

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 5415

(13) U

(46) 2009.08.30

(51) МПК (2006)

F 27B 3/00

F 27B 9/00

F 27B 13/00

(54)

ПЕЧЬ НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ КАМЕРНАЯ

(21) Номер заявки: u 20080590

(22) 2008.07.23

(71) Заявители: Научно-исследовательское и проектное республиканское унитарное предприятие "БелТЭИ"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

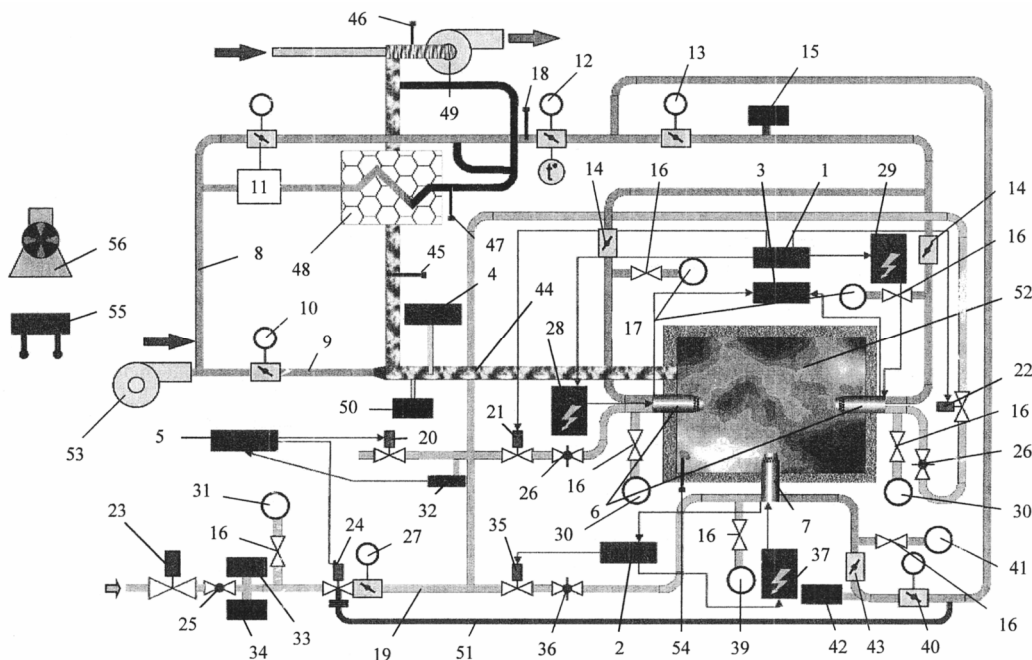
(72) Авторы: Герман Михаил Леонидович; Тимошпольский Владимир Исаакович; Ознобишин Александр Николаевич; Якутович Николай Владимирович; Мандель Николай Львович; Кабишов Сергей Михайлович; Менделев Дмитрий Владимирович; Хлебцевич Всеволод Алексеевич; Корнеев Сергей Владимирович (ВУ)

(73) Патентообладатели: Научно-исследовательское и проектное республиканское унитарное предприятие "БелТЭИ"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

1. Печь нагревательная камерная, включающая рабочую камеру с горелками, рекуператор, дымосос, систему управления и средство контроля температуры в печи, отличающаяся тем, что печь включает в себя пять управляющих подсистем:

подсистема управления розжигом двух короткофакельных горелок для управления мощностью горелочных устройств в диапазоне устойчивой работы;



ВУ 5415 U 2009.08.30

BY 5415 U 2009.08.30

подсистема управления розжигом и пламенем плоскопламенной горелки для управления мощностью горелочного устройства в импульсном режиме в диапазоне низких мощностей;

подсистема управления пламенем короткофакельных горелок;

подсистема регулирования дымовых газов;

подсистема регулирования герметичности газовой технологической сети.

2. Печь по п. 1, **отличающаяся** тем, что подсистема управления пламенем короткофакельных горелок содержит технологическую ветвь подачи воздуха на горение, при этом технологическая ветвь подачи воздуха на горение включает объединенные общим трубопроводом технологическую трубу продувки воздухом, систему регулирующих клапанов, систему регулирующих шаровых кранов, датчики давлений, технологические краны манометров, манометры, термопару и воздушную турбину.

