



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК
F23D 14/12 (2006.01)
F23C 9/00 (2006.01)
F23L 15/04 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009110247/06, 10.08.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.08.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
24.08.2006 US 60/839,869

(43) Дата публикации заявки: 27.09.2010 Бюл. № 27

(45) Опубликовано: 27.06.2011 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: GB 1207275 A, 30.09.1970. RU 2227248 C2, 20.04.2004. RU 2260746 C2, 20.09.2005. SU 926429 A, 07.05.1982. RU 51711 U1, 27.02.2006. JP 57074508 A, 10.05.1982.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 24.03.2009

(86) Заявка РСТ:
EP 2007/007101 (10.08.2007)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/022722 (28.02.2008)

Адрес для переписки:
101000, Москва, М.Златоустинский пер., 10,
кв.15, пат.пов. И.А.Веселицкой, рег. № 11

(72) Автор(ы):
**ГРАФ Ф. ШВАЙНИТЦ Хорст (DE),
ШУПЕ Вольфрам (DE)**

(73) Патентообладатель(и):
**ЭЛЬСТЕР ГМБХ (DE),
ЛОИ ТЕРМПРОЦЕСС ГМБХ (DE)**

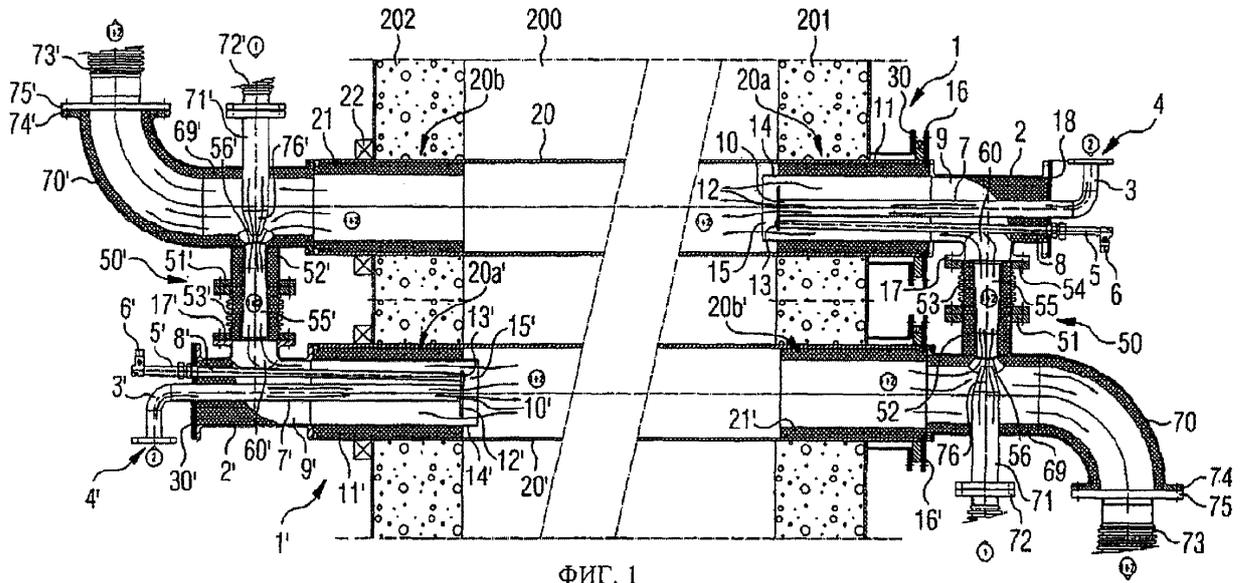
(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО РАДИАЦИОННОГО НАГРЕВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕЧИ

(57) Реферат:
Изобретение относится к устройству радиационного нагрева промышленной печи с использованием излучаемого тепла. Устройство радиационного нагрева промышленной печи содержит узел (1) первой горелки, включающий первую горелку (2), образующую горячий отходящий газ за счет сжигания топлива с воздухом горения, первый воздухоподатчик (60), через который в первую горелку (2) подается приточный воздух, и первую вытянутую трубу (20) радиационного нагрева, которая включает задний конечный

участок (20a), связанный с первой горелкой (2), и передний конечный участок (20b), отстоящий от заднего конечного участка (20a) с возможностью прохода горячего отходящего газа, образованного первой горелкой (2), от заднего конечного участка (20a) к переднему конечному участку (20b) первой трубы (20) радиационного нагрева и передачи на этом пути тепловой энергии трубчатой стенке первой трубы (20) радиационного нагрева, узел (1') второй горелки, включающий вторую горелку (2'), образующую горячий отходящий газ за счет сжигания топлива с воздухом

горения, второй воздухоподатчик (60'), через который во вторую горелку (2') подается приточный воздух, и вторую вытянутую трубу (20') радиационного нагрева, которая включает задний конечный участок (20a'), связанный со второй горелкой (2'), и передний конечный участок (20b'), отстоящий от заднего конечного участка (20a) с возможностью прохода горячего отходящего газа, образованного второй горелкой (2'), от заднего конечного участка (20a) к переднему конечному участку (20b') второй трубы (20') радиационного нагрева и передачи на этом пути тепловой энергии трубчатой стенке второй трубы (20') радиационного нагрева, первый соединительный элемент (50), соединяющий задний конечный участок (20a) первой трубы (20) радиационного нагрева с передним конечным участком (20b') второй трубы (20') радиационного нагрева, так что, по меньшей мере, часть отходящего газа, образованного во второй трубе (20') радиационного нагрева, может передаваться в

первую горелку (2) и повторно сжигаться с использованием первой горелки (2), второй соединительный элемент (50'), соединяющий задний конечный участок (20a') второй трубы (20') радиационного нагрева с передним конечным участком (20b) первой трубы (20) радиационного нагрева, так что, по меньшей мере, часть отходящего газа, образованного в первой трубе (20) радиационного нагрева, может передаваться во вторую горелку (2') и повторно сжигаться с использованием второй горелки (2'). Каждый соединительный элемент снабжен инжекционным соплом (76, 76'), втягивающим отходящий газ из связанной с ним трубы (20, 20') радиационного нагрева. Инжекционное сопло (76, 76') выполнено с возможностью подвижной регулировки, обеспечивающей регулирование количества отходящего газа, втягиваемого из связанной с ним трубы (20, 20') радиационного нагрева. Изобретение позволяет снизить содержание NO_x в продуктах сгорания. 5 н. и 18 з.п. ф-лы, 7 ил.



ФИГ. 1

RU 2 4 2 2 7 2 6 C 2

RU 2 4 2 2 7 2 6 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
F23D 14/12 (2006.01)
F23C 9/00 (2006.01)
F23L 15/04 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2009110247/06, 10.08.2007**

(24) Effective date for property rights:
10.08.2007

Priority:

(30) Priority:
24.08.2006 US 60/839,869

(43) Application published: **27.09.2010 Bull. 27**

(45) Date of publication: **27.06.2011 Bull. 18**

(85) Commencement of national phase: **24.03.2009**

(86) PCT application:
EP 2007/007101 (10.08.2007)

(87) PCT publication:
WO 2008/022722 (28.02.2008)

Mail address:
**101000, Moskva, M.Zlatoustinskij per., 10, kv.15,
pat.pov. I.A.Veselitskoj, reg. № 11**

(72) Inventor(s):

**GRAF F. ShVAJNITTs Khorst (DE),
ShUPE Vol'fram (DE)**

(73) Proprietor(s):

**EhL'STER GMBKh (DE),
LOI TERMPROTsESS GMBKh (DE)**

(54) **METHOD AND DEVICE OF RADIATION HEATING OF INDUSTRIAL FURNACE**

(57) Abstract:

FIELD: power industry.

SUBSTANCE: radiation heating device of industrial furnace includes assembly (1) of the first burner, which includes the first burner (2) forming hot exit gas due to fuel combustion with combustion air, the first air supplying device (60) through which plenum air is supplied to the first burner (2), and the first tube (20) of radiation heating, which includes rear end section (20a) connected to the first burner (2), and front end section (20b) located at some distance from rear end section (20a) with possibility of passage of hot exit gas, which is formed with the first burner (2), from rear end section (20a) to front end section (20b) of the first tube (20) of radiation heating and transfer on this way of heat energy to tubular wall of the first tube (20) of radiation heating, assembly (1') of the second burner, which includes the second burner (2') forming hot exit gas owing to fuel combustion with

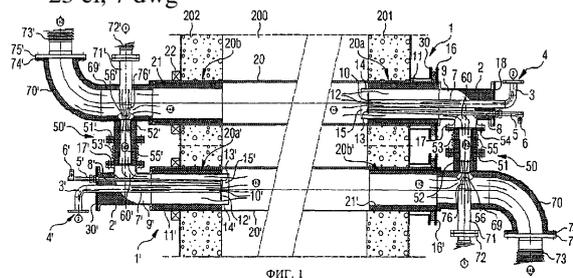
combustion air, the second air supplying device (60') through which plenum air is supplied to the second burner (2'), and the second tube (20') of radiation heating, which includes rear end section (20a') connected to the second burner (2') and front end section (20b') located at some distance from rear end section (20a) with possibility of passage of hot exit gas, which is formed with the second burner (2'), from rear end section (20a') to front end section (20b') of the second tube (20') of radiation heating and transfer on this way of heat energy to tubular wall of the second tube (20') of radiation heating; the first connecting element (50) connecting rear end section (20a) of the first tube (20) of radiation heating to front end section (20b') of the second tube (20') of radiation heating so that at least some amount of exit gas, formed in the second tube (20') of radiation heating can be transferred to the first burner (2) and again combusted by using the first burner (2), the second connecting element (50')

attaching rear end section (20a') of the second tube (20') of radiation heating to front end section (20b) of the first tube (20) of radiation heating so that at least some amount of exit gas formed in the first tube (20) of radiation heating can be transferred to the second burner (2') and again combusted by using the second burner (2'). Each connecting element is equipped with injection nozzle (76, 76') which injects exit gas from tube (20, 20') of radiation heating, which is connected to it. Injection nozzle (76, 76') is provided with possibility of movable adjustment providing the control of the amount of exit gas drawn from tube (20, 20') of radiation

heating, which is connected to it.

