

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9320

(13) U

(46) 2013.06.30

(51) МПК

F 27B 3/26 (2006.01)

F 27B 13/12 (2006.01)

(54)

НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ

(21) Номер заявки: u 20121178

(22) 2012.12.28

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

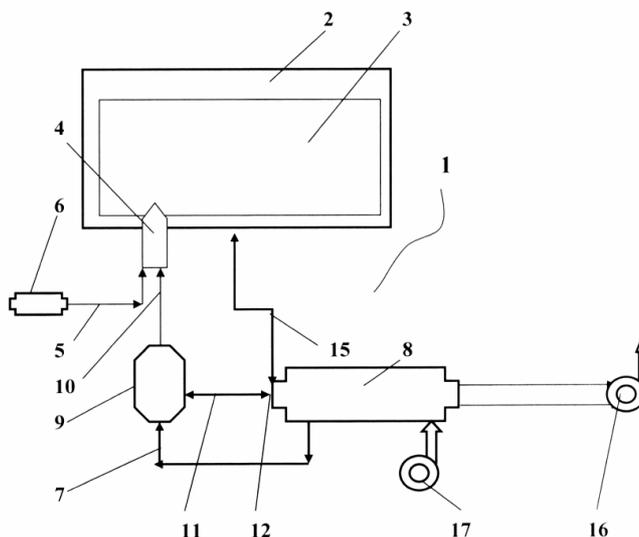
(72) Авторы: Трусова Ирина Александровна; Кабишов Сергей Михайлович; Менделев Дмитрий Владимирович; Ратников Павел Энгелевич; Хлебцевич Всеволод Алексеевич; Цыкунов Павел Юрьевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

1. Нагревательная печь, включающая футерованный корпус с рабочей камерой с горелочными устройствами, соединенными посредством трубопроводов со средством подачи природного газа и со средством подачи воздуха, и рекуперативный теплообменник, отличающаяся тем, что она снабжена средством для разделения подогретого воздуха на смесь кислорода с азотом и рециркуляции азота, при этом выходной патрубков смеси кислорода с азотом средства соединен со средством подачи воздуха в горелочное устройство, а выходной азотный патрубок средства соединен с одним из входов рекуперативного теплообменника для догрева в нем газовой смеси.

2. Нагревательная печь по п. 1, отличающаяся тем, что для разделения и рециркуляции подогретого воздуха на смесь кислорода и азота в соотношении около 40 % кислорода +60 % азота средство для разделения выполнено по мембранной схеме для разделения воздуха.



Фиг. 1

ВУ 9320 U 2013.06.30

ВУ 9320 U 2013.06.30

3. Нагревательная печь по п. 1, отличающаяся тем, что рекуперативный теплообменник снабжен нагнетателем холодного воздуха, газодинамически соединенным со средством для разделения и рециркуляции подогретого воздуха в рекуперативном теплообменнике на смесь кислорода с азотом и азот.

(56)

1. RU 2002109544, МПК F 27B 3/00.

2. RU 2002109546, МПК F 27B 3/00.

3. RU 2278325, МПК F 27B 3/00.

4. Патент RU 2017056, МПК F 27B 3/00-3/26 (прототип).

5. Тимошпольский В.И., Кабишов С.М., Калиневич Е.В., Вайс Р.Б. Анализ теплофизических свойств сталей с целью применения для решения нелинейных задач теории нагрева // Литье и металлургия. - № 2. - 2006. - С. 17-22.

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

Известны способы нагрева металла путем сжигания газообразного топлива в замкнутом объеме камеры сжигания печи, футерованной огнеупорным материалом [1].

Недостатками технологии 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.

Реализующие известную технологию устройства - тепловые газовые печные нагревательные агрегаты, камерные, проходные, методические и т.п. нагревательные печи, которые, как следствие недостатков используемых способов нагрева, обладают крайне низким термическим коэффициентом полезного действия (КПД) [2].

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 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.

