

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202191487 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.10.05(51) Int. Cl. C10J 3/26 (2006.01)
C10J 3/72 (2006.01)
C10J 3/08 (2006.01)
C10J 3/66 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2019.11.27

(54) РЕАКТОР И ПРОЦЕСС ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ И/ИЛИ ПЛАВЛЕНИЯ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(31) 18208810.4; 2018/08031

(32) 2018.11.28

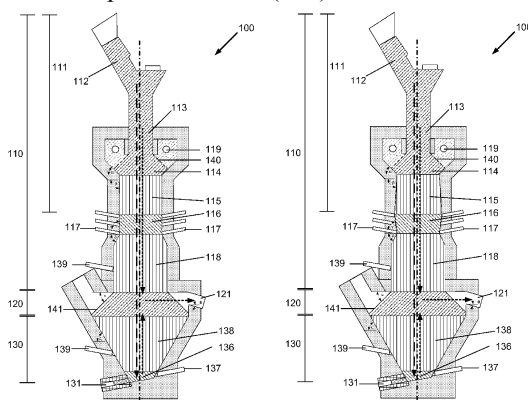
(33) EP; ZA

(86) PCT/EP2019/082807

(87) WO 2020/109425 2020.06.04

(71) Заявитель:
КБИ ИНВЕСТ ЭНД МЕНЕДЖМЕНТ
АГ (CH)(72) Изобретатель:
Вегнер Андре (GB)(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретение относится к реактору (100) для газификации и/или плавления исходных материалов. Реактор включает в себя противоточную секцию (110), включающую в себя секцию пленума (111), включающую загрузочную секцию со шлюзом (112), в которой исходные материалы вводятся в реактор (100) сверху через загрузочную секцию; буферную секцию (113); секцию предварительной обработки (114), которая примыкает к нижней части буферной секции (113) для создания увеличения поперечного сечения; промежуточную секцию (115), примыкающую к секции предварительной обработки; верхнюю окислительную секцию (116), примыкающую к нижней части промежуточной секции и включающую фурмы (117) по меньшей мере на одном уровне; и верхнюю восстановительную секцию (118), примыкающей к нижней части верхней окислительной секции (116); секцию выпуска газа (120), включающую по меньшей мере один газоотвод (121); противоточную секцию (130), включающую коническую нижнюю восстановительную секцию (138), примыкающую к секции выпуска газа (120); и коническую нижнюю окислительную секцию (136), примыкающую к нижней восстановительной секции (138), включающую по меньшей мере одну фурму (137) и по меньшей мере один отвод (131).



A1

202191487

202191487

A1

РЕАКТОР И ПРОЦЕСС ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ И/ИЛИ ПЛАВЛЕНИЯ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Настоящее изобретение относится к реактору и способу газификации и/или плавления веществ. В частности, изобретение относится к извлечению материала и/или энергии из любых отходов, например, но не только из бытовых отходов, использованных шин, опасных отходов, асбеста, больничных отходов, угля или угольной пыли. Реактор и способ также подходят для газификации и плавления исходных материалов любого состава или для получения энергии за счет использования отходов и/или угля.

Уже некоторое время ведутся поиски решений для термической утилизации различных видов отходов и других материалов. Помимо процессов сжигания известны различные процессы газификации, основной целью которых является достижение результатов с низкой загрязняющей нагрузкой на окружающую среду и снижение затрат на обработку исходных материалов, а также термическое и химическое применение образующихся в процессе газов. Однако известные процессы характеризуются сложной технологией, которую трудно освоить, и связанными с этим высокими затратами на утилизацию исходного материала или отходов, подлежащих обработке.

В ЕР 1 261 827 В1 раскрыт реактор для газификации и/или плавления исходных материалов. Этот реактор не следует подходу ранее часто используемого процесса циркулирующего газа. Напротив, раскрытый реактор работает в соответствии с комбинированным принципом со- и противотока. Полное исключение традиционного управления рециркуляционным газом позволяет избежать многих проблем, связанных с конденсацией продуктов пиролиза и образованием нежелательных отложений. Кроме того, в ЕР 1 261 827 В1 раскрывается, что уже в верхней части реактора происходит частичная конгломерация исходных материалов за счет ударного нагрева сыпучего материала (насыпной колонны), благодаря чему прилипание к внутренней стенке реактора в значительной степени исключается. В ЕР 1 261 827 В1 раскрыто, что между двумя средствами впрыска образована секция редуцирования, через которую проходят все газы перед извлечением, тем самым уменьшая их в значительной степени.

Поэтому одной из задач, решаемых настоящим изобретением, является обеспечение усовершенствованного реактора и усовершенствованного способа газификации и плавления исходных материалов.

Эта и другие проблемы решаются с помощью реактора, указанного в пункте 1 формулы изобретения.

Реактор по п. 1 включает верхнюю соосаждающую секцию, центральную секцию выхода газа и нижнюю противоточную секцию. В секции совместного течения газ течет вниз к секции выхода газа. В противоточной секции газ течет снизу к секции выхода газа. Газ выходит по меньшей мере через один газоотвод в секции выхода газа.

Секция совместного потока включает в себя пленум, верхнюю окислительную

секцию и верхнюю восстановительную секцию. В секции совместного течения газ течет параллельно основной массе. Основная масса, которая является исходным материалом, подаваемым в реактор через загрузочную секцию, образует в реакторе неподвижный слой, который непрерывно движется через реактор в направлении дна реактора.

Секция пленума включает в себя секцию подачи с по меньшей мере одним шлюзом (например, шлюзом для материала, который может быть поворотным шлюзом, шлюзом для загрузки и/или воздушным шлюзом), буферную секцию, секцию предварительной обработки и промежуточную секцию.

Через загрузочную секцию со шлюзом, который обычно изготавливается из обычной или ползучестойкой стали, в реактор сверху могут подаваться исходные материалы, например, отходы, такие как использованные шины, опасные отходы, асбестовые отходы, токсичные больничные отходы, промышленные отходы, электронные отходы, уголь и/или угольная пыль, перерабатываемый пластик, дерево или бумага, легкие/грубые ASR (остатки автомобильных шредеров) и/или MSW (твердые бытовые отходы) и тому подобное. Шлюз обеспечивает максимально возможное предотвращение неконтролируемого поступления окружающего воздуха и выброса газов из реактора. Предполагается, что шлюзы могут иметь люки с гидравлическим, пневматическим или электрическим приводом. Эти люки предпочтительно могут быть сконструированы таким образом, что в случае непреднамеренного превышения давления в реакторе люки дополнительно закрываются, и газ не может непреднамеренно выйти. Кроме того, могут быть предусмотрены линии выравнивания давления в атмосферу или в другие зоны реактора. Благодаря этому варианту реализации люки могут быть открыты при желаемом избыточном давлении в реакторе, так как приводу люка не приходится работать против разницы давлений.

Секция пленума также включает буферную секцию для буферизации и предварительной сушки объема подаваемого материала. Буферная секция также изготавливается из обычной или ползучестойкой стали. Температура буферной секции предпочтительно регулируется. Например, для предварительной сушки отходов может быть установлена температура примерно от 100°C до 200°C.

Кроме того, в секции пленума предусмотрена секция предварительной обработки, которая расположена ниже нижней части буферной секции путем создания расширения поперечного сечения в верхней части, причем расширение поперечного сечения предпочтительно является крутым. Предпочтительно, площадь поперечного сечения верхней части секции предварительной обработки увеличивается по меньшей мере в два раза по сравнению с площадью поперечного сечения буферной секции. Далее, в нижней части секции предварительной обработки поперечное сечение сужается. Секция предварительной обработки предпочтительно имеет огнеупорную футеровку. Кроме того, крыша секции предварительной обработки может быть также футерована огнеупором. Толщина огнеупора может быть такой же или отличаться от толщины других секций, чтобы уменьшить потери тепла, вызванные высокой конвекцией газа в этой секции. Этот

кровельный огнеупор предпочтительно покрывает всю верхнюю поверхность секции предварительной обработки, за исключением области, где буферная секция ведет в секцию предварительной обработки. Толщина кровельного огнеупора может быть такой же или отличаться от толщины других секций. Расширение поперечного сечения в верхней части секции предварительной обработки и сужение в нижней части секции предварительной обработки обеспечивает формирование в газовом пространстве секции конусообразной зоны разгрузки (разгрузочного конуса) из сыпучего материала. В разгрузочный конус по центру подается сырье из буферной секции. Средства подачи газа (например, горелки, сопла, отверстия в стенках или другие устройства, позволяющие подавать горячие газы на сыпучий материал) также предусмотрены над разгрузочным конусом, в так называемом кольцевом пространстве, через которое горячие газы (например, продукты сгорания, временно хранящиеся или рециркулирующие избыточные газы или инертные продукты сгорания) ~~могут подаваться~~ на разгрузочный конус. Таким образом, поверхность разгрузочного конуса ударно нагревается горячими газами (более чем до 800°C), что позволяет обеспечить достаточное прилипание исходных материалов к огнеупорной футеровке (например, кирпичной или литой футеровке). Ударный нагрев (с температурой, например, 800°C) поверхности может быть достигнут, например, с помощью горелок, направленных радиально к основной массе.

Альтернативно или дополнительно, ударный нагрев может быть также достигнут с помощью кольцеобразного канала, в котором вращается пламя. Это вращение может быть достигнуто конструктивно путем вдувания горячего газа по касательной к конусу разряда и его сжигания, предпочтительно в направлении силы Кориолиса. Пламя сжигает любой кислород, поступающий из буферной секции, и любой газ, который может вытекать обратно из зоны разряда, тем самым создавая избыточное давление и заставляя газ двигаться в направлении нижней укладочной промежуточной секции и верхней окислительной секции. Таким образом, реактор не требует постоянного заполнения N_2 , что существенно снижает эксплуатационные расходы.

Секция пленума также включает промежуточную секцию, расположенную ниже и смежно с секцией предварительной обработки. В промежуточной секции тепло из секции предварительной обработки и отходящее тепло из верхней секции окисления, расположенной ниже промежуточной секции, используются для окончательной сушки, пиролиза исходных материалов и предварительного нагрева для последующей верхней секции окисления. Типичные температуры горения/пиролиза в промежуточной секции приводят к образованию сложных молекул, например, жидких смол/масел или органических газов/паров. Промежуточная секция может быть спроектирована таким образом, чтобы верхняя часть реактора была защищена от тепла последующей верхней окислительной секции, температура которой может превышать 2000°C . По сравнению с реакторами купольного типа, эта секция имеет значительно меньшую высоту, поскольку функция экранирования обеспечивается конструкцией и конструкционными материалами загрузочной и буферной секций. Поэтому реактор может быть в целом меньше или иметь

большую производительность при той же высоте по сравнению с реактором купольного типа. Может быть выгодно, чтобы промежуточная секция была огнеупорной (например, кирпичной или литой) внутри стальной оболочки, причем толщина огнеупора может быть такой же или отличаться от толщины других секций. Такое воплощение упрощает ввод в эксплуатацию (пуск) реактора, поскольку в это время в промежуточной секции также могут возникать высокие температуры. Промежуточная секция может быть цилиндрической или расширяться вниз в поперечном сечении. Цилиндрическая структура выгодна при изготовлении реактора, так как цилиндрическую промежуточную секцию легче изготовить. Однако также может быть выгодно, если поперечное сечение промежуточной секции расширяется вниз, так как, например, использование угля может привести к расширению основного объема за счет тепла, поднимающегося снизу. Однако, если поперечное сечение расширено, можно предотвратить застревание угля.

Ниже промежуточной секции в секции совместного течения находится верхняя окислительная секция, в которой расположены фурмы. Фурма расположена по меньшей мере на двух уровнях, по меньшей мере на одном верхнем уровне (определяемом высотой или вертикальным расстоянием от дна реактора) и на одном нижнем уровне (определяемом высотой или вертикальным расстоянием от дна реактора, которое меньше вертикального расстояния от дна реактора верхнего уровня). На каждом уровне располагается по меньшей мере одна фурма. Может быть выгодно, если на каждом уровне расположены по меньшей мере две или более фурм, причем эти фурмы могут быть расположены по всему периметру, предпочтительно радиально, на каждом уровне. Поскольку фурмы расположены по меньшей мере на двух уровнях, достигается то, что секция окисления значительно больше, чем в реакторах, имеющих только один уровень с фурмами. Благодаря увеличенной верхней секции окисления, пропускная способность при том же диаметре, а также время пребывания исходных материалов могут быть увеличены по сравнению с реакторами, которые имеют только один уровень с фурмами, и может быть достигнуто безопасное разрушение всех органических соединений. Кроме того, расположение фурм по меньшей мере на двух уровнях выгодно тем, что может быть достигнуто лучшее распределение газа при равномерном нагреве основной массы. Кроме того, это позволяет по возможности избежать локального перегрева огнеупорной футеровки (например, кирпичной или литой футеровки).

Через фурмы неочищенный или предварительно нагретый кислород и/или воздух может подаваться к сыпучему материалу, который переместился в верхнюю секцию окисления.

Может быть предусмотрено, что фурмы (верхняя окислительная секция и коническая нижняя окислительная секция) изготовлены из меди или стали. Кроме того, может быть предусмотрено, что фурмы имеют керамическую внутреннюю трубку. Такое исполнение фурмы (с керамической внутренней трубкой) позволяет защитить фурму от плавления металла путем добавления кислорода и/или воздуха, при этом кислород и/или воздух могут быть предварительно нагреты (например, до температуры $> 500^{\circ}\text{C}$). Также

может быть выгодно, что между керамической внутренней трубкой фурмы и самой металлической фурмой расположен сжимаемый и термостойкий слой, благодаря которому можно компенсировать термически вызванные механические напряжения. Этот сжимаемый и термостойкий слой состоит, например, из высокотемпературного войлока, высокотемпературного картона или высокотемпературной пены.

