плавление золы; шлаковую зону с источником плазменного нагрева и каналом выхода

шлака; в котором обработанное сырье превращается в синтез-газ и золу в зоне конверсии углерода, а зола превращается в расплавленный шлак в межзональной области, или межзоне, и/или шлаковой зоне посредством нагрева с помощью источника плазменного нагрева.

Краткое описание чертежей

Конструктивные решения, предлагаемые в настоящем изобретении, будут описаны ниже только для примера и проиллюстрированы на прилагаемых чертежах, где:

на фиг. 1 - блок-схема, отображающая зоны многозонального углеродного конвертора в общем, а именно на схеме показана зона конверсии углерода в контакте со шлаковой зоной для плавления золы и/или поддержания шлака в расплавленном состоянии;

на фиг. 2 - блок-схема, отображающая каналы поступления многозонального углеродного конвертора, включая зону конверсии углерода в контакте со шлаковой зоной для плавления золы и/или поддержания шлака в расплавленном состоянии в комбинации с газогенератором на углеродсодержащем сырье;

на фиг. 3 - общая схема многозонального углеродного конвертора, и отображены основные детали зоны конверсии углерода, межзональной области, или межзоны, и шлаковой зоны;

на фиг. 4 схематично представлен вариант конструкции многозонального углеродного конвертора в сочетании с главной камерой газификации;

на фиг. 5 показана конструкция фланцевой камеры многозонального углеродного конвертора, упроощающая замену преграды и позволяющая использовать преграды множественных конфигураций;

фиг. 6 - частичное продольное сечение одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора, в котором преграда представляет собой множество керамических шариков;

фиг. 7 - продольное сечение межзональной области, или межзоны, и шлаковой зоны одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора с детальным показом куполообразной преграды в форме зубчатого колеса;

фиг. 8А - частичное продольное сечение одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора с детальным показом различных портов для технологического воздуха, порта запуска горелки, порта для газа из генератора горячего газа, канала выхода шлака и препятствия; фиг. 8В - поперечное сечение на уровне А-А конструкции, представленной на фиг. 8А; фиг. 8С - вид сверху на преграду и поддерживающие клинья;

фиг. 9 - поперечное сечение одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора, в котором преграда представляет собой ряд соединенных вместе кирпичей;

на фиг. 10 преграда представлена в виде решетки;

фиг. 11 - продольное сечение межзональной области, или межзоны, и шлаковой зоны многозонального углеродного конвертора одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора;

фиг. 12 - продольное сечение одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора, в котором преграда представляет собой подвижную решетку; фиг. 12А и 12В детализируют конструкционные особенности подвижных решеток;

фиг. 13А - поперечное сечение, детально представляющее порты в шлаковой зоне одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора, включая каналы поступления кислорода и/или воздуха (О), каналы поступления углерода (С), порты плазменных горелок (Р) и порт газовой горелки (G); фиг. 13В - частичное продольное сечение конструкции многозонального углеродного конвертора, показанной на фиг. 13А;

фиг. 14 - увеличенное изображение фиг. 13В;

фиг. 15 - частичное продольное сечение одного из вариантов конструкции углеродного конвертора с двумя зонами и детальным представлением шлаковой зоны с дефлектором плазменного тепла;

на фиг. 16 показана модификация многозонального углеродного конвертора, в котором шлаковая зона, в свою очередь, имеет переливной барьер для образования шлакового слоя, способствующего перемешиванию шлака;

фиг. 17 - частичное продольное сечение одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора, представляющее в деталях вариант конструкции системы охлаждения шлака с распылителем воды и скребковой цепью;

фиг. 18 - вид в перспективе одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора с детальным представлением каналов поступления обработанного сырья и различных портов;

фиг. 19 - альтернативный вид в перспективе варианта конструкции многозонального углеродного конвертора, показанного на фиг. 18, с детальным представлением канала поступления обработанного сырья, канала выхода синтез-газа и плазменной горелки;

фиг. 20 - продольное сечение многозонального углеродного конвертора, показанного на фиг. 18 и 19, с детальным представлением преграды между зоной конверсии углерода и шлаковой зоной;

на фиг. 21 детально показана преграда между зоной конверсии углерода и шлаковой зоной многозонального углеродного конвертора, представленного на фиг. 18-20;

фиг. 22 - поперечное сечение воздушной камеры многозонального углеродного конвертора, показанного на фиг. 18-21;

фиг. 23 - поперечное сечение многозонального углеродного конвертора, показанного на фиг. 18-22, на уровне плазменной горелки с детальным представлением тангенциальных каналов поступления воздуха и плазменной горелки;

фиг. 24 - поперечное сечение многозонального углеродного конвертора, показанного на фиг. 18-23 на уровне газовой горелки;

фиг. 25 - альтернативные представления многозонального углеродного конвертора, показанного на фиг. 18-23;

фиг. 26 - вид в перспективе одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора с детальным представлением каналов поступления обработанного сырья и различных портов с преградой в виде решетки;

на фиг. 27 показан вариант конструкции многозонального углеродного конвертора, в котором преграда представляет собой ряд соединенных вместе кирпичей;

на фиг. 28 - вариант конструкции многозонального углеродного конвертора, в котором преграда представляет собой вертикальную решетку;

на фиг. 29 - вариант конструкции многозонального углеродного конвертора, в котором преграда представляет собой купол в форме зубчатого колеса;

на фиг. 30 детально показан вариант альтернативной конструкции многозонального углеродного конвертора;

на фиг. 31А и В представлен воздушный поток одного из варианта конструкции многозонального углеродного конвертора;

на фиг. 32 детально показана альтернативная конструкция многозонального углеродного конвертора;

на фиг. 33 детально показана альтернативная конструкция многозонального углеродного конвертора.

Подробное описание изобретения

Определения.

Если нет других определений, все технические и научные термины, используемые здесь, следует понимать так же, как их обычно понимают специалисты в области знаний, к которой относится настоящее изобретение.

Используемый здесь термин "обработанное сырье" включает в себя обуглившееся вещество, сырье с низким и верхним выходом летучих соединений с компонентами связанного углерода и золы, побочные продукты газификации углеродсодержащего сырья или пиролиза, продукты, полученные в результате неполного сгорания углеродсодержащего сырья, или твердые вещества, собранные в системах подготовки и/или очистки газа, в которых нагрев осуществляется плазменной горелкой.

Используемый здесь термин "синтез-газ" определяется как газовая смесь, содержащая переменные количества монооксида углерода и водорода, образующиеся в процессе превращения топлива, содержащего углерод, в газообразный продукт с теплотворной способностью. Синтез-газ состоит в основном из монооксида углерода, диоксида углерода и водорода и обладает плотностью энергии менее половины плотности энергии природного газа. Синтез-газ является горючим газом и часто используется в качестве источника топлива или промежуточного продукта для производства других химических реагентов.

"Обработанный синтез-газ" - это синтез-газ, реформулированный или очищенный в системе очистки или реформулирования с плазменным нагревом.

Используемый здесь термин "чувствительный элемент" определяется как любой элемент системы, способный регистрировать параметры процесса, исполнительного механизма процесса, параметры на входе или выходе процесса, где такие параметры могут быть представлены показателем, используемым при мониторинге, регулировании и/или контроле одного или более локального, регионального и/или глобального процесса системы. Чувствительные элементы, рассматриваемые в контексте системы, могут включать в себя без ограничения нижеперечисленные сенсоры, детекторы, мониторы, анализаторы или любую их комбинацию для регистрации процесса, температуры, давления, расхода, состава и/или других характеристик жидкости и/или материала, а также позиционирования в системе и/или удаления из нее материала в любой данный момент и любую рабочую характеристику любого устройства и механизма процесса, используемого в системе. Специалисту в данной области знаний должно быть ясно, что вышеперечисленные примеры чувствительных элементов, несмотря на то, что все они релевантны в контексте системы, не могут быть специфически релевантными в контексте настоящего описания, и поэтому перечень элементов, названных здесь чувствительными элементами, не должен быть ограниченным или неправильно интерпретированным в свете данных примеров.

Используемый здесь термин "исполнительный элемент" определяется как любой элемент системы, способный реагировать на обнаруженную характеристику с целью управления устройством и механизмом процесса, оперативно с ним связанным, в соответствии с одним или более заранее заданными, расчитанными, неизменяемыми и/или регулируемым параметрами управления, где один или более параметров управления определены как обеспечивающие нужный результат процесса. Исполнительные элементы в контексте данной системы могут включать в себя без ограничения нижеперечисленным статиче-

ские, предустановленные и/или динамически изменяемые приводные устройства, источники питания и любые другие элементы, настраиваемые на передачу воздействия, которое может быть механическим, электрическим, магнитным, пневматическим, гидравлическим или их сочетанием, на устройство, имеющее один или более параметров управления. Устройства и механизмы процесса, рассматриваемые в контексте данной системы, к которым может быть оперативно подсоединен один или более исполнительных элементов, могут включать в себя без ограничения нижеперечисленным механизм подачи материала и/или сырья, источники тепла, например плазменные, механизмы подачи добавок, различные нагнетатели газа и/или другие подобные устройства циркуляции газа, различные регуляторы расхода и/или давления газа и другие устройства и механизмы процесса, пригодные для воздействия на любой локальный, региональный и/или глобальный процесс в системе. Специалисту в данной области знаний должно быть ясно, что вышеперечисленные примеры чувствительных элементов, несмотря на то, что все они релевантны в контексте системы, не могут быть специфически релевантными в контексте настоящего описания, и поэтому перечень элементов, названных здесь исполнительными элементами, не должен быть ограничен или неправильно интерпретирован в свете данных примеров.

Общий обзор системы.

Как показано на фиг. 1, нами предлагается многозональный углеродный конвертор для преобразования обработанного сырья в синтез-газ и инертный продукт из шлака. Многозональный углеродный конвертор включает в себя многозональную камеру с жаростойким покрытием с одним или более каналами для поступления обработанного сырья, одним или более каналами выхода газа, каналом выхода шлака, каналами поступления нагретого воздуха, способствующего конверсии обработанного сырья в синтез-газ и золу, и оснащен источником плазменного нагрева для плавления золы в шлак, а также может дополнительно иметь каналы для подачи водяного пара или добавок. До подачи в конвертор возможна предварительная подготовка обработанного сырья (гомогенизация, размол, дробление и/или пульверизация). В частности, многозональный углеродный конвертор включает в себя первую зону, или зону конверсии углерода, в контакте со второй зоной, или шлаковой зоной, для превращения практически свободного от углерода твердого материала в расплавленный шлак и/или для поддержания шлака в расплавленном состоянии. Зона конверсии углерода и шлаковая зона разделены межзональной областью, или межзоной, с устройством, препятствующим либо ограничивающим перемещение материала (преградой) между этими двумя зонами, которая в некоторых конструкциях может также обеспечивать начальное плавление практически свободного от углерода остаточного твердого материала (т.е. золы) с образованием расплавленного шлака.

Настоящий многозональный углеродный конвертор может факультативно использоваться в сочетании с системой для создания обработанного сырья из углеродсодержащего сырья. Например, в многозональный углеродный конвертор (10) можно загрузить обработанное сырье из низкотемпературного газогенератора (15) (см. фиг. 2 и 4). В таких конфигурациях многозональный углеродный конвертор можно рассматривать как расширение газогенератора в том смысле, что третий этап процесса газификации (т.е. конверсии углерода) в основном завершается в многозональном углеродном конверторе.

В целом, газификацию углеродсодержащего сырья можно подразделить на три этапа, а именно подсушка, удаление летучих соединений и превращение обуглившегося сырья в золу (т.е. углеродная конверсия).

Этап I. Подсушка материала.

Первым этапом процесса газификации является подсушка, которая происходит в основном в диапазоне 25-400°C. При этих низких температурах также может происходить частичное удаление летучих соединений и конверсия углерода в зольный остаток.

Этап II. Удаление летучих соединений из материала.

Вторым этапом процесса газификации является удаление летучих соединений, происходящее в основном в диапазоне 400-700°C. При этих температурах могут также происходить в небольшой степени подсушка (остаток) и конверсия углерода (превращение обуглившегося сырья в синтез-газ).

Этап III. Превращение обуглившегося сырья в золу.

Третьим этапом процесса газификации является конверсия углерода, которая происходит в диапазоне температур 600-1000°C. При этих температурах также может происходить в небольшой степени удаление летучих соединений (остаток). Основными продуктами, получаемыми по завершении этого этапа, являются практически не содержащий углерода остаток (зола) и синтез-газ. Во избежание спекания золы температура в этой области не должна превышать порядка 950°C.

Чтобы во время газификации увеличить выход получаемого синтез-газа, необходимо максимизировать конверсию углеродсодержащего сырья в нужные газообразные продукты. Для этого многозональный углеродный конвертор снабжен системой, обеспечивающей полную конверсию углерода, остающегося в обработанном сырье, в синтез-газ, а также выход синтез-газа и шлакового продукта. Многозональный углеродный конвертор также обеспечивает поступление в качестве добавки нагретого воздуха и факультативно введение таких добавок, как водяной пар и/или обогащенный углеродом газ и/или углерод, что способствует конверсии углерода в получаемый синтез-газ. Многозональный углеродный конвертор

также обеспечивает плазменный нагрев, способствующий полному превращению остаточных неорганических материалов (т.е. золы) в стекловидное вещество, или шлак.

Многозональный углеродный конвертор включает в себя многозональную камеру с жаростойким покрытием с одним или более каналами поступления обработанного сырья, каналом выхода синтез-газа, каналами поступления нагретого воздуха, каналом выхода шлака, одним или более портами источника плазменного нагрева, например плазменной горелки, и факультативно одним или более каналами или портами ввода в процесс добавок. Многозональный углеродный конвертор может также факультативно включать в себя подсистему управления для слежения за рабочими параметрами и настройки рабочих режимов конвертора для оптимизации реакции конверсии. Конвертор оснащен чувствительными и исполнительными элементами, при этом исполнительные элементы настраивают рабочие условия в конверторе согласно данным, получаемым от чувствительных элементов.

