

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13292

(13) С1

(46) 2010.06.30

(51) МПК (2009)

F 27D 17/00

(54)

## РЕКУПЕРАТОР ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТЕПЛОИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧЕЙ

(21) Номер заявки: а 20070728

(22) 2007.06.13

(43) 2009.02.28

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

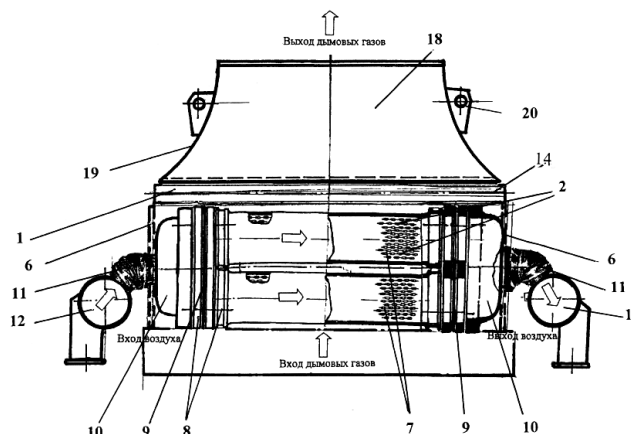
(72) Авторы: Несенчук Анатолий Петрович; Тимошпольский Владимир Исаакович; Ракомсин Александр Петрович; Гурченко Павел Семенович; Мандель Николай Львович; Шишков Василий Николаевич; Рыжова Татьяна Викторовна; Кабишов Сергей Михайлович; Ковалев Сергей Сергеевич; Хлебцевич Всеволод Алексеевич (ВУ)

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

(56) SU 1451467 A1, 1989.  
RU 2003002 C1, 1993.  
RU 2138737 C1, 1999.  
RU 2008567 C1, 1994.  
RU 2104454 C1, 1998.

(57)

1. Рекуператор для регенеративного использования тепловых отходов промышленной печи, включающий корпус, внутри термоблока которого размещен теплообменник с каналами для прохода воздуха и горячего теплоносителя, отличающийся тем, что корпус выполнен в виде жесткого каркаса, стенки которого образованы муллитокремнеземистым рулонным материалом, термоблок смонтирован горизонтально внутри на основании корпуса, теплообменник набран, по меньшей мере, из одного модульного элемента, выполненного из фасонных двуглавого профиля с гладкой наружной поверхностью и ребристой внутренней поверхностью, по меньшей мере, двух труб эллиптического сечения, объединенных



Фиг. 1

## ВУ 13292 С1 2010.06.30

между собой фасонными штуцерами, многослойными плавающими муфтами из волокнистого жаропрочного кремнеземистого материала и промежуточными прокладками из жаростойкого упругодеформированного материала, а смонтированные снаружи корпуса входной и выходной коллекторы воздуха присоединены к фасонным штуцерам посредством газоплотных сильфонов из материала на основе алюминия.

2. Рекуператор по п. 1, **отличающийся** тем, что снабжен средством для отвода горячего теплоносителя из рабочей зоны термоблока, выполненным в виде гиперболического конфузора для создания дополнительного гидродинамического напора в основании его большего сечения, сопряженного с выходным сечением термоблока.

3. Рекуператор по п. 1, **отличающийся** тем, что применен муллитокремнеземистый рулонный материал с рабочей температурой до 1100 °С, содержащий  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Al_2O_3 + SiO_2$ .

4. Рекуператор по п. 1, **отличающийся** тем, что каждый модульный элемент выполнен из чугуна типа силал.

5. Рекуператор по п. 1, **отличающийся** тем, что образующий стенки каркаса рулонный материал смонтирован на корпусе посредством анкерных элементов из отожженной стали, загнутых внутрь рулонного материала.

---

Изобретение относится к теплообменным аппаратам и предназначено преимущественно для регенерации продуктов сгорания топлива нагревательных печей в утилизации тепла нагревательных печей в машиностроительной, автотракторной и других областях промышленности.

Большинство промышленных нагревательных печей, как правило, не оборудованы системами регенерации теплоты уходящих дымовых газов, либо из-за недостатков они не работают, автоматическими системами управления и регулирования технологическими процессами, а также тепловые и гидродинамические режимы этих печей требуют существенного совершенствования.

Совокупность вышеперечисленного приводит к тому, что существующие технологии нагрева и термообработки металла неоправданно энергозатратны и имеют очень низкий технологический КПД (5-15 %).

Известна конструкция металлического рекуператора, включающего насадку из керамических труб и соединительных элементов, заключенную в камеру с выходными и входными каналами, надрекуператорное и подрекуператорное пространства, воздухоборник нагретого воздуха, надрекуператорное пространство выполнено сообщающимся с внутренней полостью воздухоборника, разрежение ( $p_1$ ) в которой, создаваемое вентилятором, всегда выше, чем в надрекуператорном пространстве ( $p_2$ ) [1].