В качестве альтернативы фурмы могут быть изготовлены из керамики. Благодаря этому варианту осуществления изобретения можно добиться, например, того, что секция окисления может работать с подачей горячего воздуха и/или кислорода с температурой более 1000°C и, таким образом, объемной температурой более 2000°C , поскольку керамика может выдерживать более высокие температуры, чем металлы, которые обычно охлаждаются водой.

Неизбежно необходимое охлаждение металлических фурм не требуется для фурм, полностью изготовленных из керамики, при этом потери тепла могут быть снижены более чем на 5%. Химическая нагрузка, вызванная плавлением без охлаждения, и высокое тепловое напряжение могут быть достигнуты для этих фурм комбинацией керамики с хорошей теплопроводностью (например, карбид кремния с мощностью $85 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) и шлакового замораживания, а затем изоляционной керамики (например, шпинель-корунд с мощностью менее $4 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$).

Как описано выше, фурмы из металла или керамики расположены по меньшей мере на двух уровнях. Путем добавления кислорода и/или воздуха, причем кислород и/или воздух могут быть неочищенными или предварительно нагретыми, температура в секции окисления повышается настолько, что все вещества превращаются в неорганический газ, такой как монооксид углерода (CO), водород (H_2), вода (H_2O), диоксид углерода (CO_2), сероводород (H_2S), аммиак (NH_3), диоксид азота (NO_2) или диоксид серы (SO_2), жидкий металл или жидкий шлак, кокс или углерод (C). Температура может быть, например, около 1500°C - 1800°C в краевой области верхней окислительной секции и может быть выше 2000°C - 3000°C в центре основной части.

Преимуществом может быть то, что верхняя секция окисления включает огнеупорную футеровку (например, кирпичную или литую) внутри стальной оболочки, при этом огнеупор может иметь толщину, аналогичную или отличную от толщины других секций.

Верхняя секция окисления может быть цилиндрической или сужающейся к низу. Цилиндрическая конструкция выгодна при изготовлении реактора, так как цилиндрическую верхнюю окислительную секцию легче изготовить. Однако также может быть выгодно, если поперечное сечение шире цилиндрической конструкции в верхней части верхней секции окисления и сужается вниз, чтобы следовать за уменьшением объема, превращающегося в газ, имея меньший диаметр в нижней части верхней секции окисления. Такая конструкция позволяет кислороду лучше достигать середины насыпи, тем самым избегая зон частично необработанного материала в центре ("мертвого человека"). Благодаря возможному большему диаметру в верхней части верхней секции

окисления, возможно увеличение производительности более чем на 30% на метр высоты верхней секции окисления.

Ниже верхней окислительной секции в сонаправленном потоке расположена верхняя восстановительная секция, в которую по существу не попадают органические компоненты. Преимуществом может быть то, что верхняя восстановительная секция имеет увеличенное поперечное сечение по сравнению с верхней окислительной секцией, что изменяет скорость опускания по существу полностью карбонизированной массы и увеличивает время пребывания (по сравнению с реактором той же высоты). Может быть выгодно, если верхняя восстановительная секция включает огнеупорную футеровку (например, кирпичную или литую футеровку) внутри стальной оболочки, при этом огнеупор может иметь толщину, аналогичную или отличную от толщины других секций. Верхняя восстановительная секция сконструирована таким образом, что тепло/тепловая энергия, полученная в окислительной секции, превращается в химическую энергию (например, посредством эндотермических реакций Будуара и водогазовой реакции). В верхней восстановительной секции газ проходит через карбонизированную массу в противотоке, и тепловая энергия преобразуется в химическую. В частности, диоксид углерода (CO_2) преобразуется в монооксид углерода (CO), а вода (H_2O) - в водород (H_2) и монооксид углерода (CO), при этом углерод, все еще содержащийся в сыпучем материале, подвергается дальнейшей газификации. Проходя через верхнюю восстановительную секцию, газы одновременно охлаждаются (в результате эндотермической реакции), например, до температуры от примерно 800 °C (например, полное превращение в H_2) до примерно 1500 °C, при этом при температуре выше 1000°C происходит полное превращение в CO . Поскольку все потоки материала проходят через верхнюю окислительную секцию и не могут быть возвращены обратно, больше не происходит контакта как карбонизированной массы, так и газа с непрореагировавшими материалами сверху верхней окислительной секции (плenumная секция). Таким образом, все чисто расколотые и/или расплавленные, исключительно неорганические вещества достигают секции выхода газа без нового загрязнения.

Благодаря свободному выбору высоты и диаметра верхней редуцирующей секции можно реализовать различное время пребывания. Чем дольше время пребывания при достаточном нагреве, тем больше H_2 и CO может образоваться. Кроме того, верхняя восстановительная секция может быть сконструирована таким образом, что охлаждение может происходить таким образом, что можно использовать стандартные огнеупорные футеровочные материалы, такие как, например, алюмо-, шпинель- или хром-корунд.

Поскольку газ, выходящий из верхней секции редуцирования в противотоке, а также газ, выходящий из расположенной ниже секции противотока в противотоке, будет иметь высокую скорость газа и, таким образом, увлечет за собой большое количество пыли, что делает экономичную очистку газа маловероятной. Следовательно, в рамках изобретения площадь поперечного сечения секции выхода газа больше, чем площадь поперечного сечения верхней редуцирующей секции. Следовательно, может

образовываться конусообразная насыпь. Благодаря значительно увеличенной площади поверхности конусообразной насыпи, газ вытекает со значительно меньшей скоростью (например, 0,5 м/с), и унос пыли уменьшается настолько, что стандартные пылеотделители (например, циклон, рукавный фильтр) могут экономично отделять оставшуюся пыль. Предусмотрено, что секция выпуска газа включает в себя по меньшей мере один газоотвод. Этот по меньшей мере один газоотвод может быть расположен в секции газоотвода таким образом, что газ может выходить под углом вверх или что газ отводится вниз. Также возможно, что несколько (например, четыре) газоотводов расположены по всему периметру, предпочтительно равномерно распределены по окружности. Помимо газа, поступающего из верхней восстановительной секции, через газоотводную секцию также проходит газ, поступающий снизу (из нижней конической восстановительной секции и нижней конической окислительной секции). В самое позднее время последняя реакция (реакция газового сдвига воды, $\text{H}_2 + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$) происходит в газовой камере над конусообразным объемом, чтобы затем покинуть реактор.

Секция выхода газа предпочтительно имеет огнеупорную футеровку внутри окружающей стальной оболочки. Толщина огнеупора может быть такой же или отличаться от толщины других секций. Также может быть предпочтительно, чтобы огнеупор располагался в верхней части газоотводной секции. Этот верхний огнеупор предпочтительно покрывает всю верхнюю поверхность газоотводящей секции, за исключением области, где верхняя редуцирующая секция ведет в газоотводящую секцию. Толщина верхнего огнеупора может быть такой же или отличаться от толщины других секций.

Ниже секции выхода газа находится по существу коническая противоточная секция. В противоточной секции газ течет снизу в газоотводящую секцию, таким образом, в направлении, противоположном движению основной массы вниз (в направлении дна реактора). Коническая противоточная секция предпочтительно имеет огнеупорную футеровку в окружающей стальной оболочке.

Коническая противоточная секция включает коническую нижнюю восстановительную секцию для преобразования тепловой энергии газа из конической нижней окислительной секции в химическую энергию (в основном CO) и для создания потока газа вверх в противотоке к основной массе, движущейся вниз. Эта коническая нижняя восстановительная секция, у которой срезанная вершина конуса конической нижней восстановительной секции направлена вниз, расположена ниже секции выпуска газа.

В конической нижней восстановительной секции и в секции выхода газа во время работы реактора основная масса остаточного карбонизированного материала (который еще не превратился в газ), шлака и металлов также может быть расположена в форме двойного усеченного конуса.

Здесь верхний усеченный конус, внешняя поверхность которого в основном

соответствует поверхности выхода газа, выступает в секцию выхода газа, а нижний усеченный конус расположен в конической нижней секции восстановления и конической нижней секции окисления.

Ниже конической нижней восстановительной секции расположена коническая нижняя окислительная секция со срезанной вершиной конуса, направленной вниз. В конической нижней окислительной секции остаточный карбонизированный материал преобразуется в газ. Для этого в конической нижней секции окисления по меньшей мере на одном уровне расположена по меньшей мере одна фурма, состоящая из металла или керамики, как описано ранее для верхней секции окисления, через которую в расплавленный металл и шлак может подаваться необработанный или предварительно нагретый кислород и/или воздух. В результате подачи неочищенного или предварительно нагретого кислорода и/или воздуха создается температура, сопоставимая с температурой в верхней секции окисления, и оставшиеся твердые частицы (в основном углерод, плюс металл и шлак) могут быть окислены и превращены в газ. Полученный газ затем течет в направлении секции выпуска газа через коническую нижнюю восстановительную секцию, на этот раз против течения основной массы, движущейся вниз к дну реактора. Поскольку весь материал ранее был пропущен через верхнюю окислительную секцию, все материалы в нижней конической окислительной секции являются неорганическими (следовательно, нет токсинов Севезо, смол, масел, органических компонентов, пластмасс и так далее). Поэтому газ, поступающий в секцию отвода газа, не загрязняется этим противоточным газом. Кроме того, температура может быть отрегулирована (например, до температуры $> 500^{\circ}\text{C}$) таким образом, что расплавленный шлак и расплавленные металлы могут выходить в жидком виде через по меньшей мере один отвод для сбора и выгрузки. Металл и шлак, например, могут быть собраны в формы для кокилей. Также может быть предусмотрено, что непрерывная грануляция (жидкая или сухая) с последующим разделением металла и шлака осуществляется, например, через магнитный сепаратор. Кроме того, можно предусмотреть два отдельных отвода (как для печи), чтобы металл и шлак могли стекать отдельно.

Поскольку CO_2 и H_2O также образуются в нижней конической секции окисления, избыточная тепловая энергия в нижней конической секции восстановления (как ранее описано для верхней зоны восстановления) преобразуется в полезную химическую энергию. На горячем карбонизированном материале (С) CO_2 преобразуется в CO , H_2O - в H_2 и CO . Здесь газ также может охлаждаться до температуры более 1000°C (полное преобразование в CO) и до температуры около 800°C (полное преобразование в H_2).

Поскольку в соответствии с изобретением реактор имеет как нижнюю секцию восстановления в противоточной секции, так и верхнюю секцию восстановления в сопоточной секции, общий объем секции восстановления (сумма объемов верхней и конической нижней секций восстановления) может быть значительно больше, чем одна секция восстановления известных реакторов. В качестве примера можно сослаться на EP 1 261 827 B1, в котором только одна восстановительная секция расположена в области

секции выхода газа. Увеличение объема нижней конической секции восстановления достигается за счет конструкции конуса противоточной секции (при этом конус имеет угол примерно 60° относительно гипотетической горизонтальной оси. Для всех последующих углов подразумевается, что угол 0° соответствует гипотетической горизонтали, а угол 90° соответствует прямому углу (начиная с гипотетической горизонтали). Конструкция конуса также гарантирует, что шлак может стекать без замерзания и/или чрезмерного износа огнеупора.

Поскольку согласно изобретению реактор имеет две секции восстановления, а именно верхнюю секцию восстановления в секции совместного течения и коническую нижнюю секцию восстановления в секции противотока, значительно больше тепловой энергии может быть преобразовано в химическую энергию в виде большего количества H_2 или CO . Еще одним преимуществом может быть то, что расположение верхней секции восстановления в противоточной секции означает, что на выходе газа может быть достигнута значительно более низкая температура. Альтернативно, в данном варианте осуществления изобретения может быть достигнуто, что верхняя окислительная секция может работать при более высоких температурах, например, с температурой на краю окислительной секции более $1800^\circ C$, но температура газа на выходе все еще сопоставима с температурой газа на выходе известных реакторов, например, от $800^\circ C$ до $1000^\circ C$. Кроме того, можно предположить, что верхняя секция окисления может работать при более высоких температурах, например, при температуре, для которой сыпучий материал имеет на своей внешней поверхности (где он соприкасается с огнеупором секции окисления) более $1800^\circ C$, при этом температура выхода газа может достигать $1500^\circ C$ или выше.

Таким образом, согласно изобретению, в реакторе достигается простая, недорогая и экологически чистая материальная и/или энергетическая утилизация исходных материалов. Кроме того, благодаря использованию реактора, описанного в настоящем документе, становится возможным увеличение производительности.

В одном варианте осуществления реактора предполагается, что верхняя секция восстановления расположена над секцией выпуска газа, при этом секция выпуска газа примыкает к нижней части верхней секции восстановления, создавая расширение поперечного сечения. Здесь может быть предусмотрено, что расширение поперечного сечения является резким/дискретным.

Предпочтительно, площадь поперечного сечения секции выпуска газа увеличивается по меньшей мере в два раза по сравнению с площадью поперечного сечения верхней редуccionной секции.

В этом варианте осуществления изобретения насыпь расширяется конусообразно, тем самым увеличивая площадь поверхности или площадь разгрузки насыпи. Поверхность или площадь разгрузки насыпного материала по существу соответствует внешней поверхности для конструкции в форме усеченного конуса.

В одном из вариантов реализации изобретения поперечное сечение увеличено

настолько, что площадь разгрузки основной части по меньшей мере в три раза больше, чем площадь поперечного сечения верхней редуционной секции. Кроме того, увеличение поперечного сечения может быть настолько большим, что площадь разгрузки основной части по меньшей мере в семь или даже по меньшей мере в девять раз больше площади поперечного сечения верхней редуционной секции.

В этом или другом варианте осуществления изобретения также может быть предусмотрено, что увеличение поперечного сечения участка выхода газа таково, что площадь разгрузки основной массы увеличивается по меньшей мере в пять раз по сравнению с площадью поперечного сечения верхней окислительной секции. Кроме того, увеличение поперечного сечения может быть настолько большим, что площадь разгрузки основной массы по меньшей мере в девять раз превышает площадь поперечного сечения верхней секции окисления.

