

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038251**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.07.30

(51) Int. Cl. *F23D 14/22* (2006.01)
F23D 99/00 (2010.01)

(21) Номер заявки
201992650

(22) Дата подачи заявки
2017.06.13

(54) **СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ИЛИ ЖИДКОГО
ТОПЛИВА**

(43) **2020.04.30**

(56) US-A1-2016201904
WO-A1-2010111217
WO-A1-2013023116

(86) PCT/EP2017/064412

(87) WO 2018/228677 2018.12.20

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)

(72) Изобретатель:
**Мадута Роберт, Штрёдер Михель,
Мунко Андреас (DE)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатъев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)**

(57) Изобретение относится к способу и соответствующему устройству для сжигания газообразного или жидкого топлива в камере сгорания, имеющей гидравлический диаметр D . Топливо, а также первичный окислитель вводят в камеру сгорания через фурму горелки, при этом топливо и первичный окислитель имеют определенную среднюю скорость u_1 при поступлении из фурмы горелки в камеру сгорания, причем вторичный окислитель вводят в камеру сгорания со средней скоростью u_2 через опускающую трубу. Фурма горелки находится в положении r так, что этому положению r соответствует расстояние $|d_1|$, определяемое как наименьшее расстояние между положением r и осевой линией a камеры сгорания, при этом расстояние $|d_1|$ от положения r до точки i пересечения осевой линии опускающей трубы и зоны S пересечения камеры сгорания и опускающей трубы меньше расстояния $|d_c|$ от места пересечения осевой линии камеры сгорания и кратчайшего соединения между положением r и осевой линией a камеры сгорания до точки i пересечения осевой линии с опускающей трубы и зоны S пересечения камеры сгорания и опускающей трубы.

B1**038251****038251 B1**

Настоящее изобретение относится к способу и к соответствующему узлу горелки для сжигания газообразного или жидкого топлива в камере сгорания, которая может иметь цилиндрическую форму с диаметром D сечения, при этом газообразное или жидкое топливо, а также первичный окислитель подаются в камеру сгорания со средней скоростью u_1 через фурму горелки (содержащую головку).

Вторичный окислитель со средней скоростью u_2 подают в камеру сгорания через опускающую трубу. Некоторые производственные процессы, такие как нагревание шихты в присоединенной печи, зависят от тепла, образующегося при сгорании топлива и окислителя. Как правило, в качестве топлива используют природный газ или нефтепродукты. В качестве окислителя обычно используют воздух, обедненный кислородом, кислород или воздух, обогащенный кислородом. Применяемые узлы горелок, как правило, содержат камеру сгорания с по меньшей мере одной фурмой горелки для подачи газообразного или жидкого топлива и первичного окислителя, а также могут содержать средства подачи вторичного окислителя, например опускающую трубу для подачи вторичного воздуха. Согласно известному уровню техники камера сгорания имеет горизонтальную осевую линию, опускающая труба для подачи вторичного воздуха имеет вертикальную осевую линию, пересекающую камеру сгорания, а фурма горелки имеет горизонтальную осевую линию и проходит по осевой линии камеры сгорания на закрытой концевой пластине указанной камеры (см., например, заявку US 2016/0201904 A1 на патент США).

По описанным далее причинам технологическая проблема таких узлов горелок заключается в неравномерном температурном профиле. Во-первых, неравномерный температурный профиль приводит к термическому напряжению на стенке камеры сгорания. Во-вторых, горячие зоны в пламени будут способствовать увеличению образования NO_x . Кроме того, неравномерный температурный профиль в камере сгорания обычно приводит к неравномерному температурному профилю в присоединенной печи, в которой шихта должна подвергаться тепловому воздействию. Это, в свою очередь, приводит к неравномерному качеству подвергаемой тепловой обработке шихты.

