



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006114599/03, 02.05.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.05.2006

(43) Дата публикации заявки: 27.11.2007

(45) Опубликовано: 20.04.2008 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1114342 A3, 15.09.1984. RU 16193 U1, 10.12.2000. RU 2152561 C1, 10.07.2000. SU 1291791 A1, 23.02.1987. RU 2033588 C1, 20.04.1995. RU 2167948 C1, 27.05.2001. US 1214164 A, 30.01.1917. US 6932002 B2, 23.08.2005. БЕРНАДИНЕР М.Н. и др. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. - М.: Химия, 1990, с.37-41. Биомасса как источник энергии./ Под ред. С.Соуфера и др. - М.: Мир, 1985, с.214, 215.

Адрес для переписки:

142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр-кт Акад. Семенова, 1, директору ИПХФ РАН, академику С.М. Алдошину

(72) Автор(ы):

Дорофеевко Сергей Олегович (RU),
Зайченко Андрей Юрьевич (RU),
Жирнов Александр Александрович (RU),
Манелис Георгий Борисович (RU),
Полианчик Евгений Викторович (RU),
Черемисин Вячеслав Валентинович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

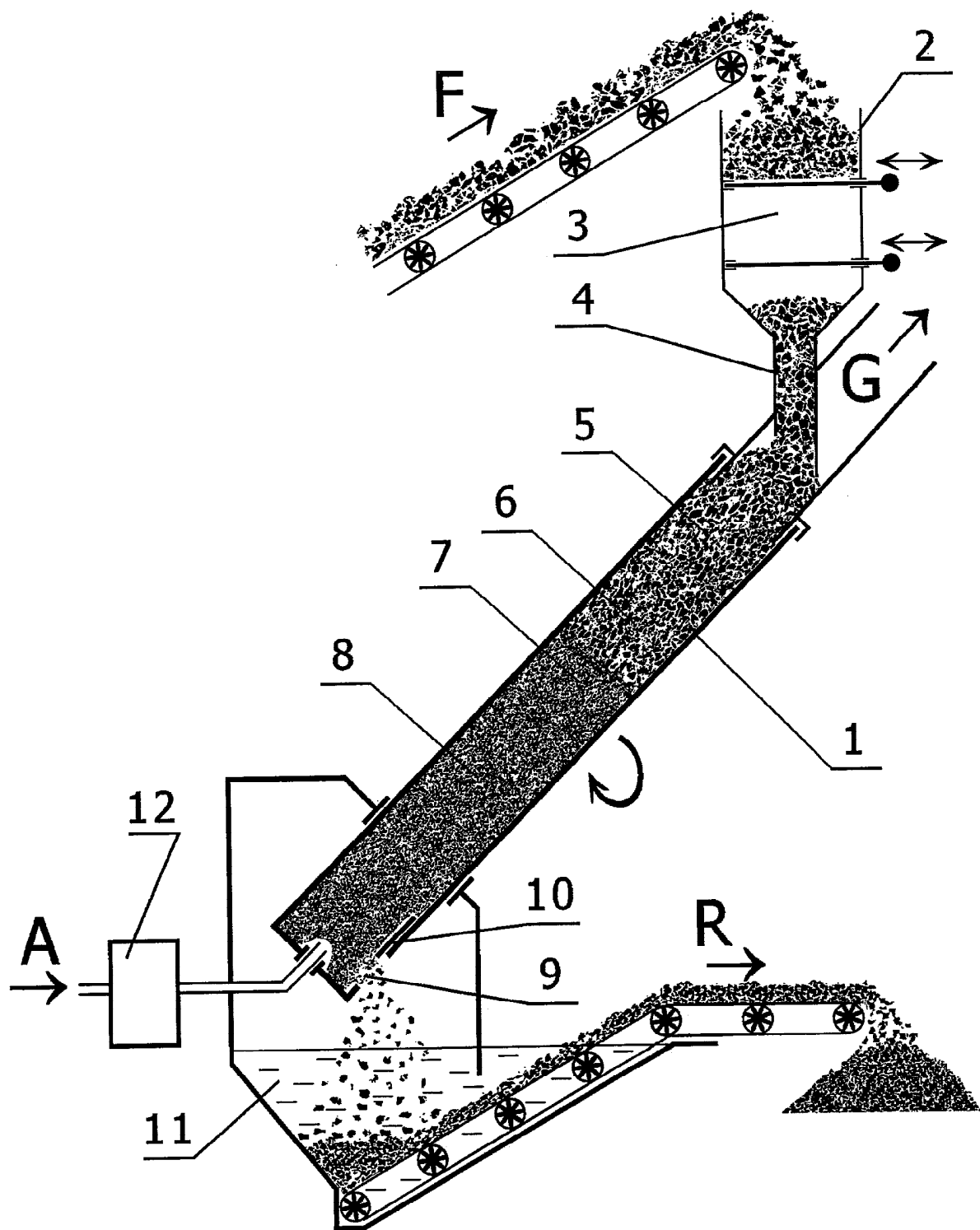
Некоммерческая организация Учреждение
Институт проблем химической физики
Российской академии наук (статус
государственного учреждения (ИПХФ РАН) (RU)