Преимущество вышеупомянутых вариантов осуществления изобретения заключается в том, что скорость газового потока (выходящего из поверхности конусообразного насыпного материала) уменьшается пропорционально увеличенной площади выгрузки насыпного материала (по сравнению с известными реакторами), так что унос пыли из насыпного материала может быть сведен к минимуму.

Снижение уноса пыли особенно выгодно для того, чтобы иметь возможность экономично проводить последующую очистку газа или сепарацию пыли. Кроме того, данное воплощение позволяет возвращать пыль (из-за небольшого количества) на вход газификатора без существенного снижения производительности реактора по свежему исходному материалу, устраняя необходимость утилизации опасных пылевых отходов.

В качестве альтернативы, в реакторе может быть предусмотрено, что по меньшей мере часть верхней редуционной секции расположена или вставлена в секцию выхода газа. В этом варианте осуществления изобретения можно также предусмотреть, чтобы секция выхода газа имела большее поперечное сечение, чем верхняя секция редуцирования.

В этом варианте осуществления изобретения секция совместного течения с частью верхней секции восстановления (частично) вставлена в секцию выхода газа. Например, огнеупорная футеровка (например, кирпичная или литая футеровка) верхней секции редуцирования может выступать в секцию выхода газа. Поскольку газоотводящая секция имеет большую площадь поперечного сечения, чем верхняя восстановительная секция, и по меньшей мере один газоотвод расположен в краевой части газоотводящей секции, газ, образующийся в секции совместного течения, должен обойти огнеупорную футеровку (например, кирпичную или литую футеровку), выступающую в газоотводящую секцию, чтобы достичь газоотвода, благодаря чему меньше пыли попадает в пылеотделение. Такое воплощение позволяет уменьшить общую высоту реактора. Кроме того, в этом варианте осуществления изобретения может быть улучшена сепарация пыли, поскольку газ и увлеченная пыль должны дополнительно течь вверх, чтобы достичь по меньшей мере одного газоотвода, подвергаясь, таким образом, гравитационному разделению.

Также может быть предусмотрено, что огнеупорная футеровка (например, кирпичная или литая футеровка) верхней редуционной секции, продолжающейся в секцию выхода газа, сформирована в виде полой цилиндрической формы. Полая цилиндрическая форма может быть изготовлена из стали, которая обладает способностью выдерживать высокие термические и, соответственно, механические напряжения. Например, полая цилиндрическая форма может быть защищена водяным охлаждением и/или футеровкой с обеих сторон.

В еще одном варианте осуществления изобретения предусмотрено, что отношение объема верхней секции окисления к объему секции пленума составляет $1 : N$ единиц объема, где N - число, большее или равное ($\geq$) 4 и меньшее или равное ($\leq$) 20. Таким образом, объем верхней окислительной секции определяется как внутренний объем между верхним краем по меньшей мере одной фурмы верхнего уровня, нижним краем по меньшей мере одной фурмы нижнего уровня и окружной огнеупорной футеровкой. Далее, объем секции пленума определяется как внутренний объем между шлюзом, верхней кромкой по меньшей мере одной фурмы верхнего уровня верхней секции окисления и окружной футеровкой.

В таблице 1 показаны три примерных изобретательских реактора (пример 1, пример 2 и пример 3), а также реактор купольного типа, показанный в ЕР 1 261 827 В1, с его внутренними объемами секций. Пример 1 представляет собой реактор изобретательского размера 55 (реактор, который имеет внутренний диаметр 55 дюймов в верхней окислительной секции), для которого верхняя восстановительная секция частично расположена в секции выхода газа, пример 2 представляет собой реактор изобретательского размера 110 (реактор, который имеет внутренний диаметр 110 дюймов в верхней секции окисления), в котором верхняя секция восстановления расположена над секцией выхода газа, и пример 3 представляет собой реактор по изобретению размера 110, в котором центральная вертикальная продольная ось секции противотока расположена со смещением по горизонтали относительно центральной вертикальной продольной оси секции выхода газа и секции противотока газа.

Таблица 1:

	Реактор Пример 1 [m ³]	Реактор Пример 2 [m ³]	Реактор Пример 3 [m ³]	Реактор купольного типа [m ³]
Секция подачи	2.7	3.2	3.2	0.3
Секция буфера	4.0	6.0	6.0	0.4
Секция предварительной обработки	4.7	41.6	41.6	3.7
Промежуточная секция	4.0	20.4	20.4	3.5

Верхний участок окисления	1.4	9.9	9.9	0.2
Верхняя редукционная секция	3.1	38.7	38.7	0.7
Секция выхода газа	3.3	32.2	56.3	1.0
Противоточная секция	7.3	59.5	29.1	1.3
SUM	30.5	211.5	205.2	11.1

Поскольку объем секции пленума представляет собой сумму внутренних объемов секции подачи, буферной секции, секции предварительной обработки и промежуточной секции, из таблицы 1 видно, что для реакторов по изобретению N меньше 20 (здесь для примера 1 N составляет около 11,2; для примеров 2 и 3 N составляет около 7,2), тогда как для реактора уровня техники N составляет около 37.

Таким образом, показано, что объем верхней окислительной секции изобретательского реактора может быть во много раз больше по сравнению с ранее известными реакторами, что позволяет достичь большей производительности по отношению к диаметру, который ограничен заданным максимумом. Кроме того, более длинный путь газов через эту секцию будет более тщательно разрушать нежелательные побочные продукты (например, фенолы), которые не могут появиться на выходе газа, что позволяет избежать сложных проблем очистки газа и/или токсичных выбросов. Здесь также можно предположить, что $5 \leq N \leq 15$ или даже $6 \leq N \leq 12$.

Согласно еще одному варианту реализации изобретения, отношение объема верхней секции окисления к общему объему верхней секции восстановления и объема секции пленума составляет отношение 1 : N единиц объема, где N - число, большее или равное ($\geq$) 7 и меньшее или равное ($\leq$) 20. Здесь также возможно, что $7 \leq N \leq 15$. При этом объем общего объема верхней секции восстановления и объема секции пленума представляет собой внутренний объем между шлюзом, нижним краем по меньшей мере одной фурмы нижнего уровня верхней секции окисления и окружной футеровкой.

Поскольку общий объем верхней секции восстановления и объем секции пленума представляет собой сумму внутренних объемов секции подачи, буферной секции, секции предварительной обработки, промежуточной секции и верхней секции восстановления, из таблицы 1 видно, что для реакторов по изобретению N меньше 20 (для примера 1 N составляет около 13,4; для примеров 2 и 3 N составляет около 11,2), тогда как для реактора уровня техники N составляет около 36.

Данное воплощение реактора выгодно тем, что время удержания газа в изобретательском реакторе во много раз больше, чем в ранее известных реакторах, что позволяет лучше завершить гетерогенную реакцию, управляемую кинетическим фактором, тем самым сокращая больше CO_2 и H_2O в пользу ценных H_2 и CO . Это также способствует реакции агрегата CaO с побочным продуктом HCl до CaCl_2 , тем самым упрощая очистку газа, например, без коррозии конденсата или образования коварного

NH₄Cl.

Еще одно воплощение реактора предусматривает, что объемное отношение объема противоточной секции к общему объему реактора составляет отношение 1 : N объемных единиц, где N - число от 1 до 8 ($1 \leq N \leq 8$).

Здесь также можно предположить, что $2 \leq N \leq 7,5$ или даже $2,5 \leq N \leq 7,5$. При этом объем противоточной секции представляет собой внутренний объем между выступающим уровнем по высоте, где конусообразный объем соединяется с огнеупорной футеровкой (конической нижней восстановительной секции), огнеупорной футеровкой конической нижней восстановительной секции и конической нижней окислительной секции и дном реактора. Объем нижней окислительной секции - это внутренний объем между верхним краем по меньшей мере одной фурмы нижнего уровня, огнеупорной футеровкой конической нижней окислительной секции и дном реактора.

Благодаря увеличению поперечного сечения участка выхода газа и участка противотока увеличивается также площадь конуса разгрузки сыпучего материала в конической нижней секции редуцирования, благодаря чему из сыпучего материала вытекает меньшая скорость газового потока и увлекается меньшее количество пыли.

Еще одно выгодное воплощение реактора заключается в том, что угол конической нижней восстановительной секции и угол конической нижней окислительной секции составляют от 50° до 70°. Благодаря этому варианту исполнения шлак, который при достаточно высоких температурах в конической нижней окислительной секции и конической нижней восстановительной секции поддерживается в жидком состоянии, лучше стекает, поскольку стенки проходят под углом примерно 50-70°, предпочтительно примерно 60°. Благодаря такой конструкции можно еще больше снизить износ огнеупора и, следовательно, техническое обслуживание, что позволяет увеличить срок эксплуатации.

Согласно еще одному варианту реализации реактора, секция предварительной обработки, промежуточная секция, верхняя окислительная секция, верхняя восстановительная секция, секция выпуска газа, коническая нижняя восстановительная секция и коническая нижняя окислительная зона включают огнеупорную футеровку, причем каждая секция может отличаться от других, где огнеупорная футеровка каждой секции включает от двух до шести слоев. Каждый слой каждой секции может быть дополнительно изготовлен из другого материала. Так, например, секция верхнего окисления может иметь совершенно другую футеровку, чем, например, секция предварительной обработки, в отношении общей толщины, толщины каждого слоя, материала каждого слоя и нанесения футеровки. Материал каждого слоя может быть выбран из группы, состоящей из кирпича, литых/огнеупорных огнеупоров, цемента, каменной ваты, керамической ваты, стекловаты, войлока, волокнистых плит, бумажных плит, пластиковых листов и смеси лака с древесной стружкой. Далее, в зависимости от слоя и секции, система поддержки огнеупоров может быть выбрана из группы, состоящей из стальных анкеров, устойчивых к ползучести, керамических анкеров, самонесущих кирпичных сборок и водоохлаждаемых труб (с ребрами или без). Основные критерии,

которым должен удовлетворять слой, могут включать химическую стойкость, термостойкость, физическую стабильность (прочность при холодном раздавливании), изоляцию, минимальный износ (срок службы), общую безопасность и конструктивность. В зависимости от основных критериев для каждой секции, материалы, толщина слоя и количество слоев могут быть различными для каждой секции. Первый слой является самым внутренним слоем, находящимся в контакте с зонами реакции.

Из-за низких температур в пленарной секции с загрузочной и буферной секциями не требуется химическая или термическая стабильность. Следовательно, может быть достаточным применение ползучестойкой стали без огнеупоров. Далее, поскольку крыша секции предварительной обработки не нуждается в механической стабильности, так как крыша несет только свой собственный вес, может потребоваться только изоляционный слой для снижения потерь тепла. Однако огнеупор боковых сторон секции предварительной обработки может нуждаться в дополнительной механической устойчивости к весу вышележащего огнеупора. Кроме того, огнеупор может подвергаться потенциальному химическому воздействию со стороны основной массы. Поэтому огнеупор может иметь до пяти слоев, которые, например, могут быть изготовлены из литого корунда или корунда шпинели.

Поскольку в промежуточной части температура резко снижается из-за испарения, пиролиза, десоксидации, десульфурации, деполимеризации, отделения H_2S , карбонизации, крекинга и образования смолы/тяжелого масла, огнеупор может иметь до четырех слоев, изготовленных, например, из литого шпинеля или хромового корунда.

Для реактора, работающего по принципу "отходы в энергию", может быть выгодно, чтобы огнеупорная футеровка верхней секции окисления состояла из износостойких кирпичей, изготовленных из хром-корунда, шпинель-корунда или керамики из карбидов или нитратов, поскольку это наиболее критическая секция с точки зрения температуры, химической стойкости и износостойкости. Для первого слоя предпочтительно использовать кирпичи, например, из шпинели или хромового корунда. Также можно предусмотреть, что толщина всего огнеупора может составлять до 1000 мм или даже более 1000 мм. Альтернативно, для реактора может быть выгодно, чтобы огнеупорная футеровка верхней секции окисления имела толщину не более 500 мм. В этом варианте реализации изобретения предусматривается, что огнеупорная футеровка сильно охлаждается, в результате чего на внутренней стороне огнеупорной футеровки образуется шлаковая заморозка, защищающая огнеупорную футеровку. Это воплощение может быть необходимо для сырья для реактора с теплотворной способностью >24 МДж/кг. Поскольку при таком питании реактора производится больше химической энергии и больше тепловой энергии, можно получить более высокую температуру в верхней секции окисления и более богатый газ на выходном участке. Таким образом, данный вариант реализации изобретения может быть особенно благоприятным для приложений "отходы в топливо" и/или "энергия в топливо" (например, преобразование в водород, метанол, метан или топливо Фишера-Тропша (XtL; X-to-Liquid)).

Поскольку в верхней секции восстановления температура значительно снижается по сравнению с верхней секцией окисления, размеры огнеупора могут быть такими же, как описаны для верхней секции окисления, однако, поскольку верхняя секция восстановления имеет большую поверхность для потери тепла, предусматривается, что огнеупор состоит из более тонких стойких огнеупорных слоев и более толстых изолирующих огнеупорных слоев, что позволяет снизить потери тепла и тем самым повысить тепловую эффективность реактора и, как следствие, тепловую эффективность всей установки по переработке отходов в X , где X может быть энергией, топливом, водой или переработанным металлом.

Огнеупор крыши секции выпуска газа предпочтительно строится так же, как и крыша секции предварительной обработки, однако может иметь еще один слой с высокой физической стабильностью, как, например, литой алюмокорунд, шпинель-корунд или андалузитовый цемент, поскольку эта крыша также поддерживает часть огнеупора верхних секций. Огнеупор боковых сторон газоотводящей секции строится как расположенная ниже нижняя редукционная секция, требования к которой предпочтительно такие же, как и к верхней редукционной секции. Огнеупор нижней конической окислительной секции с очагом/отводом состоит из тех же слоев, что и верхняя окислительная секция. Однако, поскольку в этой секции происходит наибольшее химическое воздействие (шлак и резервуар расплавленного металла) и поскольку на эту секцию приходится весь вес вышеуказанного реактора, толщина стенки предпочтительно достигает двух метров. Далее толщина стенки огнеупора может быть еще больше в области шпангоутов.