3. Печь по п. 1, **отличающаяся** тем, что подсистема управления розжигом короткофакельных горелок содержит технологическую ветвь подачи природного газа, включающую объединенные общим трубопроводом систему электромагнитных клапанов, систему регулирующих шаровых кранов, трансформаторы розжига короткофакельных горелок, технологические краны манометров и датчики контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

4. Печь по п. 1, **отличающаяся** тем, что подсистема управления розжигом и пламенем плоскопламенной горелки содержит технологическую ветвь подачи природного газа на горение, при этом технологическая ветвь подачи природного газа на горение включает объединенные общим трубопроводом систему электромагнитных клапанов, проходные шаровые краны, регулирующий клапан подачи подогретого природного газа в сеть, трансформатор розжига плоскопламенной горелки, технологические краны манометров и датчики контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

5. Печь по п. 1, **отличающаяся** тем, подсистема регулирования дымовых газов содержит технологическую ветвь отвода дымовых газов, которая включает объединенные общим трубопроводом термопары, рекуператор, дымосос и датчик давления.

6. Печь по п. 3, **отличающаяся** тем, что технологическая ветвь подачи природного газа содержит объединенные общим трубопроводом систему электромагнитных клапанов, проходные шаровые краны, технологические краны манометров и датчики контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

7. Печь по п. 2, **отличающаяся** тем, что она снабжена датчиком контроля загазованности, связанным с воздушным напорным вентилятором.

(56)

1. Медников Ю.П., Дымов Г.Д., Рейхерт К.Н. Эксплуатация промышленных печей и сушил на газовом топливе. - Л.: Недра, 1982. - С. 231.

2. Несенчук А.П. и др. Промышленные теплотехнологии. Машиностроительное и металлургическое производство. - Минск: Высшая школа, 1995. - С. 412.

3. Тимошпольский В.И. и др. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах. - Минск: Высшая школа, 1992. - С. 217.

4. Патент RU 2002109544 Способ отопления нагревательных печей.

5. Патент RU 2017056.

6. Патент RU 2002109546.

7. Патент RU 2108516, 1998.

8. Патент RU 2193731, 2002.

9. Патент RU 2138737.

BY 5415 U 2009.08.30

Полезная модель относится к металлургической и машиностроительной отраслям промышленности, в частности к способам и устройствам высокотемпературного нагрева металлических заготовок перед их последующей технологической обработкой.

Известны способы нагрева металла путем сжигания газообразного топлива в замкнутом объеме камеры сжигания, футерованной огнеупорным материалом, общим и основным недостатками которых являются значительный расход топлива на нагрев металла, традиционных массивных материалов футеровки и пода печи, отсутствие, как правило, подогрева воздуха на горение, рециркуляции отходящих газов в камере сжигания, наличие в ней застойных зон, низкие коэффициенты лучистого и конвективного теплообмена, и реализующие их устройства - тепловые газовые печные агрегаты с выкатным подом - камерные, проходные, методические и т.п. нагревательные печи, которые, как следствие недостатков используемых способов нагрева, обладают крайне низким термическим КПД [1-7, 9].

Используемые в них традиционные инжекционные факельные горелки, как правило, создают в объеме печи локальные зоны высокой температуры, которые определяют возникновение мощных локальных тепловых потоков, приводящих к разрушению футеровки и температурным деформациям заготовок, т.е. к браку. С локальными тепловыми потоками борются, в основном, путем увеличения внутреннего объема печи, что приводит к снижению полезного использования тепла дымовых газов собственно на нагрев металла, в результате чего генерированное тепло используется неэффективно. Большинство промышленных нагревательных печей, как правило, не оборудованы системами рекуперации тепла уходящих дымовых газов, автоматическими системами управления и регулирования технологическими процессами, а тепловые и гидродинамические режимы этих печей требуют существенного совершенствования. Совокупность вышеперечисленного приводит к тому, что существующие технологии нагрева металла чрезмерно энергозатратны и имеют очень низкий тепловой КПД (5-15 %).

