

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F23B 90/06 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2020111443, 18.03.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.03.2020Дата регистрации:
11.11.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.03.2020

(45) Опубликовано: 11.11.2020 Бюл. № 32

Адрес для переписки:

443110, г. Самара, ул. Челюскинцев, 12, кв. 138,
Солонин Марк Семенович

(72) Автор(ы):

Солонин Марк Семенович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Солонин Марк Семенович (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 188334 U1, 08.04.2019. RU 185863
U1, 20.12.2018. RU 123499 U1, 27.12.2012. RU
2679992 C1, 14.02.2019. RU 2631808 C2,
26.09.2017. WO 2018098377 A1, 31.05.2018. WO
2006117579 A1, 09.11.2006. EP 2985527 A1,
17.02.2016.

(54) ГОРЕЛКА ПОЛНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к теплоэнергетике. Техническим результатом, для достижения которого предлагается заявляемая полезная модель, является экологически чистое, стабильное, исключаящее возможность плавления золы сжигание агро-пеллет и/или отходов растениеводства в устройстве, не имеющем подвижных частей в зоне горения.

Указанный технический результат достигается

тем, что летучие сжигаются в отдельном, пространственно отделенном от слоя пеллет отсеке, а раскаленные продукты сгорания летучих используются для восстановительной газификации угольного/коксового остатка, при этом для снижения температуры в зону восстановительной газификации подается водяной пар.

Полезная модель относится к теплоэнергетике, в частности - к устройствам для сжигания топливных гранул (пеллет), изготовленных из отходов растениеводства (лузга подсолнечника, солома, рисовая шелуха, стебли и початки кукурузы и.т.п.).

Использование древесины и отходов растениеводства в качестве возобновляемого источника тепловой энергии является одним из важнейших направлений развития мировой экономики, а производство устройств для сжигания биотоплива стало одним из наиболее быстро развивающихся секторов промышленности. Среди множества видов биотоплива опережающими темпами растет использование пеллет (прессованных топливных гранул). Этот вид топлива привлекает потребителей удобством хранения и транспортировки, возможностью использования для его подачи в котел и сжигания механизированных и даже полностью автоматизированных устройств.

Наиболее перспективным представляется использование так называемых "агро-пеллет", изготавливаемых из отходов растениеводства (соломы, лузги подсолнечника, пшеничной, ржаной и рисовой шелухи, стеблей и початков кукурузы и.т.п.). Сырье для производства агро-пеллет в огромном количестве накапливается практически во всех обитаемых регионах планеты; в большинстве случаев это сырье имеет нулевую или даже "минусовую" стоимость (ни одно животное не способно питаться шелухой, а ее утилизация методом закапывания в грунт требует затрат). Тем не менее, несмотря на столь очевидные преимущества использования отходов растениеводства для производства топливных гранул, агро-пеллеты составляют менее 5% от общего объема потребления пеллетного топлива в странах ЕС.

Главной и практически единственной причиной, тормозящей использование агро-пеллет, является присущая им низкая температура плавления золы: химический состав минерального содержимого отходов растениеводства существенно отличается от химического состава древесного топлива (в первом случае преобладают оксиды щелочных металлов), что и обуславливает температуру плавления золы порядка 900 С, а для некоторых видов сырья (пшеничная солома, лоза винограда) - до 800 С. Учитывая, что типичная температура слоя интенсивно горящего древесного угля (кокса) достигает 900-1000 и более градусов С, зола растительного топлива плавится, растекается, перекрывает воздухоподающие отверстия, срывает процесс горения, а после угасания пламени застывает в виде куска жесткого шлака ("коржа") произвольной формы, что окончательно выводит из строя горелочное устройство.