Последний довод следует пояснить более подробно применительно к обжигу пеллет в установках по производству железорудных пеллет. В данном случае в слое пеллет создается неравномерное распределение температуры в горизонтальном направлении, что обусловлено локальным образованием в печи горячих зон из-за конвекционного переноса тепла от пламени внутри камеры сгорания. Поскольку пламя занимает лишь ограниченное пространство, а окружающее пространство заполнено более холодным вторичным воздухом из опускающей трубы, наблюдается значительный температурный градиент вдоль радиуса камеры сгорания, в месте ее пересечения с печью, а также по ширине самой печи. Когда горячие зоны возникают в центре печи, т.е. в слое пеллет, наблюдается значительное отличие в качестве пеллет по ширине печи.

Как правило, снижения выбросов NO_x можно добиться путем подачи смеси окислителя и топлива. В патенте США № 8202470 B2 описан узел горелки обжиговой печи, воздушный канал которой проходит к нагревательной секции. Струю подогретого рециркуляционного воздуха подают по каналу в направлении нагревательной секции так, что указанная струя смешивается с топочным газом с образованием горячей смеси, которая воспламеняется в указанном канале. Это достигается путем подачи в канал топочного газа, подаваемого в потоке, который до поступления в канал не образует горячей смеси с предварительно нагретым рециркуляционным воздухом.

В международной публикации WO 2015/018438 A1 описан узел горелки, в котором воздух для горения впрыскивается в камеру сгорания так, что он проходит через горелку, а затем отклоняется так, что поток предварительно нагретого воздуха горения и небольшие потоки топлива и первичного воздуха протекают, главным образом, параллельно от горелки до печи по смесительным трубам в камеру сгорания для смешивания с воздухом горения.

Однако описанные решения не защищают элементы камеры сгорания от значительного локального термического напряжения. Кроме того, в указанных документах не рассматривается основное влияние температурного градиента, а описаны лишь попытки предотвратить образование горячих зон с очень высокой температурой, которые являются причиной больших выбросов NO_x .

Таким образом, целью данного изобретения является обеспечение более равномерной температуры газа во всей печи.

Данная проблема решена благодаря способу согласно п.1 формулы изобретения.

Данный способ включает подачу газообразного или жидкого топлива и первичного окислителя в камеру сгорания через фурму горелки. Каждая из текучих сред в указанной фурме, например, топливо и первичный окислитель, подают с определенной скоростью, при этом один поток может проходить быстрее, чем другой (на входе в камеру сгорания). Среднюю скорость в фурме горелки на входе в камеру сгорания определяют как u_1 . Кроме того, в камеру сгорания через опускающую трубу подают вторичный окислитель, имеющий среднюю скорость u_2 (на входе в камеру сгорания). Камера сгорания обычно имеет форму цилиндра с диаметром D сечения и является симметричной относительно осевой линии (а также может иметь другие формы).

Предпочтительно u_1 больше u_2 . Наиболее предпочтительно отношение u_1/u_2 находится в пределах от 0,1 до 20.

Существенным признаком данного изобретения является то, что фурму горелки устанавливают в

положении r (измеряемом от кончика фурмы горелки) так, что положению r соответствует расстоянию $|d_1|$, которое определяют как наименьшее расстояние между положением r и осевой линией камеры сгорания. Более того, расстояние $|d_1|$ от положения r до точки i пересечения осевой линии опускной трубы (на участке опускной трубы вблизи зоны S пересечения) и контактной поверхности камеры сгорания и опускной трубы меньше, чем расстояние $|d_c|$. Расстояние $|d_c|$ определяют как расстояние от места пересечения осевой линии камеры сгорания и кратчайшего соединения между положением r и осевой линией а камеры сгорания до места i пересечения осевой линии опускной трубы и зоны S пересечения камеры сгорания и опускной трубы.

Предпочтительно фурму горелки располагают в положении r так, что положению r соответствует наименьшее расстояние $|d_1|$ до осевой линии камеры сгорания, причем $|d_1|$ определяется как

$$|d_1| = \left[1 - \left(d * \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] * \frac{D}{2}$$

Средняя скорость u_1 определяется как

$$u_2 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 * p_i * A_i}{\dot{m}_{ges}}$$

где v_i - скорость каждой отдельной текучей среды в фурме горелки, p_i - плотность каждой отдельной текучей среды в фурме горелки, A_i - поперечное сечение потока каждой отдельной текучей среды в указанной фурме при поступлении из указанной фурмы в камеру сгорания, а \dot{m}_{ges} - общий массовый расход в фурме горелки.