Как описано ранее, может быть также выгодно, чтобы внутренняя площадь поперечного сечения промежуточной секции была цилиндрически постоянной или сужалась (расширялась) в направлении дна реактора, внутренняя площадь поперечного сечения верхней окислительной секции была цилиндрически постоянной или сужалась (сужалась) в направлении дна реактора, а внутренняя площадь поперечного сечения верхней восстановительной секции была цилиндрически постоянной или расширялась в направлении дна реактора сразу после верхней окислительной секции. Как описано выше, цилиндрическую постоянную площадь поперечного сечения легче получить.

Однако расширение промежуточной секции предотвращает застревание материала в промежуточной секции, например, громоздких материалов, таких как низкокачественные угольные отходы, из-за теплового расширения, когда основная масса движется вниз к верхней секции окисления.

Сужение верхней зоны окисления позволяет внутренней поверхности следовать за уменьшением объема насыпи, в то время как объем превращается в газ, имея меньший диаметр в нижней части зоны окисления, что позволяет кислороду лучше достигать середины насыпи, избегая зон частично необработанного материала в центре ("мертвого человека"). Благодаря возможно большему диаметру в верхней части зоны окисления, это позволяет увеличить производительность более чем на 30% на метр высоты секции

окисления.

Как описано выше для промежуточной секции и верхней окислительной секции, расширение или сужение поперечного сечения также может быть выгодным, чтобы плавно расширяться от диаметра верхней окислительной секции к диаметру верхней восстановительной секции. Таким образом, можно увеличить поперечное сечение, что приводит к высокому времени удержания и лучшему содержанию CO/H_2 , но без риска образования газового кармана, не позволяющего не полностью прореагировавшим компонентам газа достичь выхода газа через короткое замыкание.

Кроме того, конструкция может быть проще, если внутренняя площадь поперечного сечения промежуточной секции и внутренняя площадь поперечного сечения верхней окислительной секции будут цилиндрически постоянными. Однако для процесса может быть выгодно, если внутренняя площадь поперечного сечения промежуточной секции расширяется в направлении дна реактора, увеличивая тем самым площадь поперечного сечения по причинам, описанным выше, а последующая внутренняя площадь поперечного сечения верхней секции окисления сужается в направлении дна реактора, увеличивая тем самым площадь поперечного сечения по причинам, описанным выше.

Еще одно выгодное воплощение реактора заключается в том, что по меньшей мере одна дополнительная фурма расположена на уровне конической нижней редукционной секции.

Дополнительная фурма дополнительно подает воздух и/или кислород таким определенным образом, что почти не образуется CO_2 , а почти исключительно CO . Кроме того, благодаря этому варианту осуществления изобретения может быть увеличена пропускная способность. Кроме того, можно добиться того, что температура газа на выходе из газоотвода может быть увеличена до температуры до 1500°C без ухудшения качества газа.

В тех случаях, когда тепловая энергия предпочтительнее химической, может быть также выгодно, чтобы в верхней восстановительной секции была расположена по меньшей мере одна дополнительная фурма. В этом варианте осуществления изобретения может быть выгодно достигнуто, что избыточная химическая энергия (CO , H_2) превращается обратно в тепловую энергию путем окисления избыточного CO до CO_2 и H_2 до H_2O .

В еще одном варианте реализации изобретения по меньшей мере одна другая фурма расположена на другом уровне (высоте) конической нижней окислительной секции. Эта фурма расположена предпочтительно над отводом.

Расположение фурмы над отводом способствует более эффективному плавлению в области отвода, так как тепло выделяется в области, где расплав должен стекать жидкостью. В то же время расположение фурмы над отводом гарантирует, что застывший расплав, желаемый на противоположной стороне отвода (так называемое шлаковое замораживание, которое защищает огнеупорную футеровку, например, кирпичную футеровку), не разжижается и поэтому не стекает.

Для достижения дальнейшего увеличения производительности изобретение предусматривает, что внутренняя площадь поперечного сечения верхней секции окисления выполнена таким образом, что максимальное расстояние от любой точки внутри насыпи, образованной из исходных материалов, до выхода по меньшей мере одной из фурм меньше заранее определенного минимального расстояния. Минимальное расстояние составляет

менее 1,3 м при температуре газа ниже 100°C и скорости газа ниже 100 м/с

менее 1,9 м при температуре газа ниже 100°C и при скорости газа от 100 м/с до 343 м/с (скорость звука) и

менее 3,2 м при температуре газа выше 100°C и/или при скорости газа > 343 м/с

где температура и скорость газа (поток газа, деленный на $\pi/4 \times ID^2$) обеспечиваются на выходе фурмы.

Благодаря этому варианту осуществления и подходящим фурмам, которые могут быть выполнены в виде высокоскоростных или даже сверхзвуковых сопел, может быть достигнуто увеличение диаметра реактора и, таким образом, увеличение производительности, поскольку также центр насыпного материала может быть легко достигнут кислородом и/или воздухом, вводимым через фурмы. Как описано выше, подаваемый кислород и/или подаваемый воздух могут быть предварительно нагреты, например, до температуры больше или равной 100°C или даже от 500°C до 1000°C.

Согласно одному варианту осуществления изобретения, участки секции предварительной обработки, промежуточной секции, верхней секции окисления и верхней секции восстановления могут иметь площадь поперечного сечения одного вида, например, круглую площадь поперечного сечения.

Также возможно, что внутреннее поперечное сечение секции окисления сформировано в виде кругового кольца или эллиптического кольца.

Дальнейшее увеличение производительности может быть достигнуто путем проектирования внутренней площади поперечного сечения верхней окислительной секции как некруглой внутренней площади поперечного сечения. Аналогичным образом, области секции предварительной обработки, промежуточной секции и верхней секции восстановления могут иметь предпочтительно равномерную, по существу некруглую площадь поперечного сечения.

Внутренняя некруглая поверхность поперечного сечения может быть выполнена, например, в виде многоугольника с пятью или более углами, например, усеченного квадрата, правильного многоугольника, параллелограмма, вытянутого шестиугольника или тому подобного. Внутренняя поверхность поперечного сечения также может быть выполнена в виде круглой формы. Особенно подходящими являются внутренние поверхности поперечного сечения, выполненные в виде округлых прямоугольников, стадионов, овалов, эллипсов, эпициклоид, мультикругов или суперэллипсов $n > 1$.

Для реакторов, имеющих некруглое поперечное сечение верхней секции окисления, также может быть предусмотрено, что максимальное расстояние от любой

точки внутри насыпи до выхода по крайней мере одной из фурм меньше заранее определенного минимального расстояния. Минимальное расстояние составляет

менее 1,3 м при температуре газа ниже 100°C и скорости газа ниже 100 м/с

менее 1,9 м при температуре газа ниже 100°C и при скорости газа от 100 м/с до 343 м/с (скорость звука) и

менее 3,2 м при температуре газа выше 100°C и/или при скорости газа > 343 м/с,

где температура и скорость газа (поток газа, деленный на $\pi I/4 \times ID^2$) обеспечиваются на выходе фурмы.

Например, при воплощении в форме стадиона (например, состоящего из двух полукруглых поверхностей с соответствующим диаметром= M и центрально расположенной квадратной поверхности с длиной стороны= M) внутренней площади поперечного сечения реактора можно добиться увеличения производительности примерно в 2,1 раза. Кроме того, можно предположить, что при использовании меньшего стадиона (например, состоящего из двух полукруглых поверхностей с соответствующим диаметром= M и расположенной по центру квадратной поверхности с длиной стороны= Y , где $Y \leq M$) производительность реактора также может быть увеличена. Кроме того, возможно, что при дальнейшем расширении стадиона (например, состоящего из двух полукруглых поверхностей с соответствующим диаметром= M и расположенного по центру квадрата с длиной стороны= Y , где $Y \geq M$) емкость реактора может быть увеличена практически произвольно, насколько это позволяет строительная площадка. Кроме того, возможно, что внутреннее поперечное сечение также имеет криволинейную или крестообразную форму, в случае, если реактор должен быть адаптирован к прямоугольной строительной площадке.

Для всех вышеупомянутых вариантов реализации внутреннего поперечного сечения верхней окислительной секции и/или секции предварительной обработки, промежуточной секции и верхней восстановительной секции также может быть предусмотрено, что тепловые напряжения, возникающие в огнеупорной футеровке, могут быть компенсированы для температур до 1500°C высокотемпературными компенсаторами, а для температур выше 1500°C - шпунтами с окружающими водоохлаждаемыми консолями или без них.

Поскольку во всех вышеупомянутых вариантах осуществления внутренних поперечных сечений верхней секции окисления и/или секции предварительной обработки, промежуточной секции и верхней секции восстановления не предусмотрено углов с углом $\leq 90^\circ$, образование газового кармана в таких углах может быть предотвращено, тем самым по существу исключается возможность того, что не полностью прореагировавшие компоненты газа могут достичь выхода газа через короткое замыкание.

Согласно другому варианту осуществления изобретения, в секции газоотвода реактора расположен только один газоотвод.

Такое воплощение может позволить упростить расположение стадий очистки газа и/или снизить стоимость оборудования, так как, например, к единственному выходу газа

подключается только один парогенератор, а не несколько.

Кроме того, может быть выгодно, чтобы газоотводы или только один газоотвод был расположен в секции газоотвода под углом от 30° до 90° , обычно около 60° . Это может гарантировать, что капли жидкого шлака или частицы пыли будут стекать обратно в реактор, а не накапливаться и, возможно, закупоривать газоотводы. Кроме того, можно добиться того, что большее количество пыли будет удерживаться внутри реактора за счет гравитационного разделения.

В качестве альтернативы выход газа может быть наклонен вниз под углом от -60° до 0° . Однако из-за направленного вниз угла пыль и шлак могут попасть в оборудование, расположенное ниже по потоку. Тем не менее, это воплощение может быть выгодным, если геометрия не может быть построена из-за ограничений на строительной площадке или специального оборудования, расположенного ниже по потоку.

Еще одно воплощение реактора согласно изобретению предусматривает, что центральная вертикальная продольная ось секции совместного течения горизонтально смещена от центральной вертикальной продольной оси секции выхода газа и секции противотока газа. Такой тип конструкции реактора здесь определяется как асимметричный реактор. Центральные вертикальные продольные оси расположены по существу в центре каждой секции. В соответствии с вышеуказанным вариантом осуществления изобретения, секция совместного течения не расположена концентрически относительно секции выхода газа и секции противотока газа. Однако секция выхода газа и секция противотока газа расположены концентрически друг к другу.

Это воплощение обеспечивает увеличение поверхности или площади разгрузки насыпного материала (конусообразного насыпного материала, выступающего из конической нижней редукционной секции в секцию выхода газа), поскольку благодаря такому расположению проектная конфигурация насыпного материала соответствует косому усеченному конусу на той же высоте.

Благодаря увеличенной площади поверхности или площади выгрузки сыпучего материала может быть выгодно достигнуто, что скорость выхода газа (через по меньшей мере один газоотвод) уменьшается пропорционально увеличенной площади выгрузки сыпучего материала, благодаря чему уменьшается унос пыли из сыпучего материала.

В другом варианте осуществления изобретения выгодно, что в секции отвода газа реактора расположен только один газоотвод, что центральная вертикальная продольная ось секции противотока горизонтально смещена относительно центральной вертикальной продольной оси секции отвода газа и секции противотока газа, и что единственный газоотвод расположен ближе к центральной вертикальной продольной оси секции отвода газа и секции противотока газа, чем к центральной вертикальной продольной оси секции противотока.

В этом варианте осуществления изобретения также может быть обеспечено увеличение площади поверхности или площади разгрузки насыпного материала (конусообразного насыпного материала, выступающего из конической нижней

редукционной секции в секцию выхода газа), поскольку конфигурация насыпного материала соответствует косому усеченному конусу при той же высоте.

Поскольку далее предусмотрено, что единственный газоотвод расположен ближе к центральной вертикальной продольной оси секции отвода газа и секции противотока газа, чем к центральной вертикальной продольной оси секции совместного тока, это приводит к тому, что косой усеченный конус насыпи наклонен в сторону от единственного газоотвода, таким образом, увеличенная поверхность или площадь разгрузки насыпи расположена от противоположной части газоотвода до нижней части газоотвода. Таким образом, газ может выходить непосредственно с увеличенным объемным потоком с увеличенной поверхности насыпи или внутренней части насыпи к выходу газа.

Преимущество данного варианта реализации реактора заключается в том, что площадь поверхности или площадь выгрузки сыпучего материала увеличивается, что снижает скорость выгрузки, и затраты могут быть снижены за счет использования меньшего количества и/или меньших по размеру устройств, расположенных ниже по потоку. Кроме того, можно избежать локального уноса большого количества пыли. Поскольку площадь разгрузки напротив выхода газа очень мала, это означает, что газ вытекает с меньшим объемным потоком из-за большего расстояния до выхода газа и, как следствие, большего сопротивления потоку. Таким образом, профиль скорости является равномерным по всей зоне разгрузки.

Еще одним преимуществом может быть то, что описанный ранее асимметричный реактор имеет только один газоотвод, причем этот газоотвод расположен на противоположной стороне продольной оси секции совместного течения. Это может максимально увеличить задержку пыли и минимизировать необходимое оборудование для последующей обработки.

В другом варианте осуществления реактора согласно изобретению теплообменник и/или парогенератор соединен ниже по потоку с секцией выхода газа, а средства всасывания газа (например, по меньшей мере одна взрывозащищенная высокотемпературная воздуходувка) соединены ниже по потоку с теплообменником или парогенератором. Это особенно выгодно, если реактор работает при отрицательном давлении. Вытяжка с помощью газовой среды выгодно осуществляется таким образом, что, с одной стороны, из реактора почти не выходит или вообще не выходит газ, а с другой стороны, в реактор всасывается минимальное количество дополнительного окружающего воздуха.