EFFECT: invention allows reducing NO_x content in combustion products.

23 cl, 7 dwg



RU 2 4 2 2 7 2 6 C 2

RU 2 4 2 2 7 2 6 C 2

Область техники

Настоящее изобретение относится к устройству радиационного нагрева промышленной печи, в котором тепло излучения подается в камеру печи через по меньшей мере две трубы радиационного нагрева.

Кроме того, изобретение относится к нагревательной системе промышленной печи, содержащей группу устройств радиационного нагрева упомянутого выше типа.

Например, такую нагревательную систему используют в промышленной печи, в которой камера печи имеет относительно большую длину, и в которой требуется в значительной степени однородный нагрев по всей длине печи. В частности, такие нагревательные системы могут быть использованы в печах, в которых материал непрерывно перемещается от входа печи к ее выходу, отстоящему от входа печи на значительном расстоянии.

Наконец, настоящее изобретение относится также к способу непрямого нагрева промышленной печи.

Предшествующий уровень техники

Хорошо известны нагревательные системы промышленных печей, непрямым образом обогревающие внутреннюю камеру печи с использованием теплового излучения. Для этой цели часто используют трубы радиационного нагрева, конструкция которых обычно представляет открытую с одного конца трубу или трубу U-образной формы, причем топливо сжигают в смеси с воздухом горения, используя горелку, помещенную во внутреннее пространство трубы. Камеру печи можно однородно подогреть, используя последовательность таких труб радиационного нагрева или U-образных труб.

Альтернативно применяют также так называемые рекуперативные горелки, в которых тепло отходящих газов используют для предварительного нагрева воздуха горения. С этой целью горелку и рекуператор соединяют с трубой радиационного нагрева. Часть отходящих газов, поступающих обратно в трубу радиационного нагрева, используют для предварительного нагрева приточного воздуха. В рекуператоре происходит теплообмен. Например, известна рекуперативная горелка фирмы LBE Feuerungstechnik GmbH/Germany, распространяемая под торговой маркой ECOMAX(R). Такие горелки применяют в промышленных печах прямого и непрямого (с использованием труб радиационного нагрева) подогрева. При использовании рекуперативных горелок можно достичь экономии значительного количества энергии в зависимости от модели горелки и способа работы.

Для полноты изложения можно сделать ссылку на документы DE 29923473 U1 и DE 4113412 C2, в которых раскрыты рекуперативные горелки, а также на документ DE 2920902 A1, в котором в общем описано устройство нагрева промышленной печи.

Краткое изложение сущности изобретения

В соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения предложено устройство радиационного нагрева, которое может быть использовано для подогрева промышленной печи. В соответствии с настоящим изобретением такое устройство радиационного нагрева может содержать узел первой горелки, включающий первый воздухоподатчик, и первую вытянутую трубу радиационного нагрева. Первая горелка предназначена для сжигания топлива. Первый воздухоподатчик доставляет в первую горелку приточный воздух, так что при работе горелки создается горячий отходящий газ. Первая вытянутая труба радиационного нагрева содержит задний конечный участок, связанный с первой горелкой, и передний конечный участок, отстоящий от заднего конечного участка. Горячий отходящий газ, созданный первой горелкой,

проходит от заднего конечного участка к переднему конечному участку первой трубы радиационного нагрева, и на этом пути тепловая энергия передается камере печи.

Конструкция узла второй горелки аналогична узлу первой горелки. Первый соединительный элемент соединяет задний конечный участок первой трубы радиационного нагрева с передним конечным участком второй трубы радиационного нагрева узла второй горелки, так что по меньшей мере часть отходящего газа, проходящего во второй трубе радиационного нагрева, передается в первую горелку и повторно сжигается с использованием первой горелки. Второй соединительный элемент соединяет задний конечный участок второй трубы радиационного нагрева с передним конечным участком первой трубы радиационного нагрева, так что по меньшей мере часть воздушной смеси, нагретой в первой трубе радиационного нагрева, передается во вторую горелку и повторно сжигается с использованием второй горелки.

Основная идея изобретения заключается в том, чтобы соединить друг с другом по меньшей мере две трубы радиационного нагрева, с каждой из которых соединена горелка, и подмешивать отходящий газ одной из труб радиационного нагрева, сохраняющий еще некоторое количество остаточной тепловой энергии, в горелку соседней трубы радиационного нагрева, чтобы тем самым значительно снизить содержание NOx. Таким образом впервые трубы радиационного нагрева могут быть проложены по всему поперечному сечению печи и, более того, работать с предварительно нагретым воздухом. В результате становится также возможным нагрев печи очень большой ширины. Следовательно, трубы радиационного нагрева могут проходить от одной стенки печи до противоположной стенки. В результате в данном случае упрощается установка и (или) крепление труб радиационного нагрева.

В частности, при применении настоящего изобретения в соответствии с первым его аспектом становится возможной спаренная работа труб радиационного нагрева, и отходящий газ из первой трубы радиационного нагрева подмешивается к приточному воздуху, используемому в горелке второй трубы радиационного нагрева. Более того, в частном варианте возможен также предварительный нагрев приточного воздуха до горения в первой горелке, и при таком нагреве происходит теплообмен с отходящим газом из второй трубы радиационного нагрева. При этом достигается возможность особо существенного снижения эмиссии NOx при одновременной высокой эффективности работы устройства нагрева, выполненного в соответствии с настоящим изобретением.

В другом частном варианте выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева вводится инжекционное сопло, служащее соединительным элементом, всасывающим из связанной с ним трубы радиационного нагрева отходящий газ, поступающий на передний конечный участок одной из труб радиационного нагрева. Благодаря конструкции инжекционного сопла и связанному с ним эффекту всасывания, достигается то, что по меньшей мере часть отходящего газа подается из первой или второй трубы радиационного нагрева на задний конечный участок другой трубы радиационного нагрева, где он затем проходит вместе с нагретым приточным воздухом, подогретым в рекуператоре или во второй или в первой трубе радиационного нагрева, через вторую или первую трубу радиационного нагрева и повторно отдает тепло.

В приводимом в качестве примера альтернативном варианте выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева инжекционное сопло выполнено таким образом, что может смещаться. В результате достигается возможность

регулирования количества отходящего газа, всасываемого из трубы радиационного нагрева, связанной с соплом. Такое регулирование может быть выполнено, например, за счет подвижного поворотного клапана, подвижного шибера и т.п.

5 В другом частном варианте выполнения устройства радиационного нагрева по настоящему изобретению первый и второй соединительные элементы содержат деталь регулируемой длины. Тем самым создается возможным образом компенсировать температурную разницу между трубами радиационного нагрева и изменять длину связывающего их соединительного элемента, чтобы избежать
10 повреждающего воздействия реактивных сил, прилагаемых к трубам радиационного нагрева. Деталь регулируемой длины может быть выполнена, например, в виде колоколообразной трубчатой детали переменной длины.

Другой частный вариант выполнения устройства радиационного нагрева по
15 настоящему изобретению отличается тем, что рекуператор установлен на каждом переднем конечном участке труб радиационного нагрева. Связанные с ними соответствующие горелки закреплены в области каждого заднего конечного участка трубы радиационного нагрева. Благодаря такой конструкции предлагаемого устройства радиационного нагрева создается возможность того, что после отдачи
20 некоторого количества тепловой энергии при движении вдоль трубы радиационного нагрева отходящий газ, образованный горелкой в трубе радиационного нагрева, направится к наружной поверхности соответствующего рекуператора и за счет этого предварительно нагреет приточный воздух, проходящий внутри рекуператора, прежде чем этот предварительно нагретый приточный воздух поступит затем в соседнюю
25 трубу радиационного нагрева, чтобы снова быть нагретым в ней с помощью соответствующей горелки.

Аналогичным образом в соответствии с еще одним иллюстративным вариантом выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева каждый рекуператор
30 снабжен своим собственным податчиком приточного воздуха, через который приточный воздух поступает во внутреннее пространство рекуператора. Более того, рекуператоры разработаны в соответствии с законами газодинамики, так что соответствующим образом поданный воздух нагревается все еще хранящим
35 остаточное тепло отходящим газом из соответствующей трубы радиационного нагрева и подается через соответствующий соединительный элемент на задний конечный участок трубы радиационного нагрева, связанной с рекуператором.

В другом частном варианте выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева введен также узел забора отходящего газа в области каждого заднего
40 конечного участка трубы радиационного нагрева, выполненный таким образом, что часть отходящего газа, поступающая на задний конечный участок трубы радиационного нагрева может передаваться через соединительный элемент в соседнюю трубу радиационного нагрева, так что этот отходящий может быть затем подогрет в соседней трубе радиационного нагрева с использованием соответствующей
45 горелки.

В еще одном частном варианте выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева рекуператор снабжен также выходным соплом, через которое приточный воздух, нагретый в рекуператоре, может быть подан в трубу
50 радиационного нагрева и (или) связанную с ней горелку. Более того, первый соединительный элемент, так же как второй соединительный элемент, содержит заборный раструб, и этот заборный раструб охватывает соответствующую наружную поверхность выходного сопла с некоторым зазором. Тем самым создается

возможность простым образом передавать предварительно нагретый приточный воздух, так же как часть отходящего газа из одной из излучающих тепло труб, в другую излучающую трубу. Работа такой конструкции основана на использовании эффекта всасывания.

5 Кроме того, в еще одном частном варианте предлагаемого устройства радиационного нагрева заборный раструб и связанное с ним выходное сопло расположены коаксиально друг относительно друга, что дополнительно усиливает эффект всасывания.

10 К тому же в дополнительном частном варианте выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева может быть введен по меньшей мере еще один рекуператор, связанный с по меньшей мере двумя узлами горелок. В результате предварительно нагретый приточный воздух может подаваться в группу излучающих труб, что более эффективно с точки зрения стоимости.