Из существующего уровня техники известны горелки для сжигания агро-пеллет, в которых механическое разрушение "коржа" шлака осуществляется возвратно-поступательным движением элементов колосниковой решетки (PL 126627, KR 20170119041), специальными зубцами, периодически входящими снизу вверх в прорези колосниковой решетки (PL 123114), поворотом колосниковой решетки на 180 град. в направлении неподвижной плиты с зубцами (PL 41154215), вращением стенок цилиндрической камеры сгорания вокруг неподвижной колосниковой решетки (KR 101125278), вращением крюка-скребка ("кочерги") внутри камеры сгорания (GR 20120100052).

Общим недостатком всех этих устройств является наличие подвижных элементов в зоне горения, т.е. в зоне высоких (до 1000 С) температур. Это вынуждает использовать жаропрочные стали, специальные подшипники и смазки, что неизбежно повышает стоимость горелки, сокращает срок службы и повышает вероятность поломок. Кроме того, механическое разрушение "коржа", хотя и позволяет обеспечить работоспособность горелки, не решает проблему потери значительной части (до 15-25% у разных видов агро-отходов) угля/кокса, который слипается с расплавленной

золой и затем выбрасывается из горелки вместе с обломками "коржа".

Известна горелка газифицирующая (RU 188334 U1), в которой твердое сыпучее топливо (пеллеты) движется по кольцевому каналу, образованному корпусом горелки и центральной (цилиндрической или конической) вставкой, а уголь (кокс), образующийся после выхода летучих, подвергается полной восстановительной газификации водяным паром по формуле $C + H_2O = H_2 + CO$. Так как необходимая для паро-угольной газификации температура (650-750 C) ниже температуры плавления самой легкоплавкой золы, то при правильной организации работы устройства (режим подачи топлива и пара) плавления золы и образования "коржей" в кольцевом канале можно избежать вовсе. Горение смеси летучих и продуктов паро-угольной газификации происходит в кольцевой камере сгорания, которая размещена вокруг корпуса; время нахождения (пролета) частичек золы в камере сгорания составляет десятые доли секунды, поэтому, несмотря на очень высокую температуру (порядка 1300 C) в камере сгорания, зола не успевает расплавиться и сформировать твердые агломераты.

Главным достоинством данного устройства (принятого в качестве прототипа) является устранение самой причины плавления золы, что гораздо эффективнее, нежели дорогостоящие и ненадежные способы борьбы со следствием (вращающаяся кочерга и/или подвижные колосники для разрушения "коржа" спекшейся золы). Испытания экспериментальной горелки подтвердили ее принципиальную работоспособность и отсутствие плавления золы.

Главным недостатком устройства является то, что прогрев слоя газифицируемого угля/кокса теплом из камеры сгорания осуществляется за счет кондуктивной теплопроводности и ИК-излучения. Оба эти механизма имеют низкую эффективность, т.к. древесный уголь обладает очень низкой теплопроводностью, а ИК-излучение быстро затухает внутри плотного слоя частичек угля. Математическое моделирование поля температур, а затем и эксперимент показали, что ширина кольцевого канала в 50-60 мм является практическим пределом, при превышении которого прогреть слоя угля до необходимой по условиям паро-угольной газификации температуры (650-700C) не удастся, что, в свою очередь, накладывает ограничения как на максимальную мощность горелки, так и на возможности транспортировки сыпучей среды через узкий кольцевой канал.

Кроме того, использование водяного пара в качестве единственного химического агента газификации угля делает необходимым достаточно большой расход воды (порядка 20-30% от массы пеллет), и на испарение такого количества воды безвозвратно расходуется порядка 5-10% от полного тепловыделения, что снижает в конечном итоге экономическую эффективность устройства.

Техническим результатом, для достижения которого предлагается заявляемая полезная модель, является экологически чистое, стабильное, исключающее возможность плавления золы сжигание агро-пеллет и/или отходов растениеводства в устройстве, не имеющем подвижных частей в зоне горения.

Указанный технический результат достигается тем, что в горелке полной газификации, содержащей корпус в виде осе-симметричного короба, камеру сгорания в виде осе-симметричного стакана, установленного вокруг корпуса так, что дно стакана размещается выше верхнего торца корпуса, осе-симметричную центральную вставку, установленную внутри и вдоль оси корпуса, а также устройство подачи сыпучего топлива, установленное на нижнем торце корпуса, коллекторы подачи первичного и вторичного воздуха с сопловыми аппаратами для выхода воздуха, парогенератор и трубопровод подвода пара, устройства регулирования подачи пара, воздуха и топлива.