У большинства промышленных нагревательных печей, как правило, тепловые и гидродинамические режимы этих печей требуют существенного совершенствования. Совокупность вышеперечисленного приводит к тому, что известные технологии нагрева металла чрезмерно энергозатратны и имеют очень низкий тепловой КПД (5-15 %) [3].

В качестве прототипа принят печной нагревательный агрегат, включающий металлический послойно футерованный корпус с горелочными устройствами, соединенными посредством трубопроводов со средством подачи газообразного топлива, например природного газа и со средством подачи воздуха в рекуперативный теплообменник [4]. Наличие рекуперативного теплообменника позволяет осуществлять подогрев первичного воздуха, подающегося на горение, за счет теплоты уходящих дымовых газов после сжигания газообразного топлива.

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.

ВУ 9320 U 2013.06.30

Отсутствие технологичной рециркуляции подаваемого на горение воздуха и дымовых газов, изменяющей оптические характеристики газов в рабочем пространстве печи, снижает качество и эффективность процесса горения и нагрева.

При сжигании топлива, например природного газа, в высокотемпературных технологических установках в качестве окислителя используется кислород воздуха. Основные тепловые потери в таких установках определяются температурой и количеством уходящих газов. Воздух на 71 % состоит из азота, теплота, выделяющаяся при сжигании топлива, частично расходуется на нагрев азота, поступающего в составе воздуха горения. В результате возникают высокие потери с уходящими газами: перерасход топлива на подогрев азота, тепловое загрязнение атмосферы, высокое количество оксидов азота - NO_x .

Энергетические потери можно уменьшить путем рекуперации теплоты уходящих газов для подогрева воздуха на горение по прототипу, но за счет большого объема продуктов сгорания, в которых более 70 % азота, теряется до 30-40 % и более теплоты.

Задачей является разработка комплексной технологии повышения энергоэффективности, экологии производительности печного нагревательного агрегата путем снижения количества окиси азота - NO_x и повышения КПД сжигания топлива.

Поставленная задача решается тем, что нагревательная печь, включающая футерованный корпус с рабочей камерой с горелочными устройствами, соединенными посредством трубопроводов со средством подачи природного газа и со средством подачи воздуха, и рекуперативный теплообменник, согласно полезной модели, снабжена средством для разделения подогретого воздуха на смесь кислорода с азотом и рециркуляции азота, при этом выходной патрубком смеси кислорода с азотом средства соединен со средством подачи воздуха в горелочное устройство, а выходной азотный патрубок средства соединен с одним из входов рекуперативного теплообменника для догрева в нем газовой смеси.

В печи для разделения подогретого воздуха на смесь кислорода и азота в соотношении 40 % кислорода + 60 % азота средство для разделения выполнено по мембранной схеме для разделения воздуха.

В печи рекуперативный теплообменник снабжен нагнетателем холодного атмосферного воздуха, газодинамически соединенным со средством для разделения и рециркуляции подогретого воздуха в рекуперативном теплообменнике на смесь кислорода с азотом и азотом.

Технический результат полезной модели проявляется в повышении коэффициента полезного действия (КПД) горелочного устройства и уменьшении тепловых потерь с уходящими газами, их экологии и снижения количества NO_x .

Для лучшего понимания полезная модель поясняется фигурами, где

фиг. 1 - общий вид нагревательной печи для нагрева металлических изделий перед последующей механической обработкой;

фиг. 2 - в нагревательной печи средство для разделения воздуха на кислородоазотную смесь и азот выполнено по мембранной схеме разделения воздуха.

Нагревательная печь 1 включает металлический футерованный корпус 2 с рабочей камерой 3 с горелочными устройствами 4, соединенными посредством трубопроводов 5 со средством 6 подачи газообразного топлива и посредством трубопроводов 7 со средством подачи воздуха в рекуперативный теплообменник 8.

