

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДОГРЕВА ДОМЕННОГО ГАЗА НА ПРОЦЕССЫ ЕГО СЖИГАНИЯ В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ

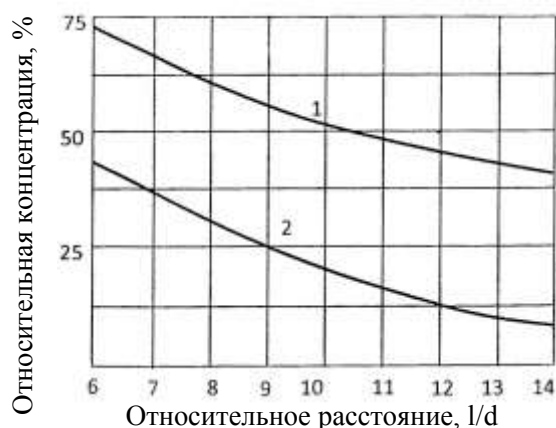
Волкова Т.Г. (ПТТ-11м)\*

Донецкий национальный технический университет

В работе исследовалась возможность использования доменного газа как основного вида топлива вместо природного и коксового газов для нагрева стальных заготовок прямоугольного и квадратного сечения в методических нагревательных печах.

Одна из проблем применения низкокалорийного топлива в печах – это обеспечение интенсивного перемешивания газа и воздуха в начальной части факела, что позволяет исключить недожог, а так же сократить длину факела до размера отдельных зон многозонной печи.

Влияние температуры подогрева газообразного топлива на полноту сгорания определялось по интенсивности перемешивания газа с воздухом. При этом использовались экспериментальные данные, полученные на «холодной» модели горелочного устройства, в котором в качестве газовых сред применялся азот и воздух. При обработке экспериментальных данных изменение соотношения скоростей газовых сред пересчитывалось на изменение температуры на основе термодинамического закона увеличения объема газа при увеличении температуры. Изменение концентрации азота по анализу содержания кислорода вдоль оси струи газа при различной скорости истечения представлено на рисунке, где кривая 1 характеризует качество перемешивания газовых сред при скорости, соответствующей температуре 300К, а кривая 2 – при температуре 600К. Видно, что при увеличении температуры подогрева газа от 300К до 600К концентрация азота в объеме факела по всей длине



1 - холодный газ, 2 - подогретый газ

Рисунок - Изменение концентрации газа по длине факела

$d$  - диаметра газового сопла, мм.

уменьшается более чем в 2 раза, что свидетельствует о существенном увеличении интенсивности перемешивания топлива и воздуха. На основе проведенных исследований получена эмпирическая формула, по которой можно рассчитывать длину видимой части факела при различном калибре горелки и температуре подогрева топлива до 600К:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{0,95l^{0,95}}{l/d}, \quad (1)$$

где  $C_0$  - начальная концентрация газа на выходе из сопла, %;  $C$  - концентрация газа на оси газовой струи на расстоянии  $l$ , %;

\* Руководитель – к.т.н., профессор кафедры ТТ Туяхов А.И.

Расчеты, выполненные по формуле (1) применительно к действующей трехзонной печи показали, что при расходе на одну горелку, диаметром газового сопла 60 мм, нагретого до 600К доменного газа концентрация горючих компонентов на расстоянии 1,7 м от горелки практически равна нулю. Таким образом, при использовании нагретого доменного газа размеры факела не выходят за пределы короткой томильной зоны длиной 3,5-4,0м.

При сжигании низкокалорийного топлива в нагревательных печах с максимальной температурой в отдельных зонах, достигающих 1400-1450 °С, необходимо знать действительную температуру горения, которая зависит как от калориметрической температуры горения (жаропроизводительности), так и от температуры и степени черноты окружающих факел поверхностей стен и нагреваемого металла. Действительная температура определялась по формуле:

$$t_{\partial} = \eta \cdot t_{\kappa}, \quad (2)$$

где  $\eta$  - пирометрический коэффициент;  $t_{\kappa}$  - калориметрическая температура горения топлива, °С.

При нагреве доменного газа и воздуха в параллельно работающих рекуператорах калориметрическая температура определялась с учетом физического тепла газа и воздуха по формуле:

$$t_{\kappa} = \frac{Q_n^p + Q_{\phi,z} + Q_{\phi,e}}{V_{\partial} \cdot C_{\partial}}, \quad (3)$$

где  $Q_n^p$  - теплота сжигания доменного газа, кДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{\phi,z}$ ,  $Q_{\phi,e}$  - физическое тепло нагреваемых газа и воздуха, кДж/м<sup>3</sup>;  $V_{\partial}$  - удельный расход продуктов сгорания, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $C_{\partial}$  - теплоемкость продуктов сгорания, кДж/м<sup>3</sup>К.

Пирометрический коэффициент для методических нагревательных печей по данным ряда исследований находится в пределах 0,73-0,76. Расчеты, проведенные для реальных значений  $\eta$ , показали, что действительная температура составит 1385-1410 °С, т.е. на нижнем температурном уровне в сварочной зоне и может не обеспечить качественный нагрев металла. Для повышения действительной температуры сгорания доменного газа предлагается повысить теплоту сгорания топлива за счет добавления небольшого объема коксового газа, доля которого определялась по формуле, полученной на основе формул (2) и (3) с учетом теплофизических характеристик газовых сред:

$$\Delta V_{\kappa,z} = \frac{Q_{\text{н.д.з}}^p - \frac{t_{\partial}}{\eta} V_{\partial}^{\text{д.з.}} + V_{\text{в.д.з.}} \cdot C_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} - V_{\partial} \cdot C_{\partial} \cdot t_{\partial}}{\frac{t_{\partial}}{\eta} V_{\partial}^{\kappa,z} - \frac{t_{\partial}}{\eta} V_{\partial}^{\text{д.з.}} C_{\partial} + Q_{\text{н.д.з.}}^p - Q_{\text{н.к.з.}}^p - V_{\text{в.к.з.}} \cdot C_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} + V_{\text{в.д.з.}} \cdot C_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} + V_{\partial} \cdot C_{\partial} \cdot t_{\partial}}. \quad (4)$$

Объем коксового газа  $\Delta V_{\kappa,z}$ , который необходимо добавлять к доменному газу, рассчитанный по формуле (4), составил 10% по теплу или 4% по объему.

Проведенный анализ теплового состояния нагревательной печи показал возможность использования доменного газа вместо природного для качественного нагрева заготовок. Для этого необходимо нагревать газ и воздух до температуры 300 °С и использовать дополнительно до 4% по объему коксовый газ.