Отдельными текучими средами в фурме горелки, к примеру, могут быть топливо, первичный воздух, охлаждающий воздух, защитный воздух или смесь первичного воздуха и топлива.

Предпочтительно положению r соответствует наименьшее расстояние $|d_1|$ до осевой линии камеры сгорания, при этом d_1 имеет положительное значение и определяется как

$$d_1 = \left[1 - \left(d * \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] * \frac{D}{2}$$

при этом d находится в диапазоне от 0,05 до 0,15.

Вычислительное гидродинамическое моделирование (CFD) показало, что благодаря расположению фурмы в положении r согласно данному изобретению температурный градиент $|\Delta T|$, рассчитываемый как $|\Delta T| = T_{\text{поверхности слоя пеллет, макс}} - T_{\text{поверхности слоя пеллет, мин}}$, составляет менее 10К. Данное значение гораздо ниже, чем получаемое в известном уровне техники, согласно которому $|\Delta T|$ обычно составляет до 40К. Причина такого улучшения заключается во взаимодействии пламени и зоны рециркуляции в камере сгорания.

Благодаря расположению фурмы горелки в более высоком положении r относительно осевой линии камеры сгорания так, что расстояние между нижним концом опускной трубы и осевой линией фурмы горелки уменьшается, обеспечивается отклонение пламени. Это отклонение происходит в зоне рециркуляции за счет перенаправления предварительно нагретого вторичного окислителя из опускной трубы в камеру сгорания. Пламя, которое согласно настоящему изобретению образуется в несколько более высоком местоположении из-за изменения положения фурмы горелки, втягивается в зону рециркуляции и в конечном итоге отклоняется. В результате такого отклонения изменяется угол, под которым получаемый горячий топочный газ соединяется с топочным газом из расположенной напротив камеры сгорания. Согласно уровню техники траектория потока самой горячей части топочного газа в печи направлена вниз, а в соответствии с данным изобретением эта траектория направлена вверх.

Дополнительным преимуществом данного изобретения является снижение температуры в самой горячей части стенки камеры сгорания: в стандартных конфигурациях согласно уровню техники более высокие температуры наблюдаются у нижней стенки камеры сгорания, что вызвано некоторым отклонением пламени внутри камеры сгорания по направлению к ее нижней части. В конфигурации согласно данному изобретению обеспечивается значительно большее расстояние от пламени до нижней стенки, за счет чего температура нижней стенки снижается. Это снижает риск термических повреждений и даже может способствовать повышению производительности горелки.

Согласно данному изобретению предложено новое расположение фурмы горелки, при этом значение безразмерного коэффициента d находится в диапазоне от 0,05 до 0,15, предпочтительно в диапазоне от 0,075 до 0,125 и наиболее предпочтительно в диапазоне от 0,09 до 0,11. При обычном использовании узла горелки в соответствии с уровнем техники, когда фурма горелки расположена на осевой линии камеры сгорания, коэффициент d находится в диапазоне от 0,2 до 0,3.

Если значение коэффициента d превышает 0,15, расстояние между пламенем и зоной рециркуляции является слишком большим, и в результате отклонения пламени не происходит. Если значение коэффициента d меньше 0,05, то расстояние между пламенем и зоной рециркуляции является слишком малым, следовательно, температура газа в зоне рециркуляции значительно увеличивается. Таким образом, температура верхней стенки возрастает, что может привести к термическим повреждениям.

Предпочтительно средняя скорость u_1 составляет менее 200 м/с, предпочтительно находится в диапазоне от 70 до 140 м/с. Таким образом, обеспечен допустимый перепад давления в фурме или ее головке

и, соответственно, меньшее образование NOx.