(54) СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ КОНДЕНСИРОВАННОГО ГОРЮЧЕГО ПУТЕМ ГАЗИФИКАЦИИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к методам переработки конденсированных топлив, в том числе твердых горючих отходов, путем пиролиза и газификации органической составляющей топлив. Способ переработки конденсированного органического топлива путем газификации включает загрузку топлива в цилиндрический реактор, подачу в реактор газифицирующего агента, содержащего кислород, со стороны реактора, где происходит накопление твердых продуктов переработки, перемещение загруженного топлива вдоль оси реактора, вывод твердых продуктов переработки из реактора, вывод из реактора продуктов сушки, пиролиза и горения в виде продукта-газа таким образом, что газификация проводится посредством

последовательного пребывания топлива в зоне нагревания и сушки, зоне пиролиза, зоне горения (окисления) и зоне охлаждения, а газовый поток фильтруется через слой загруженного топлива, проходя последовательно зону охлаждения, зону горения, зону пиролиза и зону нагревания и сушки. Процесс горения в плотном слое стабилизируют, производя вращение реактора вокруг оси, наклонной по отношению к горизонту под углом в пределах от 22 до 65 градусов. Охарактеризовано устройство для реализации способа. Технический результат: повышение эффективности переработки топлив или горючих отходов, в том числе мелкодисперсных и склонных к спеканию. 2 н. и 10 з.п. ф-лы, 1 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

F23G 5/027 (2006.01)

F23G 5/20 (2006.01)

F27B 7/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2006114599/03, 02.05.2006

(24) Effective date for property rights: 02.05.2006

(43) Application published: 27.11.2007

(45) Date of publication: 20.04.2008 Bull. 11

Mail address:

142432, Moskovskaja obl., g. Chernogolovka,
pr-kt Akad. Semenova, 1, direktoru IPKhF RAN,
akademiku S.M. Aldoshinu

(72) Inventor(s):

Dorofeenko Sergej Olegovich (RU),
Zajchenko Andrej Jur'evich (RU),
Zhirnov Aleksandr Aleksandrovich (RU),
Manelis Georgij Borisovich (RU),
Polianchik Evgenij Viktorovich (RU),
Cheremisin Vjacheslav Valentinovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Nekommercheskaja organizatsija Uchrezhdenie
Institut problem khimicheskoy fiziki
Rossijskoj akademii nauk (status
gosudarstvennogo uchrezhdenija (IPKhF RAN)
(RU)

(54) METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING CONDENSED FUEL

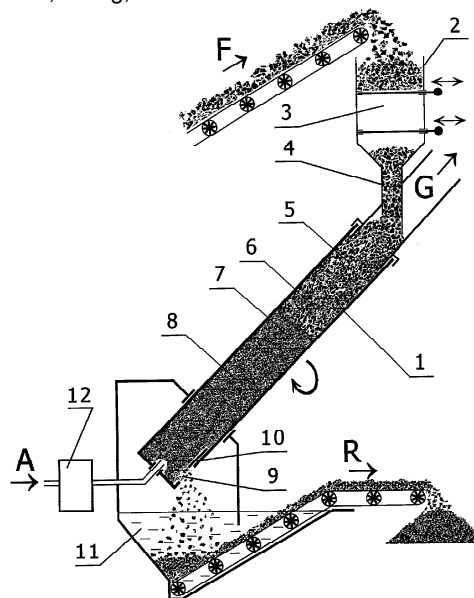
(57) Abstract:

FIELD: processing of condensed fuels.