Вследствие перепада давлений ( $p_1-p_2$ ) осуществляется переток части высоконагретого воздуха из надрекуператорного пространства в полость воздухоборника. При этом суммарное проходное сечение перепускных каналов, выполненных в стенке, разделяющей надрекуператорное пространство с воздухоборником, составляет 0,01-0,11 суммарного проходного сечения воздушных каналов, входящих в воздухоборник из камеры насадки, и определяется расчетом по заданной зависимости. Подогрев воздуха, подающегося на горение, до температуры в 200-250 °С позволяет экономить 7-9 % природного газа.

Технический эффект при использовании изобретения заключается в повышении температуры нагреваемого воздуха окислителя топлива и снижении эмиссии (образование) оксидов азота и углерода в рабочем пространстве печи.

Ближайшим техническим решением, принятым за прототип, является конструкция рекуператора для регенеративного теплоиспользования тепловых отходов промышленных печей, преимущественно дымовых газов, включающего корпус, внутри термоблока которого размещены теплообменник с каналами для прохода воздуха и горячего теплоносителя и коллектор [2].

Недостаток известной конструкции проявляется в невысоком коэффициенте теплопередачи рекуператора за счет пониженной газоплотности конструкции, недостаточной в целом конструктивной прочности из-за снижения термических напряжений и повышенной загрязняемости внешней поверхности теплообмена.

Задачей изобретения является повышение коэффициента теплопередачи рекуператора, повышение газоплотности конструкции, повышение конструктивной прочности за счет снижения термических напряжений, возможность обслуживания внешней поверхности путем очистки, снижения загрязняемости внешней поверхности.

Поставленная задача достигается тем, что в рекуператоре для регенеративного теплоиспользования тепловых отходов промышленных печей, включающем корпус, внутри термоблока которого размещен теплообменник с каналами для прохода воздуха и горячего теплоносителя, согласно изобретению, корпус выполнен в виде жесткого каркаса, стенки которого образованы муллитокремнеземистым рулонным материалом, термоблок смонтирован горизонтально внутри на основании корпуса, теплообменник набран, по меньшей мере, из одного модульного элемента, выполненного из фасонных двутаврового профиля с гладкой наружной поверхностью и ребристой внутренней поверхностью, по меньшей мере, двух труб эллиптического сечения, объединенных между собой фасонными штуцерами, многослойными плавающими муфтами из волокнистого жаропрочного кремнеземистого материала и промежуточными прокладками из жаростойкого упругодеформированного материала, а смонтированные снаружи корпуса входной и выходной коллекторы воздуха присоединены к фасонным штуцерам посредством газоплотных сильфонов из материала на основе алюминия.

Конструктивно, чтобы рекуператор был бы снабжен средством для отвода горячего теплоносителя из рабочей зоны термоблока, выполненным в виде гиперболического конфузора для создания дополнительного гидродинамического напора в основании его большего сечения, сопряженного с выходным сечением термоблока.

Технологично, чтобы в рекуператоре был бы применен муллитокремнеземистый рулонный материал с рабочей температурой до 1100 °С, содержащий  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Al_2O_3 + SiO_2$ .

Желательно, чтобы в рекуператоре каждый модульный элемент был бы выполнен из чугуна типа силал.

Предпочтительно, чтобы в рекуператоре образующий стенки каркаса рулонный материал был бы смонтирован на корпусе посредством анкерных элементов из отожженной стали, загнутых внутрь рулонного материала.

Технический результат изобретения проявляется в возможности регулирования гидродинамического сопротивления конструкции повышения герметичности конструкции рекуператора путем использования многослойной плавающей муфты и модульных трубчатых элементов.

Для лучшего понимания изобретение поясняется чертежом, где:

фиг. 1 - общий вид конструкции рекуператора;

фиг. 2 - общий вид термоблока; разрез, вид сверху.

Рекуператор для регенеративного теплоиспользования тепловых отходов промышленных печей включает корпус 1, внутри термоблока 2 которого размещен теплообменник 3 с каналами 4 для прохода воздуха и с каналами 5 для прохода горячего теплоносителя. Корпус 1 выполнен в виде жесткого каркаса, стенки 6 которого образованы муллитокремнеземистым рулонным материалом, внутри на основании корпуса горизонтально смонтирован термоблок 2, теплообменник 3 которого набран, по меньшей мере, из двух фасонных двутаврового профиля с гладкой наружной поверхностью и ребристой внутренней поверхностью труб 7 эллиптического сечения, объединенных между собой многослойными плавающими муфтами, набранными из волокнистого жаропрочного кремнеземистого материала 8 и промежуточной прокладки 9 из жаростойкого упругодеформированного материала, со-

## ВУ 13292 С1 2010.06.30

пряженных, посредством фасонных штуцеров 10 и газоплотных сильфонов 11 на основе алюминия, соответственно с входным коллектором 12 и выходным коллектором 13, смонтированными снаружи корпуса 1.

Жесткий каркас корпуса 1 набран из стальных уголковых 14 элементов и полосовых 15 элементов. Теплообменник 3 выполнен универсальным в связи с тем, что трубы 7 являются модульными элементами 16 и представляют собой типоразмерный ряд, посредством которого в зависимости от задаваемой температуры подогрева и поверхности теплообмена можно легко изменять служебные свойства рекуператора.