Кроме того, может быть выгодно предусмотрено, что реактор может работать или эксплуатироваться при избыточном давлении. Для этого в окружающей оболочке верхней окислительной секции и/или конической нижней окислительной секции предусмотрены высокотемпературные задвижки, причем высокотемпературные задвижки предназначены для замены фурм во время полной эксплуатации реактора.

Высокотемпературные задвижки являются преимуществом, поскольку при замене фурм во время работы под избыточным давлением газ может выходить из реактора.

Поэтому выгодно, что фурмы сначала втягиваются за высокотемпературный сальник, при этом в этот момент фурмы все еще находятся во внешней трубе и уплотнены в этой трубе сальником. В случае необходимости извлечения или замены фурмы высокотемпературная задвижка закрывается, и фурма может быть извлечена полностью. Установка новой или отремонтированной фурмы может быть осуществлена путем вставки, при этом задвижка открывается и фурма частично вдвигается в сальник. Таким образом, задвижка может быть безопасно открыта, а фурма может быть вставлена полностью и зафиксирована/закреплена. Предпочтительно, высокотемпературные задвижки являются керамическими, термостойкими, охлаждаемыми или имеют комбинацию вышеперечисленных характеристик.

Хотя обслуживание при избыточном давлении сложнее, избыточное давление увеличивает плотность газа, тем самым уменьшая объемный поток из реактора и еще больше уменьшая размер и стоимость оборудования, расположенного ниже по потоку.

Во всех вышеупомянутых вариантах реализации реактора, который может быть использован для материальной и/или энергетической переработки отходов и других исходных материалов, может быть предусмотрено, что реактор сконструирован таким образом, что температура выше 1800°C может быть достигнута в секциях окисления в периферийной области (граница между сыпучим материалом и огнеупором) и от 2000°C до 4000°C во внутренней (центральной) части сыпучего материала. Однако такие высокие температуры могут вызвать расширение огнеупорной футеровки (например, кирпичной футеровки) в осевом, тангенциальном и радиальном направлениях до 20 мм на метр футеровки, создавая напряжения в огнеупорной футеровке, которые в свою очередь влияют на внешнюю стальную оболочку реактора в радиальном направлении. Для того чтобы стабильность реактора не нарушалась под воздействием этих высоких температур и возникающих напряжений в футеровке, в соответствии с изобретением может быть предусмотрено, что огнеупорная футеровка реактора состоит по меньшей мере из двух секций футеровки, расположенных в осевом направлении одна над другой. Каждая секция футеровки расположена между средствами компенсации теплового расширения (например, компенсаторами или комбинацией шпунт-паз). Здесь можно представить, что огнеупорная футеровка реактора разделена на секции высотой от 2 до 4 метров. Для реакторов, имеющих температуру газа на выходе от 1500°C до 1600°C , может быть предусмотрено, что футеровка реактора имеет еще одну секцию футеровки через каждые 3-4 метра высоты. Для реакторов, имеющих температуру выходящего газа от 1600°C до 1750°C , может быть предусмотрено, что футеровка реактора имеет дополнительную секцию футеровки через каждые 2-3 метра высоты. Поскольку при высоких температурах (температура — от 1800°C до 4000°C) образуются особенно высокие температуры (в частности, в верхней секции окисления и конической нижней секции окисления), может быть предусмотрено, что секции футеровки, расположенные одна над другой, расположены таким образом, что в каждой из верхней секции окисления и конической нижней секции окисления находится ровно одна секция футеровки. Кроме того, может

быть предусмотрено, что под и над секциями окисления расположена еще одна секция футеровки. Это может гарантировать, что горячие секции окисления состоят только из одной секции футеровки, каждая из которых может расширяться в направлении соответствующей вышележащей секции футеровки, которая является более холодной. Для того чтобы горячие газы или высокие температуры не выходили наружу через зазор между по меньшей мере двумя секциями футеровки, можно также предусмотреть, чтобы между секциями футеровки, расположенными одна над другой, было образовано соединение типа "шип-паз", при этом одна из секций футеровки имеет паз на стороне, обращенной внутрь реактора, а другая секция футеровки имеет шип на стороне, обращенной внутрь реактора. Пазо-ребенное соединение может быть выполнено таким образом, что даже когда реактор находится в остановленном состоянии, что делает его более холодным, и зазор между секциями футеровки максимален, язычок в пазу располагается с принудительной фиксацией, при этом вертикальная внешняя стенка язычка соединяется с вертикальной стенкой паза, но между пазом и язычком остается вертикальный зазор. Это преимущество заключается в том, что, несмотря на наличие зазора, тепло и газ не могут достичь внешнего изоляционного слоя (слоев) и стальной оболочки во время пуска или сильного нагрева реактора, и что меньшее количество газа или его отсутствие может выйти наружу. Кроме того, может быть предусмотрено, что зазор между канавкой и язычком является температурно-зависимым зазором. Зависимое от температуры отверстие между канавкой и язычком может составлять, например, 50 мм. Как описано выше, огнеупорная футеровка может расширяться при высоких температурах, при этом язычок может расширяться в пазу благодаря соединению "язычок-паз". Кроме того, может быть предусмотрено, что между по меньшей мере двумя секциями футеровки, расположенными одна над другой, расположена окружная водоохлаждаемая консоль для удержания огнеупорной футеровки и стабилизации футеровки во время нагрева и охлаждения реактора. Эта окружная водоохлаждаемая консоль может быть изготовлена путем сгибания полых профильных труб с квадратным, круглым или прямоугольным поперечным сечением без сварных швов. Здесь может быть выгодно предусмотрено, что водоохлаждаемая консоль имеет высокий тепловой поток, который достигается за счет скорости потока охлаждающей воды от 0,8 м/с до 25 м/с. Высокая скорость потока охлаждающей воды выгодна для поддержания тепловой и механической стабильности окружной водоохлаждаемой консоли при размещении в зонах с высокими температурами ($> 1500^{\circ}\text{C}$). Описанное выше расположение по меньшей мере двух наложенных друг на друга секций футеровки и окружной водоохлаждаемой консоли может быть расположено в секции совместного течения, и/или секции отвода газа, и/или секции противотока. Каждая секция может также иметь несколько вариантов расположения двух расположенных одна над другой футеровочных секций с соединением "шпунт-паз" и окружной водоохлаждаемой консолью. Также может быть предусмотрено, что верхняя футеровочная секция имеет паз, а нижняя футеровочная секция имеет язычок. Это может вызвать расширение огнеупорной футеровки вверх при воздействии горячих

температур. Кроме того, возможно, что каждая из по меньшей мере двух секций футеровки включает в себя по меньшей мере одну внутреннюю футеровку и внешнюю футеровку, окружающую внутреннюю футеровку. Здесь может быть предусмотрено, что внутренняя футеровка представляет собой кирпичную футеровку из обожженного кирпича или монолитную (например, литую) огнеупорную футеровку.

Вышеупомянутые задачи изобретения решаются также способом, указанным в пункте 21, для газификации, крекинга и/или плавления исходных материалов, который выгодно подходит, в частности, для материальной и/или энергетической переработки отходов и других исходных материалов.

Этапы способа в соответствии с изобретением сначала включают подачу исходных материалов в секцию совместного течения, при этом исходные материалы вводятся через секцию подачи с помощью шлюза. В последующей буферной секции исходные материалы предварительно нагреваются и предварительно высушиваются, а затем поступают в секцию предварительной обработки, где поперечное сечение секции предварительной обработки увеличено по отношению к буферной секции, где исходные материалы образуют разгрузочную насыпь, имеющую разгрузочный конус. Поверхность насыпи нагревается в секции предварительной обработки по меньшей мере до 800° на ее поверхности путем подачи кислорода и/или воздуха и/или газов горения или путем подачи предварительно нагретого кислорода и/или воздуха или газов горения, которые подаются через средства подачи газа (например, горелки и/или сопла), открытые в секции предварительной обработки в области увеличения поперечного сечения секции предварительной обработки, чтобы вызвать по меньшей мере частичный пиролиз на поверхности исходных материалов.

В последующей промежуточной секции исходные материалы полностью пиролизуются и полностью высушиваются.

Подача неочищенного или предварительно нагретого кислорода и/или воздуха через фурмы, расположенные по меньшей мере на двух уровнях, создает горячую верхнюю секцию окисления, которая находится ниже промежуточной секции. Продукты пиролиза и части исходных материалов горят, трескаются и/или плавятся в этой горячей верхней секции окисления, после чего происходит дальнейшее коксование еще не преобразованных исходных материалов.

В последующей верхней секции восстановления тепловая энергия преобразуется в химическую. В секции совместного течения газ течет от секции подачи до выхода газа в режиме совместного течения.

Горячая секция также создается в конической нижней секции окисления путем подачи неочищенного или предварительно нагретого кислорода и/или воздуха через по меньшей мере одну фурму конической нижней секции окисления. Расплавленный металл и расплавленный шлак также собираются в этой расположенной ниже горячей нижней секции окисления. Эти расплавленный металл и/или расплавленный шлак отводятся по меньшей мере через один отвод (например, в формы) или вытекают непрерывно

(например, в гранулятор шлака) по мере необходимости.

В конической нижней секции окисления и в конической нижней секции восстановления также образуются газы, которые текут вверх (противотоком) в направлении выхода газа. Газы из секции совместного потока (сверху вниз) и газы из секции противотока (снизу вверх) отводятся из секции отвода газа через по меньшей мере один газоотвод.

Этапы способа по изобретению могут быть выгодно дополнены путем отвода газов, образующихся в секции совместного течения, и газов, образующихся в секции противотока, путем всасывания. Для этого используются средства отсоса газа. Отсос создает отрицательное давление в реакторе. Использование отрицательного давления в реакторе позволяет поддерживать реактор во время работы, так как при открытии реактора воздух может всасываться, но газ не может выходить.

В качестве альтернативы, в реакторе может создаваться избыточное давление, при этом газы, образующиеся в реакторе, отводятся под избыточным давлением.

При избыточном давлении, вплоть до 200 мбар, реактор подает горячий газ на последующие этапы процесса. В этом варианте реализации отпадает необходимость во взрывозащищенном высокотемпературном всасывающем вентиляторе. Кроме того, более высокое давление, вплоть до 10 бар, которое возможно в реакторе согласно изобретению, позволяет уменьшить объем выходящего газа, благодаря чему для очистки газа можно использовать меньшие аппараты. Работа с положительным давлением выгодна тем, что газ вытесняется из реактора. Для этого давление в реакторе создается за счет образующегося газа, теплового расширения газа и подачи газообразной среды с избыточным давлением.

По меньшей мере один шлюз для подачи исходных материалов может быть открыт или закрыт без каких-либо проблем. Конструктивно это может быть решено, например, с помощью люков (дверей) с гидравлическим приводом. Люки расположены таким образом, что в случае желаемого или случайного превышения давления в реакторе, люки дополнительно закрываются, и газ не может непреднамеренно выйти. Также может быть выгодно, чтобы шлюзы имели дополнительные линии выравнивания давления в атмосферу и/или в безопасную зону внутри реактора. Соответственно, люки также могут быть открыты при любом желаемом избыточном давлении в реакторе, поскольку приводу люков не нужно работать против разницы давлений.

Также может быть предусмотрено, что для запуска реактора вводятся инертные газы, такие как азот или CO_2 .

Согласно другому аспекту изобретения, реактор для газификации и/или плавления исходных материалов, как описано выше, может быть использован для рекуперации энергии. Таким образом, исходные материалы, такие как отходы, могут подаваться в реактор, и его внутренняя энергия получается в виде газа, содержащего химическую и тепловую энергию, которая может быть использована для выработки электроэнергии (отходы в энергию).

Дальнейшие преимущества, детали и разработки вытекают из следующего описания изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи.

На рис. 1а показан упрощенный вид поперечного сечения варианта осуществления изобретения реактора.

На рис. 1b показан еще один упрощенный вид поперечного сечения варианта осуществления изобретенного реактора.

На фиг. 2 показан упрощенный вид поперечного сечения еще одного варианта осуществления изобретения реактора с верхней восстановительной секцией, частично вставленной в секцию выхода газа.

На фиг. 3 показан упрощенный вид поперечного сечения другого варианта осуществления изобретения реактора, где центральная вертикальная продольная ось секции совместного течения горизонтально смещена от центральной вертикальной продольной оси секции выхода газа.

На рис. 4 показана внутренняя площадь поперечного сечения верхней окислительной секции реактора, где внутренняя площадь поперечного сечения по существу сформирована в виде круглой области.

На рис. 5 показано внутреннее поперечное сечение верхней окислительной секции реактора, где внутреннее поперечное сечение выполнено по существу в виде стадиона.

Элементы с одинаковыми номерами на этих рисунках либо идентичны, либо выполняют одну и ту же функцию. Элементы, рассмотренные ранее, не обязательно рассматриваются на последующих рисунках, если их функции эквивалентны.

Далее на рисунке 1а описан вариант воплощения по существу цилиндрического реактора 100. В связи с объяснением деталей реактора, также указаны этапы метода, которые происходят во время обработки отходов с органическими компонентами в качестве исходных материалов в этом реакторе.

При использовании других исходных материалов могут быть полезны модификации реактора и/или метода. В общем, различные исходные материалы также можно комбинировать, например, добавляя исходные материалы с более высокой энергетической ценностью (например, перерабатываемый пластик, загрязненные отходы древесины, автомобильные шины или тому подобное) во время газификации/крекинга/плавления неорганических исходных материалов.

