

Г.А. Полевой, А.И. Жилка, П.Г. Прокопенко

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАГРЕВА СЛИТКОВ В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОЛОДЦАХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Приведено описание новой технологии нагрева металла и схемы управления процессом сжигания газообразного топлива, которые могут быть применены в промышленных термических и нагревательных печах.

Постановка проблемы.

Проблема снижения энергетических затрат в черной металлургии всегда стояла очень остро. Как известно, сэкономленная у потребителя 1 т.т.т эквивалента 2,5 т.т.т. вновь добываемых топливных ресурсов [1]. Кроме того, энергосбережение является важнейшим средством охраны окружающей среды, обеспечивая снижение вредных выбросов пропорционально количеству сэкономленного газа. Поэтому оптимизация процесса сжигания газообразного топлива в металлургических печах на основе создания новых методов и средств контроля качества горения, является актуальной научно-технической задачей, требующей неотложного решения.

Современное состояние вопроса.

Большинство пламенных печей оснащено системами контроля расходов топлива и воздуха, подаваемых в печь, и оптимизации их соотношения [2]. Возможности по управлению таких систем ограничены погрешностями измерительных комплектов, резко возрастающих при расходах ниже 30% от номинального и делающими практически неуправляемым процесс горения при низкой производительности агрегата. В печах, где используется топливо с переменной теплотой сгорания (например, смеси доменного, коксового, природного газов) со значительными колебаниями температуры и давления топлива и воздуха, обеспечить качественное сжигание топлива эти системы не могут.

Как показывает опыт, использование в АСУТП данных о составе продуктов сгорания от автоматических газоанализаторов [3], за редким исключением, также не решает проблемы автоматизации процесса сжигания топлива. Прежде всего, это связано с запаздыванием результатов газового анализа, приводящего к автоколебательному режиму работы АСУТП при динамическом изменении тепловой мощности, а также низкой надежностью и сложностью эксплуатации системы газоанализа.

В отделении нагревательных колодцев обжимного цеха меткомбината «Запорожсталь» для нагрева слитков используется топливо, состоящее из смеси доменного, коксового и природного газов. При этом калорийность доменного газа колеблется в пределах 600 – 900 ккал/м³, в расход – в

пределах 20000 – 100000 м³/час, коксового – в пределах 4300 – 4400 ккал/м³, с расходом 10 – 5000 м³/час. В таких условиях оптимизировать сжигание топлива при помощи систем, оснащенных средствами контроля расхода топлива и воздуха, подаваемых в печь, и регулировании их соотношения практически невозможно – из-за незнания, какую калорийность имеет в любой конкретный момент основной компонент смеси – доменный газ и каков его истинный расход. Отсутствие этих основных параметров не позволяет определить величину расхода воздуха, необходимого для полного сжигания смеси с оптимальным коэффициентом его избытка ($a \approx 1$).

Не решает этой проблемы периодическое (через каждые 2 часа) определение калорийности доменного газа путем газового анализа проб, производимого теплотехнической лабораторией, т.к. он производится с большим запаздыванием и не отражает фактического состояния дел в каждый момент времени. Положение еще более усугубляется, как указывалось, низкой точностью измерительных средств, погрешности которых резко возрастают при измерении расходов ниже 30% от номинальных, что приводит к неуправляемому процессу горения при низкой производительности печей, поэтому нагрев слитков ведется практически «вслепую» с большим перерасходом топлива и является одним из самых узких мест на комбинате. Выход из создавшегося положения представляется в нахождении таких механизмов горения, которые позволили бы свести негативные проявления, связанные с применением топлив с переменной теплотой сгорания и неточностью измерительных средств, к минимуму.

Цель работы.

В ИЧМ был разработан метод управления сжиганием газовых смесей с использованием явлений ионизации пламени [4,5]. Сущность метода заключается в том, что в исследуемую точку факела микрогорелки, к которой подведена рабочая смесь газов, вводят токопроводящий зонд, с помощью которого определяется степень ионизации пламени [6,7]. Исследование зависимости степени ионизации пламени от калорийности топлив показали, что ионизация линейно зависит от теплотворной способности топлива. На базе выполненных исследований была создана и отработана в промышленных условиях установка контроля теплотворной способности газовых смесей, используемых для нагрева металла в обжимном цехе меткомбината «Запорожсталь», состоящая из блока подготовки и сжигания газовой смеси с микрогорелкой, в пламя которой помещен токосъемник, и электронного блока, осуществляющего контроль концентрации заряженных частиц в пламени и преобразование сигнала в форму, удобную для регистрации на диаграммную ленту, и дальнейшего использования в системе управления нагревом металла. Дальнейшим развитием данного метода стала новая технология нагрева металла.

Изложение основных материалов исследования.

Исследования зависимости степени ионизации пламени от соотношения топливо–воздух показали, что максимальный выходной сигнал устройства контроля степени ионизации пламени соответствует оптимальному коэффициенту расхода воздуха ($\alpha \approx 1$). На графика (Рис.1), отображающих зависимость степени ионизации от коэффициента избытка воздуха при разных калорийностях топлива $Q_1 > Q_2 > Q_3 > Q_4$ имеется четко выраженный экстремум, характеризующий точку оптимального соотношения топливо–воздух ($\alpha \approx 1$).