Упомянутая осе-симметричная центральная вставка выполнена в виде пустотелого замкнутого тонкостенного короба, имеющего на боковой поверхности две группы сквозных отверстий, расположенных у нижнего и верхнего торцов короба; внутри и вдоль оси упомянутой вставки расположен коллектор подачи первичного воздуха с сопловыми отверстиями; при этом расстояние между нижней и верхней группами отверстий на боковой поверхности вставки в 3 и более раз больше радиального зазора между боковой поверхностью вставки и внутренней поверхностью стенки корпуса.

Выходное отверстие трубопровода подвода пара может быть размещено внутри верхней части упомянутой центральной вставки.

В верхней части стенки корпуса могут быть выполнены сквозные отверстия.

Нижняя половина стенки корпуса может быть выполнена из жаропрочной керамики.

На внутреннюю поверхность стенки камеры сгорания может быть нанесено жаропрочное теплоизоляционное покрытие.

Сопловые отверстия упомянутого коллектора подачи первичного воздуха могут быть расположены выше нижней группы упомянутых отверстий на боковой поверхности центральной вставки.

Указанные конструктивные решения обеспечивают достижение заявленного технического результата и в своей совокупности не встречаются ни в одной из известных горелок для сжигания топливных гранул, таким образом заявляемая полезная модель соответствует критерию новизны.

Заявляемое устройство может быть изготовлено на стандартном оборудовании с использованием известных и традиционных для производства горелочных устройств технологических процессов и материалов. Таким образом, заявляемая полезная модель соответствует критерию промышленной применимости.

Конструкция заявляемой горелки поясняется эскизом Фиг. 1, на котором изображен продольный разрез устройства.

Горелка содержит корпус 1 в виде осе-симметричного короба (например, цилиндрической трубы с коническим участком на входе); центральную осе-симметричную (например цилиндрическую с коническим нижним днищем) вставку 2, выполненную в виде пустотелого замкнутого тонкостенного короба, имеющего на боковой поверхности две группы сквозных отверстий, расположенных у нижнего и верхнего торцов; камеру сгорания 3 в виде осе-симметричного стакана, установленного вокруг корпуса так, что дно стакана размещается выше верхнего торца корпуса; коллектор (например, в виде цилиндрической трубы) подачи первичного воздуха 4, коллектор подачи вторичного воздуха 5, трубопровод подвода пара 6, установленный так, что выходное отверстие трубопровода находится внутри верхней части упомянутой осе-симметричной вставки. Горелка устанавливается внутри топки 8, имеющей выходное окно 7, соединенное с дымососом (на эскизе не показан).

Горелка работает следующим образом. Мелкодисперсное топливо 9 (агро-пеллеты, рубленая солома, шелуха подсолнечника и т.п.) из внешнего бункера (на эскизе не показан) поступает в устройство подачи топлива 10 (например, шнековый транспортер) и принудительно движется снизу вверх через кольцевой канал, образованный боковой поверхностью вставки 2 и внутренней поверхностью корпуса 1.

Факел пламени, горящий внутри камеры сгорания 3, через стенку корпуса 1 нагревает топливо в нижней (первой по ходу движения топлива) части кольцевого канала до температуры 300-500 С. При этой температуре начинается и активно протекает процесс пиролиза (сухой возгонки) топлива, при этом газифицируется порядка 60-80% массы топлива). Указанная температура значительно ниже температуры плавления даже

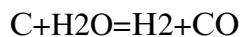
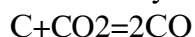
самой легкоплавкой золы, поэтому шлакования золы и образования "коржей" в зоне пиролиза не происходит.