SUBSTANCE: method comprises charging fuel into the cylindrical reactor, supplying the oxygen-containing gasifying agent to the reactor from the side of reactor where the solid products of processing are collected, setting the fuel charged in motion along the axis of the reactor, discharging solid products of processing from the reactor, discharging the drying products from the reactor, and pyrolysis and combustion of gas product so that the fuel is gasified in the heating and drying zone, pyrolysis zone, combustion (oxidation) zone, and cooling zone. The gas is filtered by flowing through the layer of the charged fuel, thus flowing through the cooling zone, combustion zone, pyrolysis zone, and zone of heating and drying in series. The burning is stabilized by means of rotation of the reactor around its axis inclined to horizon under an angle from 22 to 65°. The device for processing of condensed fuel is also presented.

EFFECT: enhanced efficiency.

12 cl, 1 dwg, 1 ex



Настоящее изобретение относится к методам переработки конденсированных топлив, в том числе твердых горючих отходов, путем пиролиза и газификации горючих составляющих топлива в плотном слое и получения продуктов пиролиза и горючего газа и затем - с получением энергии. Переработка низкосортных конденсированных топлив, в том числе
5 твердых бытовых отходов (ТБО), углей, нефтешламов, биомассы - это актуальная проблема, поскольку существующие методы их уничтожения/переработки не вполне экономически и экологически приемлемы. Значительные преимущества обеспечивает газификация конденсированных горючих, которая дает возможность использовать прогрессивные технологии выработки энергии и обеспечивает экологическую чистоту
10 газовых выбросов.

Известен ряд методов переработки конденсированных топлив в режиме горения с получением горючего газа, основанных на последовательной слоевой газификации твердых органических топлив в противотоке газа-окислителя в печах шахтного типа. Так, например, применительно к переработке горючего сланца, эта схема описана в патентах
15 US-A-2796390 (Elliot) и US-A-2798032 (Martin et al.).

Общая схема газификации твердых органических топлив в противотоке газифицирующего агента может быть представлена в следующем виде. Газифицирующий агент, содержащий кислород и, возможно, воду и/или углекислый газ, поступает в зону
горения, в которой кислород взаимодействует с углеродом твердого топлива в виде кокса или полукокса при температурах около 900-1500°C. Газифицирующий агент подается в
20 реактор противотоком к топливу таким образом, что газ-окислитель по крайней мере частично предварительно пропускается через слой горячих твердых продуктов горения, в которых углерод уже отсутствует. В этой зоне происходит охлаждение твердых продуктов горения и нагрев газифицирующего агента перед его поступлением в зону горения. В зоне
25 горения свободный кислород газифицирующего агента полностью расходуется и горячие газообразные продукты горения, включающие диоксид углерода и пары воды, поступают в следующий слой твердого топлива, называемый зоной восстановления, в которой диоксид углерода и водяной пар вступают в химические реакции с углеродом топлива, образуя
горючие газы. Тепловая энергия раскаленных в зоне горения газов частично расходуется
30 в этих реакциях восстановления. Температура газового потока снижается по мере того, как газ протекает сквозь твердое топливо и передает последнему свое тепло. Нагретое в отсутствие кислорода топливо подвергается пиролизу. В результате пиролиза получают кокс, смолы пиролиза и горючие газы. Продукт-газ пропускается через свежезагруженное топливо с тем, чтобы газ остыл, а топливо подогрелось и просохло. Наконец, продукт-
35 газ (содержащий пары углеводородов, водяной пар, а также пиролизные смолы) выводится для последующего использования.

Известны приложения подобной схемы к переработке изношенных шин (патент RU 2062284, Манелис и др.), твердых бытовых отходов (RU 20799051, Манелис и др.), нефтешламов и подобных нефтеотходов (RU 20799051, Манелис и др.), в которых
40 совместно с перерабатываемым горючим в реактор загружается твердый кусковой инертный материал, который, в частности, обеспечивает равномерную газопроницаемость шихты в реакторе.