Реактор 100, показанный на рис. 1а, имеет три основные секции, которые представляют собой совместную секцию 110, секцию выхода газа 120 и противоточную секцию 130. Противоточная секция 110, газоотводная секция 120 и противоточная секция 130 окружены, например, стальной оболочкой, которая, естественно, имеет углубления для средств подачи исходных материалов и газов, а также отвода газов и материалов. Секция совместного течения 110, секция выпуска газа 120 и противоточная секция 130 расположены по существу концентрически друг к другу (представлена вертикальной штрихпунктирной линией, проходящей по существу через центр реактора). В противоточной секции расположены пленумная секция 111, верхняя окислительная

секция 116 и верхняя восстановительная секция 118. Пленумная секция 111 включает в себя загрузочную секцию со шлюзом 112, через которую загрузочные материалы, такие как отходы, вода, автомобильные шины, добавки или другие загрузочные материалы, подаются в реактор сверху через загрузочную секцию. Поток материала твердых частиц показан пунктирной стрелкой сверху вниз. Буферная секция 113 расположена ниже загрузочной секции со шлюзом 112. Ниже буферного участка 113 расположен участок 114 предварительной обработки для буферизации и предварительной сушки объема подаваемого материала, что создает расширение поперечного сечения в верхней области и сужение поперечного сечения в нижней области, так что из подаваемого материала может образоваться конус (140) выгрузки (обозначен косыми пунктирными линиями; между 114 и 119). Таким образом, донная область соответствует перевернутому усеченному конусу с углом α , где α преимущественно составляет от 120° до 150° , предпочтительно 135° . Как показано далее на фиг. 1а, на участке предварительной обработки 114 в области увеличения поперечного сечения открываются два средства подачи газа 119. Через средства подачи газа 119 горячие газы могут подаваться к выпускному конусу. Таким образом, пиролиз может происходить на поверхности разгрузочного конуса 140. Секция предварительной обработки 114 может быть также сделана инертной путем стехиометрического сжигания всего кислорода (так как лямбда может быть приблизительно 1), например, под контролем недорогого парамагнитного или химического анализатора кислорода. Таким образом, можно избежать дорогостоящей азотной закладки, как это необходимо для других реакторов. Ниже секции предварительной обработки 114 находится промежуточная секция 115, которая оборудована для окончательной сушки и полного пиролиза. Как показано на рис. 1а, промежуточная секция 115 имеет по существу цилиндрический внутренний диаметр. К промежуточной секции 115 примыкает по существу цилиндрическая окислительная секция 116, в которой в верхней окислительной секции 116 фурмы 117 расположены по окружности на множестве уровней (здесь показаны три уровня). Через фурмы 117 подается неочищенный и/или предварительно нагретый кислород и/или воздух, который повышает температуру настолько, что все вещества превращаются в неорганический газ, жидкий металл, кокс, углерод и/или минеральный шлак. В верхней восстановительной секции 118, которая примыкает к верхней окислительной секции 116 и которая расположена по существу над последующей секцией выпуска газа 120, происходит эндотермическое преобразование тепловой энергии в химическую энергию. В то же время газ, текущий в одном потоке с твердыми частицами (представлен пунктирной стрелкой, идущей сверху вниз), образуется, начиная от секции пленума через верхнюю окислительную секцию и верхнюю восстановительную секцию 118 сверху вниз, а затем вводится в секцию выпуска газа 120.

Как показано на рисунке, газоотводящий участок 120 соединен с верхним редуцирующим участком 118, тем самым создавая увеличение поперечного сечения. Поскольку площадь поперечного сечения газовыпускного участка 120 больше площади

поперечного сечения верхнего редуционного участка 118, может образовываться конусообразный объем 141. Полученный газ - примерно в поперечном потоке к конусообразной насыпи 141 - выпускается в газоотводящем участке 120 через по меньшей мере один газоотвод 121 (показан пунктирной стрелкой, идущей слева направо). Может быть предусмотрено, например, что четыре или более газоотводов 121 распределены по окружности (не показано), так что газ, образующийся в сонаправленном и противоточном участке, может отводиться радиально в поперечном потоке. Газоотвод 121 может быть выполнен таким образом, что газ может течь вниз. Угол θ выхода газа вниз составляет от -60° до 0° (горизонтально). На рис. 1 показан угол -30° . Однако газоотвод также может быть выполнен таким образом, что газ отводится вверх (как показано на рис. 2), при этом угол θ газоотвода составляет, в частности, 60° . Таким образом, в зависимости от условий применения и конструктивных ограничений, можно спроектировать любой угол между -60° (наклон вниз), 0° (горизонтально) и 90° (прямо вертикально вверх).

Ниже секции 120 выпуска газа расположена противоточная секция 130, которая состоит из конической нижней восстановительной секции 138 и конической нижней окислительной секции 136. Как показано на рис. 1, противоточная секция 130 имеет коническую форму и сужается (сужается) к нижней части реактора под углом ζ , причем угол ζ составляет от 50° до 70° , здесь приблизительно 60° . В конической нижней восстановительной секции 138 также происходит преобразование тепловой энергии в химическую энергию.

Ниже конической нижней восстановительной секции 138 находится, как показано, коническая нижняя окислительная секция 136, в которой расположены по меньшей мере одна фурма 137 и по меньшей мере один отвод 131. Через по меньшей мере одну фурму 137 подается неочищенный или предварительно нагретый кислородный воздух и/или кислород для окисления оставшегося карбонизированного материала и предотвращения застывания расплавленного металла и расплавленного шлака. Сбор и слив расплавленного металла и расплавленного шлака происходит по меньшей мере в одном отводе 131.

Газ, образующийся в конической нижней окислительной секции 136 и конической нижней восстановительной секции 138, также течет в противотоке с потоком твердого тела через насыпь (изображено пунктирной стрелкой, идущей снизу вверх) в секцию выпуска газа 120, где он отводится через по меньшей мере один выпуск газа 121.

Реактор рис. 1а может иметь секционные внутренние объемы, как раскрыто для примера 2 таблицы 1.

Конечно, реактор может иметь и другие размеры и, соответственно, другие внутренние объемы, однако в этом случае соотношения либо по существу одинаковы, либо находятся в определенных диапазонах. Для этого отношение объема верхней секции окисления к объему секции пленума может составлять $1 : N$ единиц объема, где N - число, большее или равное ($\geq$) 4 и меньшее или равное ($\leq$) 20.

Может быть выгодно, чтобы газы, образующиеся в соосной секции 110 и в противоточной секции 130, отводились путем всасывания. Кроме того, может быть

выгодно, если в соосной секции 110 создается избыточное давление, при котором газы, образующиеся в соосной секции 110, отводятся под избыточным давлением.

Хотя конкретно описанная выше форма воплощения особенно подходит для обработки (газификации, крекинга и/или плавления) отходов, специалисту в данной области будет очевидно, что при использовании других исходных материалов необходимы или целесообразны модификации реактора. В целом, однако, описанный выше реактор может также использоваться для обработки опасных отходов или исходных материалов с более высоким содержанием металлов, при этом принцип газификации/крекинга и принцип плавления будут преобладать в некоторых случаях. Различные исходные материалы также можно комбинировать. Например, можно добавлять определенные исходные материалы с более высокой энергетической ценностью (например, перерабатываемые пластмассы, загрязненные отходы древесины, шины, а также уголь или т.п.) для плавления неорганических исходных материалов.

Реактор 100, показанный на рис. 1b, в основном соответствует реактору 100, показанному на рис. 1b, однако в данном варианте осуществления внутренняя площадь поперечного сечения промежуточной секции 115 расширяется (см. угол β , где β составляет от 80° до 90° , здесь приблизительно 87°) в направлении дна реактора, а внутренняя площадь поперечного сечения верхней окислительной секции 116 сужается/закругляется (см. угол γ , где γ составляет от 80° до 90° , здесь приблизительно 85°) в направлении дна реактора. Далее, как указывает угол δ , площадь поперечного сечения верхней восстановительной секции 118 расширяется (см. угол δ , где δ составляет от 50° до 70° , здесь приблизительно 60°) непосредственно под окислительной секцией 116.

Реактор 100, показанный на фиг. 2, в основном соответствует реактору 100, показанному на фиг. 1a, но в этом варианте осуществления изобретения соосная секция 110 с частью верхней восстановительной секции 118 вставлена в газовыпускную секцию 120. Как показано, огнеупорная футеровка (например, кирпичная футеровка) верхней восстановительной секции 118 выступает в газовыпускную секцию 120. Поскольку газоотводящий участок 120 имеет большую площадь поперечного сечения, чем верхний редукционный участок 118, и по меньшей мере один газоотвод 121 расположен в краевой области газоотводящего участка 120, газ, образующийся в соосной секции 110, должен обойти огнеупорную футеровку (например, кирпичную футеровку), выступающую в газоотводящий участок 120, чтобы достичь газоотвода 121, благодаря чему меньше пыли попадает в следующее устройство.

Реактор рис. 2 может иметь секционные внутренние объемы, как раскрыто для примера 1 таблицы 1.

Конечно, реактор может иметь и другие размеры и, соответственно, другие внутренние объемы, однако в этом случае соотношения либо по существу одинаковы, либо находятся в определенных диапазонах. Для этого отношение объема верхней секции окисления к объему секции пленума должно составлять $1 : N$ единиц объема, где N -

число, большее или равное ($\geq$) 4 и меньшее или равное ($\leq$) 20.

На фиг. 3 показан другой вариант реализации реактора 100. Реактор по фиг. 3 в основном соответствует реактору 100 по фиг. 1а, но в газоотводящей секции 120 реактора расположен только один газоотвод 121, центральная вертикальная продольная ось секции противотока 110 расположена со смещением по горизонтали относительно центральной вертикальной продольной оси газоотводящей секции 120 и секции противотока газа 130, а единственный газоотвод 121 расположен ближе к центральной вертикальной продольной оси газоотводящей секции 120 и секции противотока газа 130, чем к центральной вертикальной продольной оси секции противотока 110.

Центральные вертикальные продольные оси показаны штрихпунктирными линиями на рис. 3. Как показано, центральные вертикальные продольные оси расположены по существу в центре каждой секции. Как показано, соосная секция 110 расположена не концентрично относительно секции 120 выпуска газа. Однако газоотводящий участок 120 расположен концентрично относительно противоточного участка 130.

Преимущество данного варианта реализации реактора 100 заключается в том, что площадь поверхности или площадь выгрузки сыпучего материала увеличивается, что повышает скорость выгрузки и снижает затраты за счет уменьшения количества и/или размера устройств, расположенных ниже по потоку.

Реактор на рис. 3 может иметь секционные внутренние объемы, как раскрыто для примера 3 таблицы 1.

Конечно, реактор может иметь и другие размеры и, соответственно, другие внутренние объемы, однако в этом случае соотношения либо по существу одинаковы, либо находятся в определенных диапазонах. Для этого отношение объема верхней секции окисления к объему секции пленума должно составлять 1 : N единиц объема, где N - число, большее или равное ($\geq$) 4 и меньшее или равное ($\leq$) 20.

На фиг. 4 показана конфигурация внутреннего поперечного сечения верхней окислительной секции 116 реактора 100, где внутреннее поперечное сечение сформировано по существу в виде круглой области. Реактор 100 согласно фиг. 1а, согласно фиг. 1b, согласно фиг. 2 или согласно фиг. 3 может быть реактором с круглой внутренней площадью поперечного сечения, как показано здесь. Как показано, расположено несколько фурм 117 (здесь виден только один уровень), через которые неочищенный или предварительно нагретый кислород и/или воздух вдувается или нагнетается в сыпучий материал. Фурмы 117 распределены по окружности кругового участка, так что предпочтительно каждая точка насыпи может быть снабжена вдуваемым или впрыскиваемым необработанным или предварительно нагретым кислородом и/или воздухом. Здесь предусматривается, что максимальное расстояние от любой точки в пределах насыпи, сформированной из исходных материалов, до выхода по меньшей мере одной из фурм 117 меньше заранее определенного минимального расстояния. Минимальное расстояние составляет менее 1,3 м при температуре газа ниже 100°C и

скорости газа менее 100 м/с, менее 1,9 м при температуре газа ниже 100°C и скорости газа от 100 м/с до 343 м/с (скорость звука) и менее 3,2 м при температуре газа выше 100°C и/или скорости газа > 343 м/с. Таким образом, температура и скорость газа (поток газа, деленный на $\pi/4 \times ID^2$) указаны на выходе каждой из фурм.

На рис. 5 показана конфигурация внутреннего поперечного сечения верхней окислительной секции 116 реактора, где внутреннее поперечное сечение выполнено по существу в форме стадиона. Реактор 100 согласно фиг. 1а, фиг. 1b, фиг. 2 или фиг. 3 может быть реактором с внутренней площадью поперечного сечения в форме стадиона. Как показано, расположено несколько фурм (здесь показан только один уровень), через которые вдувается или нагнетается неочищенный или предварительно нагретый кислород и/или воздух. Фурмы 117 равномерно распределены по окружности области стадиона, так что предпочтительно каждая точка насыпи может быть снабжена вдуваемым необработанным или предварительно нагретым кислородом и/или воздухом. Здесь предусматривается, что максимальное расстояние от любой точки внутри насыпи до выходного отверстия по меньшей мере одной из фурм 117 меньше заранее определенного минимального расстояния. Минимальное расстояние составляет менее 1,3 м при температуре газа ниже 100°C и скорости газа менее 100 м/с, менее 1,9 м при температуре газа ниже 100°C и скорости газа от 100 м/с до 343 м/с и менее 3,2 м при температуре газа выше 100°C и/или скорости газа > 343 м/с. Таким образом, температура и скорость газа (поток газа, деленный на $\pi/4 \times ID^2$) задаются на выходе фурмы. В этом варианте осуществления изобретения, в котором внутренние сечения секции совместного течения могут иметь, как верхняя окислительная секция 116, стадионную форму внутреннего сечения, это приводит к увеличению диаметра (горизонтального) сечения реактора и, таким образом, к увеличению производительности. Благодаря некруглому сечению основная часть, в частности, также центр основной части, легко доступна для неочищенного или предварительно нагретого кислорода и/или воздуха, вводимого через фурмы 117. Увеличение производительности в 2,1 раза достигается за счет стадионообразного воплощения внутренней площади поперечного сечения всего реактора.