Под воздействием разрежения, создаваемого дымососом внутри топки 8, газообразные продукты пиролиза (т.н. "летучие") устремляются вверх, к выходу из корпуса. Они могут двигаться как через слой топлива в кольцевом канале, так и через внутреннюю полость центральной вставки. Так как газодинамическое сопротивление высокого слоя мелко-дисперсного топлива существенно больше, нежели сопротивление внутри пустотелого короба, то большая часть летучих через нижнюю группу сквозных отверстий на боковой стенке поступает во внутреннюю полость центральной вставки.

Оптимальной по условиям работы устройства является подача внутрь центральной вставки порядка 50-60% летучих, что достигается подбором соответствующего размера отверстий в нижней части центральной вставки и расстояния между нижней и верхней группами отверстий; при этом слой топлива в кольцевом канале на участке между нижней и верхней группами отверстий выполняет роль "динамической заслонки", регулирующей долю летучих, поступающих вовнутрь центральной вставки. Расчет показывает, что для обеспечения устойчивой работы горелки расстояние между нижней и верхней группами отверстий должно быть в 3 и более раз больше радиального зазора между боковой поверхностью вставки и внутренней поверхностью стенки корпуса.

Внутри центральной вставки летучие смешиваются с воздухом, поступающим из коллектора подачи первичного воздуха 4, и воспламеняются. Подача первичного воздуха регулируется устройством системы управления (на эскизе не показан) таким образом, чтобы внутри центральной вставки формировалась "богатая смесь" (коэффициент избытка воздуха менее 1,0); таким образом обеспечивается как надежное воспламенение, так и отсутствие воздуха/кислорода в продуктах сгорания. Отверстия выхода первичного воздуха могут быть расположены выше нижней группы отверстий на боковой поверхности центральной вставки, что обеспечит беспрепятственное поступление летучих внутрь центральной вставки.

Горение летучих (первичное горение) разогревает короб центральной вставки, что служит дополнительным источником тепла для нагрева топлива в кольцевом канале. Раскаленные продукты первичного сгорания (углекислый газ CO₂ и водяной пар H₂O) под воздействием разрежения, создаваемого дымососом внутри топки 8, выходят из центральной вставки через верхнюю группу отверстий и попадают в кольцевой канал, который в этой (верхней) части заполнен частицами древесного угля/кокса, образовавшегося после пиролиза исходного растительного топлива. Двигаясь (фильтруясь) через слой угля, продукты первичного сгорания интенсивно разогревают уголь в кольцевом канале до температуры (700-900 С), при которой становится возможным устойчивое протекание реакций восстановительной газификации угля:



Важно отметить, что конвективный нагрев потоком раскаленных продуктов сгорания позволяет прогреть уголь в кольцевом канале практически любой (из реально возможной по соображениям компоновки изделия) ширины, что выгодно отличает заявляемое устройство от прототипа, в котором ширина канала ограничена условиями кондуктивной теплопередачи.

Продукты восстановительной газификации, а также та меньшая часть летучих, которые двигались внутри кольцевого канала, под воздействием разрежения, создаваемого дымососом внутри топки 8, выходят из корпуса, поступают во внутреннюю полость камеры сгорания 3, смешиваются со вторичным воздухом,

поступающим из коллектора 5, и воспламеняются. Продукты вторичного сгорания под воздействием разрежения, создаваемого дымососом, через выходное окно 7 поступают в теплообменник (на эскизе не показан) и далее через дымосос и дымовую трубу выбрасываются в атмосферу. Поскольку горение всей органической массы топлива происходит исключительно и только в газовой фазе (без этапа горения твердого древесного угля/кокса), заявляемое устройство может обеспечить максимально полное сжигание топлива и минимальные выбросы угарного газа (СО) и угольной пыли (сажи).