15 Кроме того, в еще одном частном варианте выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева первая труба радиационного нагрева и вторая труба радиационного нагрева приспособлены для монтажа в двух различных установочных положениях. Во втором установочном положении трубу радиационного нагрева поворачивают вокруг ее продольной оси на заданный угол относительно первого установочного положения, который может составлять, в частности, 180°. В результате этого создается возможность справиться с остаточными деформациями труб радиационного нагрева, возникающими по мере увеличения времени работы (эти деформации, в частности, происходят с трубами радиационного нагрева большой 25 длины). Следовательно, когда труба радиационного нагрева прогнется вниз на величину, превышающую заданную, ослабляют фиксированное крепление трубы радиационного нагрева, затем трубу поворачивают на 180° вокруг продольной оси и закрепляют снова. Под действием собственного веса трубы при высокой рабочей 30 температуре со временем происходит исчезновение выпуклости "вверх", и затем начинается накопление общей остаточной деформации "вниз". Таким путем общее время работы трубы радиационного нагрева может быть значительно продлено, обеспечивая экономический выигрыш. Закрепление труб радиационного нагрева в двух различных установочных положениях может быть использовано независимо от 35 других признаков, описанных выше и приведенных далее.

Кроме того, в еще одном частном варианте выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева первая труба радиационного нагрева и вторая труба радиационного нагрева установлены таким образом, что могут удлиняться и 40 укорачиваться в направлении соответствующих продольных осей. В этом случае первая труба радиационного нагрева и (или) вторая труба радиационного нагрева могут быть закрепленными в области или переднего конечного участка, или заднего конечного участка таким образом, чтобы по существу не иметь возможности продольного перемещения, а другой край трубы радиационного нагрева может быть, 45 например, закреплен с возможностью проскальзывания. В этом случае могут быть простым образом скомпенсированы изменения длины, вызванные колебаниями температуры, и устранено воздействие реактивных сил.

В еще одном частном варианте выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева первая труба радиационного нагрева и (или) вторая труба радиационного нагрева содержит (содержат) фланец, связанный с противоположным фланцем и таким образом формирующий крепежный узел, неперемещаемый в 50 направлении соответствующей продольной оси трубы радиационного нагрева. Таким

путем может быть выполнено описанное выше крепление с возможностью фиксации и освобождения, и это крепление обеспечено технически простым и экономически эффективным образом.

5 В соответствии с еще одной идеей настоящего изобретения предложена нагревательная система промышленной печи, содержащая группу устройств радиационного нагрева упомянутого выше типа. В этом случае патентуемая нагревательная система особенно применима для печей непрерывного действия или других печей подобного типа, в которых группа устройств радиационного нагрева, выполненных по настоящему изобретению, расположена бок о бок друг к другу по всей длине печи. Тогда сами трубы радиационного нагрева перекрывают всю ширину печи.

15 В приводимом в качестве примера варианте выполнения настоящего изобретения нагревательная система выполнена таким образом, что один рекуператор подает предварительно нагретый приточный воздух в группу труб радиационного нагрева. Предварительный нагрев приточного воздуха в рекуператоре производится с использованием еще горячих отходящих газов, поступающих из одной или более труб радиационного нагрева. Следовательно, может быть снижена стоимость конструкции, и тем не менее произведен предварительный подогрев приточного воздуха.

Еще одна идея настоящего изобретения относится к способу непрямого нагрева промышленной печи. Такой способ содержит по меньшей мере следующие операции:

- а) сжигают топливо и получают горячий отходящий газ с использованием первой горелки, скрепленной с первой трубой радиационного нагрева;
- 25 б) пропускают горячий отходящий газ по первой трубе радиационного нагрева от ее заднего конечного участка к ее переднему конечному участку с одновременной передачей излучаемого тепла камере печи;
- в) по меньшей мере часть отходящего газа, еще содержащего остаточную тепловую энергию, направляют от переднего конечного участка первой трубы радиационного нагрева на задний конечный участок второй трубы радиационного нагрева;
- г) топливо и отходящий газ, поступающий из первой трубы радиационного нагрева, сжигают и получают горячий отходящий газ с использованием второй горелки, скрепленной со второй трубой радиационного нагрева;
- 35 д) горячий отходящий газ, полученный с помощью второй горелки, пропускают по второй трубе радиационного нагрева от ее заднего конечного участка к ее переднему конечному участку с одновременной передачей излучаемого тепла камере печи; и
- е) по меньшей мере часть отходящего газа, еще содержащего остаточную тепловую энергию, направляют от переднего конечного участка второй трубы радиационного нагрева на задний конечный участок первой трубы радиационного нагрева и сжигают снова с использованием первой горелки.

45 Как было пояснено выше, за счет этого направления потока воздуха горения и отходящего газа и за счет соединения соседних труб радиационного нагрева может быть достигнуто снижение эмиссии NOx при одновременной высокой эффективности работы системы. Следует также отметить, что для обеспечения исправного состояния, в соответствии с предпочтительным вариантом реализации патентуемого метода в начале работы обе горелки поджигают одновременно. Однако можно также поджигать горелки в разные моменты времени. При штатной работе горелок по меньшей мере часть содержащего остаточную тепловую энергию отходящего газа, поступающего из трубы радиационного нагрева, сжигают повторно (например вместе с дополнительным подмешанным приточным воздухом) в горелке, соединенной с

другой трубой радиационного нагрева.

Один частный вариант реализации способа по настоящему изобретению заключается в том, что приточный воздух, который должен быть нагрет в горелках, предварительно подогревают отходящим газом из по меньшей мере одной из труб радиационного нагрева. Тем самым может быть снижена эмиссия NOx.

Например, в еще одном варианте реализации способа по настоящему изобретению предварительный подогрев приточного воздуха осуществляют, предварительно нагревая его в по меньшей мере одном рекуператоре, служащем в качестве устройства предварительного подогрева для одной или более труб радиационного нагрева. При этом следует отметить, что могут быть использованы обычные рекуператоры, какие были упомянуты во вводной части.

В качестве альтернативы вышеупомянутому способу можно также, например, присоединить к каждой трубе радиационного нагрева ее собственный рекуператор и предварительно подогревать приточный воздух, используемый для горения в горелках, причем в соответствующем рекуператоре использовать отходящий газ из связанной с ним трубы радиационного нагрева. Наконец, следует подчеркнуть, что в соответствии с настоящим изобретением не обязательно требуется передавать часть или весь еще сохраняющий остаточную тепловую энергию отходящий газ с переднего конечного участка второй трубы радиационного нагрева обратно на задний конечный участок первой трубы радиационного нагрева. Альтернативно можно направлять часть или весь еще сохраняющий остаточную тепловую энергию отходящий газ на задний конечный участок третьей трубы радиационного нагрева и в соединенную с ней горелку. Из этой третьей трубы радиационного нагрева часть или весь еще сохраняющий остаточную тепловую энергию отходящий газ может быть затем направлен на задний конечный участок четвертой трубы радиационного нагрева и т.д. Соответственно в данном случае направление потока еще сохраняющего остаточную тепловую энергию отходящего газа в результате будет иметь вид "серпантина".

Для полноты изложения следует также дополнительно отметить, что, в частности, системы тепловой обработки, рольганговые печи, транспортерные печи непрерывного действия, пиролизические печи и все нагревательные и сушильные системы, работающие в основном с теплом, должны охватываться термином промышленная печь. Более того, термины труба радиационного нагрева и излучающая труба выражают одну и ту же сущность, а именно полую конструкцию, в которой проходит горячая газовая смесь, и тепловая энергия передается в основном за счет излучения на внешнюю границу полого тела.

Наконец, следует также отметить, что в частном варианте выполнения настоящего изобретения, включающем более двух соединенных друг с другом узлов горелок и более двух труб радиационного нагрева, по меньшей мере часть отходящего газа из второй трубы радиационного нагрева подается для повторного сжигания в дополнительную горелку, соединенную с третьей трубой радиационного нагрева. По меньшей мере часть еще сохраняющего остаточную тепловую энергию отходящего газа из третьей трубы радиационного нагрева затем подается или в четвертую (n-ую) горелку, или в первую горелку. Следовательно, в соответствии с изобретением таким путем могут быть также реализованы нагревательные системы, в которых соединены друг с другом 3, 4 или более узла горелок, с использованием труб радиационного нагрева, связанных по схеме рециркуляции отходящего газа и с формированием "замкнутого контура". Альтернативно "замкнутый контур" не формируется. В таком

случае последний (n-ый) узел горелки и соответствующая труба радиационного нагрева не соединяются с первым узлом горелки и связанной с ним трубой радиационного нагрева, но поток отходящего газа направляют из последней трубы радиационного нагрева в отводную трубу. Краткое описание чертежей

Ниже изобретение более подробно рассмотрено со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых показано:

на фиг.1 - вид сверху в горизонтальном сечении первого иллюстративного варианта выполнения устройства радиационного нагрева промышленной печи с группой соединенных друг с другом узлов горелок;

на фиг.1а - детальный вид воздухоподатчика, входящего в устройство радиационного нагрева с фиг.1;

на фиг.2 - вид сбоку справа устройства радиационного нагрева с фиг.1;

на фиг.3 - вид сверху в горизонтальном сечении другого иллюстративного варианта выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева с двумя соединенными друг с другом узлами горелок и рекуператорами, соединенными с каждым из узлов;

на фиг.3А - частичный вид участка, обозначенного буквой А на фиг.3;

на фиг.3В - частичный вид участка, обозначенного буквой В на фиг.3;

на фиг.4 - вид сбоку справа устройства радиационного нагрева с фиг.3;

на фиг.5 - вид сбоку справа альтернативного соединительного элемента, аналогичный виду с фиг.4;

на фиг.6 - схематическое изображение базовой конструкции патентуемой нагревательной системы с двумя узлами горелок; и

на фиг.7 - схематическое изображение еще одного иллюстративного варианта выполнения патентуемой нагревательной системы с тремя узлами горелок, в которой трубы радиационного нагрева и горелки расположены по схеме "кольцевого соединения" в соответствии с циркуляцией отходящего газа.