Более того, согласно данному изобретению для обеспечения эффективного распределения топлива предпочтительно подавать вторичный окислитель в камеру сгорания со средней скоростью u_2 , которая составляет от 10 до 35 м/с.

В сущности в качестве окислителя можно использовать любой газ с любым содержанием кислорода. Однако для экономии чаще всего используют воздух или воздух, обогащенный кислородом. Согласно приведенному далее описанию в качестве первичного и вторичного окислителя используют воздух.

Другим значимым параметром является общий воздушный коэффициент λ , при этом

$$\lambda = \frac{\dot{m}_{air}}{\dot{m}_{stoich}}$$

где \dot{m}_{air} - общий массовый расход впрыскиваемого воздуха (первичного и вторичного воздуха), а \dot{m}_{stoich} - массовый расход воздуха, требуемый для стехиометрической реакции с впрыскиваемым топливом. Предпочтительно значение λ находится в диапазоне от 1,2 до 12, предпочтительно от 2 до 6,5.

По тем же причинам коэффициент \dot{m}_{prim} для первичного воздуха, рассчитываемый как

$$\lambda_{prim} = \frac{\dot{m}_{air-prim}}{\dot{m}_{stoich}}$$

находится в диапазоне от 0,05 до 2, при этом $\dot{m}_{air-prim}$ - массовый расход впрыскиваемого первичного воздуха.

Мощность типовой фурмы горелки находится в диапазоне от 2 до 6 МВт, что обеспечивает возможность ее использования в обычных промышленных печах.

Данное изобретение также относится к узлу горелки, обладающему признаками, указанными в п.10 формулы изобретения.

Указанный узел горелки содержит камеру сгорания цилиндрической, прямоугольной или другой формы, которая имеет осевую линию и гидравлический диаметр D . По меньшей мере одну фурму горелки используют для подачи газообразного или жидкого топлива и первичного окислителя со средней скоростью u_1 , а одну опускную трубу используют для подачи вторичного окислителя со средней скоростью u_2 .

Существенным признаком настоящего изобретения является то, что фурму горелки устанавливают в положении r (измеряемом от кончика фурмы горелки) так, что положению r соответствует расстояние $|d_1|$, определяемое как наименьшее расстояние между положением r и осевой линией камеры сгорания. Кроме того, расстояние $|d_1|$ от положения r до места пересечения осевой линии опускной трубы с зоной S пересечения камеры сгорания и опускной трубы меньше, чем расстояние $|d_c|$. Расстояние $|d_c|$ определяют как расстояние от места пересечения осевой линии камеры сгорания и кратчайшего соединения между положением r и осевой линией а камеры сгорания до точки i пересечения осевой линии опускной трубы и зоны S пересечения камеры сгорания и опускной трубы.

Предпочтительно фурму горелки располагают в положении r так, что в положении r обеспечено наименьшее расстояние $|d_1|$ до осевой линии камеры сгорания, причем $|d_1|$ определяют как

$$|d_1| = \left[1 - \left(d * \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] * \frac{D}{2} \\ \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 * \rho_i * A_i}{\dot{m}_{ges}}$$

Среднюю скорость u_1 определяют как $u_1 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 * \rho_i * A_i}{\dot{m}_{ges}}$, где v_i - скорость каждой отдельной текучей среды в фурме горелки, ρ_i - плотность каждой отдельной текучей среды в фурме горелки, A_i - поперечное сечение потока каждой отдельной текучей среды в фурме горелки при поступлении из указанной фурмы в камеру сгорания, а \dot{m}_{ges} - общий массовый расход в фурме горелки.

Благодаря обеспечению угла α наклона фурмы горелки относительно осевой линии камеры сгорания может быть усилено положительное влияние зоны рециркуляции на параметры пламени и на распределение температуры в печи. Данный угол α наклона не должен превышать 12° , предпочтительно он должен быть меньше 10° , поскольку в противном случае пламя войдет в непосредственный контакт с верхней стенкой камеры сгорания. В наиболее предпочтительном случае угол α наклона выбирают так, чтобы фурма горелки и, соответственно, головка горелки были ориентированы в направлении опускной трубы.