Пылевидная зола (порядка 2-7% массы исходного топлива), остающаяся после полной газификации топлива, потоком газов выносится из кольцевого канала в камеру сгорания и далее под действием силы тяжести падает в отсек для сбора золы, расположенный на дне топki (на эскизе не показан). Так как время нахождения золы внутри факела пламени в камере сгорания исчисляется долями секунды, зола не успевает расплавиться и создать твердые агломераты - какой бы высокой ни была температура внутри камеры сгорания. В дальнейшем эта зола (поскольку она накапливается в виде мелкодисперсного порошка, а не окаменевшего "коржа") может быть использована в качестве эффективного калийного удобрения для растениеводства.

Подача дополнительной воды (пара) от внешнего источника становится необходимой только в случае использования очень сухого топлива с особо низкой температурой плавления золы (например, пеллет из пшеничной соломы). В этом случае пар от внешнего источника (на эскизе не показан) через трубопровод подвода пара 6 подается в верхнюю часть внутренней полости центральной вставки; там он смешивается с продуктами первичного сгорания и через верхние отверстия в центральной вставке поступает в кольцевой канал. Поступление водяного пара от внешнего источника позволяет уменьшить долю летучих, сжигаемых внутри центральной вставки, что приводит к общему снижению температуры процесса; кроме того, водяной пар, температура которого составляет не более 120-200 С, сам по себе охлаждает продукты первичного сгорания. В любом случае, расход пара от внешнего источника будет существенно меньшим, чем в устройстве прототипе.

В верхней части боковой стенки корпуса могут быть выполнены сквозные отверстия, наличие которых улучшает газодинамические условия прохода продуктов первичного сгорания через слой угля в кольцевом канале.

Нижняя часть стенки корпуса может быть выполнена из жаропрочной керамики достаточно большой (50 мм и более) толщины, что будет служить аккумулятором тепла, наличие которого сглаживает случайные колебания температуры топлива в кольцевом канале, делая процесс пиролиза (сухой возгонки) более стабильным.

На внутреннюю поверхность стенки камеры сгорания может быть нанесено жаропрочное теплоизоляционное покрытие (например, из шамотной керамики). Это обеспечивает долговечность изделия, а также улучшает качество вторичного сгорания (по современным научным представлениям на шероховатой поверхности керамической стенки камеры сгорания формируются тысячи микроскопических факелов горения, что повышает качество смешения компонентов горючей смеси и обеспечивает максимально возможную полноту сгорания).

(57) Формула полезной модели

1. Горелка полной газификации, содержащая корпус в виде осесимметричного короба, камеру сгорания в виде осесимметричного стакана, установленного вокруг корпуса так, что дно стакана размещается выше верхнего торца корпуса, осесимметричную центральную вставку, установленную внутри и вдоль оси корпуса, а также устройство

подачи сыпучего топлива, установленное на нижнем торце корпуса, коллекторы подачи первичного и вторичного воздуха с сопловыми аппаратами для выхода воздуха, парогенератор и трубопровод подвода пара, устройства регулирования подачи пара, воздуха и топлива, отличающаяся тем, что упомянутая осесимметричная центральная вставка выполнена в виде пустотелого замкнутого тонкостенного короба, имеющего на боковой поверхности две группы сквозных отверстий, расположенных у нижнего и верхнего торцов короба; внутри и вдоль оси упомянутой вставки расположен коллектор подачи первичного воздуха с сопловыми отверстиями; при этом расстояние между нижней и верхней группами отверстий на боковой поверхности вставки в 3 и более раз больше радиального зазора между боковой поверхностью вставки и внутренней поверхностью стенки корпуса.