В то же время известны:

способы и системы рекуперации тепла отходящих дымовых газов, позволяющие полезно утилизировать бросовое тепло нагревательной печи для нагрева воздуха на горение и другие технологические нужды, существенно снизить температуру отходящих газов и тепловое загрязнение окружающей среды;

автоматические системы регулирования и управления технологическими и теплотехническими процессами в нагревательной печи, позволяющие оптимизировать соотношение "газ-воздух", работу печи, снизить потребление топлива, окалинообразование, повысить качество термообработки, безопасность работы этих тепловых агрегатов и способы их использования в нагревательных печах;

известны способы повышения энергоэффективности и производительности нагревательных печей, направленные на совершенствование тех или иных показателей работы печи, но ни одно из которых не предлагает совокупного решения этой задачи;

результаты исследований тепломассообменных и гидродинамических технологических режимов нагревательных печей свидетельствуют о том, что за счет их совершенствования можно добиться улучшения равномерности нагрева и снижения угара металла, повышения качества термообработки и существенного снижения расхода топлива.

В качестве прототипа принят печной камерный тепловой газовый агрегат, включающий металлический послойно футерованный корпус с горелками, выкатной под с дверцей, привод выкатного пода, рекуператор, дымосос, систему управления и средство контроля температуры в печи [8].

Полезная модель относится к области крупногабаритных промышленных печей с выкатным подом и может быть использована в любых других крупногабаритных печах, например, в металлургии, машиностроении. Печь с выдвижной дверью в обойме и выкатным подом выполнена с каркасом, у которого имеются выступающие перед передней стенкой печи верхние и нижние балки.

BY 5415 U 2009.08.30

Недостаток прототипа проявляется в неэффективном использовании современных газогорелочных устройств, имеющих широкий диапазон регулирования мощности, позволяющих выполнять регулирование соотношения газ-воздух, осуществляющих более равномерный нагрев в рабочем пространстве печи. Отсутствие технологичной рециркуляции дымовых газов, изменяющей оптические характеристики высокотемпературного рабочего пространства печи, влияющие на качество и эффективность процесса нагрева.

В основу полезной модели поставлена техническая задача разработки комплексной технологии повышения энергоэффективности и производительности теплового газопламенного печного агрегата камерной нагревательной печи периодического действия с выкатным подом, реализующей эту технологию.

Техническим результатом полезной модели является разработка конструктива камерной нагревательной печи периодического действия с выкатным подом, который обеспечивает комплексный технологический режим работы печи с одновременным повышением энергоэффективности и производительности печи.

Технический результат достигается тем, что печь нагревательная камерная, содержащая рабочую камеру с горелками, рекуператор, дымосос, систему управления и средство контроля температуры в печи, согласно полезной модели, включает в себя пять управляющих подсистем:

- подсистема управления розжигом двух короткофакельных горелок для управления мощностью горелочных устройств в диапазоне устойчивой работы;

- подсистема управления розжигом и пламенем плоскопламенной горелки для управления мощностью горелочного устройства в импульсном режиме в диапазоне низких мощностей;

- подсистема управления пламенем короткофакельных горелок;

- подсистема регулирования дымовых газов;

- подсистема регулирования герметичности газовой технологической сети.

В печи нагревательной камерной подсистема управления пламенем короткофакельных горелок содержит технологическую ветвь подачи воздуха на горение, при этом технологическая ветвь подачи воздуха на горение включает объединенные общим трубопроводом технологическую трубу продувки воздухом, систему регулирующих клапанов, систему регулирующих шаровых кранов, датчики давлений, технологические краны манометров, манометры, термопару и воздушную турбину.