Подробное описание предпочтительных вариантов выполнения изобретения

В принципе в отношении отдельных чертежей следует отметить, что по мере возможности и для удобства одинаковым компонентам и компонентам, схожим между собой, присвоены одинаковые ссылочные номера. Те компоненты в различных вариантах выполнения, которые одинаковы с компонентами узла первой горелки, но принадлежат узлу второй горелки, снабжены теми же ссылочными номерами, что и для узла первой горелки, но с добавлением апострофов. Соответственно, чтобы избежать ненужного повторения, рассмотрение компонентов узла второй горелки будет проведено без описания соответствующих компонентов, входящих в узел первой горелки, и в нем будет сделана ссылка, отсылающая к соответствующему описанию компонентов узла первой горелки, отражающему сущность вопроса.

В качестве примера на фиг.1 приведен предлагаемый в изобретении первый вариант выполнения устройства радиационного нагрева, предназначенного для подогрева промышленной печи с использованием лучистого тепла и содержащего узел 1 горелки, обозначенный в общем позицией 1, и связанный с ним узел 1' второй горелки. Способ работы и дизайн соединения узлов 1, 1' горелок раскрыты ниже более подробно.

Узел 1 горелки содержит первую горелку 2, в которую проходит топливоподатчик 3, продолжающийся до торцевой пластины 12 в виде трубопровода 7. Топливоподатчик 5 дежурной горелки проходит параллельно топливоподатчику 3 также до торцевой пластины 12. В качестве топлива могут быть использованы, например, газ, нефтепродукты и другие жидкие или газообразные топлива. Дежурная горелка служит для поджига основной горелки 2, и при штатной

работе системы используют только основную горелку 2. Два топливоподатчика 3, 5 проходят через переднюю пластину 18 в первую горелку 2. Топливо для основной горелки 2 подается в топливоподатчик 3 через соединитель 4. Для большей ясности продолжение трубопроводов и других компонентов, необходимых для подачи топлива, не показано. На топливоподатчике 5 расположен топливный соединитель 6, через который топливо для дежурной горелки может поступать через непоказанные гибкие шланги и (или) трубопроводы. Следует отметить, что с иллюстративными целями две соединительные детали 4, 6, изображенные в площади сечения на фиг.1, повернуты на 90°. Действительное их положение непосредственно представлено на виде сбоку с фиг.1.

Узел 2 первой горелки содержит трубчатый корпус 14, охватывающий топливоподатчики 3, 5, причем задний торец трубчатого корпуса 14 связан с передней пластиной 18 с помощью фланцевого соединения. Передний торец 15 трубчатого корпуса 14 расположен перед торцевой пластиной 12 и, следовательно, перед отверстием 10 трубопровода 7 топливоподатчика 3 и перед отверстием 13 топливоподатчика 5 дежурной горелки. Внутренняя поверхность трубчатого корпуса 14 образует канал 9 прохождения потока, начинающийся на одной стороне узла 1 первой горелки и проходящий в представленном варианте выполнения до переднего торца 15 трубчатого корпуса 14. На входном конце канала 9 прохождения потока сформирован соединительный фланец 17, с которым связан соединительный элемент 50, как будет описано ниже.

Как видно на представленном на фиг.1 сечении, трубчатый корпус 14 узла 1 первой горелки в своей передней части окружен наполнителем 11. Крепежный фланец 16 расположен на заднем торце наполнителя 11, и этот фланец вместе с противолежащим фланцем 30 надежно крепит фланец 335 трубы 20 радиационного нагрева к стенке 201 печи и в основном предотвращает перемещение в продольном направлении узла 1 первой горелки.

Собранный узел 1 первой горелки вводят сквозь стенку 201 через наполнитель 11 и излучающую трубу 20, охватывающую наполнитель. Излучающая труба 20 проходит по всей ширине камеры 200 печи и имеет задний конечный участок 20а и передний конечный участок 20б. Задний конечный участок 20а трубы 20 радиационного нагрева вмещает, как уже было описано, узел 1 первой горелки в сборе. Передний конечный участок 20б трубы 20 радиационного нагрева вмещает внутренний изолятор 21, соединенный с последующими деталями 69' и другими, что будет объяснено ниже.

Первый воздухоподатчик 60 открыт в канал 9 прохождения потока узла 1 первой горелки и связан с трубчатой деталью 52 через фланец 54 и трубчатую регулировочную деталь 53. Две трубчатые детали 52 и 53 скреплены друг с другом фланцевым соединением 51. Сопло 71 подачи воздуха открыто в трубчатую деталь 52 и связано также через соединители 72 с не показанными устройствами подачи воздуха. Сопло 71 подачи воздуха сужается у своего носка 76, открытого далее в отверстие 56 трубчатой детали 52. Сопло 76 направлено на внутреннюю стенку промежуточной детали 69, оставляя между ними зазор, так что нагретая воздушная смесь (потоки 1+2) может также по меньшей мере частично поступать в канал трубчатой детали 52. Трубчатая деталь 52 связана также с промежуточной деталью 69, образующей сквозной канал, проходящий в соединительную деталь 70. Соединительная деталь 70 и (или) изгиб заканчиваются (заканчивается) фланцем 74, с которым скреплена соединительная деталь 73 с помощью противолежащего фланца 75, через который могут выходить все еще сохраняющий тепловую энергию отходящий газ и (или)

воздушная смесь 1+2. Как видно на фиг.1, узел 1' второй горелки, аналогичный узлу 1 первой горелки, установлен и ориентирован симметрично узлу 1 первой горелки относительно перпендикуляра к плоскости чертежа на виде сверху с фиг.1. Таким образом, передний конечный участок 20b трубы 20 радиационного нагрева, скрепленный с узлом 1 первой горелки, соединен со вторым воздухоподатчиком 60', и если точнее, через трубчатые детали 52', 53'. Передний конечный участок 20b' трубы 20' радиационного нагрева узла 1' второй горелки также соединен с описанным выше первым соединительным элементом 50. Подробности прохождения потока вокруг сопла 71 подачи воздуха пояснены на фиг.1а.

Камера 200 печи имеет в ширину приблизительно 2-5 м, но может быть значительно шире, например, 10 м или более. Ширина камеры печи на виде сверху с фиг.1 проходит в поперечном направлении, длина камеры проходит перпендикулярно ширине и может достигать нескольких метров, в частности, 10-50 м и даже вплоть до 100 м и более. Камеру 200 печи нагревают с помощью группы рассмотренных ранее устройств радиационного нагрева, каждое из которых содержит узел 1 первой горелки и узел 1' второй горелки, как изложено ниже. Из последующих объяснений должно, в частности, стать ясным, как массы воздуха направляются в узлы 1, 1' первой и второй горелок.

В горелке 2 воздушная смесь от податчика 60 приточного воздуха нагревается за счет горения топлива, подаваемого по трубопроводу 3. То же происходит в расположенной диаметрально противоположно второй горелке 2'. Отходящий газ поступает от переднего торца 15 горелки 2, затем проходит справа налево на показанном на фиг.1 поперечном сечении и таким образом передает теплоту излучения камере 200 печи через трубу 20 радиационного нагрева. Отходящий газ направляется в трубу 20' радиационного нагрева слева направо и далее передает теплоту излучения камере 200 печи через трубу 20' радиационного нагрева.

Выходное отверстие 56' находится в промежуточной трубчатой детали 69' узла 1' второй горелки; часть отходящего газа из первой трубы 20 радиационного нагрева направляется через выходное отверстие 56' и второй соединительный элемент 50' в канал 9' прохождения потока узла 1' второй горелки и далее поступает к переднему торцу 15' второй горелки 2' параллельно трубопроводам 7' и 8'. Затем этот отходящий газ, все еще сохраняющий тепло, направляется вправо вместе с теперь нагретой топливовоздушной смесью 1+2 по трубе 20' радиационного нагрева, где часть этого все еще нагретого отходящего газа также подается через второй соединительный элемент 50' в узел 1 первой горелки и далее в этом узле 1 первой горелки нагревается. Некоторая часть отходящего газа подается в каждую из труб 20, 20' радиационного нагрева через трубопроводы 70, 70'.

Количество рециркулирующего отходящего газа регулируется напором приточного воздуха, вводимого в сопло 71' приточного воздуха. Чем интенсивнее нагнетание приточного воздуха, тем большее количество отходящего газа поступает благодаря уменьшению давления, вовлекается в рециркуляцию и повторно нагревается соответственно в узлах 1, 1' горелок. Как уже было упомянуто, устройство сопла лучше видно на фиг.1а. Конический носок 76 сопла расположен коаксиально входному отверстию 56 и на некотором расстоянии от него. Таким образом, приточный воздух с относительно высокой скоростью выбрасывается из носка 76 сопла и затем поступает в соединительную деталь 52 соединительного элемента 50. В результате создания пониженного давления некоторое количество отходящего газа втягивается из внутреннего канала промежуточной детали 69 в соединительный

элемент 50.

На представленном на фиг.2 виде сбоку более детально показана конструкция соединительного элемента 50. В частности, можно видеть конструкцию трубчатой регулировочной детали 53 и то, как могут быть скомпенсированы за счет сиффона возможные колебания температуры и связанные с этим изменения длины.

Второй частный вариант выполнения настоящего изобретения представлен на фиг.3. На ней предлагаемое устройство радиационного нагрева снова изображено в сечении горизонтальной плоскостью. Здесь два узла 1, 1' горелок расположены бок о бок друг к другу. Сечение проходит через обе продольные оси труб 20, 20' радиационного нагрева.