Вместе с тем, остается нерешенной существенная проблема - обеспечение стабильности протекания горения при газификации перерабатываемой шихты. Поскольку
45 перерабатываемые материалы зачастую имеют неравномерную газопроницаемость и склонны к слипанию при пиролизе, то и фронт пиролиза и газификации может распространяться по сечению реактора неравномерно. В слое перерабатываемой шихты могут образоваться «прогары», по которым преимущественно протекает газовый поток, происходят обрушения материала в полости, образованные при горении, и одновременно
50 могут формироваться практически газонепроницаемые области. Как следствие, распределение температуры в зоне горения оказывается неоднородным и плохо управляемым.

Для решения проблемы равномерного распространения зон горения по загруженному

материалу предложен метод газификации, описанный в US-A-4732091 (Gould), для газификации мусора. Согласно этому методу твердое топливо загружается в верхнюю часть вертикальной шахтной печи. Топливо направляют с управляемой скоростью через последовательность камер, разделенных горизонтальными подвижными решетками, в которых топливо пиролизуется и сгорает в противотоке паровоздушного газифицирующего агента. Этот метод дает способ для разрыхления мусора в процессе переработки и, таким образом, для обеспечения его равномерной газопроницаемости и для равномерного перемещения перерабатываемой шихты последовательно в зоны сушки, пиролиза, газификации, охлаждения. Дает он и способ управления поступлением топлива в соответствующие зоны. Основной недостаток метода - наличие в нем движущихся решеток. В высокотемпературных зонах движущиеся решетки неизбежно будут быстро изнашиваться. Кроме того, частицы пыли и смол будут отлагаться на движущихся конструкциях реактора, нарушая его работу.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение эффективной переработки конденсированных горючих, в том числе низкокалорийных, без использования дополнительных источников энергии. Для решения поставленной задачи предлагается способ газификации конденсированных горючих.

Предлагаемый способ включает следующие основные этапы.

Конденсированное горючее в твердом, жидком или пастообразном состоянии, возможно содержащее твердые негорючие составляющие и влагу (далее "топливо"), загружают в реактор для проведения в нем последовательно сушки топлива и затем пиролиза/газификации горючих составляющих топлива. Кислородсодержащий газ-окислитель (например, воздух) подается в реактор через ту его часть, где накапливается твердый остаток переработки, так, чтобы в существенной мере направить газовый поток противотоком через плотный слой загруженного в реактор топлива. Топливо в реакторе проходит последовательно через ряд зон, как описано ниже. Сначала - через зону сушки, где температура топлива повышается до 200°C за счет теплообмена с потоком продукта-газа, фильтрующегося сквозь топливо; в этой зоне топливо высушивается, а газовый поток охлаждается перед выводом последнего из реактора. Газообразные продукты сушки, пиролиза и газификации выводятся из реактора после прохождения этой зоны как продукт-газ. Затем топливо поступает в зону пиролиза и коксования, где за счет теплообмена с газовым потоком температура постепенно возрастает с 200 до 800°C и горючие составляющие топлива пиролизуются с образованием кокса. Затем ококсованное топливо поступает в зону горения и газификации, где температура твердой фазы составляет 700-1400°C. Здесь кокс реагирует с горячим газом-окислителем с образованием топливного газа. Твердый остаток горения поступает в зону охлаждения, где он охлаждается противотоком газифицирующего агента от температуры горения до температуры разгрузки. Встречный поток газа-окислителя, в свою очередь, фильтруясь через плотный слой твердого остатка горения, нагревается до температуры, близкой к температуре горения, прежде, чем он поступает в зону горения.

Вышеприведенная классификация зон отчасти произвольна. Эти зоны можно было бы определить и иначе, например по температуре газов, составу реагентов и т.п. В частности, в US-A-4732091 те же зоны названы иначе. При любой классификации зон существенным является то, что за счет противотока взаимопроникающих потоков газа и твердой загрузки происходит предварительный нагрев газа-окислителя (газифицирующего агента) на твердом остатке горения, а в дальнейшем горячие газообразные продукты горения передают свое тепло исходному топливу.

