

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА РЕКУПЕРАТИВНЫХ ГОРЕЛОК ДЛЯ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ САУ ПЕЧНЫХ АГРЕГАТОВ

Власов Я. С., магистрант; Бирюков А. Б., проф., д.т.н., проф.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

В настоящее время задача экономии энергоресурсов, особенно в таких энергоемких отраслях промышленности как, металлургия, энергетика и машиностроение стоит необычайно остро и актуально. Высокая температура уходящих газов является одной из основных составляющих тепловых потерь печи для термообработки материалов. Рекуперация тепловой энергии отходящих газов из печи, которая идет на нагрев воздуха необходимого для горения, дает возможность получить существенную экономию, как денежных средств, так и энергоресурсов. Рекуперационное оборудование и системы являются в настоящее время практически обязательным при проектировании печи, поскольку, подогрев воздуха позволяет повысить температуру факела и соответственно интенсифицировать теплообмен в печи.

В связи с этим основными направлениями модернизации тепловых агрегатов являются:

- применение новых футеровочных материалов;
- внедрение современных конструкций топливосжигающих устройств;
- оснащение печей автоматизированными системами управления тепловыми режимами и другими технологическими процессами (АСУ ТП).

При этом достаточно редко встречаются случаи, когда температура догрева воздуха в центральном рекуператоре превышает 300 °С. Также часто потери тепла происходят в трубопроводах к горелкам. КИТ в таких случаях редко превышает 50%.

Использование индивидуальных теплообменников позволяет достичь высокой температуры воздуха (до 700°С), идущего на горение, которая недостижима для систем с центральным рекуператором.

Рекуперативная горелка представляет собой газогорелочное устройство со встроенным теплообменным аппаратом (рекуператором), обеспечивающее подогрев воздуха, за счет удаления дымовых газов из рабочего пространства печи.

Принцип работы рекуперативной горелки заключается в протяжке горячего воздуха из печи при помощи эжектора через радиальный зазор между трубой для продуктов сгорания и рекуперативной насадкой. После холодный воздух, подаваемый на горение, проходит по внутренней стороне этой же рекуперативной насадки, вследствие чего подогревается. Насадки различного типа применяются в зависимости от температуры в печи [1].

В зависимости от температуры в печи горелки имеют три основных исполнения: «М» и «FTR» (с металлическим рекуператором) применяются до температуры 1150° С и 950° С соответственно, а также «С» (с керамическим рекуператором) применяются до 1300° С.

Перемешивание греющей среды осуществляется за счет высокой скорости истечения газов из горелки. Так, в рекуперативных горелках скорость истечения дымовых газов из сопел может достигать 150 м/с. Это позволяет интенсифицировать процесс нагрева заготовок за счет повышения конвективной составляющей процесса теплообмена от греющей среды к нагреваемым заготовкам, напрямую зависящей от скорости движения греющей среды в рабочем пространстве [2].

С усилением предварительного нагрева воздуха температура пламени возрастает и вместе с тем процентное содержание в отходящем газе, поэтому рекуперативные горелки с сильным предварительным нагревом воздуха в особенности подвержены этой проблеме. Для мероприятий по сокращению выделения, в особенности для ступенчатого горения и рециркуляции отходящего газа, были разработаны конструктивные решения специально для

рекуперативных горелок. Первая ступень горения с недостатком воздуха приблизительно 30% происходит в керамической камере горения при избыточном давлении от 1 до 2 кПа, а предварительно нагретый вторичный воздух выходит при одинаковом давлении через отверстия вокруг основной струи, сначала смешивается с печными газами, а затем попадает в основную струю, которая уже смешалась с печными газами. Вследствие такого метода вторичного сжигания температура пламени повышается незначительно.

Недостатком горелок подобного типа являются значительные капитальные затраты на их внедрение. В большинстве случаев одна лишь экономия энергоресурсов неспособна окупить эти затраты. Поэтому при анализе ожидаемого экономического эффекта следует учитывать такие факторы, как возможное повышение производительности печи и снижение образования оксидов азота.

Стоимость рекуперативных горелок очень высока в значительной мере из-за монополии ряда фирм на рынке рекуперативных горелок, а также из-за высокой стоимости рекуператоров изготавливаемых из жаропрочных марок сталей и сплавов. Например, поверхность керамического рекуператора, сделана из карбида кремния (SiC). Для освоения широкого распространения рекуперативных горелок необходима методика конструктивных параметров. Прогнозная модель тепловой работы рекуперативной горелки позволяет прогнозировать температуру нагрева воздуха в зависимости от изменений условий эксплуатации печи, например, температура печи, тепловая нагрузка печи, коэффициент расхода воздуха.

Расчет конструктивных размеров рекуператора производится исходя из условий создания необходимой площади поверхности нагреваемой теплоносителем и омываемой потоком нагреваемой среды.

Расчет поверхности теплообмена состоит из следующих основных стадий.

1. Определение тепловой нагрузки аппарата, средней движущей силы и средних температур теплоносителей.
2. Определение расхода второго вещества из теплового баланса.
3. Определение ориентировочной площади поверхности теплообмена, а также определение рациональной формы и размера ребра. При этом в задачу расчета входит распределение температуры по ребру, количество снимаемой теплоты.

Точный расчет теплообменника сложен тем, что все теплофизические и физические параметры сред — это величины переменные и взаимозависящие. Поэтому расчет рекуператора производят на основе эмпирических данных с использованием метода критерия подобия по усредненным физическим параметрам.

В случае отсутствия критериальных уравнений в точности соответствующего изучающего аэродинамического взаимодействия, целесообразно проведение экспериментальных исследований по установлению этих уравнений.

Вывод: в работе составлены основы прогнозной модели, позволяющие прогнозирование температуры подогрева воздуха, что позволяет выбрать рациональные параметры на стадии выбора значения самих ее параметров.

Перечень ссылок

1. Бирюков, А. Б. Современные аспекты использования рекуперативных горелок для отопления пламенных печей / А. Б. Бирюков // Бюллетень «Черная металлургия». – Москва, 2015. – №11. – С. 31 – 36.
2. Вохмяков, А. М. Исследование конвективного теплообмена в проходной печи, оснащенной скоростными горелками / А. М. Вохмяков, М. Д. Казяев, Д. М. Казяев // Цветные металлы. – Москва, 2011. – №12. – С. 89 – 93.
3. Казяев, М. Д. Применение современных топливосжигающих устройств в нагревательных печах / М. Д. Казяев [и др.] // Сб. трудов III международного конгресса «Пече-трубостроение: тепловые режимы, конструкции, автоматизация, экология». – Москва, 2008. – С. 152 – 160.