Обычно диаметр D камеры сгорания составляет от 0,5 до 1,8 м для обеспечения легкой установки в промышленных печах.

Наиболее предпочтительно, чтобы в печи для обжига пеллет было обеспечено по меньшей мере два узла горелки по любому из пп.11-13, которые предпочтительно расположены симметрично. Благодаря обеспечению вихря в печи может быть усилено перемешивание и, в результате, может быть получен еще более равномерный температурный профиль, что, в свою очередь, способствует однородности качества пеллет. Вихрь возникает благодаря измененному углу соударения горячих газов сгорания, поступающих из двух противоположно расположенных камер сгорания. Сам измененный угол соударения получают в результате расположения фурмы горелки (для топлива и первичного окислителя) на большей высоте, что

приводит к отклонению пламени из-за частичной интерференции пламени в зоне рециркуляции, находящейся на верхней стенке камеры сгорания.

Горячие газы из пламени изменяют направление несколько раз благодаря плоскостям симметрии, протекая к следующей горелке в одном потоке, а также ударяют по стенкам печи. В результате возникает значительное завихрение, благодаря которому обеспечивается улучшенное смешивание потоков и, в конечном счете, равномерное распределение температуры топочного газа над слоем пеллет. Таким образом, зона рециркуляции, в которой обеспечивается отклонение пламени, не подвергается значительному нагреванию горячими газами от пламени.

Таким образом, горячая зона может быть смещена от плоскости симметрии печи к боковым стенкам печи, что является преимущественным, поскольку потери тепла вблизи боковых стенок печи больше, чем в плоскости симметрии печи.

Новое положение фурмы горелки согласно данному изобретению может быть легко обеспечено путем установки соответствующих узлов горелки, благодаря чему обеспечена возможность оптимизации уже существующих установок. Реализация данного изобретения является гораздо более экономичной по сравнению с другими возможными решениями для существующих установок, поскольку конструкция опускной трубы может быть сохранена такой же, как в известном уровне техники, т.е. с вертикальной осевой линией в ее нижней части. В результате, угол между осевой линией нижней части опускной трубы и осевой линией камеры сгорания составит 90° , поскольку камера сгорания, как правило, имеет горизонтальную осевую линию.

Нижняя часть опускной трубы не обязательно должна быть расположена под углом 90° относительно камеры сгорания и может быть наклонена, в результате чего значения углов могут быть меньше или больше 90° . Точное значение для наклона не важно, поскольку зона рециркуляции может быть образована при широком диапазоне возможных углов наклона. Однако изменение угла опускной трубы в существующей печи для обжига пеллет мало возможно из-за ограничений в пространстве и по стоимости.

Далее приведено более подробное описание настоящего изобретения, основанное на следующем описании предпочтительных вариантов выполнения и чертежах. Все описанные или проиллюстрированные признаки составляют объект данного изобретения, независимо от их комбинации в формуле изобретения или их обратной ссылки. Если конкретнее, далее приведено сравнение конструкции согласно уровню техники и модифицированной конструкции со ссылками на чертежи, поясняющие изменения в характере пламени, вихревой эффект, а также распространение горячих и холодных зон на выходе печи.

На чертежах

фиг. 1 изображает конструкцию печи для обжига пеллет согласно уровню техники, с акцентированием внимания на параметрах потока,

фиг. 2 изображает конструкцию печи для обжига пеллет согласно уровню техники, с акцентированием внимания на температурном профиле в печи,

фиг. 3 изображает первый вариант конструкции печи для обжига пеллет согласно данному изобретению, с акцентированием внимания на параметрах потока,

фиг. 4 изображает первый вариант конструкции печи для обжига пеллет согласно данному изобретению, с акцентированием внимания на температурном профиле в печи,

фиг. 5 изображает второй вариант конструкции печи для обжига пеллет согласно данному изобретению, с акцентированием внимания на параметрах потока,

фиг. 6 изображает второй вариант конструкции печи для обжига пеллет согласно данному изобретению, с акцентированием внимания на температурном профиле в печи.