Для решения поставленной задачи необходимо обеспечить равномерную по сечению реактора степень переработки топлива и равномерность перемещения его в соответствующие зоны. Поставленная задача на существующем уровне техники решена лишь путем использования движущихся элементов в горячей зоне шахтной печи (US-A-4732091 (Gould)).

Вместе с тем, широко известным устройством являются вращающиеся печи. Они широко

используются для обжига цемента, для сжигания отходов. Вращение печи обеспечивает равномерное перемешивание перерабатываемого материала под действием собственного веса.

Известно применение вращающейся печи для осуществления процесса газификации, например, описанное в патенте США 247322, выданном 30.09.1881. Из патентной заявки US-2005051066 известен метод газификации твердого топлива в режиме прямотока газ/твердый материал с использованием вращающейся печи. В патенте США 3990865 (Cybriwsky&Petersen) описан процесс газификации, осуществляемый во вращающейся слегка наклонной печи, в которой сторона ввода исходного материала находится выше стороны выгрузки материала. Твердый углеродсодержащий материал непрерывно подают во вращающуюся печь. Проходя по печи, материал, загружаемый при температуре ниже 315°C, проходит зоны предварительного нагревания, выхода летучих и постепенно нагревается до 871°C, и при этой температуре теряет склонность к агломерации, и далее поступает в зону газификации, куда под перемешиваемый слой подается окисляющая среда, содержащая пар, в результате чего образуются горючие газы, содержащие углеводороды, которые выводят со стороны печи, в которую загружают топливо.

При вращении печи перерабатываемая шихта эффективно перемешивается под действием собственного веса. Однако в существующих вращающихся печах процесс горения протекает преимущественно над поверхностью шихты. Ни в одном из процессов газификации, проводимых в таких печах, не реализуются условия эффективного межфазного теплообмена, присущие плотному пористому слою. Настоящее изобретение позволяет сочетать преимущества процесса в плотном слое - эффективный межфазный теплообмен и перемешивание перерабатываемого материала под действием собственного веса при вращении реактора, присущее вращающимся обжиговым печам.

Для решения поставленной задачи эффективного проведения противоточной газификации в плотном слое и стабилизации процесса горения в реакторе проводят загрузку конденсированного горючего в цилиндрический реактор, при этом в реакторе создается плотный слой топливной загрузки, подают в реактор, в ту его часть, где накапливаются твердые продукты переработки, кислородсодержащий газифицирующий агент, и проводят в реакторе газификацию топлива путем последовательного его пребывания в зонах сушки, пиролиза, горения и газификации, охлаждения в потоке газа, фильтрующегося сквозь плотный слой топлива противотоком к перемещению топлива вдоль оси реактора; при этом, с целью стабилизации процесса горения в реакторе и обеспечения равномерного пребывания топлива в плотном слое в вышеуказанных зонах, цилиндрический реактор располагают с наклоном его оси под углом к горизонту и приводят его во вращение таким образом, что происходит пересыпание материала в направлении, перпендикулярном оси реактора, и вдоль оси реактора и происходит заполнение пустот, образующихся при выгорании низкоплотных материалов. Газифицирующий агент при этом подают со стороны нижерасположенного конца цилиндрического реактора, а продукт-газ отбирают от противоположного конца.

Наклон оси цилиндрического реактора выбирают в пределах от 22 до 65 градусов к горизонту. При выборе угла наклона меньше указанного нижнего предела не образуется плотного слоя сыпучего материала в наклонном реакторе. Напротив, образуется слой твердого топлива, над которым устанавливается газовый поток. При этом газовый поток не фильтруется сквозь топливо и не реализуется основное преимущество газификации в плотном слое - высокая эффективность межфазного теплообмена, а также не обеспечивается равномерность протекания процесса по сечению реактора. При выборе угла наклона более указанного верхнего предела не обеспечивается должное перемешивание твердого материала в случае образования «прогаров».

Наилучшее сочетание условий перемещения топлива вдоль оси реактора и равномерности строения зоны горения достигается при выборе угла наклона оси реактора к горизонту от 40 до 50 градусов.