Многозональный углеродный конвертор включает в себя первую зону, или зону конверсии углерода, в контакте со второй зоной, или шлаковой зоной, для плавления остаточного твердого материала (т.е. золы) и/или поддержания шлака в расплавленном состоянии. Зоны конверсии углерода и шлака разделены межзональной областью, или межзоной, содержащей преграду для направления и/или сдерживания движения материала между этими двумя зонами. Межзональная область, или межзона, также может факультативно обеспечивать начальное плавление практически не содержащего углерод остаточного твердого материала (т.е. золы) в расплавленный шлак и/или способствовать диффузии воздуха и/или перемешиванию.

Фиг. 3 - схематическое изображение одного из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора (10). В многозональном углеродном конверторе (10) обработанное сырье через каналы поступления (20) подается в зону конверсии углерода (11) камеры с жаростойким покрытием (15), где подаваемый через каналы поступления (35) нагретый воздух превращает не вступивший в реакцию углерод, содержащийся в обработанном сырье, в синтез-газ. Далее практически не содержащий углерода остаточный твердый материал (т.е. зола) в межзональной области, или межзоне, и/или шлаковой зоне превращается в расплавленный шлак в результате прямого или косвенного (т.е. посредством теплоносителей) плазменного нагрева. Факультативно преграда в межзональной области, или межзоне, выполняет роль теплоносителя для переноса тепла от источника плазменного нагрева к остаточному твердому материалу (т.е. золе) и тем самым влияет на ее начальное плавление. Для эффективного переноса плазменного тепла межзональная область, или межзона, может в свою очередь включать в себя дополнительный теплоноситель. Расплавленный шлаковый материал выходит из шлаковой зоны многозонального углеродного конвертора и передается в факультативную подсистему охлаждения шлака для охлаждения. Синтез-газ выходит из конвертора и факультативно снова направляется в главную камеру газификации, где он смешивается с газообразными продуктами главного процесса газификации или подвергается дальнейшей обработке и/или поступает в емкость для хранения.

Поступающее в многозональный углеродный конвертор обработанное сырье может быть разного происхождения, включая побочные продукты газификации углеродсодержащего сырья или процесса пиролиза, полученные в результате неполного сгорания углеродсодержащего сырья, или твердые вещества, собранные в системах кондиционирования и/или очистки газа с нагревом с помощью плазменной горелки.

Многозональный углеродный конвертор способствует производству синтез-газа и шлака, последовательно обеспечивая конверсию углерода и плавление практически не содержащего углерод остаточного твердого вещества (т.е. золы). Это достигается тем, что конверсия углерода происходит в определенном диапазоне температур до того, как практически не содержащее углерод остаточное твердое вещество (т.е. зола) подвергается воздействию более высоких температур. В многозональном углеродном конверторе минимизируется или исключается остаточное содержание углерода в расплаве.

В частности, процесс конверсии углерода происходит с помощью добавления в обработанное сырье необходимого количества кислорода и повышения температуры обработанного сырья до уровня, необходимого для превращения углерода, содержащегося в нем, в синтез-газ в специализированной среде зоны конверсии углерода. Синтез-газ, полученный в процессе конверсии, выходит из камеры через канал выхода газа.

Полученный синтез-газ может содержать тяжелые металлы и загрязняющие частицы. Соответственно в одном из вариантов конструкции многозональный углеродный конвертор факультативно оснащается также подсистемой кондиционирования газа для охлаждения и кондиционирования остаточного газа в соответствии с требованиями звеньев последующей технологической цепочки. В качестве альтернативы многозональный углеродный конвертор может быть соединен с последующими системами кондиционирования и/или хранения газа.

Источником обработанного сырья может служить без ограничения нижеперечисленным низкотемпературный или высокотемпературный газогенератор или установка пиролиза, бункер, в который загружается остаточный материал, или сепараторы твердых частиц в системе кондиционирования газа, например фильтр пылеуловителя или циклонный уловитель. Многозональный углеродный конвертор может быть непосредственно или косвенно соединен с источником обработанного сырья. Обработанное

сырье подается непрерывно или периодически в канал поступления обработанного сырья камеры из источника обработанного сырья через соответствующим образом приспособленные выходные каналы и/или механизмы доставки, обслуживаемые квалифицированным персоналом согласно требованиям системы и типу извлекаемого побочного продукта. Факультативно обработанное сырье может быть подвергнуто предварительной подготовке до загрузки в камеру. Предварительная подготовка обработанного сырья может включать в себя без ограничения нижеперечисленным гомогенизацию, размол, пульверизацию, дробление, сортировку составляющих сырья или удаление металлов с помощью магнитного поля.

Расплавленный шлак в диапазоне температур, например, порядка 1200-1800°C может производиться непрерывно, а затем охлаждаться с образованием твердого шлакового материала. Такой шлаковый материал можно отправить на мусорную свалку или преобразовать в заполнители для традиционного использования. В качестве альтернативы расплавленный шлак можно заливать в контейнеры и получать болванки, кирпичи, плитку и аналогичный строительный материал. Конечный шлаковый материал можно также использовать как вяжущий материал для бетона, в производстве легких заполнителей или минеральной ваты, для изготовления пеностекла или для разработки упаковочных материалов.

Соответственно многозональный углеродный конвертор может также включать в себя подсистему охлаждения расплавленного шлака в твердую форму. Предлагаемая подсистема охлаждения шлака подходит для получения охлажденного шлакового продукта требуемого формата.

Многозональный углеродный конвертор может также дополнительно включать в себя систему управления конверсией углерода и процессом плавления. В частности, многозональный углеродный конвертор включает в себя подсистему управления с чувствительными элементами для слежения за рабочими параметрами системы и исполнительными элементами для регулирования рабочих условий в системе с целью управления процессом конверсии, где исполнительные элементы регулируют рабочие условия в системе согласно данным, полученным с помощью чувствительных элементов, поддерживая тем самым эффективную и полную конверсию углерода и плавление. Регулируемые параметры могут включать, например, удельный расход плазменного тепла (мощность) и расположение источника плазмы, скорость поступления обработанного сырья, объем поступления воздуха и/или водяного пара, и/или обогащенного углеродом газа, и/или углеродсодержащего газа, и/или углерода.

Многозональный углеродный конвертор.

Как показано на фиг. 3, многозональный углеродный конвертор (10) включает в себя камеру с жаростойким покрытием (15), с одной стороны (стороны загрузки) которой поступает обработанное сырье, а с другой стороны (стороны выгрузки) выгружается шлак. В многозональном углеродном конверторе также имеется канал поступления обработанного сырья (20), канал выхода синтез-газа (25) и канал выхода шлака (30), источник плазменного нагрева (40), каналы поступления горячего воздуха (35), один или более каналов поступления добавок (не показано) и факультативно система управления.

На фиг. 4 схематически отображены репрезентативные многозональные углеродные конверторы в сочетании с главной камерой газификации. В многозональном углеродном конверторе (10) обработанное сырье через каналы поступления (20) подается в зону конверсии углерода (11), где подаваемый через каналы поступления (35) нагретый воздух превращает обработанное сырье в синтез-газ и практически не содержащее углерод остаточное твердое вещество (т.е. золу). Полученный синтез-газ выводится через каналы выхода синтез-газа (25). Остаточное твердое вещество (т.е. зола) плавится в межзональной области, или межзоне (12), и/или шлаковой зоне (13), превращаясь в шлак, с помощью косвенного (т.е. посредством теплоносителей) или непосредственного плазменного нагрева. Расплавленный шлаковый материал выгружается из шлаковой зоны и может передаваться в факультативную подсистему охлаждения шлака для охлаждения. Полученный в камере синтез-газ факультативно может снова направляться в главную камеру газификации, где он смешивается с газообразными продуктами главного процесса газификации или передается на дальнейшую обработку и/или поступает в емкость хранения.

Анализ конструктивного исполнения камеры.

Конструктивное исполнение (дизайн) камеры многозонального углеродного конвертора должно обеспечивать наличие герметичного, изолированного пространства для переработки обработанного сырья в синтез-газ и использование синтез-газа в таких последующих процессах, как охлаждение или очистка и т.п., а также для переработки золы в шлак. Дизайн камеры обеспечивает формирование двух зон и отражает специфические требования к каждой из этих зон. Он может факультативно обеспечивать доступ к внутреннему пространству многозонального углеродного конвертора для проверки, обслуживания и ремонта. Как показано на фиг. 5, дополнительным вариантом камеры может быть фланцевая камера, поддерживающая замену отдельных зон или межзональной области, или межзоны, или частей отдельных зон.

Многозональный углеродный конвертор включает в себя зону конверсии углерода, межзональную область, или межзону, и шлаковую зону. Зона конверсии углерода приспособлена к i) поступлению обработанного сырья, подлежащего кондиционированию, ii) поступлению нагретого воздуха для превращения не вступившего в реакцию углерода, содержащегося в обработанном сырье, в синтез-газ с теплоотворной способностью и практически не содержащий углерода твердый остаток (золу), iii) факультативному вводу в процесс добавок, например, водяного пара и/или обогащенного углеродом газа, iv) выходу

синтез-газа и выгрузке твердого остатка. Дизайн межзональной области, или межзоны, позволяет разделить зону конверсии углерода и шлаковую зону и регулировать перемещение материала между зонами, может факультативно поддерживать начальное плавление твердого остатка в шлак с помощью передачи плазменного тепла к твердому остатку. Конструкция шлаковой зоны позволяет подвести тепло для кондиционирования практически не содержащего углерод твердого остатка конверсии углерода, в результате чего образуется расплавленный шлак (и дополнительно конвертировать любой остаточный углерод в газ) или для поддержания расплавленного шлака в расплавленном состоянии и для выхода расплавленного шлака и, если это требуется, газообразного продукта. Факультативно шлаковая зона может также включать в себя подсистему охлаждения шлака, способствующую затвердеванию расплавленного шлака, или подсоединяться к ней. Соответственно камера двухзонального углеродного конвертора представляет собой камеру с жаростойким покрытием, обычно ориентированную по вертикали и имеющую канал поступления обработанного сырья, каналы поступления нагретого воздуха, канал выхода газа, канал выхода шлака и источник плазменного нагрева, а также факультативно один или более каналов ввода в процесс добавочных компонентов.

При определении размеров отдельных зон следует учитывать выполняемые ими функции. В зоне конверсии углерода как можно большее количество углерода должно превращаться в газ. Функция шлаковой зоны - полностью расплавить золу. Размер зоны конверсии углерода зависит от величины расхода воздуха, при которой максимальное количество углерода подвергается конверсии, но все еще находится в достехиометрических условиях при максимально возможной рабочей температуре. Площадь поперечного сечения аппарата определяется требуемой приведенной скоростью, чтобы рабочий режим обеспечивался в режиме неподвижного слоя, а не в режиме флюидизации. Размеры шлаковой зоны, способные поддерживать тепловой баланс при высокой температуре и обеспечивать плавление золы с помощью плазменного нагрева, зависят от расчета теплового баланса.

Конструкция камеры многозонального углеродного конвертора обеспечивает эффективную и полную конверсию углерода и переработку золы при использовании минимального количества энергии, необходимого для завершения данных процессов. Соответственно при конструировании камеры учитывались такие факторы, как эффективная теплопередача, адекватная температура нагрева, время пребывания в зоне, расход расплавленного шлака, объем и состав вводимого остатка, размер и изоляция камеры. Дизайн камеры также обеспечивает безопасность прохождения процессов. Соответственно многозональный углеродный конвертор сконструирован так, чтобы изолировать производственную среду от внешней. В целом, камера сконструирована так, чтобы ее верхний торец, ближайший к каналу поступления обработанного сырья, был специально приспособлен к условиям конверсии углерода, а сторона, ближайшая к каналу выхода шлака, была специально приспособлена к условиям плавления.

В качестве альтернативы камера конструируется так, чтобы зона конверсии углерода находилась в центре, а шлаковая зона окружала зону конверсии углерода. В таких конструкциях отделение зоны конверсии углерода от шлаковой зоны может быть достигнуто подъемом зоны конверсии углерода относительно шлаковой зоны с помощью наклонного пола.

Факультативно форма камеры должна поддерживать или способствовать разделению зоны конверсии углерода и шлаковой зоны. Соответственно в одном из вариантов конструкции межзональная область, или межзона, образует камеру в форме сужающегося канала (см. фиг. 20).

Материалы.

Многозональная камера углеродной конверсии является камерой с жаростойким покрытием, внутренний объем которой позволяет вместить требуемое количество материала на нужное время пребывания твердых веществ в зоне.

Камера обычно имеет столько слоев материала, сколько требуется. Например, внешний слой, или оболочка, камеры обычно изготавливается из стали. Кроме того, полезно иметь один или более изоляционный слой между внутренним жаростойким слоем и внешним стальным слоем для уменьшения температуры стальной оболочки. Также может понадобиться изоляционная обшивка вокруг внешней поверхности шлакового резервуара для уменьшения температуры стальной оболочки. Факультативно в качестве изолятора можно использовать защитное покрытие из керамического волокна. Если требуется сделать жаростойкое покрытие толще, не создавая трещин, стальная оболочка может быть обшита сжимаемым материалом, например защитным покрытием из керамического волокна. Изоляционные материалы выбираются для обеспечения достаточно высокой температуры оболочки, чтобы избежать конденсации кислого газа, если это важно, но не настолько высокой, чтобы поставить под угрозу целостность внешней оболочки.

Огнеупор защищает камеру от высоких температур и коррозионно-активных газов и минимизирует ненужную потерю технологического тепла. Жаростойкий материал может быть обычным жаростойким материалом, хорошо известным специалистам в данной области знаний и подходящим для использования при высоких температурах порядка 1100-1800°C, когда реакция идет не под давлением. При выборе огнеупора следует учитывать внутреннюю температуру, абразивное изнашивание, эрозию и коррозию, сохранение тепла/ограничение температуры в наружной емкости, требования к сроку службы. Примеры подходящих жаростойких материалов включают в себя керамику высокотемпературного обжига, т.е.