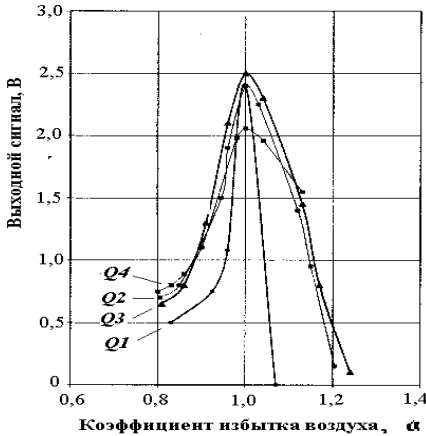


Рис.1. Зависимость степени ионизации пламени (выходного сигнала) от коэффициента избытка воздуха

Это положение легло в основу разработанной технологии, состоящей в непрерывном поиске максимума выходного сигнала и установлении расхода воздуха, соответствующего этому максимуму. На практике это может быть реализовано при помощи микрогорелки,

которую подключают к подводящим линиям подачи газа и воздуха параллельно рабочей горелке.

Функциональная схема системы, реализующая предлагаемую технологию, представлена на рис.2. Система содержит дополнительную газовую микрогорелку 1 подключенную к линиям подачи газа 2 и воздуха 3 в пламенную печь 4 параллельно основной горелке 5. В пламени 6 микрогорелки 1 размещен двухэлектродный зонд 7, электрический сигнал которого через усилитель–формирователь 8 поступает на экстремальный регулятор 9, управляющий исполнительным механизмом 10 с регулирующим органом 11, установленным в линии подачи воздуха 3.

Изменение степени ионизации пламени преобразуется усилителем–формирователем 8 в то проводимости пламени, либо в пропорциональную ему величину – напряжение. Выходной сигнал с усилителя–формирователя поступает на экстремальный регулятор 9, который определяет направление изменения экстремума, осуществляя при помощи регулирующего органа 11 исполнительного механизма 10 постоянный поиск максимума выходного сигнала. Максимальное значение выходного сигнала наступает при оптимальном режиме горения, т.е. при таком расходе воздуха, когда коэффициент избытка воздуха $\alpha \approx 1$ (рис.1).

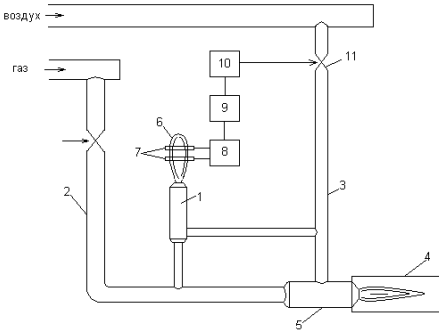


Рис.2 Функциональная схема системы управления сжиганием газообразного топлива

Выводы. Таким образом, использование в качестве источника управляющего сигнала ионизации пламени дополнительной микрогорелки, подключенной к подводящим линиям подачи газа и воздуха

пламенной печи параллельно основной горелке, позволяет получить зависимость степени ионизации пламени от расхода воздуха с четко выраженным экстремумом, характеризующим точку оптимального соотношения топливо–воздух ($\alpha \approx 1$) и, как следствие, повысить точность регулирования и обеспечить тем самым реализацию энергосберегающих технологий нагрева и термообработки металла в пламенных печах. Экстремальное регулирование по разработанной технологии позволяет с высокой степенью точности оптимизировать процесс горения топлива во всем диапазоне мощности печи, в том числе и в нерабочей для серийных расходомеров газа и воздуха зоне. Предлагаемая технология не требует для своей реализации знаний по расходам воздуха и газа, подаваемых в пламенную печь, ни теплоты сгорания топлива.

1. Исермен А.С. Основы сжигания газового топлива. – Л.:Недра, 1987г. – 336с.
2. Каганов В.Ю., Блинов О.М., Бельский А.М. Автоматизация управления металлургическими процессами. – М., Металлургия, 1974г.. – 416с.
3. Авт. свид. СССР №933756, МКИ С 21D 11/00.
4. Степанов Е.М., Дьячков В.Г. Ионизация в пламени и электрическое поле. – М., Металлургия, 1968г.
5. Лаутон Дж., Вайнберг Ф. Электрические аспекты горения. – М., Энергия, 1976г.
6. Отчет о НИР «Исследование электрофизических свойств пламени и процессов высокотемпературного окисления металлов при сжигании газообразного топлива в нагревательных печах с целью определения оптимальных критериев его сжигания» (НИР ТА.604.93) – Институт черной металлургии АН Украины, Днепропетровск, 1993г.
7. Отчет о НИР «Определение оптимальных критериев сжигания газообразного топлива на основе исследований электрофизических свойств пламени и процессов высокотемпературного окисления металла при их нагреве» (НИР ТА.018.93), Институт черной металлургии АН Украины, Днепропетровск, 1994г.

*Статья рекомендована к печати чл.–корр.НАН Украины
В.И.Большаковым*