Список условных обозначений

- 110 Секция совместного тока
- 111 Секция пленума
- 112 Шлюз
- 113 Секция буфера
- 114 Секция предварительной обработки
- 115 Промежуточная секция
- 116 Верхний участок окисления
- 117 Точки
- 118 Верхняя редуцирующая секция
- 119 Материалы для газоснабжения
- 120 Секция выхода газа

- 121 Выход газа
- 130 Противоточная секция
- 131 Простукивание
- 136 Коническая нижняя секция окисления
- 137 Туйер
- 138 Коническая нижняя редуционная секция
- 140 Разгрузочный конус
- 141 Конусообразный объем

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов, реактор включает в себя

секция совместного тока (110), включающая в себя

секция пленума (111), состоящая из

загрузочная секция со шлюзом (112), через который исходные материалы вводятся в реактор (100) сверху.

буферная секция (113), расположенная ниже секции подачи (112).

участок предварительной обработки (114), который расположен ниже нижней части буферного участка (113) и который имеет расширение поперечного сечения в верхней области и сужение поперечного сечения в нижней области, так что может образовываться выпускной конус (140) подаваемого материала;

по меньшей мере одно средство подачи газа (119), которое открывается в секции предварительной обработки (114) в области увеличения поперечного сечения секции предварительной обработки (114) и через которое горячие газы могут подаваться в выпускной конус; и

промежуточная секция (115), которая расположена ниже нижней части секции предварительной обработки (114),

верхняя окислительная секция (116), расположенная ниже промежуточной секции (115) и включающая фурмы (117), расположенные по меньшей мере на двух уровнях, при этом через фурмы (117) подается неочищенный или предварительно нагретый кислород и/или воздух, и

верхняя восстановительная секция (118), расположенная ниже верхней окислительной секции (116),

участок (120) выпуска газа, включающий по меньшей мере один газоотвод (121), при этом площадь поперечного сечения участка (120) выпуска газа больше площади поперечного сечения верхнего редуционного участка (118), так что может образовываться конусообразный объем (141), и

противоточная секция (130), состоящая из

коническая нижняя редуционная секция (138), расположенная ниже секции (120) выпуска газа, и

коническую нижнюю окислительную секцию (136) для накопления на дне расплавленного металла и расплавленного шлака, причем коническая нижняя окислительная секция (136) расположена ниже конической нижней восстановительной секции (138) и включает по меньшей мере одну фурму (137), через которую неочищенный или предварительно нагретый кислород и/или воздух подается в расплавленный металл и расплавленный шлак для предотвращения застывания, и по меньшей мере один отвод (131) для слива расплавленного металла и расплавленного шлака.

2. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по пункту 1, в котором верхняя восстановительная секция (118) полностью расположена над секцией

выхода газа (120), при этом секция выхода газа (120) расположена ниже верхней восстановительной секции (118), обеспечивая увеличение поперечного сечения.

3. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по пункту 1, в котором по меньшей мере часть верхней восстановительной секции (118) расположена в секции выхода газа (120), причем секция выхода газа (120) имеет увеличенное поперечное сечение по отношению к верхней восстановительной секции (118).

4. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из пунктов 1-3, где объемное отношение объема верхней секции окисления к объему секции пленума составляет отношение $1 : N$ объемных единиц, где $4 \leq N \leq 20$.

5. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из пунктов 1-4, где объемное отношение объема верхней окислительной секции к общему объему объема верхней восстановительной секции и объема пленарной секции составляет отношение $1 : N$ объемных единиц, где $7 \leq N \leq 20$.

6. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов согласно любому из пунктов 1-5, где объемное отношение объема противоточной секции к общему объему реактора составляет отношение $1 : N$ объемных единиц, где $1 \leq N \leq 8$.

7. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из пунктов 1-6, в котором угол конической нижней восстановительной секции и угол конической нижней окислительной секции составляют от 50° до 70° .

8. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из пунктов 1-7, где секция предварительной обработки (114), промежуточная секция (115), верхняя окислительная секция (116), верхняя восстановительная секция (118), секция выхода газа (120), коническая нижняя восстановительная секция (138) и коническая нижняя зона окисления (136) каждая включает огнеупорную футеровку, где каждая огнеупорная футеровка каждой секции включает от двух до шести слоев, причем каждый слой выполнен из разного материала.

9. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по пункту 8, в котором огнеупорная футеровка верхней окислительной секции (116) включает от трех до шести слоев, каждый из которых изготовлен из другого материала, причем сумма толщин слоев имеет толщину по меньшей мере 600 мм.

10. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из пунктов 1-9, в котором внутреннее поперечное сечение промежуточной секции (115) является цилиндрически постоянным или сужается в направлении дна реактора, внутреннее поперечное сечение верхней окислительной секции (116) является цилиндрически постоянным или сужается в направлении дна реактора, а внутреннее поперечное сечение верхней восстановительной секции (118) является цилиндрически постоянным или расширяется в направлении дна реактора сразу после верхней окислительной секции (116).

11. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов согласно любому из предыдущих пунктов, в котором по меньшей мере одна дополнительная фурма (139) расположена на дополнительном уровне конической нижней секции восстановления (138) или одна дополнительная фурма расположена на дополнительном уровне конической нижней секции восстановления (138) и по меньшей мере одна дополнительная фурма расположена в верхней секции восстановления (118).

12. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов в соответствии с любым из предыдущих пунктов, в котором по меньшей мере еще одна фурма расположена на другом уровне конической нижней окислительной секции (136).

13. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов согласно любому из предыдущих пунктов, в котором внутреннее поперечное сечение верхней окислительной секции (116) сформировано таким образом, что максимальное расстояние от любой точки в разгрузочной массе, сформированной из исходных материалов, до выхода по меньшей мере одной из фурм (117) меньше заранее определенного минимального расстояния, причем минимальное расстояние составляет

менее 1,3 м при температуре газа ниже 100°C и при скорости газа менее 100 м/с.

менее 1,9 м при температуре газа ниже 100°C и при скорости газа от 100 м/с до 343 м/с; и

менее 3,2 м при температуре газа выше 100°C и/или при скорости газа более 343 м/с,

при этом температура и скорость газа обеспечиваются на выходе из фурм (117).

14. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из предыдущих пунктов, в котором внутреннее поперечное сечение верхней окислительной секции (116) сформировано в виде некруглой поверхности, в частности, в виде округлого прямоугольника, стадиона, овала, эллипса, эпициклоиды, мультикруга, суперкруга $n=4$ или в виде многоугольника с пятью или более углами, такого как усеченный квадрат, правильный многоугольник или параллелограмм.

15. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из предыдущих пунктов, в котором только один газоотвод (121) расположен в секции газоотвода (120).

16. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из пунктов 1-14 или 15, в котором по меньшей мере один газоотвод (121) по одному из пунктов 1-14 или только один газоотвод (121) по пункту 15 расположен в секции (120) газоотвода под углом (θ) от - 60° до 90°.

17. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из предыдущих пунктов, в котором центральная вертикальная продольная ось секции совместного течения (110) расположена со смещением по горизонтали относительно центральной вертикальной продольной оси секции выхода газа (120) и секции противотока газа (130).

18. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по пункту 17 со ссылкой на пункт 16, в котором единственный выход газа (121) расположен ближе к центральной вертикальной продольной оси секции выхода газа (120) и секции противотока газа (130), чем к центральной вертикальной продольной оси секции совместного тока (110).

19. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из предыдущих пунктов, в котором теплообменник и/или парогенератор соединен ниже по потоку с секцией выпуска газа (120), а средства всасывания газа соединены ниже по потоку с теплообменником или парогенератором.

20. Реактор (100) для газификации и/или плавления исходных материалов по любому из предыдущих пунктов, в котором высокотемпературные задвижки расположены в корпусе верхней окислительной секции (116) и/или конической нижней окислительной секции (136), причем высокотемпературные задвижки предназначены для замены фурм (117) во время использования реактора.

21. Способ газификации и/или плавления исходных материалов с использованием реактора (100) согласно любому из пунктов 1-20, способ включает следующие этапы:

Подача исходных материалов в секцию совместного течения (110), где исходные материалы подаются через секцию подачи с помощью шлюза (112), где исходные материалы предварительно нагреваются и предварительно высушиваются в буферной секции (113), где при подаче исходных материалов в секцию предварительной обработки (114) формируется разгрузочная насыпь, имеющая разгрузочный конус, где поперечное сечение секции предварительной обработки (114) увеличено по отношению к буферной секции (113);

Нагревание выгружаемой массы в секции предварительной обработки (114) по меньшей мере до 800°C путем подачи воздуха и/или кислорода и/или газа для горения через по меньшей мере одно средство подачи газа (119), которое открывается в секции предварительной обработки (114) в области увеличения поперечного сечения секции предварительной обработки (114), чтобы инициировать пиролиз на поверхности исходных материалов или в исходных материалах, при этом исходные материалы полностью пиролизуются и полностью высушиваются в последующей промежуточной секции;

Обеспечение нижней лежащей горячей верхней секции окисления путем подачи неочищенного или предварительно нагретого кислорода и/или воздуха через фурмы (117), расположенные по меньшей мере на двух уровнях, и

Сжигание продуктов пиролиза и исходных материалов, плавление металлических и минеральных составляющих, если таковые имеются, и дальнейшее коксование остатков исходных материалов в горячей верхней секции окисления;

Преобразование тепловой энергии в химическую энергию в верхней восстановительной секции (118);

Обеспечение лежащей ниже горячей нижней секции окисления путем подачи неочищенного или предварительно нагретого кислорода и/или воздуха через по меньшей

мере одну фурму (137) в накопленный расплавленный металл и расплавленный шлак, присутствующие в конической нижней секции окисления, для поддержания расплавленного металла и расплавленного шлака в расплавленном состоянии и слива расплавленного металла и расплавленного шлака через по меньшей мере один отвод (131) по мере необходимости;

отвод газов, образующихся в секции совместного течения (110), через по меньшей мере один газоотвод (121) секции отвода газов (120); и

Отвод газов, образовавшихся в противоточной секции (130), через по меньшей мере один газоотвод (121) секции отвода газа (120), при этом газы, образовавшиеся в конической нижней окислительной секции противоточной секции (130), текут через коническую нижнюю восстановительную секцию (138) в секцию отвода газа (120).

22. Способ по п. 21, в котором газы, образующиеся в секции совместного потока, и газы, образующиеся в секции противотока, отводятся путем всасывания.

23. Способ по п. 21, в котором в секции совместного течения создается избыточное давление, при этом газы, образующиеся в секции совместного течения, отводятся под избыточным давлением.

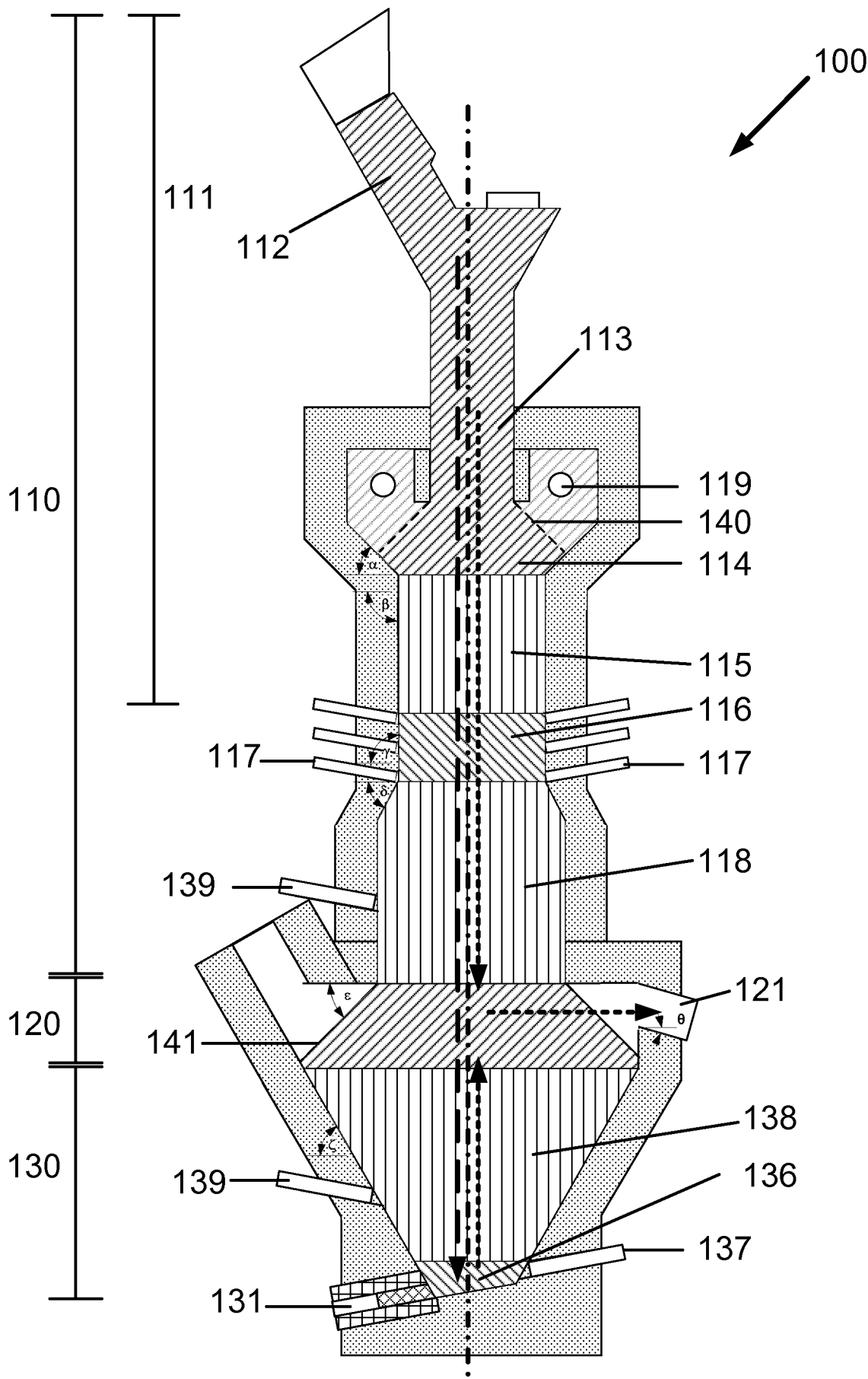
24. Способ по любому из пунктов 21-23, где азот вводят для запуска реактора.