На фиг. 1 показана типовая конструкция печи для обжига пеллет, в частности печи для обжига железорудных пеллет согласно уровню техники. Узел 1 горелки согласно уровню техники, например, такой как описан в заявке US 2016/0201904 A1 на патент США, показан в разрезе.

Узел 1 горелки содержит камеру 2 сгорания, которая имеет цилиндрическую форму с диаметром D сечения и, следовательно, является симметричной относительно ее осевой линии a . Камера 2 сгорания работает как зона реакции пламени.

Как показано слева на фиг. 1, камера 2 сгорания открывается в печь 3. На противоположной стороне расположена фурма 4 горелки в положении o . Фиг. 1 иллюстрирует конструкцию согласно известному уровню техники, в которой положение o находится на осевой линии a , в результате чего расстояние $|d_1|$ равно 0.

Печь 3 выполнена так, что в ней используется два узла горелки, расположенные напротив друг друга, как показано с помощью плоскости b симметрии.

Через фурму 4 в камеру 2 сгорания впрыскивают жидкое или газообразное топливо, а также первичный окислитель, предпочтительно воздух. Как правило, также обеспечен блок управления или оборудование (не показано) для управления подачей топлива и первичного воздуха в камеру сгорания.

Основное количество окислителя обычно впрыскивается через опускную трубу 5, по которой вторичный окислитель, например, предварительно нагретый воздух, протекает вниз в камеру 2 сгорания. В нижней части опускной трубы осевая линия c проходит вблизи зоны S пересечения указанной трубы с

камерой 2 сгорания. Место пересечения осевой линии с и зоны S пересечения обозначено как положение i. Как показано стрелками 11, до образования зоны 12 рециркуляции вторичный окислитель проходит мимо фурмы 4 и пламени 7.

Внутри печи 3 топочный газ, поступающий из камеры 2 сгорания, протекает вниз (как показано стрелками 13), например, к слою 6 пеллет.

На фиг. 2 показана в целом такая же конструкция. Однако вместо линий потока газа на фиг. 2 показан упрощенный температурный профиль в печи, например, над слоем 6 пеллет. В данном случае T_1 обозначает горячую зону, а T_2 обозначает более холодную зону. Как правило, разность температур между этими двумя зонами составляет по меньшей мере 40К.

Для сравнения на фиг. 3 показаны горелка и узел печи согласно данному изобретению. Как описано выше, фурма 4 горелки находится в положении p, в котором обеспечено наименьшее расстояние $|d_1|$ до осевой линии а камеры 2 сгорания, причем d_1 определяют как

$$d_1 = \left[1 - \left(d * \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] * \frac{D}{2},$$

причем значение d находится в диапазоне от 0,05 до 0,15. Если d_1 имеет положительное значение, положение p в этом случае будет ближе к опускной трубе, чем в случае, когда d_1 имеет отрицательное значение.

Как показано на фиг. 3, пламя 7 взаимодействует с зоной 12 рециркуляции так, что в печи 3 обеспечиваются параметры потока с высокой турбулентностью.

В результате внутри печи 3 обеспечено более эффективное перемешивание газового потока, и поэтому на фиг. 4 показан более однородный температурный профиль, проиллюстрированный в виде зоны T_1 (горячая зона) и зоны T_2 (более холодная зона), которые имеют приблизительно одинаковый размер, при этом согласно вычислительному гидродинамическому моделированию (CFD) максимальное значение разности температур между T_1 и T_2 составляет 10К.

Изображения на фиг. 5 и 6 соответствуют изображениям на фиг. 3 и 4 с разницей в том, что фурма горелки установлена под наклоном. Угол α наклона измеряют между осевой линией а камеры сгорания и осевой линией фурмы 4 горелки.