окись алюминия, нитрид алюминия, силикат алюминия, нитрид бора, фосфат циркония, стеклокерамику и высокоглиноземный кирпич, содержащий в основном кремнезем, окись алюминия, окись хрома и окись титана. Чтобы лучше защитить камеру от коррозионно-активных газов, камера факультативно обшивается защитной оболочкой полностью или частично. Такие оболочки известны специалистам в данной области знаний, поэтому любой из них сможет выбрать подходящую оболочку, соответствующую требованиям системы, например высокотемпературную оболочку Зауэррайзена № 49 (Sauereisen High Temperature Membrane No 49).

В одном из вариантов конструкции используется многослойный дизайн огнеупора с высокоплотным внутренним слоем для защиты от высокой температуры, абразивного изнашивания, эрозии и коррозии. Поверх слоя из материала высокой плотности используется слой из материала, у которого плотность и защитные характеристики ниже, но изоляционный коэффициент выше. Факультативно этот слой обшивается снаружи материалом из пенокартона низкой плотности с очень высоким изоляционным коэффициентом; его можно использовать, так как он не подвергается абразивному изнашиванию или эрозии. Подходящие материалы, используемые для многослойного огнеупора, хорошо известны специалистам.

В одном из вариантов конструкции многослойный огнеупор имеет внутренний слой из окиси хрома, средний слой из окиси алюминия и внешний слой из изоляционного картона.

Факультативно огнеупор отдельных зон и областей может быть специально приспособлен к условиям среды конкретно в этих местах камеры. Например, на днище камеры огнеупор толще там, где рабочая температура выше. Также огнеупор шлаковой зоны может быть приспособлен выдерживать высокие температуры и сконструирован так, чтобы ограничить проникновение шлака в огнеупор и тем самым уменьшить коррозию этого покрытия.

Стенка камеры может быть факультативно оснащена средствами поддержки огнеупора или анкерами жаростойкого покрытия. Специалистам известны подходящие средства поддержки и анкера.

Из-за жестких условий эксплуатации следует ожидать, что периодически потребуются проведение технического обслуживания огнеупора. Соответственно в одном из вариантов конструкции камера снабжена фланцем, что обеспечивает разделение ее верхней и нижней частей, в результате чего нижняя часть камеры (местонахождение резервуара) может отделяться от верхней части. В одном из вариантов конструкции камера подвешена на устройстве поддержки таким образом, что нижняя часть может отделяться от верхней и опускаться вниз, облегчая обслуживание. Данная конструкция позволяет снять нижнюю часть без нарушения связи между верхней частью камеры и предыдущими или последующими компонентами системы.

Зона конверсии углерода.

Процесс конверсии углерода происходит при повышении температуры обработанного сырья до уровня, необходимого для превращения углерода, содержащегося в обработанном сырье, в синтез-газ в специальной среде зоны конверсии углерода. Синтез-газ, полученный в процессе конверсии, выходит из камеры через канал выхода газа. В одном из вариантов конструкции синтез-газ снова направляется в главную камеру газификации, где он смешивается с газами, полученными во время главного процесса газификации.

Показанная на фиг. 4 зона конверсии углерода (11) включает в себя один или более каналов поступления (20) обработанного сырья, один или более каналов выхода синтез-газа (25) и находится в контакте посредством межзональной области (12), или межзоны, со шлаковой зоной (13).

Зона конверсии углерода (11) имеет каналы поступления нагретого воздуха (35) для поддержания температуры, необходимой для превращения остаточных летучих соединений и остатков углерода в синтез-газ. Конструкция камеры также обеспечивает высокоэффективную обработку остаточных компонентов нагретым воздухом для минимизации количества физического тепла, которое теряется с выходом газа. Поэтому положение и ориентация каналов поступления нагретого воздуха являются дополнительными факторами, которые следует учитывать при конструировании зоны конверсии углерода.

Поступление обработанного сырья.

Многозональный углеродный конвертор получает обработанное сырье посредством канала поступления обработанного сырья камеры конвертора. Канал поступления обработанного сырья приспособлен к подаче обработанного сырья в зону углеродной конверсии камеры. Поступление обработанного сырья в камеру может быть пассивным (т.е. под тяжестью собственного веса) или активным. Факультативно при активном поступлении обработанного сырья оно транспортируется от источника в канал поступления камеры конвертора. Надлежащие механизмы активной транспортировки хорошо известны специалистам и включают в себя двойные запирающиеся бункеры (double locked-hoppers), шнеки, скребковые цепи, механизмы с пневматическим приводом и другие известные специалистам устройства.

Обработанное сырье может поступать в камеру из одного или нескольких источников. Источниками обработанного сырья могут служить без ограничения нижеперечисленным низкотемпературный или высокотемпературный газогенератор, бункер, в который загружается материал, оставшийся после завершения процесса газификации, или системы кондиционирования газа предыдущего цикла, например фильтр пылеуловителя или зольная пыль из циклонного уловителя.

Там, где подача обработанного сырья идет несколькими потоками или из нескольких источников,

каждый поток может подаваться в камеру через специальный канал поступления обработанного сырья или их можно комбинировать перед вводом в камеру. В последнем упомянутом варианте конструкции предлагается один канал поступления обработанного сырья, через который подается все обработанное сырье. Соответственно камера может иметь общий канал поступления или несколько каналов поступления.

Источник обработанного сырья может быть соединен непосредственно с камерой многозонального углеродного конвертора (т.е. через каждый канал поступления обработанное сырье подается в камеру непосредственно из источника). В качестве альтернативы источник может не соединяться с камерой напрямую, так что поступление остатка производится из источника в камеру с помощью транспортировочных механизмов.

В случае, когда камера многозонального углеродного конвертора не связана напрямую с источником обработанного сырья, поступление обработанного сырья из источника в камеру происходит с помощью одного или более механизмов транспортировки. Например, подача обработанного сырья может происходить с помощью одного шнека, или серии шнеков, ремней, толкателей, сошников, вращающихся лап, транспортных цепей, подвижных колосниковых решеток и штанг толкателя.

Камера многозонального углеродного конвертора факультативно оснащается воздушным шлюзом, предназначенным для поступления обработанного сырья. Данный факультативный воздушный шлюз может устанавливаться с целью создания барьера между источником обработанного сырья (и окружающим воздухом для защиты от чрезмерного засасывания воздуха) и внутренним пространством камеры.

Канал поступления обработанного сырья факультативно оснащается механизмом управления, например, регулирующим скорость подачи для обеспечения оптимальной конверсии углерода, плавления и гомогенизации остаточного материала.

Канал поступления обработанного сырья факультативно включает в себя модуль предварительной подготовки или факультативно подсоединяется к нему. Предварительная подготовка сводится к обеспечению однородности или уменьшению размера частиц обработанного сырья и включает в себя, например, размол, пульверизацию и гомогенизацию. Аппаратура для дробления, пульверизации и гомогенизации хорошо известна специалистам в данной области знаний.

Система нагрева зоны конверсии углерода.

Процесс конверсии углерода не может проходить без тепла. Тепло может подводиться непосредственно - путем частичного окисления обработанного сырья (т.е. с помощью экзотермической реакции кислорода поступающего воздуха с углеродом и летучими соединениями, присутствующими в обработанном сырье), или косвенно - с помощью одного или более источников нагрева, известных специалистам в данной области знаний.

Тепло, необходимое для конверсии не вступившего в реакцию углерода, содержащегося в обработанном сырье, подается (по крайней мере, частично) через каналы поступления нагретого воздуха.

Горячий воздух может поступать, например, из воздушных камер, нагревателей воздуха или теплообменников, известных специалистам в данной области знаний.

В одном из вариантов конструкции горячий воздух поступает в зону конверсии углерода из системы поступления и распределения воздуха с каналами поступления, расположенными вблизи межзональной области, или межзоны. Соответствующие системы поступления и распределения воздуха известны специалистам в данной области знаний и включают в себя воздушные камеры для каждой ступени (каждого уровня), из которых горячий воздух может выходить сквозь отверстия в стенке камеры или через сопла, или распылители.

Добавочный, или дополнительный, нагрев при необходимости может осуществляться одним или более нагревателями, известными специалистам в данной области знаний, включая в себя без ограничения нижеперечисленным газовую горелку.

В одном из вариантов конструкции дополнительным источником нагрева может служить циркулирующий горячий песок.

В одном из вариантов конструкции дополнительным источником тепла может служить электрический нагреватель или электрические нагревательные элементы.

Для облегчения начального запуска многозонального углеродного конвертора камера может включать в себя порты доступа, размеры которых позволяют установку различных стандартных горелок, например горелок на природном газе, нефтяных/газовых или пропановых горелок, предназначенных для предварительного нагрева камеры. Для предварительного нагрева камеры могут также использоваться источники древесины/биомассы, выхлопные газы двигателя, электрические нагреватели.

Каналы поступления добавок.

Добавки могут факультативно вводиться в зону конверсии углерода, способствуя эффективному превращению обработанного сырья в синтез-газ. Поступление водяного пара может использоваться для обеспечения достаточного количества свободных кислорода и водорода, чтобы максимизировать конверсию разложившихся элементов загруженного обработанного сырья в газовый продукт и/или в неопасные соединения. Подача воздуха может способствовать химическому равновесию процесса с целью максимизации конверсии углерода в топливный газ (и минимизации содержания свободного углерода) и поддер-

живать оптимальные рабочие температуры, минимизируя при этом стоимость поступающего тепла. Кислород и/или озон могут также поступать в зону конверсии углерода через порты поступления добавок.

Факультативно могут использоваться другие добавки для оптимизации процесса углеродной конверсии и, следовательно, улучшения состава выбросов.

Факультативно обогащенный углеродом газ может также использоваться в качестве добавки к процессу.

Таким образом, зона конверсии углерода может включать в себя один или более каналов поступления добавок к процессу. Они включают в себя каналы поступления пара, и/или воздуха, и/или обогащенного углеродом газа. Каналы поступления пара могут располагаться в ключевых местах для направления пара в области с высокой температурой и в массу полученного газа непосредственно перед его выходом из конвертора. Каналы поступления воздуха могут располагаться в ключевых местах камеры и вокруг нее, чтобы обеспечить эффективное поступление добавок к процессу в зону конверсии углерода.

В одном из вариантов конструкции каналы подачи в процесс добавок расположены вблизи межзональной области, или межзоны.

В одном из вариантов конструкции каналы подачи в процесс добавок обеспечивают их поступление разбрызгиванием с малой скоростью. Конструкции, в которых нагрев камеры осуществляется горячим воздухом, могут факультативно оснащаться дополнительными каналами инъекции воздуха/кислорода.

Межзональная область, или межзона.

Функция межзональной области, или межзоны, - это значительное пространственное разделение зоны конверсии углерода и шлаковой зоны и факультативное обеспечение начального плавления твердого остатка (т.е. золы) углеродной конверсии благодаря эффективному переносу плазменного тепла к твердому остаточному материалу. Межзональная область, или межзона, также служит каналом, соединяющим эти две зоны. Межзональная область, или межзона, включает в себя преграду, ограничивающую или регулирующую перемещение материала между зоной конверсии углерода и шлаковой зоной с помощью частичного или периодического перегораживания межзональной области, или межзоны, препятствует чрезмерной миграции углерода, не вступившего в реакцию конверсии, в расплав и может факультативно включать теплоносители.

Как показано на фиг. 6, в одном из вариантов конструкции межзональная область факультативно может в значительной степени соприкасаться со шлаковой зоной.

Преграда.

Преграда ограничивает или регулирует перемещение материала между зоной конверсии углерода и шлаковой зоной с помощью частичного или периодического перегораживания межзональной области, или межзоны, а также может факультативно обеспечивать перенос тепла.

Преграда монтируется в межзональной области, или межзоне, и может иметь различные формы и дизайн, включая в себя без ограничения нижеперечисленным преграду в форме купола, пирамиды, решетки, подвижной решетки, решетки из кирпичей; множества керамических шариков, множества труб; зубчатого колеса и т.п. Форма и размер преграды могут быть частично обусловлены формой и ориентацией самой камеры.

Преграда и любые необходимые монтажные элементы должны быть способны эффективно работать в жестких условиях многозонального углеродного конвертора и, в особенности, при высоких температурах. Соответственно преграда конструируется из материалов, способных выдерживать высокую температуру. Факультативно преграда может иметь жаростойкое покрытие или изготавливаться полностью из огнеупора.

На фиг. 6-10 подробно представлены различные альтернативные преграды, не ограничивающие перемещения.

В варианте конструкции, показанном на фиг. 6, преграда состоит из множества керамических шариков.

В варианте конструкции, показанном на фиг. 7, куполообразная преграда в форме зубчатого колеса изготовлена из жаростойкого материала.

В варианте конструкции, показанном на фиг. 8, куполообразная преграда, полностью изготовленная из жаростойкого материала (145), установлена с помощью клинообразных монтажных кирпичей (150) в межзональной области. Размеры купола, выполненного полностью из жаростойкого материала, должны быть такими, чтобы между внешним краем купола и внутренней стенкой камеры имелся зазор (155). Факультативно купол, выполненный из жаростойкого материала, может также иметь множество отверстий (160).

В показанном на фиг. 8А варианте конструкции дополнительное множество шариков из окиси алюминия или керамики (165) диаметром 20-100 мм располагается поверх жаростойкого купола и обеспечивает распространение нагретого воздуха и перенос плазменного нагрева к золе для начального плавления золы в шлак. В данной конструкции по мере плавления зола проходит межзональную область через зазор (160) между внешним краем купола (145) и внутренней стенкой камеры, проникая в шлаковую зону.

Показанная на фиг. 9 преграда имеет решетку из сплошных жаростойких кирпичей. В решетке из жаростойких кирпичей имеются зазоры между отдельными кирпичами для взаимосвязи зон конверсии

углерода и шлака посредством межзональной области.

Показанная на фиг. 10 преграда имеет решетчатую конструкцию из труб с жаростойким покрытием (345), установленную внутри монтажного кольца (350).

Показанная на фиг. 12 преграда имеет подвижную решетку.

Теплоносители и диффузионные элементы.