В отличие от первого приведенного в качестве примера варианта выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева, изображенного на фиг.1, на каждом из соответствующих передних конечных участков труб 20, 20' радиационного нагрева расположены рекуператоры 300, 300'. Каждый рекуператор 300, 300' имеет внутреннюю камеру 301 и установлен на соответствующих передних конечных участках 20b, 20b' труб 20, 20' радиационного нагрева, так что отходящие газы 1+2 могут проходить вдоль внешней окружности рекуператора 300, 300' и затем могут поступать (по меньшей мере часть из них) через соединительный элемент 50, 50' в другую горелку 1, 1' или могут выходить через соответствующий отводной канал 310, 310'. Приточный воздух подается через податчик 305, 305' приточного воздуха в соответствующие внутренние камеры 301, 301' рекуператора 300, 300'. Приточный воздух проходит до переднего торца рекуператора 300, 300' и затем поворачивает в обратном направлении, где он нагревается отходящим газом, все еще содержащим некоторое количество остаточного тепла, которое отходящий газ переносит вдоль округлой наружной поверхности. Приточный воздух, нагретый в рекуператоре 300, 300', затем через сопло 320, 320' поступает в коллектор 330, 330', в который поступает также по меньшей мере часть отходящего газа, проходящего вдоль наружной поверхности рекуператора 300, 300'. Коллектор 330, 330' затем переходит в соединительный элемент 50, 50', по которому эта топливовоздушная смесь поступает в узел 1, 1' горелки. Дальнейший процесс аналогичен проиллюстрированному на фиг.1.

В отличие от иллюстративного варианта выполнения с фиг.1 предварительный нагрев приточного воздуха производится в данном случае в рекуператоре 300, 300' перед тем, как эта смесь приточного воздуха предварительно нагретой поступит через соединительный элемент 50, 50' в горелку 2, 2', чтобы там быть затем нагретой вместе с топливовоздушной смесью, имеющейся в горелке 2, 2'. Эта воздушная смесь, первоначально полученная из предварительно нагретого приточного воздуха и отходящего газа и теперь нагретая до требуемой температуры, затем после сгорания проходит как отходящий газ в трубу 20, 20' радиационного нагрева и передает за счет излучения тепловую энергию камере 200 печи.

На фиг.3А подробно показано крепление трубы 20 теплового нагрева к соединительной стороне крепежной детали к стенке 201. В сечении, данном на фиг.3В, детально изображена направляющая часть воздушного сопла 320'. Стационарное крепление узла 1 первой горелки к стенке 201 выполнено с помощью фланцевого соединения 30, 16, 335. Фланец 335 трубы 20 радиационного нагрева зажат между крепежным фланцем 16 и фланцем 30 крепления к корпусу печи. В результате узел 1 первой горелки и (или) труба 20 радиационного нагрева, охватывающая узел 1 горелки, оказывается (оказываются) неподвижно скрепленными со стенкой 201 без возможности перемещения в продольном направлении вдоль оси симметрии трубы 20

радиационного нагрева. На противоположной к ним стороне трубы 20 радиационного нагрева установлено скользящее уплотнительное кольцо 22 скользящего элемента крепления трубы 20 радиационного нагрева (фиг.1). То есть, прежде всего в некоторых случаях на переднем конечном участке 20b трубы 20 радиационного нагрева может быть скомпенсировано изменение длины, вызванное колебаниями температуры трубы 20 радиационного нагрева. Более того, соответствующая труба 20, 20' приобретает возможность поворота несложным образом вокруг продольной оси, так что, при необходимости, соответствующую трубу 20, 20' радиационного нагрева можно легко повернуть на 180° и затем закрепить снова. Это дает преимущество в случае, когда достаточно длинная труба радиационного нагрева, а ее длина может достигать 3-5 м или более, со временем деформируется и, так сказать, провисает вниз. Такое провисание может привести к неустраняемым дефектам. Однако в данном случае возникает возможность с помощью простого поворота снова компенсировать провисание. При повторном подогреве трубы 20, 20' радиационного нагрева обращенный вверх прогиб со временем исчезнет, и труба снова выпрямится.

На фиг.4 дан вид сбоку и справа для приведенного на фиг.3 варианта выполнения предлагаемого устройства радиационного нагрева, снабженного измененным соединительным элементом 50. Здесь соединительный элемент имеет форму раструба в отличие от цилиндрического соединительного элемента, изображенного на фиг.3. На фиг.4 отчетливо видно, что соединительный элемент преимущественно состоит из расширяющейся раструбной части 52 и сильфонной детали 53 с изменяемой длиной.

На фиг.5 также дан вид сбоку справа, аналогичный виду с фиг.4. В данном случае соединительный элемент 50 заменен вытянутой сильфонной деталью и (или) цилиндрической деталью 52а. На фиг.6 схематически изображено устройство патентуемой нагревательной системы, содержащей два узла 1, 1' горелок и две трубы 20, 20' радиационного нагрева. Основная идея работы патентуемого способа, так же как устройства нагревательной системы, в соответствии с настоящим изобретением может быть хорошо объяснена с использованием фиг.6. В данном приводимом в качестве примера варианте выполнения настоящего изобретения обе горелки 2, 2' зажжены. Горячий отходящий газ, образованный в соответствующих горелках 2, 2', проходит по соответствующим трубам 20, 20' от соответствующих задних конечных участков 20а, 20а' к соответствующим передним конечным участкам 20b, 20b' соответствующих труб 20, 20' радиационного нагрева. По меньшей мере часть отходящего газа, содержащего еще некоторое количество тепловой энергии, оставшейся после прохождения по трубе 20 радиационного нагрева, подается в узел 1' горелки и соответственно в относящуюся к нему горелку 2' через соединение 50'. Этот отходящий газ снова сжигается во второй горелке 2' с поданным приточным воздухом, так что в узле 1' горелки образуется горячий отходящий газ. Этот горячий отходящий газ затем проходит справа налево в соответствии с фиг.6 через теплоизлучающую трубу 20'. По меньшей мере часть отходящего газа из второй теплоизлучающей трубы 20' затем подается для повторного сжигания в узел 1 первой горелки и горелку 2 соответственно через еще одно соединение 50. Количество отходящего газа из соответствующих труб 20, 20' радиационного нагрева, которое должно быть подвергнуто повторному сгоранию, поддается регулированию в зависимости от конкретных условий и, таким образом, может быть подобрано в соответствии с фракционным составом исходящего газа, поступающего из трубы 20, 20' радиационного нагрева.

В еще одном приведенном в качестве иллюстрации варианте выполнения

нагревательной системы, представленной на фиг.7, содержится более, чем два узла горелок. В данном случае нагревательная система содержит три узла горелок - 1, 1' и 1". В отличие от иллюстративного варианта выполнения, представленного на фиг.6, в данном варианте отходящий газ из второй трубы 20' радиационного нагрева не подается в горелку 2 узла 1 первой горелки, а предпочтительно подается в узел 1" третьей горелки и соответствующую горелку 2". В трубу 20", связанную с этой третьей горелкой 1", поступает горячий отходящий газ, образованный горелкой 1". Отходящий газ, поступающий из третьей трубы 20" радиационного нагрева, затем по меньшей мере частично подается в узел 1 первой горелки и соответствующую горелку 2 через еще одно соединительное средство 50" и затем сжигается повторно.

Как легко понять из предшествующих вариантов выполнения, вариант с фиг.7 может быть легко расширен до более чем трех узлов горелок. Тогда узел n-ой горелки может быть предпочтительно связан с узлом первой горелки, чтобы отходящий газ подавался из трубы радиационного нагрева узла n-ой горелки в узел первой горелки. Альтернативно может быть также использовано соединение трубы радиационного нагрева узла n-ой горелки с узлом горелки, отличным от узла первой горелки.

Формула изобретения

1. Устройство радиационного нагрева промышленной печи, снабженное
- а) узлом (1) первой горелки, включающим первую горелку (2), образующую горячий отходящий газ за счет сжигания топлива с воздухом горения,
 - первый воздухоподатчик (60), через который в первую горелку (2) подается приточный воздух, и
 - первую вытянутую трубу (20) радиационного нагрева, которая включает задний конечный участок (20а), связанный с первой горелкой (2), и передний конечный участок (20б), отстоящий от заднего конечного участка (20а) с возможностью прохода горячего отходящего газа, образованного первой горелкой (2), от заднего конечного участка (20а) к переднему конечному участку (20б) первой трубы (20) радиационного нагрева и передачи на этом пути тепловой энергии трубчатой стенке первой трубы (20) радиационного нагрева,
 - б) узлом (1') второй горелки, включающим вторую горелку (2'), образующую горячий отходящий газ за счет сжигания топлива с воздухом горения,
 - второй воздухоподатчик (60'), через который во вторую горелку (2') подается приточный воздух, и
 - вторую вытянутую трубу (20') радиационного нагрева, которая включает задний конечный участок (20а'), связанный со второй горелкой (2'), и передний конечный участок (20б'), отстоящий от заднего конечного участка (20а) с возможностью прохода горячего отходящего газа, образованного второй горелкой (2'), от заднего конечного участка (20а') к переднему конечному участку (20б') второй трубы (20') радиационного нагрева и передачи на этом пути тепловой энергии трубчатой стенке второй трубы (20') радиационного нагрева,
 - в) первым соединительным элементом (50), соединяющим задний конечный участок (20а) первой трубы (20) радиационного нагрева с передним конечным участком (20б') второй трубы (20') радиационного нагрева, так что, по меньшей мере, часть отходящего газа, образованного во второй трубе (20') радиационного нагрева, может передаваться в первую горелку (2) и повторно сжигаться с использованием

первой горелки (2),

г) вторым соединительным элементом (50'), соединяющим задний конечный участок (20a') второй трубы (20') радиационного нагрева с передним конечным участком (20b) первой трубы (20) радиационного нагрева, так что, по меньшей мере, часть отходящего газа, образованного в первой трубе (20) радиационного нагрева, может передаваться во вторую горелку (2') и повторно сжигаться с использованием второй горелки (2').

2. Устройство по п.1, в котором каждый соединительный элемент снабжен инжекционным соплом (76, 76'), втягивающим отходящий газ из связанной с ним трубы (20, 20') радиационного нагрева.

3. Устройство по п.2, в котором инжекционное сопло (76, 76') выполнено с возможностью подвижной регулировки, обеспечивающей регулирование количества отходящего газа, втягиваемого из связанной с ним трубы (20, 20') радиационного нагрева.

4. Устройство по п.1, в котором первый и второй соединительные элементы (50, 50') содержат регулируемую длину деталь.

5. Устройство по п.1, в котором на каждом переднем конечном участке (20b, 20b') труб (20, 20') радиационного нагрева введен рекуператор (300, 300').