Нагревательная печь 1 снабжена средством 9 для разделения и рециркуляции подогретого воздуха в рекуперативном теплообменнике 8 на смесь кислорода с азотом и азотом. Выходной патрубком 10 смеси кислорода с азотом средства 9 соединен с горелочными устройствами 4, а выходной азотный патрубок 11 средства 9 соединен с одним из входов 12 рекуперативного теплообменника 8 для догрева в нем подогреваемого на горение воздуха. В печном нагревательном агрегате 1 для рециркуляции подогретого воздуха в рекуперативном теплообменнике 8 и для разделения его на смесь кислорода и азота в

ВУ 9320 U 2013.06.30

соотношении около 40 % кислорода + 60 % азота средство 9 для разделения выполнено (фиг. 2) по мембранной схеме для разделения воздуха.

В основе разделения газовых сред с помощью мембранных кислородных установок лежит разница в скоростях проникновения компонентов в газовой смеси через вещество мембраны. Процесс разделения обусловлен разницей в парциальных давлениях на различных сторонах мембраны.

Средство 9, выполненное по мембранной схеме для разделения воздуха, характеризует современный мембранный модуль, используемый в кислородных установках. Мембранный модуль средства 9 состоит из сменного мембранного картриджа 13 и корпуса 14. Плотность упаковки волокон 15 в картридже 13 достигает значений 500-700 м² волокна 15 на 1 м³ метр картриджа 13, что позволяет минимизировать размеры кислородных установок.

Современная газоразделительная мембрана представляет собой не плоскую пластину или пленку, а полое волокно 15. Для технологий мембранного разделения газов применяется современная половолоконная мембрана, состоящая из пористого полимерного волокна 15 с нанесенным на его внешнюю поверхность газоразделительным слоем. Конструктивно половолоконная мембрана компонуется в виде цилиндрического картриджа 13, который представляет собой катушку с намотанным на нее особым образом полимерным волокном 15. Пористое волокно 15 имеет сложную асимметричную структуру, плотность полимера возрастает по мере приближения к внешней поверхности волокна. Применение пористых подложек с асимметричной структурой позволяет разделять газы и воздух атмосферы при высоких давлениях до 6,5 МПа.

Толщина газоразделительного слоя волокна не превышает 0,1 мкм, что обеспечивает высокую удельную проницаемость селективностью при разделении различных газов через полимерную мембрану.

Рекуперативный теплообменник 8 выполнен с возможностью нагрева газовых смесей или воздуха, транспортируемого на горение в смеси с газообразной топливной смесью. Рекуперативный теплообменник 8 связан с атмосферой посредством дымососа 16. Атмосферный холодный воздух посредством, например, воздуходувки 17 нагнетают в рекуперативный теплообменник 8 для его нагрева отходящими газами и обратным азотом с последующей подачей в мембранный модуль средства 9 для разделения на смесь кислорода с азотом и подачей ее на горение.

Футеровка футерованного корпуса 2 нагревательного агрегата представляет собой, например, плиты из огнеупорного волокнистого теплоизоляционного материала. Общий принцип работы печного нагревательного агрегата в следующем. Нагреваемый металл в форме, например, заготовки для горячей штамповки загружают в рабочую камеру нагрева. По заданной программе ЭВМ включает горелочные устройства с задаваемыми количеством газообразного топлива и смеси кислорода с азотом и темпом нагрева. После окончания процесса нагрева заготовки до заданной температуры отключает горелки и подает команду на выдвижение выкатного пода из камеры нагрева для загрузки металла.

Средство подачи смеси кислорода с азотом на горение (фиг. 1, 2) совмещено газодинамически с рекуперативным теплообменником таким образом, что смесь может подогреться в нем теплом отходящих дымовых газов до смесеобразования с топливом до температуры около 200 °С. После разделения воздуха обогащенная кислородом кислородоазотная смесь подается в горелочное устройство. В результате возрастает температура факела, что способствует интенсификации лучистого теплообмена в рабочем пространстве высокотемпературного печного нагревательного агрегата, уменьшается количество продуктов сгорания и количество NO_x, сокращается расход топлива.