Факультативно межзональная область может также включать в себя теплоносители или диффузионные элементы для обеспечения переноса плазменного нагрева к золе. Теплоносители известны специалистам в данной области знаний и включают в себя керамические шарики, гальку, кирпичи.

В одном из вариантов конструкции теплоноситель, представляющий собой множество шариков из окиси алюминия или керамики (165) диаметром 20-100 мм, располагается пластом поверх жаростойкого купола и обеспечивает распространение нагретого воздуха и перенос плазменного нагрева к золе для начального плавления золы в шлак.

Факультативно преграда может служить элементом теплопередачи или включать его в себя.

Факультативные нагревательные элементы.

Факультативно межзональная область, или межзона, может оснащаться источником нагрева. Подходящими источниками нагрева могут служить воздушная фурма, электрический нагреватель или электрические нагревательные элементы, горелки или источники плазменного нагрева, включая плазменные горелки.

Факультативные плазменные горелки могут быть установлены в межзональной области и/или в зоне конверсии углерода/интерфейсе межзональной области и/или в межзональной области/интерфейсе шлаковой зоны.

Факультативно оставшийся в золе углерод превращается в синтез-газ с помощью плазменного нагрева в межзональной области, или межзоне.

Соответственно на стенке камеры межзональной области могут находиться порты доступа для установки источников нагрева различных размеров.

Шлаковая зона.

Процесс плавления протекает в межзональной области и/или шлаковой зоне при повышении температуры практически не содержащего углерода остаточного твердого материала (т.е. золы) до уровня, необходимого для плавления остаточного вещества. Тепло для процесса плавления обеспечивается одним или более источниками плазменного нагрева. Это тепло может передаваться путем прямого или косвенного нагрева посредством теплоносителей. Плазменный нагрев используется также для конверсии сколь угодно малого количества углерода, оставшегося в остаточном веществе после конверсии углерода, посредством подачи нагретого воздуха. Добавочный, или дополнительный, нагрев при необходимости может осуществляться одним или более нагревательными устройствами, известными специалистам в данной области знаний, включая в себя без ограничения нижеперечисленным индукционный нагрев или нагрев джоулевым теплом.

Шлаковая зона снабжена источником плазменного нагрева, обеспечивающим необходимую температуру для нагрева золы (прямого или косвенного) до уровня, необходимого для плавки и гомогенизации остаточного твердого вещества с целью получения расплавленного шлака с температурой, достаточной для его вытекания из многозонального углеродного конвертора. Факультативно углерод, оставшийся в золе, конвертируется в синтез-газ. Шлаковая зона также конструируется таким образом, чтобы обеспечить высокоэффективный перенос тепла между плазменным газом и остаточным веществом или шлаком для минимизации потерь физического тепла. Поэтому тип используемого источника плазменного нагрева, а также положение и ориентация устройств плазменного нагрева являются дополнительными факторами, которые следует учитывать при конструировании шлаковой зоны.

Шлаковая зона также конструируется таким образом, чтобы обеспечить достаточное время пребывания остаточного вещества при адекватной температуре, позволяющей полностью расплавить и гомогенизировать остаточные неорганические материалы.

Как показано на фиг. 13 и 16, шлаковая зона дополнительно может оснащаться резервуаром, в котором собирается остаточное вещество, нагреваемое источником плазменного нагрева. Резервуар также позволяет смешивать твердые и расплавленные материалы в процессе кондиционирования (приведения к требуемым условиям). Достаточное время пребывания и адекватное перемешивание обеспечивают полное завершение процесса кондиционирования и нужный состав получаемого шлака.

Шлаковая зона может сходиться на конус в направлении канала выгрузки шлака или иметь наклонный пол, способствующий выходу расплавленного шлака.

Конструкция шлаковой зоны обеспечивает непрерывное формирование расплавленного шлакового материала. Постоянная выгрузка шлака позволяет непрерывно вести процесс кондиционирования, когда кондиционируемый остаточный материал может поступать непрерывно и без остановки обрабатываться с помощью плазменного нагрева, как это требуется для периодической выгрузки шлака.

В одном из вариантов конструкции непрерывный выход шлака достигается с помощью резервуара, подсоединенного с одной стороны с помощью переливного устройства (33), позволяющего жидкому шлаку накапливаться, до тех пор, пока его уровень не превысит определенной величины, после чего рас-

плавленный шлак выливается через сливное устройство и удаляется из камеры.

В конструкциях, где обработанное сырье, подвергаемое кондиционированию, содержит значительное количество металлов и в которых в шлаковой зоне имеется резервуар, подсоединенный с помощью переливного устройства, металлы благодаря высокой температуре плавления и плотности накапливаются в резервуаре до тех пор, пока не будут удалены. Соответственно в одном из вариантов конструкции многозонального конвертора резервуар факультативно оснащается портом металлослива, который заглушается мягкой жаростойкой пастой, в которой можно прорезать отверстие кислородной горелкой. Как только сливной порт открывается и температура в камере поднимается настолько, чтобы расплавить накопившиеся металлы, расплавленные металлы стекают со дна резервуара. Отверстие выходного канала снова герметизируется жаростойким или другим подходящим материалом.

Поскольку для кондиционирования золы и в особенности для плавки любых присутствующих металлов требуются очень высокие температуры, стенка и пол шлаковой зоны могут факультативно оснащаться жаростойким покрытием, предназначенным для работы в жестких условиях эксплуатации. Выбор подходящих материалов для конструирования шлаковой зоны производится в соответствии с рядом критериев, таких как рабочая температура стандартного процесса кондиционирования остаточного вещества, сопротивление термическому удару, сопротивление абразивному изнашиванию и эрозии/коррозии, вызываемыми расплавленным шлаком и/или горячими газами, образующимися в процессе плавления. При выборе материала для шлаковой зоны следует учитывать его пористость.

Шлаковая зона может также включать в себя один или более портов для размещения добавочных конструктивных элементов или контрольно-измерительных приборов, которые могут потребоваться дополнительно. В одном из вариантов конструкции такой порт может использоваться как порт наблюдения, факультативно включающий систему телевизионного слежения, которая позволяет оператору полностью отслеживать все стадии производства золы, включая канал выгрузки шлака для изготовления шлакоблоков. Камера может также включать сервисные порты для входа или доступа в камеру с целью обслуживания или ремонта. Такие порты известны специалистам в данной области знаний и могут включать в себя герметизируемые отверстия в портах различных размеров.

В шлаковой зоне используются один или более источников плазменного нагрева для конверсии зольного материала, полученного в ходе процесса конверсии углерода. Источники плазменного нагрева могут быть перемещаемыми, фиксированными или комбинированными.

Источники плазменного нагрева могут включать в себя разнообразные имеющиеся на рынке плазменные горелки, обеспечивающие в точке применения формирование подходящих высокотемпературных газов в течение длительного времени. Обычно такие плазменные горелки имеют мощность 100 кВт-6 МВт и более. В плазменной горелке может использоваться один газ или комбинация подходящих рабочих газов. Примеры подходящих рабочих газов включают в себя без ограничения нижеперечисленные: воздух, аргон, гелий, неон, водород, метан, аммиак, монооксид углерода, кислород, азот и диоксид углерода. В одном из вариантов конструкции настоящего изобретения устройство плазменного нагрева работает непрерывно, обеспечивая температуру порядка 900-1800°C, что требуется для превращения остаточного материала в инертный шлак.

В связи с этим, для работы в шлаковой зоне могут использоваться и другие альтернативные плазменные технологии. Например, могут использоваться дуговые горелки обратной и прямой полярности (переменного и постоянного тока) с подходящими электродами. Также могут использоваться индуктивно связанные плазменные горелки (ИСП). Выбор подходящего источника плазменного нагрева находится в компетенции специалиста в данной области знаний.

Использование горелок обратной полярности вместо горелок прямой полярности может улучшить процесс кондиционирования остаточного вещества благодаря более высокой эффективности превращения электричества в тепло, а также более высокой эффективности переноса тепла от горячих плазменных газов к расплавляемому материалу, ввиду того, что дуга непосредственно проходит через расплав. При использовании дуговых горелок обратной полярности необходимо убедиться, что шлаковая зона электрически изолирована, поскольку внешняя оболочка шлаковой зоны электрически соединяется с источником электропитания.

В одном из вариантов конструкции источником плазменного нагрева может служить дуговая горелка прямой полярности постоянного тока.

В одном из вариантов конструкции в качестве плазменной горелки используется графитовая горелка.

В одном из вариантов конструкции многозонального углеродного конвертора один или более источников плазменного нагрева расположены так, чтобы оптимизировать превращение остаточного материала в инертный шлак. Положение источника(ов) плазменного нагрева выбирается согласно дизайну камеры кондиционирования остаточного вещества. Например, в конструкциях с единственным источником плазменного нагрева он может устанавливаться в верхней части камеры и располагаться относительно шлакового слоя, образующегося на дне камеры для обеспечения тепла, достаточного для расплавления остаточного материала и формирования потока шлака. В одном из вариантов конструкции источником плазменного нагрева может служить плазменная горелка, установленная в верхней части

камеры.

Можно регулировать мощность всех источников плазменного нагрева и факультативно их расположение (при использовании перемещаемых источников нагрева). В одном из вариантов конструкции тепловая мощность плазменного нагрева может меняться в соответствии с переменной скоростью подачи остаточного вещества. Тепловая мощность плазменного нагрева также может меняться в соответствии с меняющейся температурой плавления остаточного вещества.

Источники плазменного нагрева могут работать непрерывно или с остановками по выбору оператора в соответствии с изменяющимися скоростью подачи остаточного вещества и его температуры плавления.

Факультативно шлаковая зона может оснащаться дефлектором (61) для отклонения или перенаправления плазменного нагрева (см. фиг. 15 и 16).

Добавки к процессу.

Добавки к процессу, факультативно вводимые в шлаковую зону, могут включать в себя водяной пар, воздух, углерод, и/или обогащенный углеродом газ, и/или обогащенный кислородом газ, и/или золу из фильтра.

Соответственно шлаковая зона может иметь различные каналы загрузки и/или камера в шлаковой зоне может также иметь ряд портов для этих каналов.

Канал выхода шлака.

В шлаковой зоне имеется канал выхода шлака. Выгрузка шлака осуществляется через канал камеры, по которому выходит расплавленный шлак. Канал выхода обычно находится на днище камеры или вблизи его, чтобы облегчить вытекание слоя расплавленного шлака из камеры под тяжестью собственного веса. Канал выхода шлака факультативно оснащается подсистемой охлаждения шлака для перевода расплавленного шлака в твердую форму. Подобная подсистема охлаждения может, например, представлять собой бассейн с водой или распылитель воды.

Расплавленный шлак может выгружаться постоянно в течение всего времени проведения процесса. Расплавленный шлак можно охлаждать и собирать разными способами, известными специалистам в данной области знаний, в форме плотного, невыщелачиваемого, твердого шлака.

Факультативно по мере обработки золы с помощью плазменного нагрева полученный расплавленный шлак может накапливаться в резервуаре. Полученный расплавленный шлак выгружается непрерывно, т.е. по мере увеличения его объема в резервуаре, он проходит через переливное устройство и выходит из камеры кондиционирования через канал выгрузки.

Конструкции с непрерывной выгрузкой особенно удобны для систем непрерывной работы.

В одном из вариантов конструкции канал выгрузки шлака может также включать в себя подсистему охлаждения шлака для превращения расплавленного шлака в твердый шлак. В одном из вариантов конструкции расплавленный шлак выливается в ванну с охлаждающей водой (78). Ванна с водой является эффективной системой для охлаждения шлака с образованием гранул, пригодных для коммерческого использования, например для производства бетона или для дорожного строительства. Ванна с водой может также служить в качестве уплотнения среды в форме защитного экрана, идущего от основания шлаковой камеры вниз в ванну с водой, и таким образом, представляющего собой барьер, не дающий внешним газам проникнуть в камеру кондиционирования остаточного вещества. Полученный твердый шлак может быть удален из ванны с водой с помощью конвейера. Альтернативно, подсистема охлаждения шлака может включать в себя распылитель воды.

В одном из вариантов конструкции подсистемы охлаждения шлака расплавленный шлак падает в толстостенный стальной контейнер-уловитель для охлаждения. В одном из вариантов конструкции расплавленный шлак поступает в ложе из кварцевого песка, герметично отделенное от среды, или в формы для выпуска твердого шлака, пригодного для несложной обработки или для контроля определенных параметров, если такой контроль предусмотрен. Небольшие формы могут контролируемо охлаждаться в предварительно нагретой печи.

В одном из вариантов конструкции подсистемы охлаждения шлака расплавленный шлак превращается в коммерческий продукт, например стекловату.

Управление.

В одном из вариантов конструкции многозональный углеродный конвертор может быть оснащен системой управления для управления одним или более процессами, идущими в многозональном углеродном конверторе и/или посредством конвертора. Обычно система управления следит за различными процессами и регулирует их так, чтобы обеспечить эффективность и полноту конверсии обработанного сырья в синтез-газ и эффективное плавление остаточного твердого вещества (т.е. золы) в шлак.

Система управления включает в себя один или более чувствительных элементов для слежения в реальном времени за рабочими параметрами системы и один или более исполнительных элементов для регулирования рабочих условий в системе с целью оптимизации процесса конверсии, где чувствительные и исполнительные элементы интегрированы в систему и где исполнительные элементы регулируют рабочие условия в системе согласно данным, полученным с помощью чувствительных элементов.

Управляющие элементы.

Чувствительные элементы, рассматриваемые в настоящем контексте, могут включать в себя без ограничения нижеперечисленным устройства для слежения за такими рабочими параметрами, как, например, расход газа, температура и давление в различных точках системы, а также устройства для анализа химического состава полученного синтез-газа.

Данные, полученные от чувствительных элементов, используются для определения необходимости регулирования условий и рабочих параметров многозонального углеродного конвертора для оптимизации эффективности процесса и состава полученного синтез-газа. Ведущаяся регулировка параметров реагентов (например, скорости добавления обработанного сырья, поступления нагретого воздуха и/или водяного пара), а также некоторых рабочих условий, таких как давление внутри различных компонентов системы, позволяет вести данный процесс в условиях, обеспечивающих последовательное и эффективное производство синтез-газа.