Предпочтительно, период вращения реактора должен быть достаточно мал, чтобы

обеспечить перемешивание материала в зоне горения. Это позволяет реализовать предлагаемый процесс при меньшей длине реактора. Для достижения эффективного воздействия вращения на весь объем материала, находящегося в зоне горения, при условии, что размеры зоны горения вдоль оси реактора по порядку величины не

5 превышают D - диаметр проходного сечения реактора (м), необходимо обеспечить достаточную скорость вращения реактора. Если объемная скорость выгрузки твердого остатка переработки составляет V ($\text{м}^3/\text{ч}$), то среднее время пребывания твердого остатка в зоне горения составит приблизительно $\pi D^3/4V$ (ч). Период вращения реактора T

10 предпочтительно должен составлять не более чем приблизительно $D^3/4V$ (ч), чтобы обеспечить не менее чем трехкратное перемешивание материала за время, что он находится в зоне горения.

Предпочтительно, перерабатываемое топливо должно представлять собой твердый кусковой материал, который достаточно проницаем для фильтрующегося газового потока. При недостаточной проницаемости топлива, в частности при переработке

15 мелкодисперсных, жидких или пастообразных топлив, совместно с топливом в реактор загружают кусковой твердый негорючий материал, который обеспечивает как равномерную газопроницаемость топливной загрузки в реакторе, так и улучшает условия перемешивания материала в зоне горения в случае образования прогаров. В случае переработки жидких или пастообразных материалов не обязательно требуется проводить предварительное их

20 смешение с твердым кусковым материалом перед загрузкой в реактор, поскольку равномерное перемешивание загрузки обеспечивается при вращении реактора. Для обеспечения условий перемешивания материалов в зонах пиролиза и горения, предпочтительно, добавляемый в шихту твердый инертный материал должен отличаться по плотности от перерабатываемого топлива.

25 Процесс осуществляется в устройстве для газификации конденсированного твердого топлива, включающем загрузочное устройство, цилиндрический реактор, разгрузочное устройство, устройство подачи газифицирующего агента, вывод продукта-газа, привод вращения реактора, уплотнения, обеспечивающие газоплотность реактора при вращении, причем цилиндрический реактор установлен с углом наклона оси к горизонту в пределах

30 от 22 до 65 градусов, загрузочное устройство и вывод продукта-газа расположены в верхней части реактора, а разгрузочное устройство и устройство подачи газифицирующего агента - в нижней части реактора. Предпочтительно, угол наклона вращающегося реактора к горизонту составляет от 40 до 50 градусов.

Для обеспечения продвижения топлива вдоль оси реактора при вращении последнего

35 необходимо контролируемо удалять из реактора твердый остаток горения. Предпочтительно, это осуществляется за счет естественного высыпания твердого сыпучего материала из отверстий в боковой стенке реактора при его вращении. Размер отверстий и их число выбираются такими, чтобы порция твердого материала, высыпаящаяся при

40 каждом обороте, была согласована с необходимым объемом выгрузки материала. При этом число отверстий должно быть не менее двух, а их линейный размер - не более половины внутреннего диаметра реактора, чтобы обеспечить равномерность выгрузки твердого остатка горения по сечению реактора. Твердый остаток горения свободно высыпается из реактора в разгрузочное устройство, например шлюз или гидрозатвор, которое обеспечивает удаление твердого остатка при сохранении газоплотности

45 устройства.

Предпочтительно, отверстия на боковой поверхности реактора снабжены устройствами, регулирующими просвет отверстий, например, в виде регулируемых заслонок.

Альтернативно, разгрузка реактора может осуществляться через конус, снабженный

50 отверстием по оси реактора, закрепленный в нижней части последнего, причем диаметр отверстия составляет менее половины внутреннего диаметра реактора.

Для того чтобы обеспечить последовательное пребывание топлива в зонах нагревания, пиролиза, горения и остывания, необходимо обеспечить достаточную длину цилиндрического реактора. С тем чтобы соответствующие зоны могли разместиться в

реакторе, необходимо выполнение следующего соотношения между геометрическими размерами реактора: $L \cdot \sin \alpha > 3 \cdot D$, где L - длина вращающегося реактора, α - угол наклона оси реактора к горизонту, а D - внутренний диаметр реактора.