В печи нагревательной камерной подсистема управления розжигом короткофакельных горелок содержит технологическую ветвь подачи природного газа, включающую объединенные общим трубопроводом систему электромагнитных клапанов, систему регулирующих шаровых кранов, трансформаторы розжига короткофакельных горелок, технологические краны манометров и датчики контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

В печи нагревательной камерной подсистема управления розжигом и пламенем плоскопламенной горелки содержит технологическую ветвь подачи природного газа на горение, при этом технологическая ветвь подачи природного газа на горение включает объединенные общим трубопроводом систему электромагнитных клапанов, регулирующие шаровые краны, трансформатор розжига плоскопламенной горелки, технологические краны манометров и датчики контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

В печи нагревательной камерной подсистема регулирования дымовых газов содержит технологическую ветвь отвода дымовых газов, которая включает объединенные общим трубопроводом термопару, рекуператор, дымосос и датчик давления.

В печи нагревательной камерной технологическая ветвь подачи природного газа на горение содержит объединенные общим трубопроводом систему электромагнитных клапанов, проходные шаровые краны, технологические краны манометров и датчики контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

BY 5415 U 2009.08.30

Печь нагревательная камерная снабжена датчиком контроля загазованности, связанным с воздушным напорным вентилятором.

Для лучшего понимания полезная модель поясняется чертежом, где фигура - общий вид печи нагревательной камерной.

Печь нагревательная камерная газовая включает в себя пять управляющих подсистем 1, 2, 3, 4, 5, две 1, 2 из которых, соответственно, подсистема 1 управляет розжигом двух короткофакельных горелок 6 для управления мощностью горелочных устройств в диапазоне устойчивой работы. Подсистема 2 управляет розжигом и пламенем плоскофакельной горелки 7 для управления мощностью горелочного устройства в импульсном режиме в диапазоне низких мощностей. Третья подсистема 3 управляет контролем пламени двух короткофакельных горелок 6. Четвертая подсистема 4 регулирования дымовых газов. Пятая подсистема 5 регулирует герметичность газовой технологической сети.

Подсистема 3 содержит технологическую ветвь 8 подачи воздуха на горение, при этом технологическая ветвь 8 включает объединенные общим трубопроводом технологическую трубу 9, регулирующие заслонки 10, 11, 12, 13 и регулирующие шаровые краны 14, датчик давления 15, технологические краны манометров 16, манометры 17, термопару 18.

Подсистема 1 управляет розжигом двух горелок 6 и содержит технологическую ветвь 19 подачи природного газа, включающую объединенные общим трубопроводом электромагнитный клапан герметичности 20, электромагнитные клапаны 21, 22, 23, регулятор 24 давления, регулирующие шаровые краны 25, 26, регулирующую заслонку 27, трансформаторы розжига 28, 29, технологические краны 16 манометров 30, 31, датчик 32 герметичности, датчики 33, 34 контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

Подсистема 2 управления розжигом и пламенем плоскопламенной горелки 7 содержит технологическую ветвь 19 подачи природного газа на горение, при этом технологическая ветвь 19 включает объединенные общим трубопроводом регулятор 24 давления, электромагнитные клапаны 23, 35, электромагнитный клапан герметичности 20, регулирующие шаровые краны 25, 36, регулирующую заслонку 27, трансформатор розжига 37, технологический кран 16 манометра 39, датчик герметичности 32 и датчики 33, 34 контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

Подсистема 2 содержит технологическую ветвь 8 подачи воздуха на горение, при этом технологическая ветвь 8 включает объединенные общим трубопроводом технологическую трубу 9, регулирующие заслонки 10, 11, 12, 40, технологический кран 16 манометра 41, датчик давления 42, ручной шаровой кран 43.

Подсистема 4 регулирования дымовых газов содержит технологическую ветвь 44 отвода дымовых газов, при этом технологическая ветвь 44 включает объединенные общим трубопроводом термопары 45, 46, 47, рекуператор 48, дымосос 49, датчик разрежения 50.

Технологическая ветвь 19 пятой подсистемы 5 регулирования герметичности газовой технологической сети содержит объединенные общим трубопроводом электромагнитные клапаны 20, 21, 22, 23, 29, 35, регулятор 24 давления, регулирующие шаровые краны 25, 26, 36, регулирующую заслонку 27, технологические краны 16 манометров 30, 31, 39, датчик 32 герметичности и датчики 33, 34 контроля минимального и максимального значений давления природного газа.