Систему управления можно сконструировать и сконфигурировать с целью оптимизации эффективности процесса конверсии и уменьшения его влияния на окружающую среду. Систему управления можно также сконструировать с целью непрерывного управления многозональным углеродным конвертором. Следующие рабочие параметры могут отслеживаться периодически или непрерывно с помощью чувствительных элементов, а полученные данные использоваться, чтобы определить, работает ли система в пределах оптимальных заданных значений или, например, нужно ли увеличить мощность работы горелок, добавить больше воздуха или пара, поступающих в систему, отрегулировать скорость поступления обработанного сырья.

Температура.

В одном из вариантов конструкции система управления включает в себя устройства для слежения за температурой в соответствующих точках многозонального углеродного конвертора, например в зоне конверсии углерода, межзональной области, или межзоне. Устройствами для слежения за температурой могут быть термодатчики или оптические термометры, установленные в соответствующих точках системы.

Устройства для слежения за температурой горячего синтез-газа могут также устанавливаться в канале выхода синтез-газа зоны конверсии углерода.

Давление в системе.

В одном из вариантов конструкции система управления включает в себя устройства для слежения за давлением в различных точках многозонального углеродного конвертора. Такие устройства слежения за давлением могут включать в себя датчики давления, такие как измерительные преобразователи давления, датчики давления, штуцеры для измерения давления, расположенные в любых местах системы, например на вертикальной стенке камеры.

Расход газа.

В одном из вариантов конструкции система управления включает в себя устройства для слежения за расходом синтез-газа. Колебания расхода газа могут быть результатом неоднородных условий (например, неполадок в работе горелки или перерыва в поступлении материала), поэтому, если колебания расхода газа продолжаются, система может отключаться до тех пор, пока проблема не будет решена.

Состав газа.

В одном из вариантов конструкции система управления включает в себя устройства для слежения за составом синтез-газа. Пробы на анализ газов, полученных в ходе процесса конверсии, берутся методами, хорошо известными квалифицированному персоналу.

В одном из вариантов конструкции слежение за составом синтез-газа осуществляется с помощью газового анализатора, используемого для определения химического состава синтез-газа, например содержания водорода, монооксида углерода и диоксида углерода в синтетическом газе. В одном из вариантов конструкции химический состав синтез-газа отслеживается с помощью газовой хроматографии (ГХ). Точки отбора для подобных анализов могут располагаться по всей системе. В одном из вариантов конструкции химический состав отслеживается с помощью инфракрасного анализатора Фурье (ИАФ), исследующего инфракрасный спектр газа.

Хотя высокотемпературные газоанализаторы имеются в наличии, квалифицированные специалисты в данной области знаний должны принимать во внимание, что в зависимости от типа системы, используемой для газоанализа, может потребоваться охлаждение газа перед анализом его состава.

Исполнительные элементы.

Исполнительные элементы, рассматриваемые в настоящем контексте, могут включать в себя без ограничения нижеперечисленные различные управляющие элементы, оперативно подсоединенные к используемым в ходе процесса устройствам, сконфигурированным для воздействия на конкретный процесс регулированием конкретного параметра управления, имеющего отношение к процессу. Например, устройства процесса, на которые могут воздействовать в настоящем контексте один или более исполнительных элементов, могут включать без ограничения нижеперечисленным устройства для регулировки различных рабочих параметров, таких как скорость добавления обработанного сырья, поступления нагретого воздуха и/или водяного пара, а также некоторых рабочих условий, таких как питание горелки и ее местоположение.

Источник плазменного нагрева.

Настоящий углеродный конвертор использует управляемость плазменного нагрева для обеспечения полного плавления и превращение золы в стекловидный шлак.

В одном из вариантов конструкции данного изобретения система управления включает в себя устройства для регулирования мощности и факультативно местоположения источника плазменного нагрева. Например, когда температура расплава слишком низкая, система управления может дать команду увеличить мощность источника плазменного нагрева, и наоборот, когда температура в камере слишком высокая, система управления может дать команду уменьшить мощность источника плазменного нагрева.

В одном из вариантов конструкции мощность горелки поддерживается на уровне, пропорциональном скорости добавления остаточного вещества, т.е. результатом увеличения скорости добавления остаточного вещества становится увеличение мощности горелки. Регулирование мощности горелки также может быть реакцией на изменение характеристик и состава остаточного вещества, например, таких параметров его плавления, как температура, удельная теплоемкость, удельная теплота плавления.

В одном из вариантов конструкции местоположение источника плазменного нагрева может регулироваться, чтобы полностью охватить расплавосборник и исключить наличие областей с не полностью вступившими в реакцию материалами.

Скорость добавления обработанного сырья.

В одном из вариантов конструкции данного изобретения система управления включает в себя устройства для регулировки скорости подачи обработанного сырья в зону конверсии углерода. Добавление обработанного сырья может происходить непрерывно, например, с помощью вращающего шнека или шнекового механизма, или последовательно - отдельными партиями.

В каждом случае, когда устройства добавления обработанного сырья включают в себя ряд штанг толкателя, система управления может факультативно оснащаться концевыми выключателями или другими устройствами управления ходом, такими как компьютеризованные электроприводы переменной скорости для управления длиной, скоростью и/или частотой ударов толкателя, способные управлять количеством материала, подаваемого в соответствующую камеру с каждым ударом. Там, где устройства поступления обработанного сырья включают в себя один или более шнеков, скоростью добавления материала в зону конверсии можно управлять, изменяя скорость шнека с помощью частотно-регулируемых электроприводов.

Скорости поступления регулируются с целью обеспечения приемлемого управления этапами конверсии обработанного сырья, предотвращающего выход не полностью конвертированного материала из зоны конверсии углерода.

Ввод в процесс добавочных компонентов.

В одном из вариантов конструкции данного изобретения система управления включает в себя устройства для регулировки скорости и/или количества воздуха, поступающего в зону конверсии углерода и/или шлаковую зону, или количества вводимых в процесс других добавочных компонентов, включая углерод и водяной пар.

Подача нагретого воздуха может осуществляться по мере необходимости для поддержания оптимальной температуры конверсии обработанного сырья.

В одном из вариантов конструкции система управления включает в себя устройства для регулирования ввода в процесс добавок на основе данных, полученных в ходе слежения и анализа состава синтез-газа. Данные о составе газа могут поступать на непрерывной основе, позволяя таким образом регулировать в реальном времени введение добавок, таких как воздух или водяной пар. Тип и количество вводимых в процесс добавок выбирается очень осторожно с целью оптимизации химического состава синтез-газа и поддержания предельно допустимых норм эмиссии, устанавливаемых органами контроля, и минимизации производственных затрат.

Пример 1.

Как показано на фиг. 8, 11, 18-25, многозональный углеродный конвертор (110) разделен межзональной областью (112) на расположенную в верхней части зону конверсии углерода (111) и расположенную в нижней части зону плавления шлака (113). Температура в зоне конверсии углерода (111) поддерживается в пределах 950-1100°C, а в шлаковой зоне - в пределах 1350-1600°C.

Многозональный углеродный конвертор (110) в варианте конструкции, показанной на фиг. 8, 11, 18-25, включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (115), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (120), каналом выхода газа (125), каналом выхода шлака (130) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя воздушную камеру (135), плазменную горелку (140). При необходимости канал поступления обработанного сырья дополнительно оснащается дробилкой (не показана) для гомогенизации подаваемого материала по размеру частиц.

Камера (115) представляет собой сварную конструкцию из стали с жаростойким покрытием практически цилиндрической формы и сводом, при этом соотношение длины к диаметру в самом широком месте составляет 3,6:1. Диаметр камеры уже в межзональной области у горловины и далее сходит на конус в направлении канала выхода шлака. Конструкция камеры состоит из сегментов для облегчения за-

мены компонентов, включая компоненты межзональной области.

Жаростойкое покрытие состоит из трех слоев: внутреннего слоя из готовых блоков из окислов хрома и алюминия для защиты от высокой температуры, среднего слоя из готовых изоляционных жаростойких блоков из материала серии PLICAST и внешнего слоя из изоляционного картона. Для нижней части резервуара камеры огнеупор делается утолщенным из-за более высокой рабочей температуры; при этом используются следующие материалы: Shamrock 493 толщиной 190 мм, PLICAST LWI-28 толщиной 115 мм, а также изоляционный картон 2300HD толщиной 76 мм и керамическое волокно DuraBlanket толщиной 25 мм. Огнеупор верхней части состоит из Plicast HyMOR 2800 толщиной 190 мм, IFB толщиной 114 мм и Legrit super lite CD толщиной 100 мм.

Как показано на фиг. 22, нагретый воздух поступает в зону конверсии через воздушную камеру (135), расположенную в нижней части зоны. Поступлением воздуха в воздушную камеру можно управлять, что позволяет регулировать процесс конверсии. Скорость потока воздуха регулируется изменением соотношения расход:воздух и рабочей температуры. Дополнительно в зону конверсии углерода через порты впрыска (136) может инжектироваться водяной пар.

Как показано на фиг. 21, зона конверсии углерода (111) сходит на конус к более узкой межзональной области (112). Межзональная область включает в себя физическую преграду (145), направляющую поток материала из зоны конверсии углерода в шлаковую зону. Как показано на фиг. 8-11, физическая преграда представляет собой жаростойкий купол, собранный из готовых цельных блоков (145), установленный с помощью клинообразных жаростойких кирпичей (150) в межзональной области. Размеры жаростойкого купола выбираются так, чтобы получить зазор (155), или промежуток, между внутренней стенкой многозонального углеродного конвертора и куполом для переноса материала между зонами. Размер зазора должен обеспечивать свободный проход расплавленного шлака. Факультативно купол, выполненный из жаростойкого материала, может иметь множество отверстий (151).

Множество шариков из окиси алюминия или керамики (165) диаметром 20-100 мм располагается поверх жаростойкого купола и обеспечивает распространение нагретого воздуха и перенос плазменного нагрева к золе для начального плавления золы в шлак в межзональной области. В данном варианте конструкции зола по мере плавления проходит межзональную область через зазор (155) между внешним краем купола и внутренней стенкой камеры, проникая в шлаковую зону.

В нижней части межзональной области расположена шлаковая зона (113). Шлаковая зона (113) представляет собой цилиндр с жаростойким покрытием с единственным каналом выхода шлака в форме конуса (130).

Шлаковая зона включает в себя различные порты, в том числе порт плазменной горелки, порт горелки - для установки горелки (139), обеспечивающей предварительный нагрев камеры, а также порты для различных компонентов, добавляемых в процесс, например горячий воздух и углерод и/или золу из фильтра. Как показано на фиг. 23, зона плавления шлака оснащается плазменной горелкой (140) и тангенциальным воздушным каналом (141) с соплами для пневматической подачи газа и инжектирования горячего воздуха. В генераторе горячего газа (ГТГ), состоящем из плазменной горелки с системами подачи горячего воздуха, углерода и/или золы из пылеуловителя, образуется газ, нагретый до высокой температуры ($>1600^{\circ}\text{C}$), обеспечивающий плавление золы. При этом используется плазменная горелка ДГПП постоянного тока мощностью 300 кВт с водяным охлаждением, медным электродом. Факультативно углерод и/или зола из пылеуловителя может инжектироваться через канал поступления углерода или воздушные сопла. Как показано на фиг. 24, камера также включает в себя порт для горелки (139) для облегчения запуска.

Как показано на фиг. 25, расплавленный шлак после выхода из шлаковой зоны проходит через распылитель воды (113), в результате чего образуются твердые куски шлака. Куски шлака выгружаются с помощью скребковой цепи (114).

Плазменная горелка (140) устанавливается на механизме скольжения, перемещающем плазменную горелку (140) в зону плавления шлака и обратно. Факультативно горелку можно размещать еще ближе с целью более интенсивного нагрева. Горелка (140) уплотняется в камере с помощью сальника. Сальник уплотняется по задвижке, которая, в свою очередь, герметически крепится на резервуаре. Для извлечения горелки (140) из камеры (115) используется механизм скольжения. В начальный момент движения механизма скольжения высокое напряжение, питающее горелку, для безопасности отключается. Задвижка автоматически закрывается, после того как горелка (140) будет убрана за клапан и прекратится циркуляция охлаждающего агента. Шланги и кабели отсоединяются от горелки (140), сальник уплотнения извлекается из задвижки и горелка (140) убирается с помощью подъемного устройства.

Замена горелки (140) производится в обратном порядке, механизм скольжения можно регулировать для изменения глубины проникновения горелки (140).

Автоматическое срабатывание задвижки происходит механическим способом. Для автоматического извлечения горелки в случае сбоя системы охлаждения используется пневмопривод. Сжатый воздух для работы пневмопривода подается из специального воздушного резервуара, поэтому энергоподпитка привода обеспечивается всегда, даже в случае сбоя электропитания. Тот же самый резервуар обеспечивает подачу воздуха для работы задвижки. Крышка с электрической блокировкой используется для дополни-

тельного обеспечения безопасности, закрывая доступ к высоковольтным контактам горелки.

Термопары располагаются в разных местах углеродного конвертора таким образом, чтобы температура внутри зон поддерживалась на предварительно заданном уровне, и в случае ее понижения мощность плазменной горелки или поток подаваемого воздуха увеличиваются.

Пример 2.

Общая конфигурация и дизайн многозонального углеродного конвертора, как описано выше, предусматривают, что зона конверсии углерода и шлаковая зона практически одинаковы, как описано в примере 1. Как показано на фиг. 10 и 26, многозональный углеродный конвертор (310) на отображаемой конструкции включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (315), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (не показано), каналом выхода синтез-газа (325), каналом выхода шлака (330) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя каналы поступления воздуха (не показано) и плазменную горелку (340).