6. Устройство по п.5, в котором каждый рекуператор (300, 300') снабжен собственным податчиком приточного воздуха (305, 305'), через который приточный воздух подается во внутреннее пространство (301, 301') рекуператора (300, 300'), и рекуператоры (300, 300') выполнены в отношении газодинамики, так что соответствующий поступающий приточный воздух нагревается отходящим газом в соответствующей трубе (20, 20') радиационного нагрева и затем подается на задний конечный участок (20, 20b') трубы (20, 20') радиационного нагрева, связанный с рекуператором через соответствующий соединительный элемент (50, 50').

7. Устройство по п.6, в котором каждый рекуператор (300, 300') снабжен выходным соплом (320, 320') для подачи приточного воздуха, нагретого в рекуператоре (300, 300').

8. Устройство по п.7, в котором как первый, так и второй соединительный элемент (50, 50') содержит заборный раструб (330, 330'), охватывающий наружную поверхность соответствующего выходного сопла (320, 320'), оставляя между ними зазор.

9. Устройство по п.8, в котором заборный раструб (330, 330') и соответствующее выходное сопло (320, 320') расположены коаксиально относительно друг друга.

10. Устройство по п.1, содержащее, по меньшей мере, один рекуператор (300), связанный, по меньшей мере, с двумя узлами (1, 1') горелок.

11. Устройство по п.1, в котором первая труба (20) радиационного нагрева и вторая труба (20') радиационного нагрева, каждая, имеет продольную ось, и эти две трубы радиационного нагрева (20, 20') установлены с возможностью поворота вокруг соответствующих своих продольных осей на любой угол, и в частности на угол, приблизительно 180°.

12. Устройство по п.1, в котором в котором первая труба (20) радиационного нагрева и вторая труба (20') радиационного нагрева, каждая, имеет продольную ось, и эти две трубы (20, 20') радиационного нагрева закреплены таким образом, что могут удлиняться и укорачиваться соответственно в направлении продольных осей.

13. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, одна труба из упомянутых первой трубы (20) радиационного нагрева и второй трубы (20') радиационного нагрева закреплена в продольном направлении в основном без возможности

смещения или на переднем конечном участке (20b, 20b'), или на заднем конечном участке (20a, 20a').

14. Устройство по п.13, в котором, по меньшей мере, одна труба из упомянутых первой трубы (20) радиационного нагрева и второй трубы (20') радиационного нагрева имеет фланец (16, 16'), связанный с противоположащим фланцем (30, 30') и создающий тем самым упор, не дающий возможности смещения в направлении соответствующих продольных осей труб (20, 20') радиационного нагрева.

15. Устройство радиационного нагрева промышленной печи, снабженное

а) узлом (1) первой горелки, включающим первую горелку (2), образующую горячий отходящий газ за счет сжигания топлива с воздухом горения,

первый воздухоподатчик (60), через который в первую горелку (2) подается приточный воздух, и

первую вытянутую трубу (20) радиационного нагрева, которая включает задний конечный участок (20a), связанный с первой горелкой (2), и передний конечный участок (20b), отстоящий от заднего конечного участка (20a) с возможностью прохода отходящего газа, образованного первой горелкой (2), от заднего конечного участка (20a) к переднему конечному участку (20b) первой трубы (20) радиационного нагрева и передачи на этом пути тепловой энергии через трубчатую стенку первой трубы (20) радиационного нагрева,

б) узлом (1') второй горелки, включающим

вторую горелку (2'), образующую горячий отходящий газ за счет сжигания топлива с воздухом горения,

второй воздухоподатчик (60'), через который во вторую горелку (2') подается приточный воздух, и

вторую вытянутую трубу (20') радиационного нагрева, которая включает задний конечный участок (20a'), связанный со второй горелкой (2'), и передний конечный участок (20b'), отстоящий от заднего конечного участка (20a) с возможностью прохода горячего отходящего газа, образованного второй горелкой (2'), от заднего конечного участка (20a') к переднему конечному участку (20b') второй трубы (20') радиационного нагрева и передачи на этом пути тепловой энергии через трубчатую стенку второй трубы (20') радиационного нагрева,

в) по меньшей мере, одним дополнительным узлом (1'') горелки, включающим дополнительную горелку (2''), образующую горячий отходящий газ за счет сжигания топлива с воздухом горения,

дополнительный воздухоподатчик, через который во вторую горелку (2'') подается приточный воздух, и

дополнительную вытянутую трубу (20'') радиационного нагрева, которая включает задний конечный участок, связанный с дополнительной горелкой (2''), и передний конечный участок, отстоящий от заднего конечного участка с возможностью прохода горячего отходящего газа, образованного дополнительной горелкой (2''), от заднего конечного участка к переднему конечному участку дополнительной трубы (20'') радиационного нагрева и передачи на этом пути тепловой энергии через трубчатую стенку дополнительной трубы (20'') радиационного нагрева,

г) первым соединительным элементом (50), соединяющим передний конечный участок первой трубы (20) радиационного нагрева с задним конечным участком второй трубы (20') радиационного нагрева, так что, по меньшей мере, часть отходящего газа, образованного в первой трубе (20') радиационного нагрева, может

передаваться во вторую горелку (2') и повторно сжигаться с использованием второй горелки (2'),

д) вторым соединительным элементом (50'), связывающим передний конечный участок второй трубы (20') радиационного нагрева с задним конечным участком дополнительной трубы (20'') радиационного нагрева, так что, по меньшей мере, часть отходящего газа, образованного во второй трубе (20') радиационного нагрева, может передаваться в дополнительную горелку (2'') и повторно сжигаться с использованием дополнительной горелки (2''), и

е) дополнительным соединительным элементом (50''), связывающим передний конечный участок дополнительной трубы (20'') радиационного нагрева с задним конечным участком другой дополнительной трубы радиационного нагрева или с первой трубой (20) радиационного нагрева, так что, по меньшей мере, часть отходящего газа, образованного в дополнительной трубе (20'') радиационного нагрева, может передаваться в другую дополнительную горелку и сжигаться повторно с использованием этой другой дополнительной горелки или эта часть отходящего газа, образованного в дополнительной трубе (20'') радиационного нагрева, может передаваться в первую горелку (2) и сжигаться повторно с использованием первой горелки (2).

16. Нагревательная система промышленной печи, содержащая группу устройств радиационного нагрева, выполненных по одному из предшествующих пунктов.

17. Нагревательная система по п.16, в которой рекуператор (300) обеспечивает группу труб (20, 20') радиационного нагрева.

18. Способ непрямого нагрева промышленной печи, при осуществлении которого:

а) вырабатывают горячий отходящий газ с использованием первой горелки (2), соединенной с первой трубой (20) радиационного нагрева,

б) направляют отходящий газ в первую трубу (20) радиационного нагрева и вдоль нее от заднего конечного участка (20а) к переднему конечному участку (20б) этой первой трубы (20) радиационного нагрева, в которой передается теплота излучения по пути к камере (200) печи,

в) отводят, по меньшей мере, часть отходящего газа, еще содержащего остаточную тепловую энергию, от переднего конечного участка (20б) первой трубы (20) радиационного нагрева к заднему конечному участку (20а') второй трубы (20') радиационного нагрева,

г) вырабатывают горячий отходящий газ с использованием второй горелки (2'), соединенной со второй трубой (20') радиационного нагрева,

д) направляют отходящий газ вместе с отведенной частью еще содержащего остаточную тепловую энергию отходящего газа, поступившего из первой трубы (20) радиационного нагрева, во вторую трубу (20') радиационного нагрева и вдоль нее от заднего конечного участка (20а') к переднему конечному участку (20б') второй трубы (20') радиационного нагрева, в которой передается теплота излучения по пути камере (200) печи, и

е) отводят, по меньшей мере, часть отходящего газа, еще содержащего остаточную тепловую энергию, от переднего конечного участка (20б') второй трубы (20') радиационного нагрева к заднему конечному участку (20а) первой трубы (20) радиационного нагрева.

19. Способ по п.18, в котором в при работе промышленной печи на шаге (б) обеспечивают эффект, при котором нагретый воздух горения вместе с отведенной частью еще содержащего остаточную тепловую энергию отходящего газа,

поступившего из второй трубы (20') радиационного нагрева, проходит в первую трубу (20) радиационного нагрева от заднего конечного участка (20a) к переднему конечному участку (20b) первой трубы (20) радиационного нагрева, в которой теплота излучения передается по пути к камере (200) печи.

5 20. Способ по п.18, в котором приточный воздух, который должен быть нагрет в горелках (2, 2'), предварительно нагревают отходящим газом из, по меньшей мере, одной из упомянутых труб (20, 20') радиационного нагрева.

10 21. Способ по п.20, в котором приточный воздух, используемый для горения в горелках (2, 2'), предварительно нагревают в, по меньшей мере, одном рекуператоре (300, 300').

15 22. Способ по п.21, в котором каждую трубу (20, 20') радиационного нагрева соединяют со своим собственным рекуператором (300, 300'), и приточный воздух, используемый для горения в горелках (2, 2'), предварительно нагревают в соответствующем рекуператоре (300, 300') отходящим газом из связанной с ним трубы (20, 20') радиационного нагрева.