Технологическая ветвь 51 в виде импульсной трубы соединена через регулятор 28 давления, управляющая соотношением газ-воздух в рабочей камере 52, с технологической ветвью 19 подачи природного газа и с технологической ветвью 8 подачи воздуха на горение.

Регулятор 24 давления посредством автоматического управления задает состав рабочей смеси в соответствии с изменением давления воздуха в технологической ветви 8.

Печь нагревательная камерная газовая включает рабочую камеру 52 с горелками 6, 7, рекуператор 48, дымосос 49, воздушный вентилятор 53 подачи воздуха на горение в рабочую камеру 52, термопару 54 системы управления и средства контроля температуры рабочей

BY 5415 U 2009.08.30

камеры 52 печи. Рабочая камера 52 снабжена выкатным подом и смонтирована в металлическом послойно футерованном корпусе, которые на чертеже условно не показаны.

Печь нагревательная камерная снабжена датчиком 55 контроля загазованности печного и внепечного пространства, связанным с воздушной турбиной 56 вытяжки.

В процессе работы печи с помощью манометров 30 определяют значения давлений газа в двух короткофакельных горелках 6, и при отклонении от допустимого диапазона значений приоткрывают или закрывают ручные шаровые краны 26.

С помощью манометра 39 определяют значение давления газа в плоскопламенной горелке 7, и при отклонении от допустимого диапазона значений приоткрывают или закрывают ручной шаровой кран 36.

С помощью манометров 17 определяют значения давлений воздуха при подаче в короткофакельные горелки 6, и при отклонении от допустимого диапазона значений приоткрывают или закрывают ручные шаровые краны 14.

Печь работает по следующему технологическому циклу. Перед розжигом печи выполняется принудительная вентиляция рабочей камеры 52 в течение времени, необходимого для трехкратной смены воздуха в печи. Для этого включаются дымосос 49 и напорный вентилятор 53. Затем открывается газовый клапан 23, контролируется давление газа по датчикам реле 33, 34. Далее подсистемой 5 выполняется контроль герметичности газовой магистрали 19. Алгоритм контроля герметичности предусматривает проверку клапанов 21, 22, 35 и регулятора 24 давления. В состав системы контроля герметичности входят клапан 20 и датчик реле давления 32.

Розжиг и контроль пламени горелки 7 выполняет подсистема 2 управления горелкой 7 через трансформатор розжига 37. Подача газа на горелку 7 осуществляется через клапан 35. Воздух на горелку 7 подается через регулируемую заслонку 40. Розжиг короткофакельных горелок 6 выполняет подсистема 1 управления горелок 6 через трансформаторы розжига 28, 29. Подача газа на горелки 6 осуществляется через клапаны 21, 22.

Контроль пламени короткофакельных горелок 6 выполняет подсистема 3 контроля пламени. Воздух на горелки 6 подается через регулируемую заслонку 13.

Управление мощностью горелок 6, 7 осуществляется с помощью регулируемой заслонки 12, по сигналу обратной связи с термопарой 54.

Регулирование расхода газа для обеспечения заданного коэффициента избытка воздуха выполняется регулятором 24 давления через технологическую ветвь 51 в виде импульсной трубы.

Воздух на горение подогревается в рекуператоре 48. Температура воздуха на горение регулируется заслонкой 11 по сигналу с термопары 18. Давление воздуха на горение контролируется датчиком 15.

Регулируемая заслонка 10 подает воздух на разбавление дымовых газов перед рекуператором 48, температура которых контролируется термопарой 45.

Дымовые газы удаляются из камеры 52 печи через дымоход 44, рекуператор 48, дымосос 49. Состав дымовых газов контролируется подсистемой 4, в состав которой входит газоанализатор, на чертеже условно не показан, по сигналу с которого, с помощью регулируемого клапана 27, выполняется дополнительная коррекция коэффициента избытка воздуха.

Датчик 55 контроля загазованности подает сигнал в АСУ печи, АСУ печи управляет закрытием электромагнитного клапана 23 в случае загазованности и включает вытяжку 56.