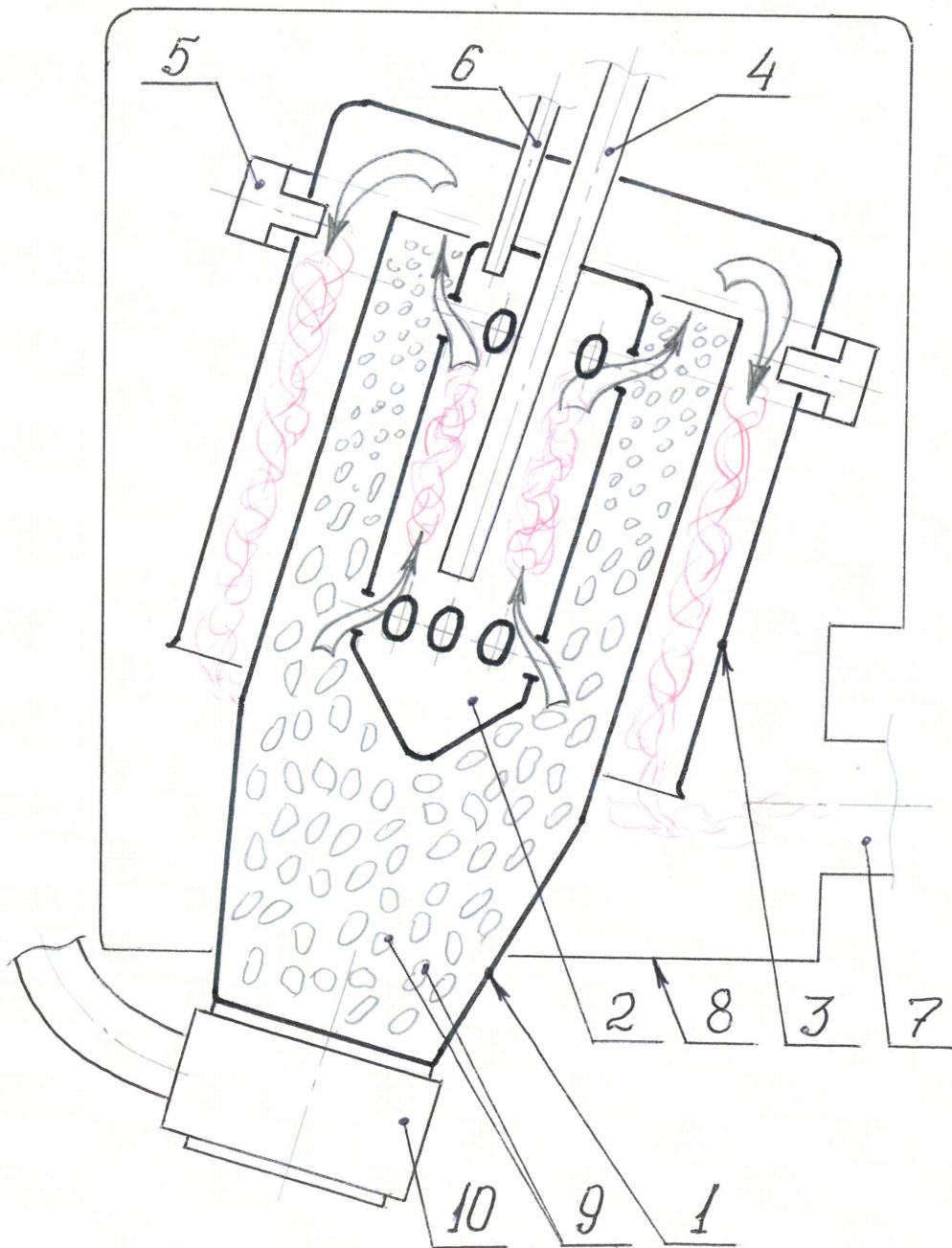
2. Горелка по п. 1, отличающаяся тем, что выходное отверстие трубопровода подвода пара размещено внутри верхней части упомянутой центральной вставки.

3. Горелка по п. 1, отличающаяся тем, что в верхней части стенки корпуса имеются сквозные отверстия.

4. Горелка по п. 1, отличающаяся тем, что нижняя половина стенки корпуса выполнена из жаропрочной керамики.

5. Горелка по п. 1, отличающаяся тем, что на внутреннюю поверхность стенки камеры сгорания нанесено жаропрочное теплоизоляционное покрытие.

6. Горелка по п. 1, отличающаяся тем, что сопловые отверстия упомянутого коллектора подачи первичного воздуха расположены выше нижней группы упомянутых отверстий на боковой поверхности центральной вставки.



Фиг. 1