23. Способ непрямого нагрева промышленной печи, в котором:

20 а) вырабатывают горячий отходящий газ с использованием первой горелки (1), соединенной с первой трубой (20) радиационного нагрева,

б) направляют отходящий газ в первую трубу (20) радиационного нагрева и вдоль нее от заднего конечного участка (20a) к переднему конечному участку (20b) первой трубы (20) радиационного нагрева, в которой передается теплота излучения по пути к камере (200) печи,

25 в) отводят, по меньшей мере, часть отходящего газа, еще содержащего остаточную тепловую энергию, от переднего конечного участка (20b) первой трубы (20) радиационного нагрева к заднему конечному участку (20a') второй трубы (20') радиационного нагрева,

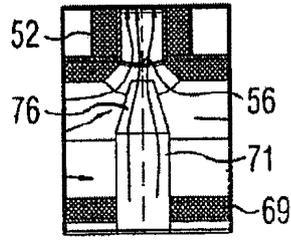
30 г) вырабатывают горячий отходящий газ с использованием второй горелки (1'), соединенной со второй трубой (20') радиационного нагрева,

35 д) направляют отходящий газ вместе с отведенной частью еще содержащего остаточную тепловую энергию отходящего газа, поступившего из первой трубы (20) радиационного нагрева, во вторую трубу (20') радиационного нагрева и вдоль нее от заднего конечного участка (20a') к переднему конечному участку (20b') второй трубы (20') радиационного нагрева, в которой передается теплота излучения по пути к камере (200) печи,

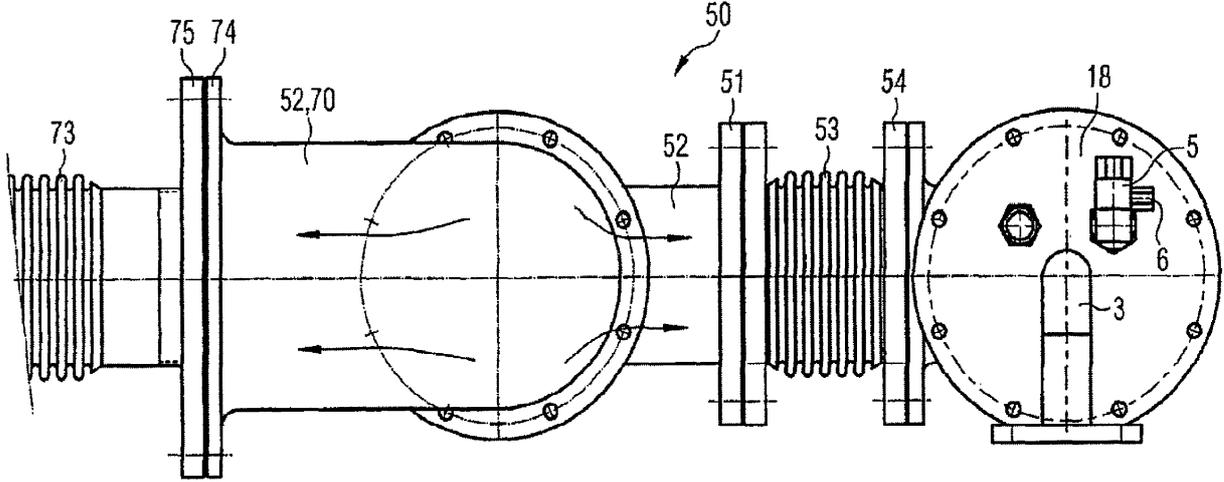
40 е) отводят, по меньшей мере, часть отходящего газа, еще содержащего остаточную тепловую энергию, от переднего конечного участка (20b') второй трубы (20') радиационного нагрева к заднему конечному участку (20a'') дополнительной трубы (20'') радиационного нагрева.