25. Использование реактора (100) для газификации и/или плавления исходных материалов в соответствии с одним из пунктов 1-20 формулы изобретения для извлечения энергии.

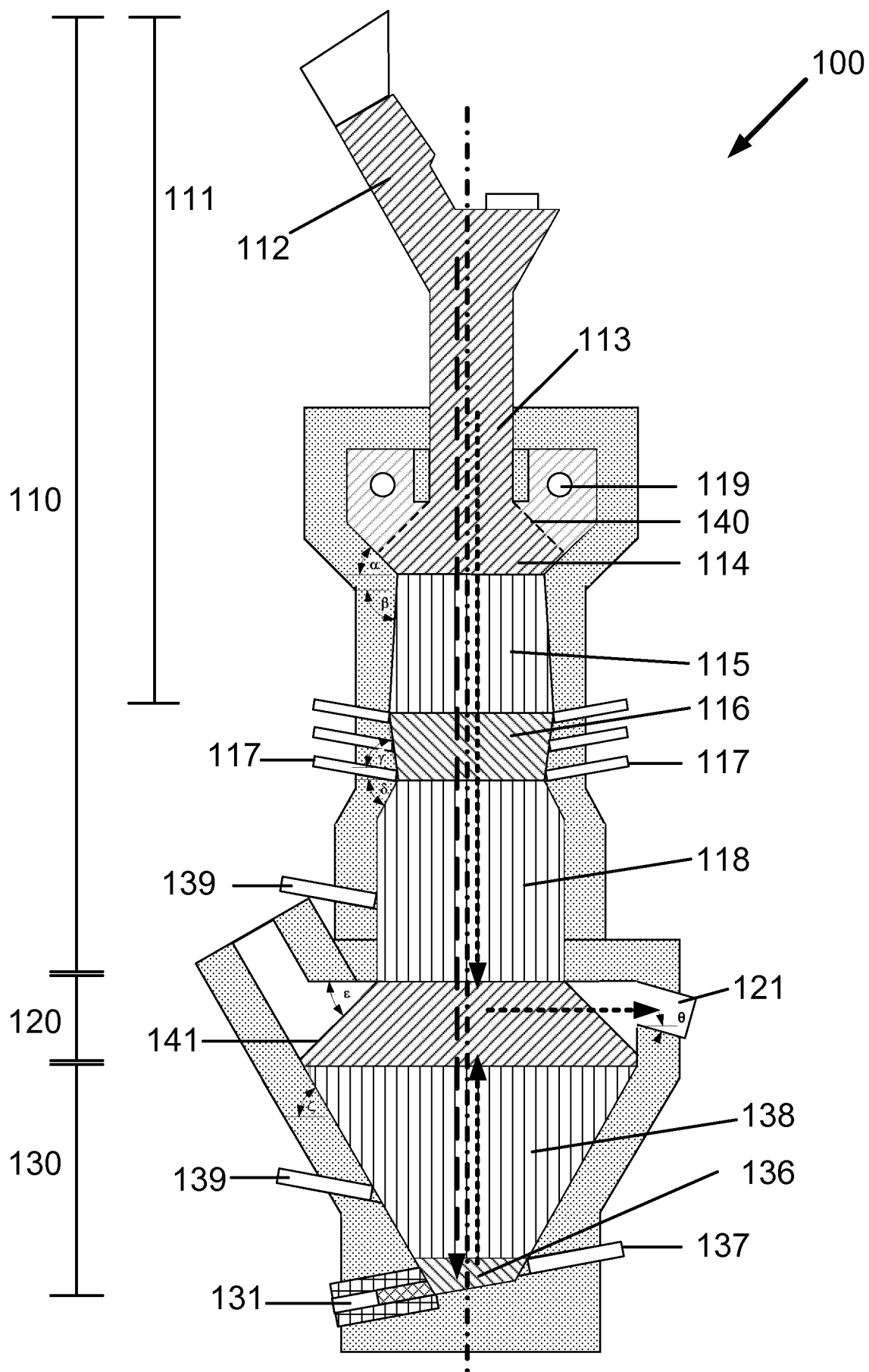
По доверенности

1/5

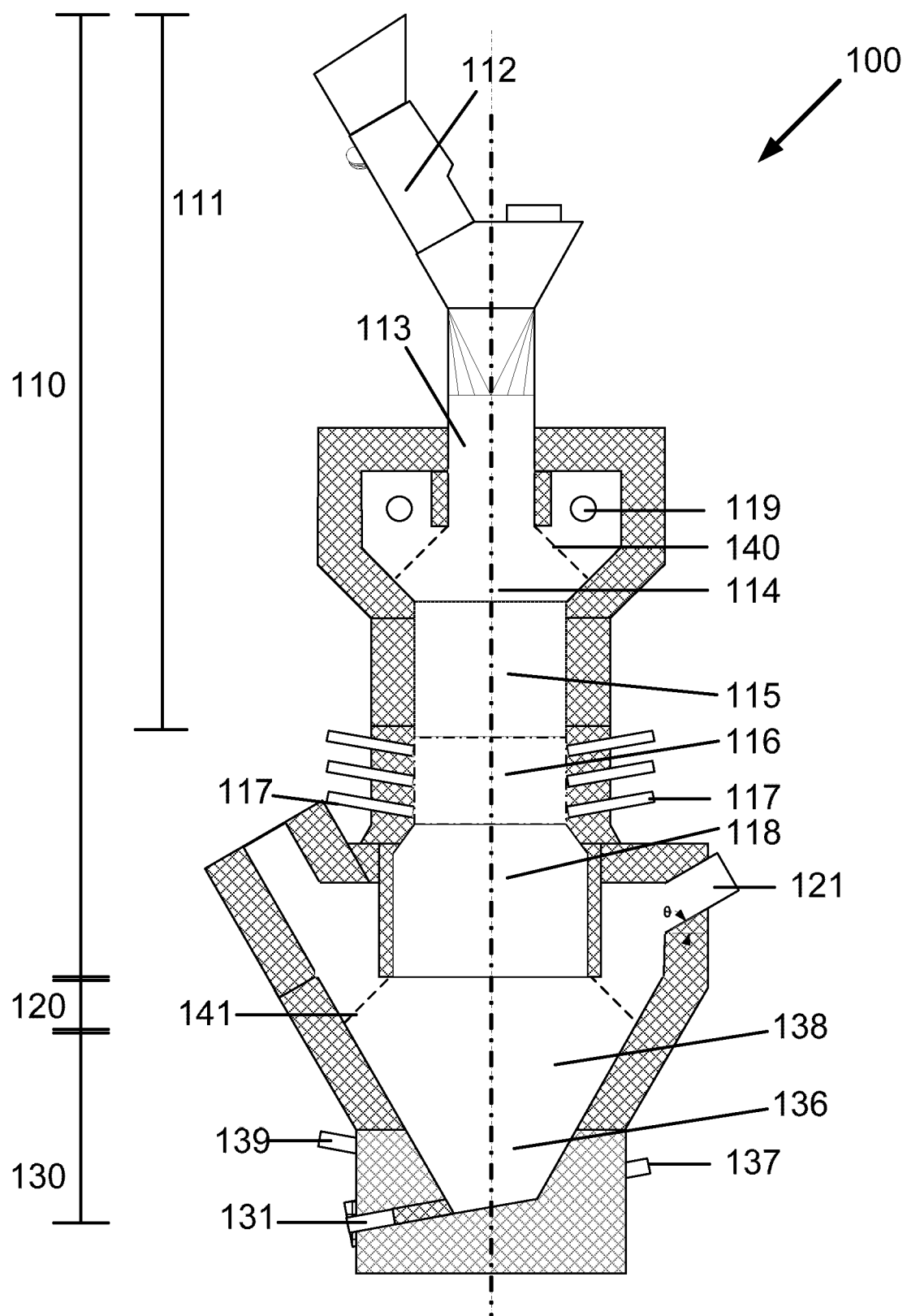
ФИГ.1а



ФИГ.1b

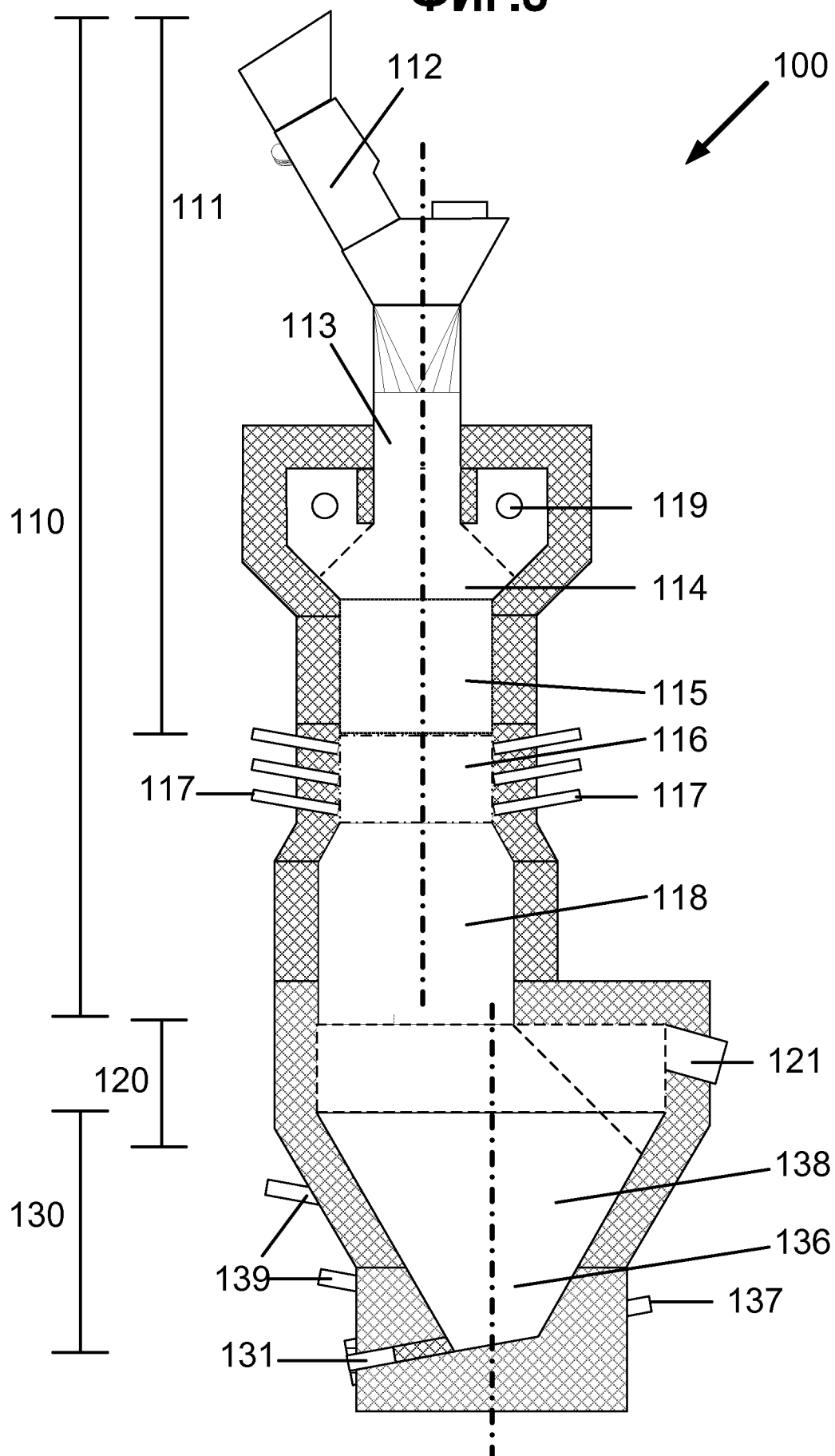


ФИГ.2

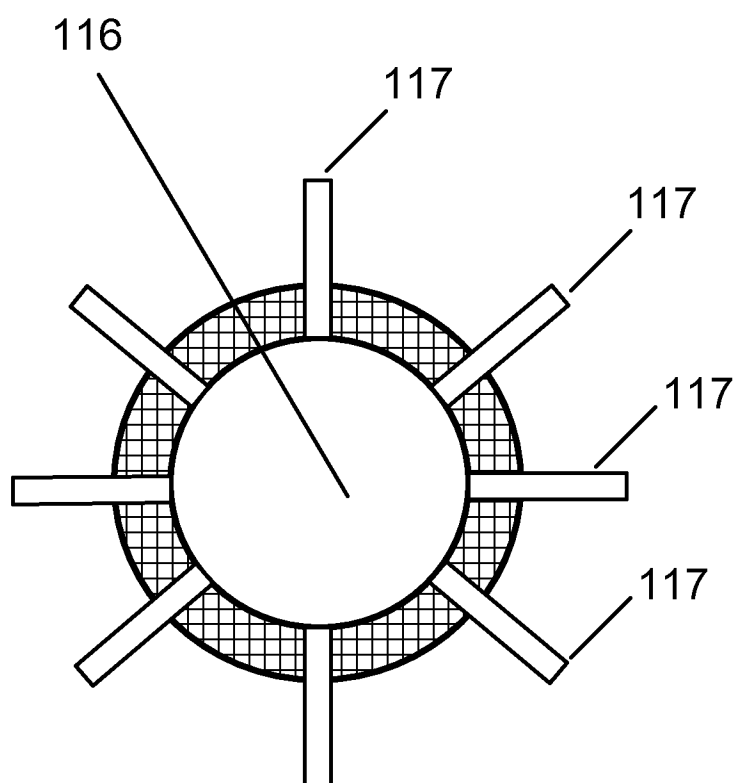


4/5

ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ.5