Условные обозначения

- 1 - узел горелки
- 2 - камера сгорания
- 3 - печь
- 4 - фурма горелки
- 5 - опускная труба
- 6 - слой пеллет
- 7 - пламя
- 11 - поток вторичного окислителя
- 12 - зона рециркуляции
- 13 - поток газа в печи
- T_1 - температура в горячей зоне
- T_2 - температура в более холодной зоне
- a - осевая линия камеры сгорания
- α - угол наклона
- b - плоскость симметрии печи
- c - осевая линия опускной трубы (вблизи зоны S пересечения)
- D - диаметр сечения камеры сгорания
- d - безразмерный коэффициент
- $|d_1|$ - наименьшее расстояние от положения p до осевой линии а камеры сгорания
- i - пересечение осевой линии с опускной трубы и зоны S пересечения камеры сгорания и опускной трубы
- o - положение фурмы горелки согласно уровню техники
- p - положение фурмы горелки согласно данному изобретению
- S - зона пересечения камеры (2) сгорания и опускной трубы (5)
- u_1 - средняя скорость в фурме горелки на входе в камеру сгорания
- u_2 - средняя скорость вторичного окислителя в опускной трубе

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Узел горелки, содержащий камеру (2) сгорания, имеющую осевую линию (a) и гидравлический диаметр (D), фурму (4) горелки, предназначенную для подачи топлива и первичного окислителя в камеру (2) сгорания со средней скоростью u_1 при поступлении из фурмы (4) горелки в камеру (2) сгорания, при этом средняя скорость u_1 определяется как

$$u_1 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 * \rho_i * A_i}{\dot{m}_{ges}}$$

где v_i - скорость каждой отдельной текучей среды в указанной фурме,
 ρ_i - плотность каждой отдельной текучей среды в указанной фурме,
 A_i - поперечное сечение потока каждой отдельной текучей среды в указанной фурме при поступлении из указанной фурмы в камеру сгорания, а
 \dot{m}_{ges} - общий массовый расход в указанной фурме,
 при этом указанный узел выполнен так, что топливо и первичный окислитель имеют определенную среднюю скорость u_1 при поступлении из фурмы (4) горелки в камеру (2) сгорания, измеряемую на кончике указанной фурмы, при этом узел горелки содержит опускающую трубу (5), выполненную с возможностью подачи в камеру (2) сгорания вторичного окислителя со средней скоростью u_2 , отличающийся тем, что фурма (4) горелки расположена так, что расстояние ($|d_1|$), определяемое как наименьшее расстояние между кончиком (р) фурмы горелки и осевой линией (а) камеры сгорания меньше расстояния ($|d_c|$) от точки пересечения осевой линии (а) камеры сгорания и кратчайшей линии, соединяющей кончик (р) фурмы горелки и осевую линию (а) камеры сгорания, до точки (i) пересечения осевой линии с опускающей трубой и зоны (S) пересечения камеры (2) сгорания и опускающей трубы (5),
 при этом значение $|d_1|$ является таким, что

$$|d_1| = \left[1 - \left(d * \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] * \frac{D}{2},$$

где d находится в диапазоне от 0,05 до 0,15.

2. Узел по п.1, отличающийся тем, что фурма (4) горелки расположена относительно осевой линии (а) камеры сгорания под углом (α), максимальное значение которого составляет 12° .

3. Узел по п.1 или 2, отличающийся тем, что фурма (4) горелки ориентирована в направлении опускающей трубы (5).

4. Узел по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что диаметр (D) камеры (2) сгорания составляет от 0,5 до 1,8 м.

5. Способ сжигания газообразного или жидкого топлива в узел горелки по п.1, в котором топливо и первичный окислитель подают в камеру (2) сгорания через фурму (4) горелки со средней скоростью u_1 , а вторичный окислитель подают в камеру (2) сгорания через опускающую трубу (5) со средней скоростью u_2 .

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что значение d находится в диапазоне от 0,09 до 0,11.

7. Способ по п.5 или 6, отличающийся тем, что в качестве первичного и/или вторичного окислителя используют воздух.

8. Способ по любому из пп.5-7, отличающийся тем, что средняя скорость u_1 составляет менее 200 м/с.