Как показано на фиг. 10 и 26, межзональная область включает в себя физическую преграду, регулирующую поток материала из зоны конверсии углерода в шлаковую зону. В конструкции, описанной в данном примере, физическая преграда представляет собой ряд практически параллельных труб с жаростойким покрытием (345), установленных внутри монтажного кольца (350). Трубы устанавливаются с зазором (355) между соседними трубами. Факультативно множество шариков из окиси алюминия или керамики диаметром 20-100 мм располагается поверх преграды и обеспечивает распространение нагретого воздуха и перенос плазменного нагрева к золе для начального плавления золы в шлак в межзональной области.

Горячий воздух поступает в зону конверсии углерода через отверстия в верхней стенке практически параллельных труб с жаростойким покрытием (345).

Пример 3.

Общая конфигурация и дизайн многозонального углеродного конвертора, как описано выше, предусматривают, что зона конверсии углерода и шлаковая зона практически одинаковы, как описано в примере 1. Как показано на фиг. 27, многозональный углеродный конвертор (210) на отображаемой конструкции включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (315), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (не показано), каналом выхода синтез-газа (не показано), каналом выхода шлака (230) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя каналы поступления воздуха (не показано) и плазменную горелку (240).

Как показано на фиг. 27, межзональная область включает в себя физическую преграду, регулирующую поток материала из зоны конверсии углерода в шлаковую зону. В конструкции, описанной в данном примере, физическая преграда состоит из ряда соединенных вместе жаростойких кирпичей (245). Кирпичи устанавливаются на монтажный элемент (250) с зазором (255) между соседними кирпичами.

Пример 4.

Многозональный углеродный конвертор (показанный частично) в варианте конструкции, показанной на фиг. 28, включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (415), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (не показано), каналом выхода синтез-газа (не показано), каналом выхода шлака (430) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя каналы поступления воздуха (435), плазменную горелку (440) и факультативно выпускной желоб (446).

Как показано на фиг. 28, зона конверсии углерода находится в центре, а шлаковая зона находится ближе к периферии камеры. Пол камеры делается с наклоном, чтобы зона конверсии углерода находилась над шлаковой зоной, что обеспечивает перемещение материала из зоны в зону в одном направлении. Эти две зоны разделены межзональной областью. Межзональная область включает в себя физическую преграду, регулирующую поток материала из зоны конверсии углерода в шлаковую зону. В конструкции, описанной в данном примере, физическая преграда состоит из ряда практически вертикальных и параллельных перфорированных труб с жаростойким покрытием (445). Нагретый воздух подается через отверстия в трубах в центр массы обработанного сырья, загруженного в зону конверсии углерода, обеспечивая тем самым конверсию и нагрев углерода в обработанном сырье. Воздух, поступающий со стороны днища для охлаждения труб, слегка нагревается во время прохождения. Через каналы поступления воздуха в шлаковой зоне воздух поступает в пространство вокруг ряда труб и поддерживает температуру внешней поверхности труб очень высокой, не давая шлаку остыть.

Наклонное днище шлаковой зоны предназначено для перемещения остаточного вещества к стенке камеры, где установлена плазменная горелка, обеспечивающая плавление остаточного вещества в расплавленный шлак. Выходя, шлак падает через распыленную воду в расположенный ниже бункер.

Пример 5.

Общая конфигурация и дизайн многозонального углеродного конвертора, как описано выше, предусматривают, что зона конверсии углерода и шлаковая зона практически одинаковы, как описано в примере 1. Как показано на фиг. 29, отображающей часть зоны конверсии углерода, межзональную об-

ласть и шлаковую зону, многозональный углеродный конвертор (510) включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (515), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (не показано), каналом выхода синтез-газа (не показано), каналом выхода шлака (530) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя каналы поступления воздуха (не показано) и плазменную горелку (540).

Как показано на фиг. 29, межзональная область включает в себя физическую преграду, регулирующую поток материала из зоны конверсии углерода в шлаковую зону. В конструкции, описанной в данном примере, физическая преграда представляет собой купол в форме зубчатого колеса (545).

Пример 6.

Конфигурация и дизайн многозонального углеродного конвертора, как описано выше, предусматривают, что зона конверсии углерода и шлаковая зона практически одинаковы, как описано в примере 1, за исключением дизайна шлаковой зоны. Как показано на фиг. 30 (отображающей часть зоны конверсии углерода, межзональную область и шлаковую зону), камера в шлаковой зоне включает в себя ответвление, или генератор горячего газа (622) с плазменной горелкой (640), каналами поступления углерода и/или золы из пылеуловителя (642), а также каналы поступления горячего воздуха (641).

Пример 7.

Как показано на фиг. 6, общая конфигурация и дизайн многозонального углеродного конвертора, как описано выше, предусматривают, что зона конверсии углерода и шлаковая зона практически одинаковы, как описано в примере 1. Как показано на фиг. 6, отображающей часть зоны конверсии углерода, межзональную область и шлаковую зону, многозональный углеродный конвертор (610) включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (615), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (не показано), каналом выхода синтез-газа (не показано), каналом выхода шлака (630) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя каналы поступления воздуха (не показано) и плазменную горелку (640).

Как показано на фиг. 6, межзональная область (смежная со шлаковой зоной) включает в себя физическую преграду, регулирующую поток материала из зоны конверсии углерода в шлаковую зону. В варианте конструкции, описанном в данном примере, физическая преграда представляет собой множество керамических шариков (645).

Пример 8.

Как показано на фиг. 32, общая конфигурация и дизайн многозонального углеродного конвертора, как описано выше, предусматривают, что зона конверсии углерода и шлаковая зона практически одинаковы, как описано в примере 1. Пол шлаковой зоны представляет собой наклонный вращающийся стол из жаростойкого материала. Вращение стола способствует выгрузке расплавленного шлака. Факультативно стол может включать в себя множество керамических шариков для облегчения переноса плазменного нагрева. Пол шлаковой зоны можно поднимать и убирать из зон прохождения процесса.

Как показано на фиг. 32, отображающей часть зоны конверсии углерода, многозональный углеродный конвертор (810) включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (815), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (не показано), каналом выхода синтез-газа (не показано), каналом выхода шлака (830) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя каналы поступления воздуха (не показано), плазменную горелку (840) и преграду (845).

Жаростойкая крышка стола устанавливается на ведущем вале (846), оперативно соединенным с установленным снаружи двигателем (847). Модуль шлакового пола легко извлекается из межзональной области и зоны конверсии углерода и устанавливается на подъемный стол на рельсах для упрощения очистки. Множество керамических шариков (848) способствует передаче плазменного нагрева.

Факультативно расплавленный шлак во время выхода из канала выхода шлака (830) охлаждается водяными брызгами.

Пример 9.

Как показано на фиг. 33, отображающей часть зоны конверсии углерода, многозональную область и шлаковую зону, многозональный углеродный конвертор (910) включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (915), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (не показано), каналом выхода синтез-газа (не показано), каналом выхода шлака (930) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя каналы поступления воздуха (не показано), плазменную горелку (940), пропановую горелку или горелку на природном газе (937) и преграду (945).

Преграда представляет собой вращающийся жаростойкий конус (921), установленный на приводной стойке с ведущим валом (933), подключенным к внешнему двигателю (942). Нижняя часть вращающейся жаростойкой конструкции включает в себя приемник (978), в котором собирается шлак перед выходом из камеры. Преграда/модуль шлакового пола легко извлекается из межзональной области и зоны конверсии углерода и устанавливается на подъемный стол на рельсах для упрощения очистки.

Факультативно расплавленный шлак во время выхода из канала выхода шлака (930) охлаждается

водяными брызгами.

Пример 10.

Многозональный углеродный конвертор (1010) в конструкции, показанной на фиг. 12, включает в себя вертикально ориентированную камеру с жаростойким покрытием (1015), оснащенную каналом поступления обработанного сырья (1020), каналом выхода синтез-газа (1025) в контакте с камерой очистки плазменного газа (1066), каналом выхода шлака (1030), мешалкой (1031) с внешним двигателем (1032) и специфической системой нагрева (т.е. системой, обеспечивающей формирование двух температурных зон), включающей в себя каналы поступления воздуха (1041) и плазменную горелку (1040).

Межзональная область включает в себя физическую преграду, регулирующую поток материала из зоны конверсии углерода в шлаковую зону. В конструкции, описанной в данном примере, физическая преграда представляет собой вращающуюся решетку (1045), установленную в межзональной области. Остаточный твердый материал проходит межзональную область и расплавляется в шлаковой зоне. На фиг. 12А и В показаны примеры конструкций решетки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Многозональный углеродный конвертор для преобразования обработанного сырья в синтез-газ и шлак, содержащий

камеру с зоной конверсии углерода, контактирующей со шлаковой зоной, где зона конверсии углерода и шлаковая зона разделены межзональной областью;

зона конверсии углерода выполнена с каналом поступления обработанного сырья для приема обработанного сырья из источника, каналом выхода синтез-газа и каналами поступления воздуха;

межзональная область, или межзона, выполнена с имеющей жаростойкое покрытие или изготовленной из огнеупора преградой, предназначенной для частичного перегораживания межзональной области, для ограничения перемещения материала между зоной конверсии углерода и шлаковой зоной;

шлаковая зона выполнена с источником плазменного нагрева и каналом выхода шлака;

при этом обработанное сырье превращается в синтез-газ и золу в зоне конверсии углерода, а зола превращается в расплавленный шлак в межзональной области и/или шлаковой зоне посредством нагрева с помощью источника плазменного нагрева.

2. Многозональный углеродный конвертор по п.1, в котором каналы поступления воздуха предназначены для подачи нагретого воздуха.

3. Многозональный углеродный конвертор по п.2, в котором каналами поступления воздуха являются отверстия в стенке камеры или одно или несколько сопел или распылителей, предназначенных для подачи нагретого воздуха из одной или более воздушных камер.

4. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.1, 2 или 3, в котором преграда представляет собой жаростойкий купол, собранный из готовых цельных блоков.

5. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.1, 2 или 3, в котором преграда представляет собой жаростойкий купол в форме зубчатого колеса.

6. Многозональный углеродный конвертор по п.4, в котором купол имеет множество отверстий.

7. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.4 или 6, в котором жаростойкий купол, собранный из готовых цельных блоков, установлен с помощью четырех клинообразных жаростойких кирпичей в межзональной области, с размерами, позволяющими получить зазор или промежуток между внутренней стенкой многозонального углеродного конвертора и куполом.

8. Многозональный углеродный конвертор по п.7, в котором камера ориентирована вертикально и выполнена цилиндрически, а межзональная область образует сужение камеры.

9. Многозональный углеродный конвертор по п.8, в котором шлаковая зона сужается в направлении конического канала выхода шлака.

10. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.1, 2 или 3, в котором преграда представляет собой кирпичную решетку.

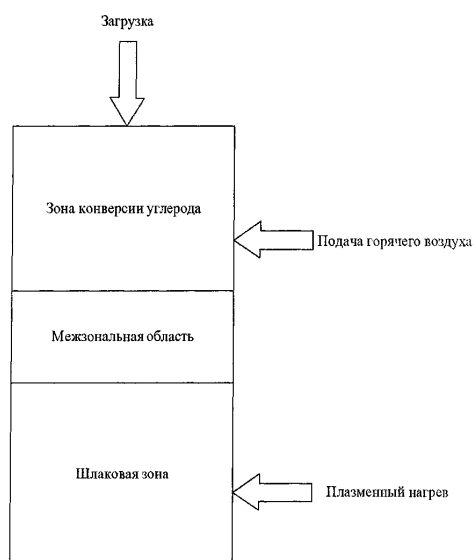
11. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.1-10, в котором межзональная область включает в себя также теплоносители для переноса плазменного нагрева от шлаковой зоны в межзональную область, причем теплоносители представляют собой керамические шарики.

12. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.1-11, включающий в себя также систему управления.

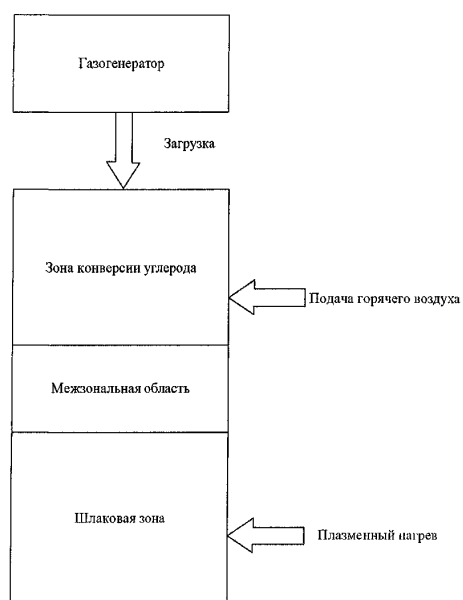
13. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.1-12, включающий в себя также модуль предварительной подготовки.

14. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.1-13, включающий в себя также модуль охлаждения шлака.

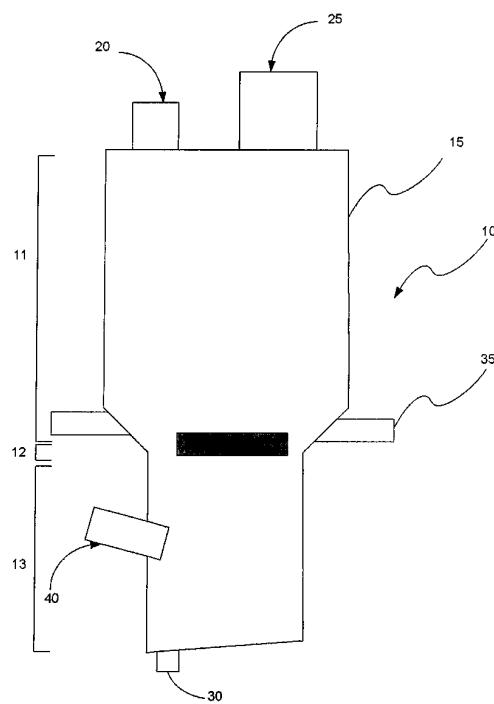
15. Многозональный углеродный конвертор по любому из пп.1-14, в котором источником плазменного нагрева является плазменная горелка.