Ручные шаровые краны 14 служат для выравнивания давления воздуха, подаваемого на горелки 6 для компенсации разной длины трубопроводов.

Термопара 46 контролирует температуру дымовых газов перед дымососом 49.

Разрежение в рабочей камере 52 печи контролируется датчиком 50 давления.

Система управления печи предусматривает два режима работы, которые задают и управляют с персонального компьютера:

BY 5415 U 2009.08.30

режим № 1, работает плоскопламенная горелка 7;

режим № 2, работают две короткофакельные горелки 6.

В режиме № 1, когда предусматривается работа только горелки 7, по заданной программе одновременно работают:

подача питания на двигатель вентилятора 53 подачи воздуха на горение;

подача питания на двигатель вентилятора дымососа 49.

Пример 1.

Конструктив печи, включающий пять вышеуказанных подсистем, позволяет эффективно применять автоматическую систему управления (АСУ) процессом нагрева. Опыт эксплуатации промышленных нагревательных печей, не оснащенных АСУ, показывает, что в зависимости от навыков оператора расход газа на нагрев при работе различных операторов может отличаться на величину до 5-10 %. Именно такую величину экономии газа можно рассматривать в качестве количественной характеристики влияния АСУ на эффективность использования тепла сжигаемого газа.

Эффекты от каждого из рассмотренных выше факторов можно рассматривать как независимые. Тогда их внедрение на нагревательной печи должно повысить эффективность использования тепла, как минимум, в 2-2,5 раза.

Реализация описанной выше технологии повышения энергоэффективности и производительности нагревательных печей осуществляется в новой конструкции камерной нагревательной печи тепловой газовой с выкатным подом, который на чертеже условно не показан.

Пример 2.

В предварительно прогретую рабочую камеру печи загружали три цилиндрические стальные заготовки общей массой 300 кг. Размеры отдельной заготовки: диаметр 150 мм, длина 730 мм. Материал заготовки - сталь 35. Температура одной из трех заготовок, расположенной в центре пода, измерялась тремя хромель-алюмелевыми термопарами (в центре заготовки, на поверхности и на торце). Температура рабочей камеры печи также контролировалась термопарой. Расход газа на протяжении всего времени нагрева фиксировался по показаниям газового счетчика (точность измерения 0,01 м³). Под задвигался в печь и производился нагрев заготовок до температуры в 860 °С, соответствующей процессу термообработки под закалку. Начальная температура заготовки составляла 120 °С. До заданной температуры в 860 °С, (с перепадом по сечению в 20 °С) заготовки были нагреты за 61 минуту. При этом было израсходовано 14,11 нм³ природного газа. Температура подогрева воздуха, подаваемого на горение, составила 110 °С.

Расчет КПД печи для выбранного режима нагрева дал следующие результаты. Полезное тепло процесса, необходимое для нагрева трех заготовок массой 300 кг от температуры 120 °С до температуры 860 °С, рассчитывалось по методике, предложенной в работе [4]. В расчете на один килограмм это тепло равно 578,1 кДж/кг. Тогда полезное тепло процесса нагрева стальных заготовок равно: $Q_1 = 578.1 \text{ кДж/кг} \cdot 300 \text{ кг} = 173,43 \text{ МДж}$. Низшая теплота сгорания природного газа принята равной 33,5 МДж/нм³. Тепло, полученное от сжигания природного газа при разогреве печи из холодного состояния, равно: $Q_2 = 33,5 \text{ МДж/нм}^3 \cdot 14,11 \text{ нм}^3 = 472,685 \text{ МДж}$. Таким образом, тепловой КПД рассмотренного режима нагрева стальных заготовок в предварительно разогретой печи составил $\eta_1 = Q_1/Q_2 = 36,7 \%$. Расход топлива на нагрев металла при этом составил 53,8 кг условного топлива на тонну металла. По сравнению с известным уровнем техники тепловой КПД действующих печей парка металлургических и машиностроительных предприятий составляет $\eta_1 = 15 \%$.

Промышленное освоение печи предполагается на территории Беларуси и стран СНГ.