9. Способ по любому из пп.5-8, отличающийся тем, что вторичный окислитель подают в камеру (2) сгорания со средней скоростью u_2 , которая составляет от 10 до 35 м/с.

10. Способ по любому из пп.5-9, отличающийся тем, что общий воздушный коэффициент λ , определяемый как

$$\lambda = \frac{\dot{m}_{air}}{\dot{m}_{stoich}}$$

находится в диапазоне от 1,2 до 12, где

\dot{m}_{air} - общий массовый расход впрыскиваемого воздуха (первичного и вторичного воздуха), а

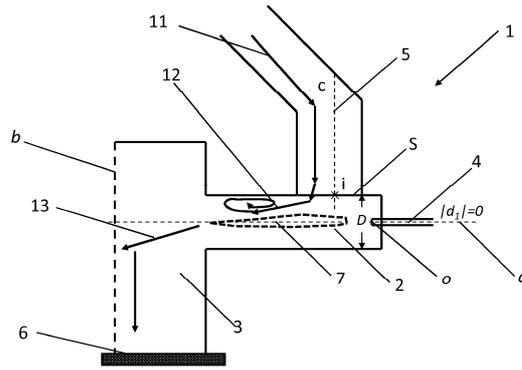
\dot{m}_{stoich} - массовый расход воздуха, требуемый для стехиометрической реакции с впрыскиваемым топливом.

11. Способ по любому из пп.5-10, отличающийся тем, что коэффициент λ_{prim} для первичного воздуха, определяемый как

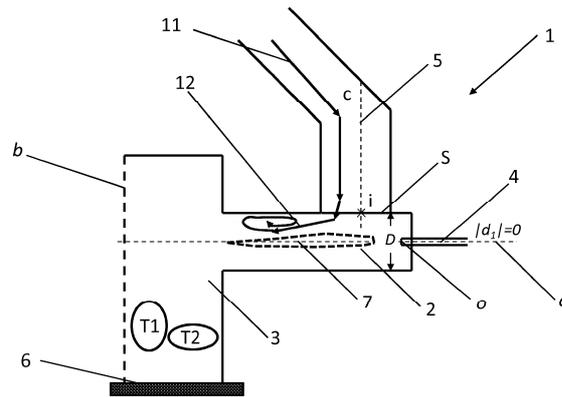
$$\lambda_{prim} = \frac{\dot{m}_{air-prim}}{\dot{m}_{stoich}}$$

находится в диапазоне от 0,05 до 2, где $\dot{m}_{air-prim}$ - массовый расход впрыскиваемого первичного воздуха.

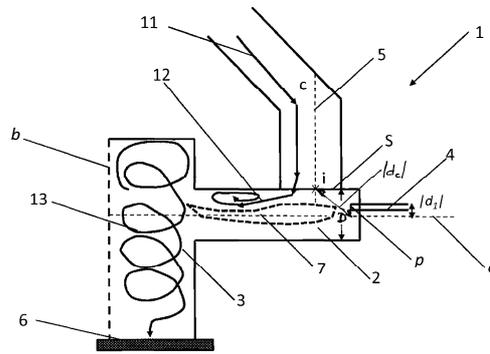
12. Способ по любому из пп.5-11, отличающийся тем, что теплотворная способность, обеспечиваемая фурмой горелки, находится в диапазоне от 2 до 6 МВт.



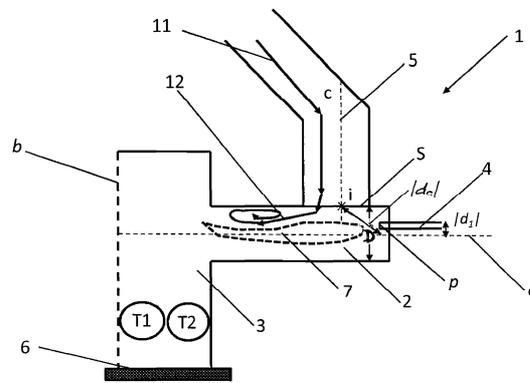
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