Для повышения температуростойкости, соответствующей температурам дыма порядка 800 градусов, в рекуператоре модульные элементы выполнены из ваграночного чугуна типа "СИЛАЛ", модифицированного кремнием до 6-7 % [3].

Для упрощения конструкции с одновременным улучшением технического обслуживания (проведение очистных работ от технологических загрязнений) в рекуператоре стенки легко могут сниматься и устанавливаться, т.к. они образованы муллитокремнеземистым рулонным материалом МКРР - 160 с рабочей температурой до 1100 °С состава мас. % на основе  $Al_2O_3$  не менее 48 %,  $Cr_2O_3$  не менее 2-4 %,  $Al_2O_3 + SiO_2$  не менее 93 % [4].

В рекуператоре рулонный материал 6 смонтирован на корпусе посредством анкерных элементов 17 из отожженной стали, загнутых внутрь рулонного материала, что обеспечивает простую разборку и сборку конструкции при техническом обслуживании и повышает коэффициент удержания теплоты.

Рекуператор снабжен средством 18 для отвода продуктов сгорания из рабочей зоны термоблока 2 в виде модульного элемента 16 типоразмера М-I или в виде модульного элемента 16 двойного типоразмера М-II. Средство 18 смонтировано большим основанием на выходном сечении термоблока 2 и для создания дополнительного гидродинамического напора выполнено в виде гиперболического конфузора 19, где произведение давления на скорость является постоянной величиной ( $pv = const$ ). Конфузор 19 на внешней стороне снабжен такелажными проушинами 20 для упрощения его технического обслуживания.

Создание дополнительного гидродинамического напора в основании большего сечения конфузора 19 обусловлено тем, что скорости течения продуктов сгорания через его большее и меньшее основание соответственно обратно пропорциональны величине газодинамического давления, создаваемого продуктами сгорания.

Рекуператор представляет собой трубную конструкцию, предназначенную для регенеративного теплоиспользования тепловых отходов дымовых газов с высоким коэффициентом теплопередачи.

Подогреваемый воздух-окислитель поступает в рекуператор от дутьевого вентилятора, например печного агрегата, в коллектор 12, из которого направляется в оребренный термоблок 3 по газоплотным сильфонам 11, и далее к фасонным штуцерам 10, которые объединены посредством газоплотных сильфонов 11 с коллектором 13 подогретого воздухо-окислителя. Из коллектора 13 воздух-окислитель с температурой 150-300 °С под напором направляется к горелочным устройствам печного агрегата.

Продукты сгорания органического топлива - дымовые газы, поступают в нижнюю часть гиперболического диффузора и поступают далее в подкрановое пространство цеха.

В процессе обогрева дымовыми газами модульных элементов происходит теплообмен, в результате которого воздух, окислитель, в зависимости от технологии, нагревается до температуры 150-300 °С.

Конфигурация наружной теплопередающей поверхности нового теплообменника предопределяет значительное уменьшение степени ее засорения и простоту очистки этой поверхности в процессе эксплуатации.

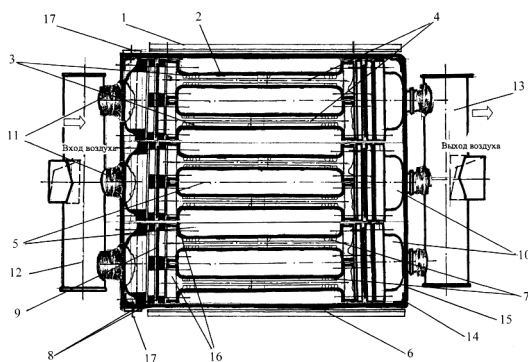
Согласно предварительным расчетам, практическая реализация в новой конструкции рекуперации требует каскадной компоновки модулей 16 по типу М-1 либо по типу М-2 как по ходу продуктов сгорания, так и по ходу подогреваемого воздуха.

# ВУ 13292 С1 2010.06.30

Таким образом, исходя из вышеизложенного, полноценная промышленная реализация конструктивных решений позволит достичь декларируемых целей и задач и в совокупности позволит сократить потребление топлива нагревательной печью до 5-15 %, повысить ее технологический КПД до 35-37 %, значительно повысить качество тепловой обработки готовых изделий и, следовательно, их реализуемость и конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках.

## Источники информации:

1. Патент RU 2138737, МПК F 27В 3/00, 9/00, 2002.
2. Тебеньков Б.П., Рекуператоры для промышленных целей. - Москва, 1958, с. 156-161.
3. Тимошпольский В.И., Несенчук А.П., Трусова И.А. Промышленные теплотехнологии: Методики и инженерные расчеты рекуператоров промышленных печей машиностроительного и металлургического производства. - Минск: Высшая школа 1998. - С. 376.
4. Оснос С.П., Гололобов О.И. Применение современных волокнистых теплоизоляционных и огнеупорных материалов в тепловых агрегатах и сооружениях // Строительные материалы и изделия. - № 11. - 2000 (ТУ 1593-001905802307-97 ОАО "Сухоложский огнеупорный завод").



Фиг. 2