Максимально допустимая температура подаваемой на горение смеси кислорода с азотом не должна превышать 200 °С. Максимально допустимая температура дымовых газов на входе в рекуперативный теплообменник не должна превышать 900 °С.

ВУ 9320 U 2013.06.30

Рекуперативный теплообменник может быть выполнен таким образом, что часть дымовых газов может принудительно возвращаться на рециркуляцию в камеру сжигания топлива, снижая тем самым затраты топлива на нагрев печной атмосферы и эмиссию оксидов азота при его сжигании.

Пример.

Расчет КПД печного нагревательного агрегата для выбранного режима нагрева дал следующие результаты. Полезное тепло процесса, необходимое для нагрева, например, трех заготовок массой 300 кг от температуры 120 до температуры 860 °С рассчитывалось по методике, предложенной в работе [5]. 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 [5].

Промышленное внедрение печного нагревательного агрегата должно повысить эффективность использования тепла как минимум в 1,2-1,5 раза.

Использование горелок, в которых коэффициент избытка смеси кислорода с азотом поддерживается на уровне 1,05, позволит уменьшить расход природного газа на величину в 20-35 % в зависимости от параметров процесса нагрева.

Полноценная реализация решаемой задачи объекта промышленной собственности повышения энергоэффективности и производительности печного нагревательного агрегата и конструктивных решений позволит достичь декларируемых целей и задач.

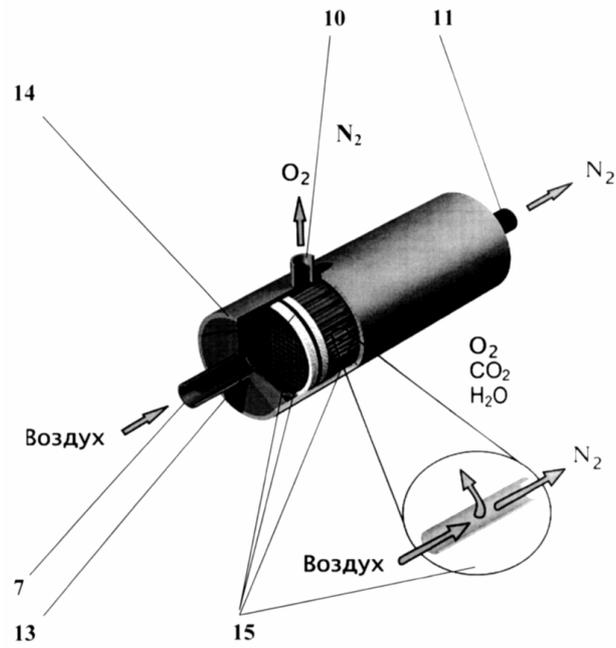
Новый конструктив полезной модели позволяет сократить потребление топлива нагревательной печью до 20-35 %, повысить ее термический КПД в 1,2-1,5 раза, значительно повысить качество термообработки или горячей штамповки и готовых изделий.

Как следует из сравнительного анализа уровня техники и новой конструкции печного нагревательного агрегата, выделение азотокислородной смеси и азота из воздуха совмещено с рекуперацией тепла отходящих дымовых газов, что позволяет утилизировать бросовое тепло нагревательной печи для нагрева воздуха на горение и другие технологические нужды, существенно снизить температуру отходящих газов и тепловое загрязнение окружающей среды.

Применение средства выделения азотокислородной смеси и азота из воздуха для горения топлива в печном нагревательном агрегате позволяет оптимизировать соотношение газ - воздух, работу печи, снизить потребление топлива, уменьшить окалинообразование, повысить качество термообработки, безопасность работы.

Таким образом, новый конструктив нагревательной печи, результаты исследований тепломассообменных и гидродинамических технологических режимов печного нагревательного агрегата свидетельствуют о том, что за счет ее совершенствования можно добиться улучшения равномерности нагрева и снижения угара металла, повышения качества термообработки и существенного снижения расхода топлива.

Промышленное освоение новой нагревательной печи предполагается на территории Беларуси и стран СНГ.



Фиг. 2