Поддержание верхнего уровня загрузки в реакторе по мере расходования топлива при пироллизе, сгорании и выгрузке может осуществляться как посредством измерения фактического уровня (например, с помощью радиационного датчика) и выдачи команды на загрузку очередной порции топлива, так и с помощью загрузочного устройства, которое включает вертикальный цилиндр с диаметром менее диаметра вращающегося реактора, помещенный нижним концом внутрь верхней части реактора. С подобным загрузочным устройством уровень загрузки топлива в реакторе поддерживается постоянным за счет просыпания топлива из вертикальной трубы по мере его расходования в реакторе.

Далее настоящее изобретение раскрывается на примере одного из возможных воплощений процесса, схематично представленного на чертеже.

Конденсированное топливо "F", при необходимости предварительно измельченное и с добавлением твердого негорючего материала, загружают в реактор 1 через загрузочное устройство 2, включающее шлюзовую камеру 3. Топливо поступает в реактор через вертикальный цилиндр 4. При этом уровень перерабатываемого топлива в реакторе поддерживается постоянным, поскольку при вращении реактора 1 происходит высыпание топлива из цилиндра 4, восполняющее расходование материала при сгорании и выгрузке золы. Материал в реакторе проходит последовательно через зону сушки 5, зону пироллиза 6, зону горения 7 и зону охлаждения 8. Твердый остаток горения "R" по мере вращении реактора высыпается в отверстия 9, снабженные заслонками 10, и затем непрерывно или порционно выгружается через газоплотное разгрузочное устройство - в примере изображенном на рисунке - гидрозатвор 11. Соотношение просветов отверстий 9, скорости вращения реактора и расхода окислителя, подаваемого в реактор, обеспечивает скорость выгрузки твердого остатка переработки, при которой положение зоны горения в реакторе остается постоянным - в средней части реактора. Воздух "A", при необходимости совместно с водяным паром, подается компрессором 12 в нижнюю часть реактора. Продукт-газ "G" отбирают в верхней части реактора и направляют для дальнейшего использования, которое может включать очистку и сжигание его в энергетическом устройстве. Температуры в соответствующих зонах непрерывно измеряют, и когда температуры выходят за предписанные оптимальные пределы, производят подстройку управляющих параметров, как то: скорости вращения реактора, скорости подачи воздуха в реактор, скорости подачи пара. Наличие достаточного количества топлива в загрузочном устройстве измеряется датчиком уровня и по мере его исчерпания проводится загрузка свежих порций через шлюз 3. Для согласования скорости выгрузки твердого остатка переработки производят регулировку просветов отверстий 9, увеличивая просвет, когда скорость разгрузки больше желаемой, и уменьшая в противоположном случае.

Благодаря вращению реактора под углом к горизонту происходит перемешивание материала прежде всего в зонах пироллиза и горения, где имеет место существенное уменьшение объема топлива и образуются пустоты. При вращении под углом к горизонту реактора прогары, образующиеся при выгорании низкоплотных материалов, заполняются обрушивающимися под действием силы тяжести порциями несгоревшего материала, что и обеспечивает стабилизацию процесса горения в реакторе.

Далее изобретение иллюстрируется на следующем примере.

В экспериментальном лабораторном реакторе, выполненном из кварца, проводилась газификация смеси опилок с крошкой шамотного кирпича 2:1 по массе. Угол наклона оси реактора к горизонту варьировали от 5 до 90 градусов. Непосредственное наблюдение показывает, что при угле наклона оси менее 22 градусов не реализуется фильтрация газового потока сквозь плотный слой топлива - происходит образование полости вдоль верхней образующей реактора, в которой газовый поток устремляется над поверхностью топлива. При вертикальном расположении реактора через короткое время его работы в слое горючего образуются прогары вдоль стенок реактора и в итоге один из них

«прорастает» до поверхности загрузки. При этом продукт-газ начинает сгорать непосредственно над поверхностью загрузки в реакторе. При отклонении оси реактора от вертикали постепенно начинают проявляться обрушения выгоревших полостей в прогаре при вращении реактора. При угле оси к горизонтали менее 65 градусов удается полностью