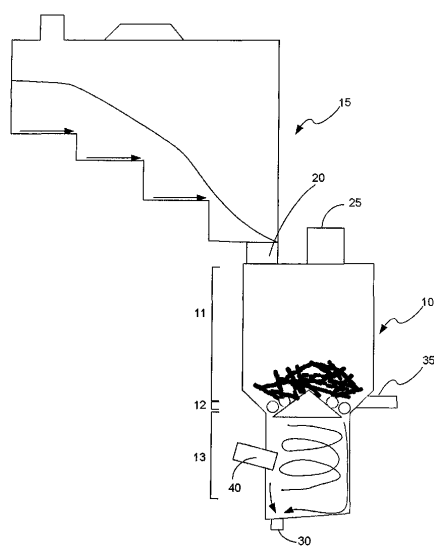
Фиг. 1



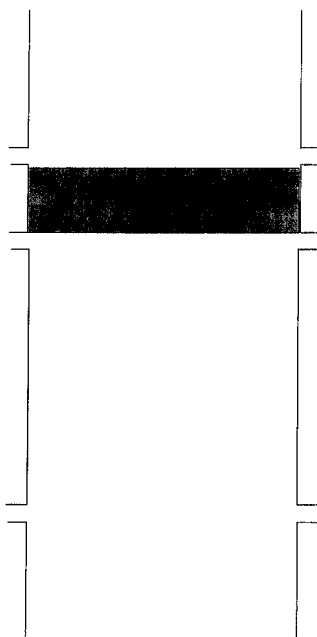
Фиг. 2



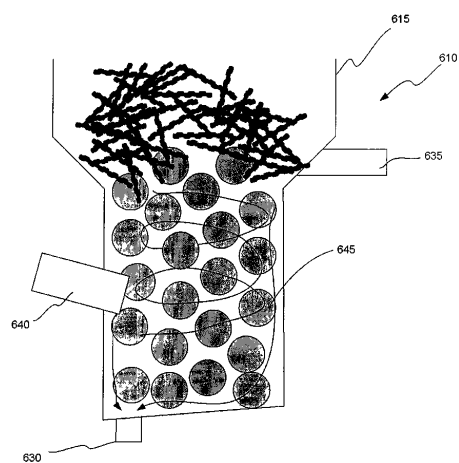
Фиг. 3



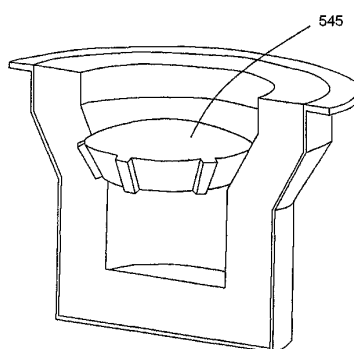
Фиг. 4



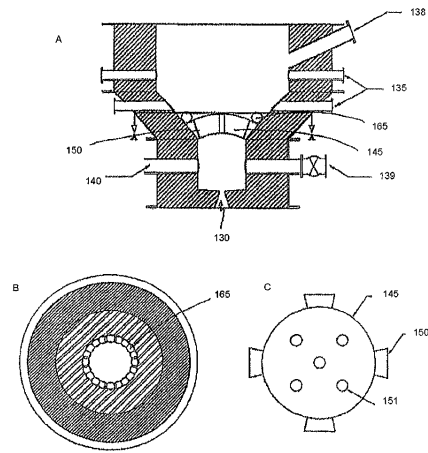
Фиг. 5



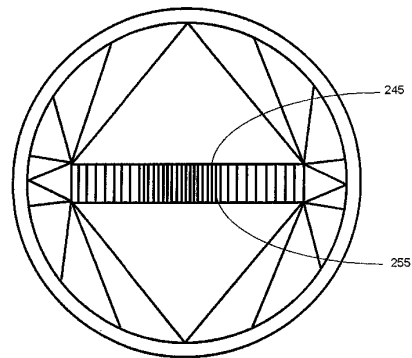
Фиг. 6



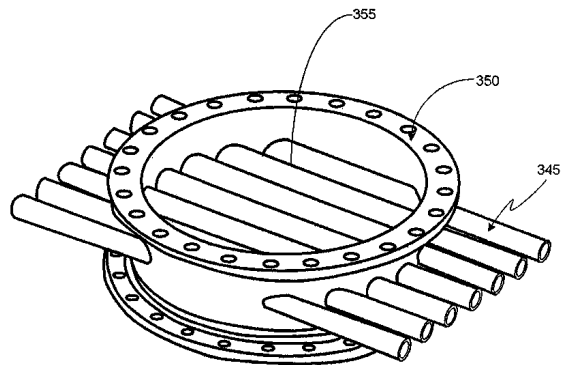
Фиг. 7



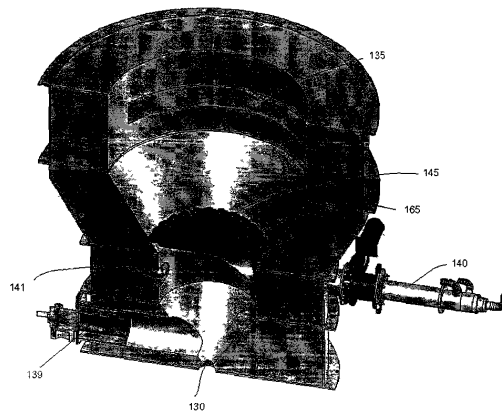
Фиг. 8



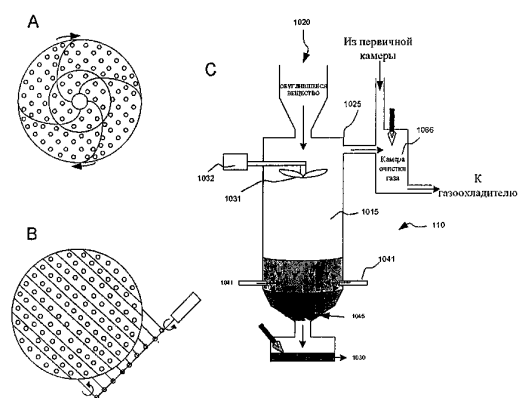
Фиг. 9



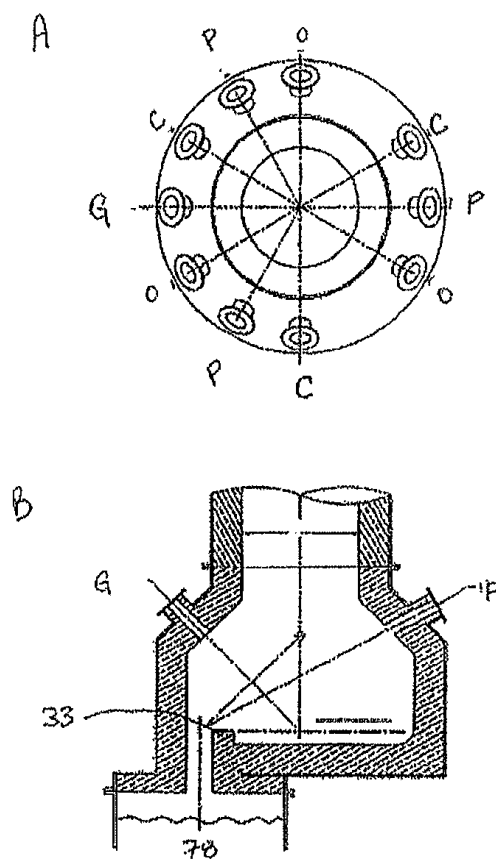
Фиг. 10



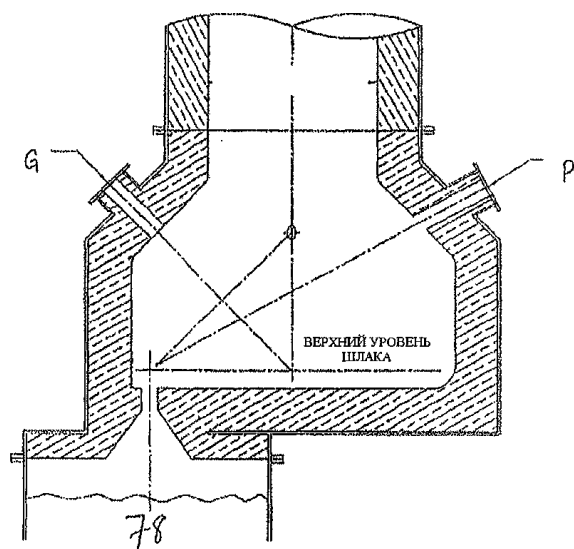
Фиг. 11



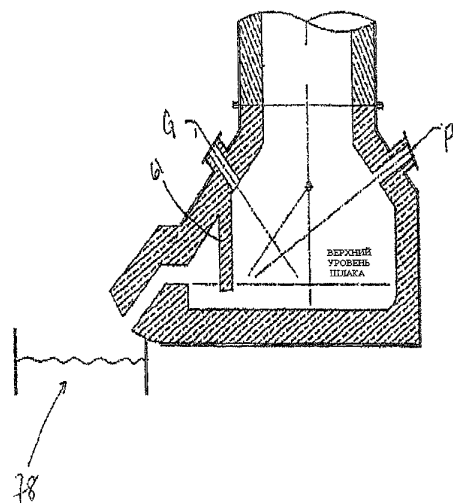
Фиг. 12



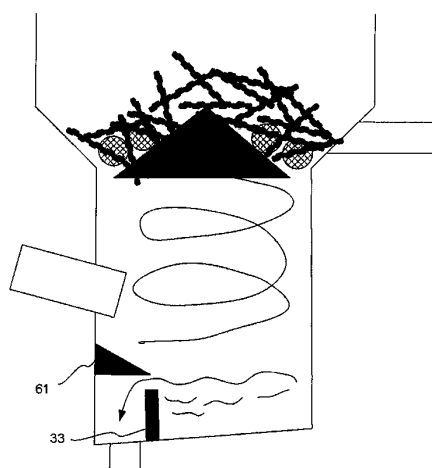
Фиг. 13



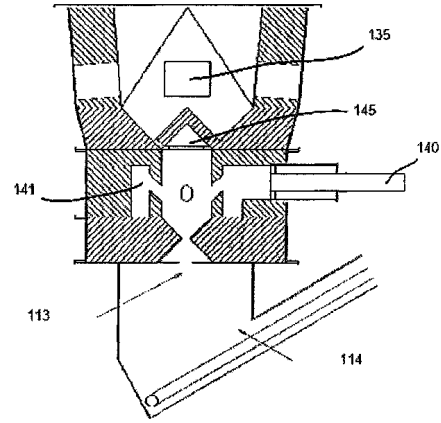
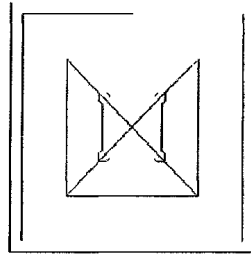
Фиг. 14