45

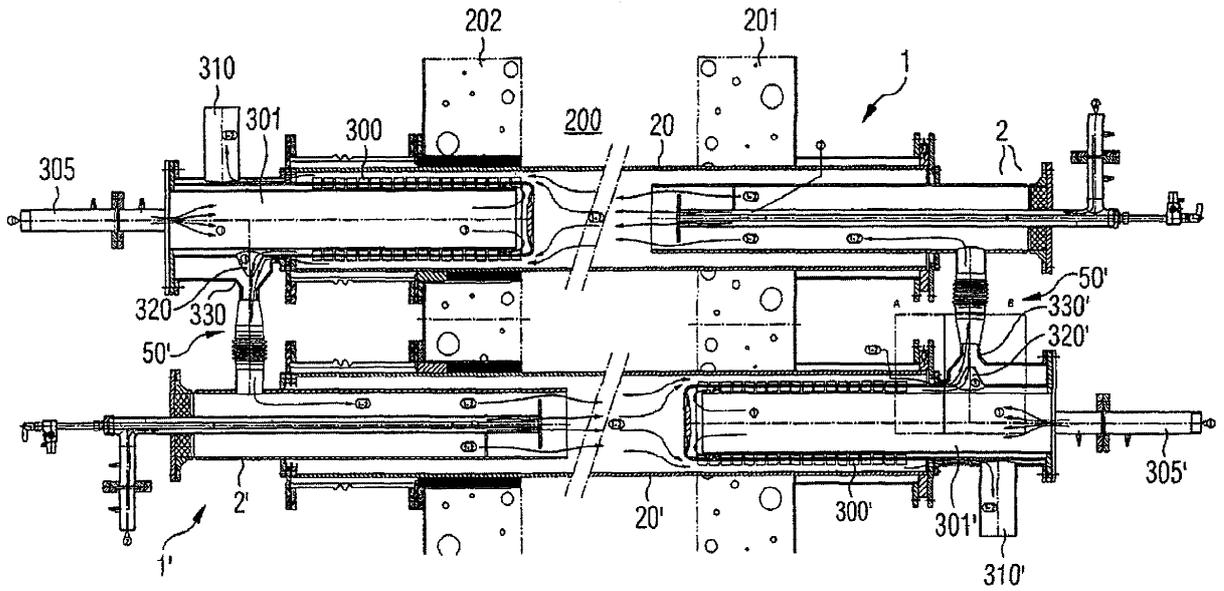
50



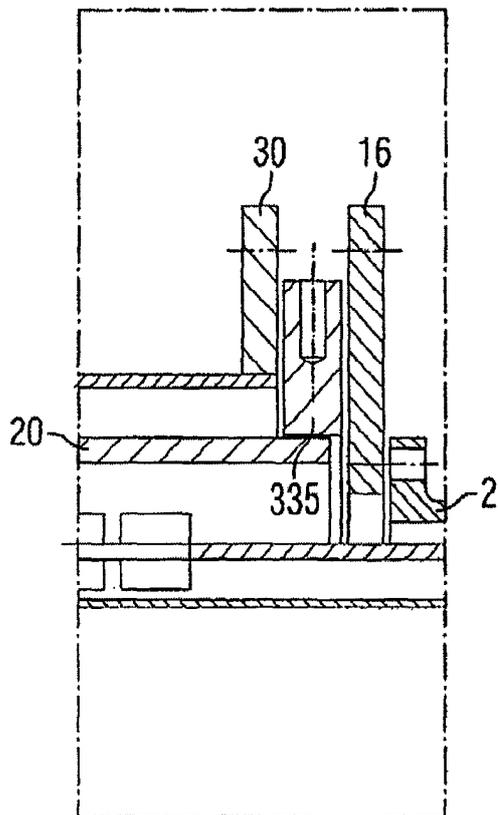
ФИГ. 1а



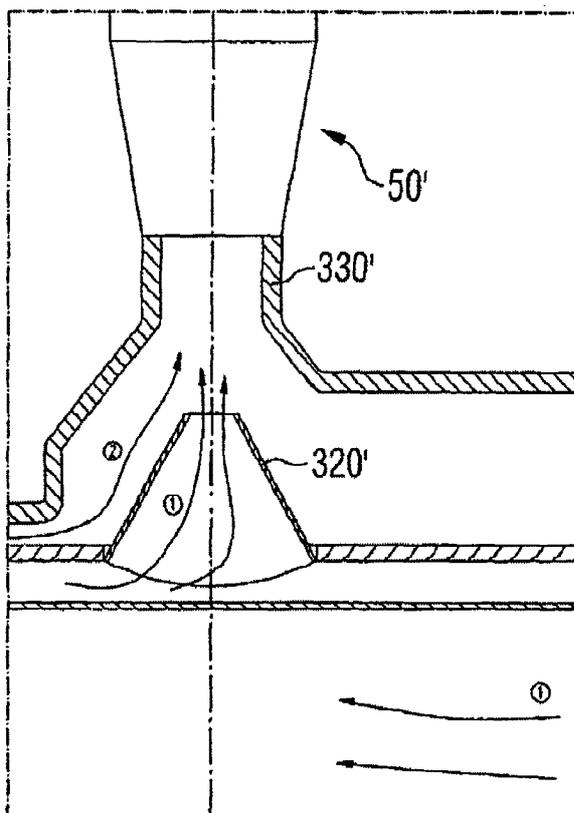
ФИГ. 2



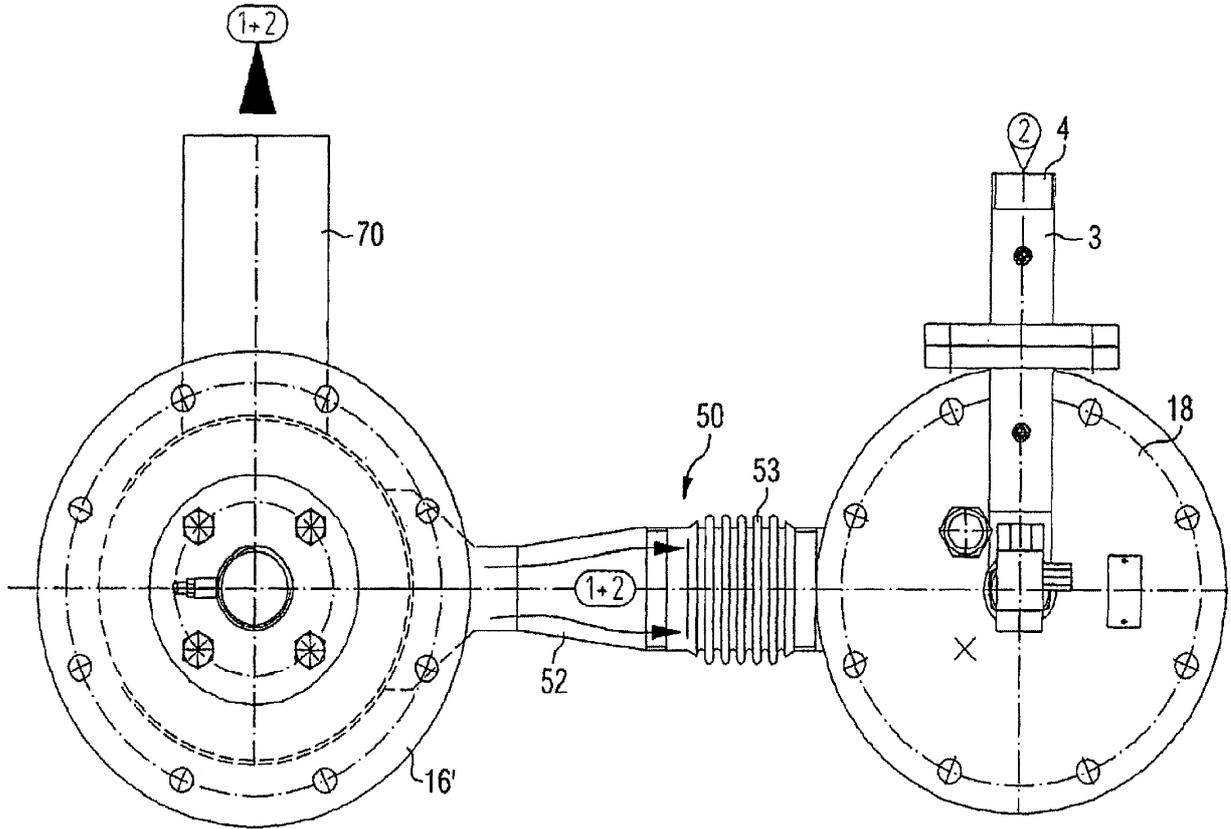
ФИГ. 3



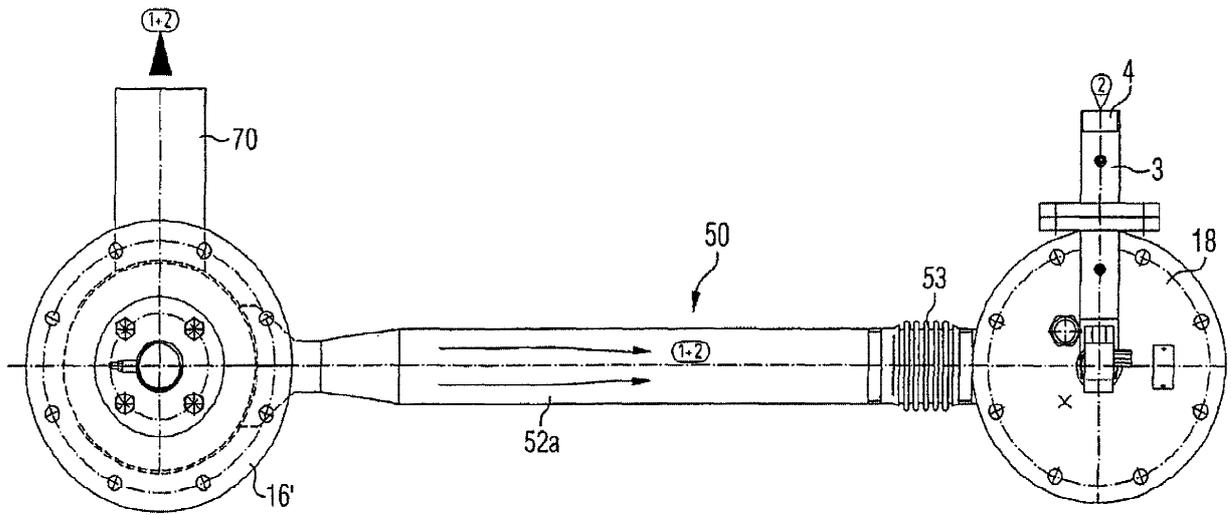
ФИГ. 3А



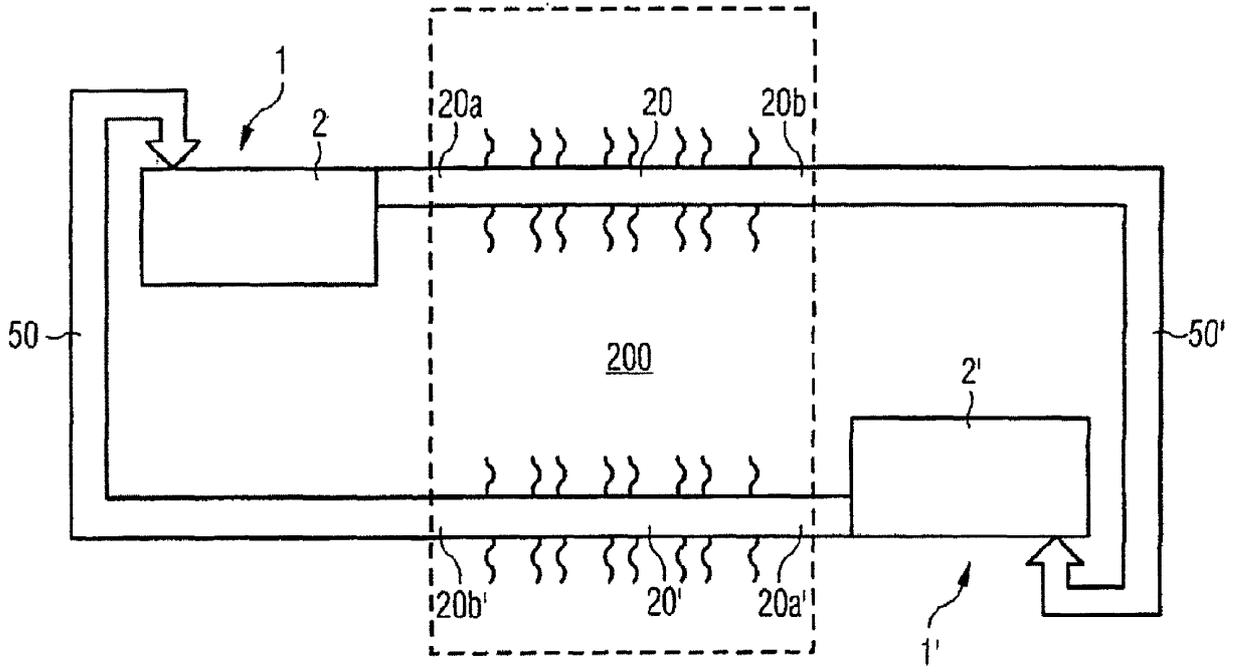
ФИГ. 3Б



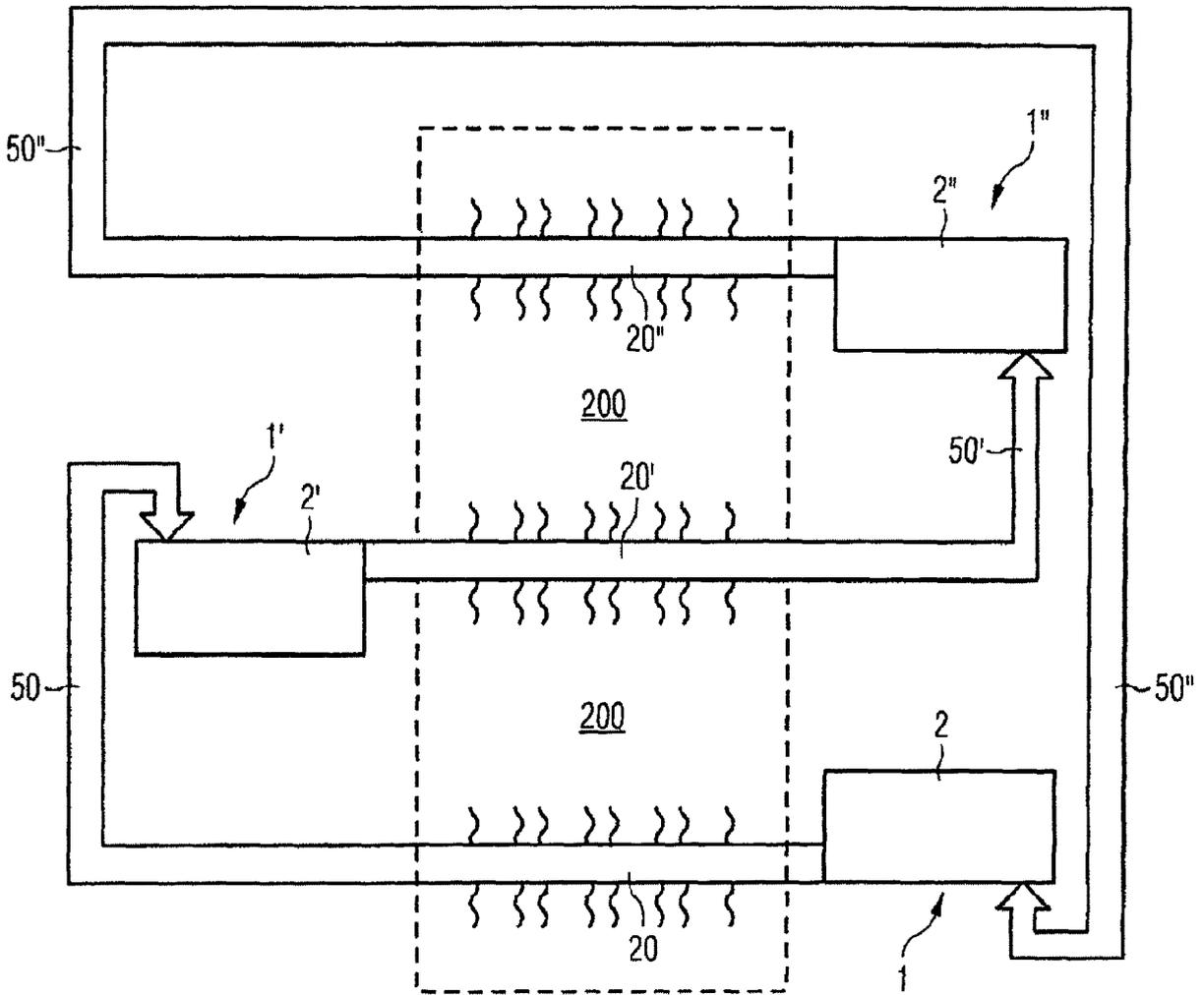
ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7