подавить выход прогаров на поверхность и обеспечить стабилизацию зоны горения в средней части реактора. Во всем диапазоне углов, при котором стабилизируется зона горения, наблюдается устойчивое сгорание продукта-газа в факеле, а в твердом остатке горения не обнаруживается недогоревшего углерода. Наилучшая стабилизация фронта горения достигается при угле наклона оси от 40 до 50 градусов, при этом размер зоны горения вдоль оси реактора не превышает половины диаметра реактора. Для реализации стабильного фронта требовалось осуществлять вращение со скоростью, превышающей некоторую заданную для каждого угла наклона. Оценка показывает, что для стабилизации зоны горения необходимо неоднократное перемешивание материала за время прохождения расстояния вдоль оси реактора, примерно равного диаметру последнего.

Таким образом, настоящее изобретение, в отличие от известных методов, предлагает эффективный способ газификации конденсированных горючих с высоким выходом горючего газа и высокой энергетической эффективностью.

Настоящее изобретение описано без ограничений и допускает дальнейшие усовершенствования в его общих рамках.

Формула изобретения

1. Способ переработки конденсированного органического топлива путем газификации, включающий загрузку топлива в цилиндрический реактор, подачу в реактор газифицирующего агента, содержащего кислород, со стороны реактора, где происходит накопление твердых продуктов переработки, перемещение загруженного топлива вдоль оси реактора, вывод твердых продуктов переработки из реактора, вывод из реактора продуктов сушки, пиролиза и горения в виде продукт-газа таким образом, что газификация проводится посредством последовательного пребывания топлива в зоне нагревания и сушки, зоне пиролиза, зоне горения (окисления) и зоне охлаждения, а газовый поток фильтруется через слой загруженного топлива, проходя последовательно зону охлаждения, зону горения, зону пиролиза и зону нагревания и сушки, отличающийся тем, что процесс горения в плотном слое стабилизируют, производя вращение реактора вокруг оси, наклонной по отношению к горизонту под углом в пределах от 22 до 65°.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что угол наклона реактора к горизонту поддерживают в пределах от 40 до 50°.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что скорость вращения реактора вокруг оси выбирают из соотношения $T < D^3/4V$, где T - период вращения (ч), D - диаметр проходного сечения реактора (м), V - объемная скорость выгрузки из реактора твердого остатка горения (м³/ч).

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что совместно с перерабатываемым топливом в реактор загружают твердый кусковой негорючий материал.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что в реактор загружают твердый кусковой негорючий материал с плотностью, отличающейся от плотности перерабатываемого топлива.

6. Устройство для переработки конденсированного топлива по любому из пп.1-5, включающее вращающийся цилиндрический реактор, установленный под углом к горизонту в пределах от 22 до 65°, привод вращения реактора, загрузочное устройство и вывод продукт-газа в верхней части реактора, разгрузочное устройство и устройство подачи газифицирующего агента - в нижней части реактора, уплотнения, обеспечивающие газоплотность реактора при вращении.

7. Устройство по п.6, отличающееся тем, что угол наклона оси реактора к горизонту составляет от 40 до 50°.

8. Устройство по п.6, отличающееся тем, что в нижней части цилиндрической

поверхности реактора имеется два или более отверстий с линейным размером не более половины внутреннего диаметра реактора.

9. Устройство по п.8, отличающееся тем, что отверстия на боковой поверхности реактора снабжены устройствами, изменяющими просвет отверстий, например, в виде регулируемых заслонок.

10. Устройство по п.6, отличающееся тем, что в нижней части цилиндрической поверхности реактора имеется конус, снабженный отверстием, расположенным на оси реактора, имеющим диаметр менее половины внутреннего диаметра реактора.

11. Устройство по п.6, отличающееся тем, что длина реактора удовлетворяет условию $L \cdot \sin \alpha > 3D$, где L - длина реактора, α - угол наклона оси реактора к горизонту, а D - внутренний диаметр реактора.

12. Устройство по п.6, отличающееся тем, что загрузочное устройство включает вертикальный цилиндр с диаметром меньше диаметра реактора, помещенный нижним концом внутрь верхней части реактора.