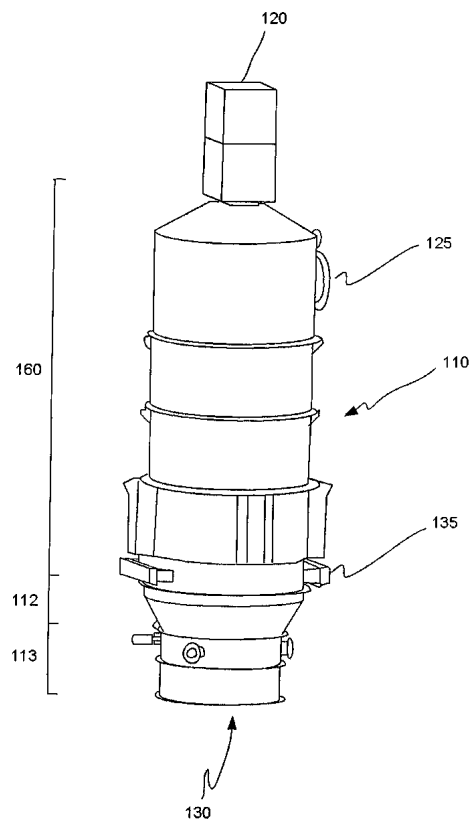
Фиг. 15



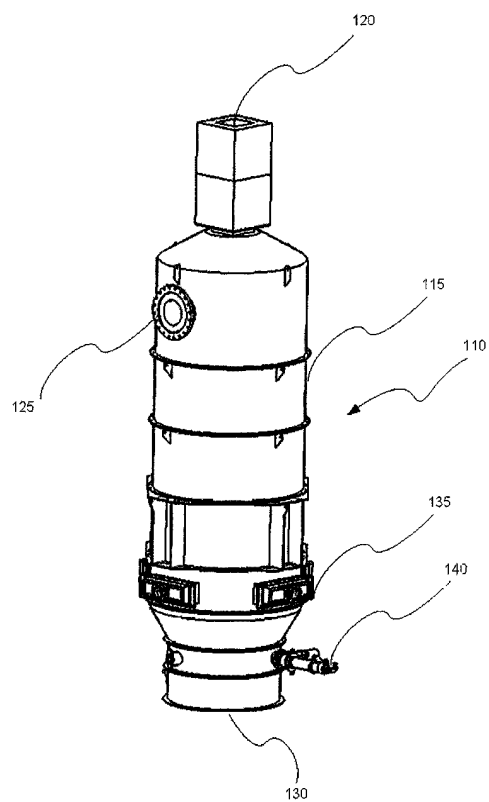
Фиг. 16



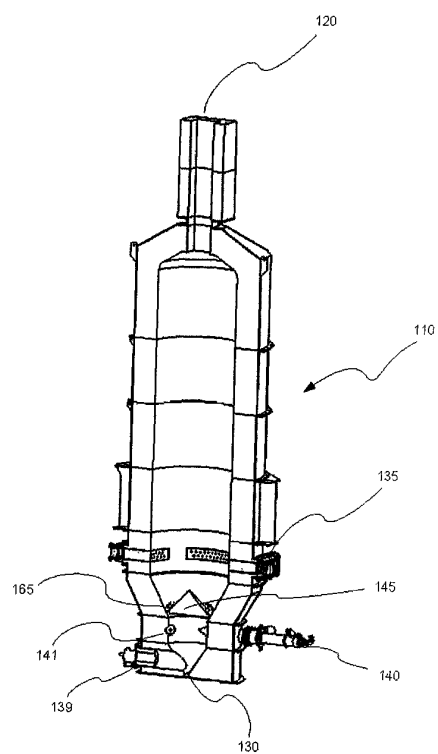
Фиг. 17



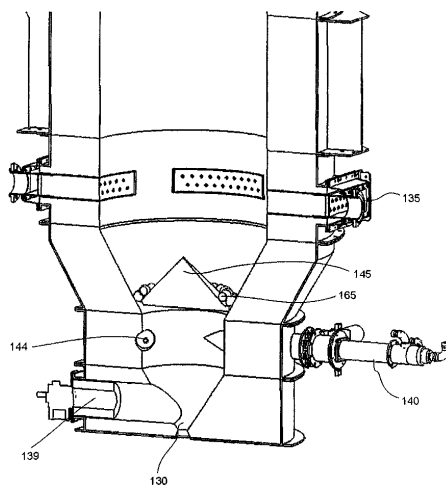
Фиг. 18



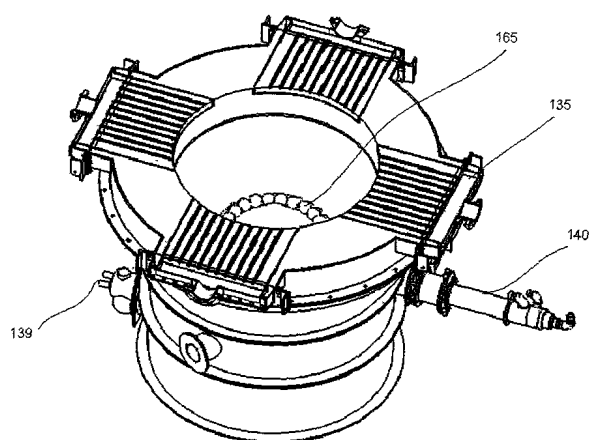
Фиг. 19



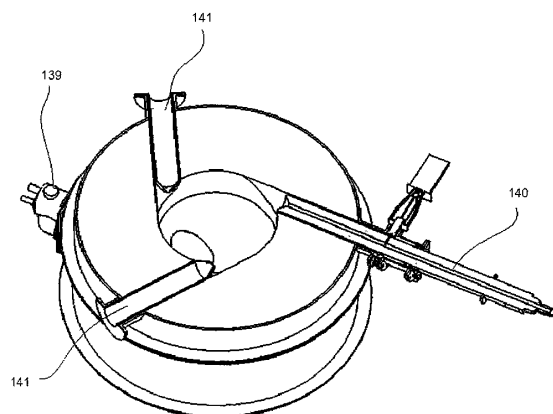
Фиг. 20



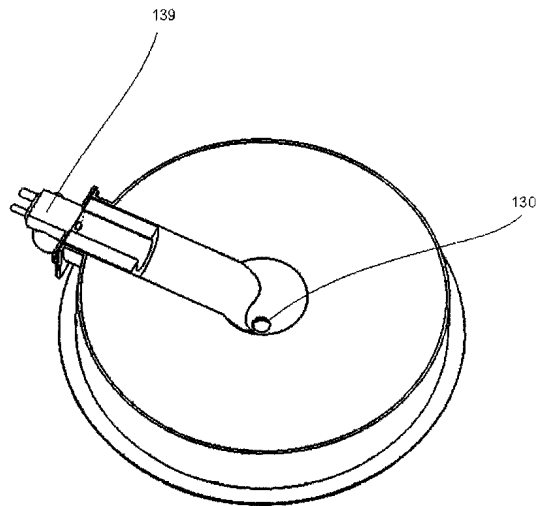
Фиг. 21



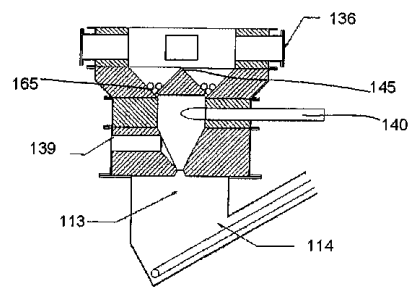
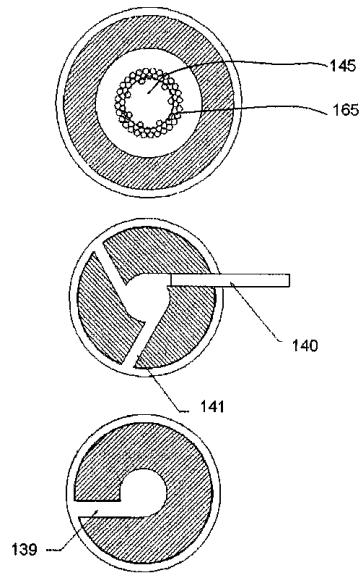
Фиг. 22



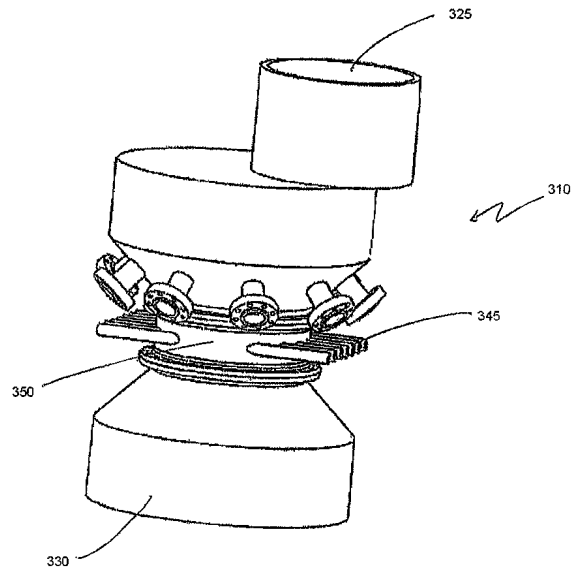
Фиг. 23



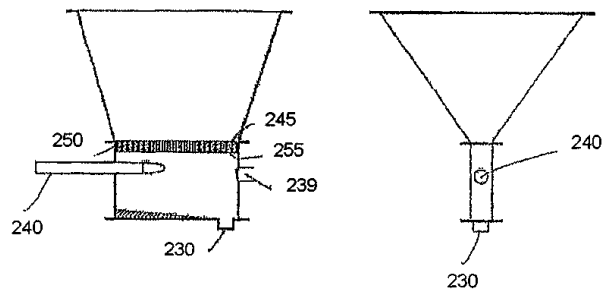
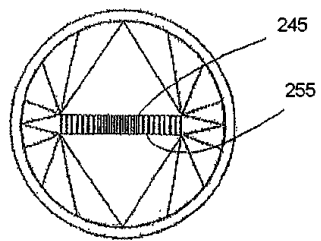
Фиг. 24



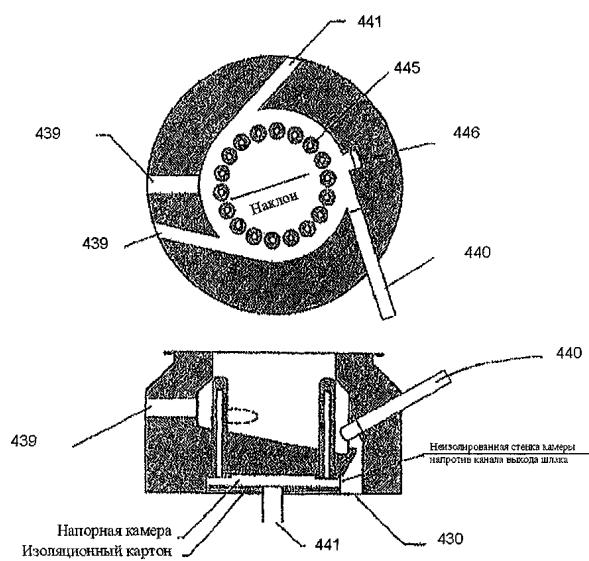
Фиг. 25



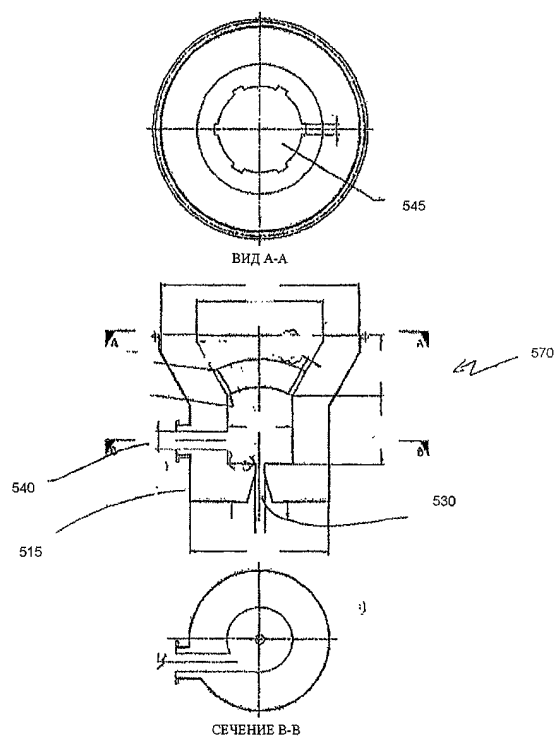
Фиг. 26



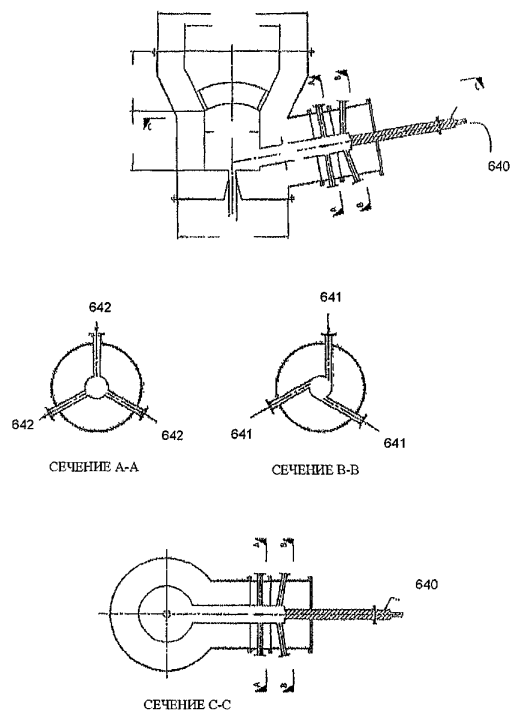
Фиг. 27



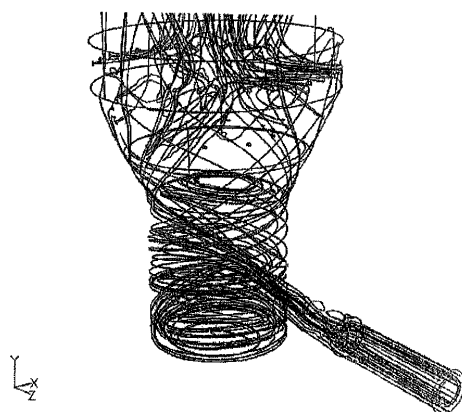
Фиг. 28



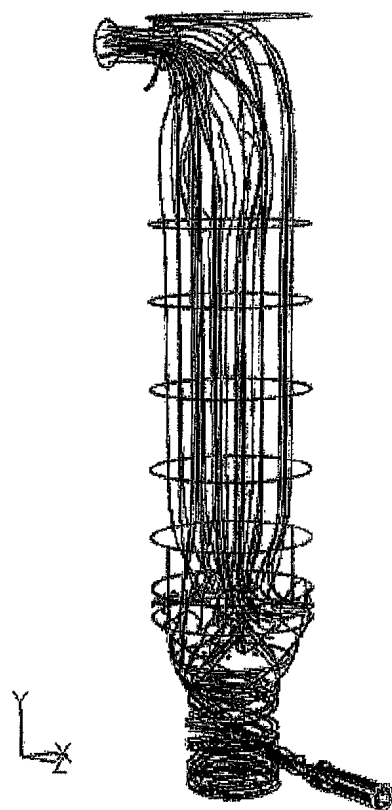
Фиг. 29



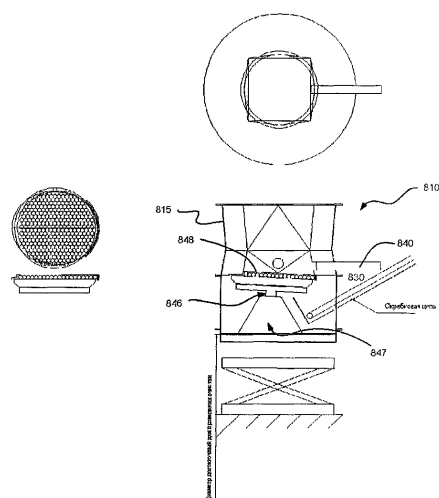
Фиг. 30



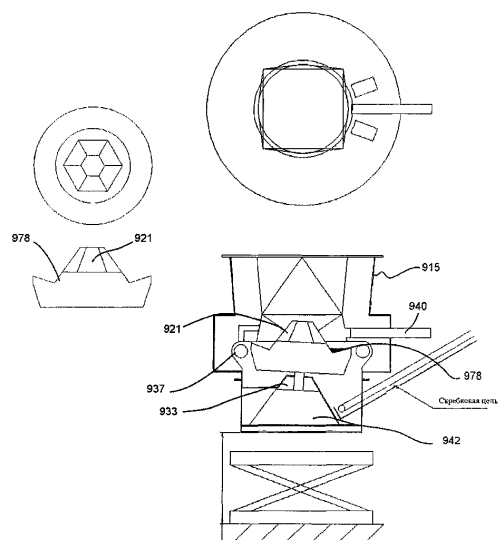
Фиг. 31А



Фиг. 31В



Фиг. 32



Фиг. 33

