

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАГРЕВА И ХАРАКТЕРИСТИК РЕКУПЕРАТОРОВ НА ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РЕКУПЕРАЦИИ

Косолюкин Д.А.(ПТТ-10м)*
Донецкий национальный технический университет

В Украине большой вес в структуре затрат на производство конечного продукта в металлургии имеет расход газообразного топлива. Поэтому экономия топлива – первоначальная задача любого субъекта данной отрасли промышленности. Для утилизации тепла уходящих газов используют специальные теплообменники, называемые рекуператоры. В зависимости от типа рекуператора разнятся значения коэффициента теплопередачи.

Для анализа эффективности тепловой работы нагревательных печей принято использовать коэффициент использования топлива, соответствующего доле химической энергии топлива, оставленной в рабочей камере.

При заданных параметрах нагрева расход топлива будет определен средневзвешенным значением коэффициента использования топлива за весь период нагрева:

$$V = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t + Q_{пот} \cdot \tau_n}{\eta_{св} \cdot Q_n^p} \quad (1)$$

где Q_n^p – теплота сгорания топлива, кДж/м³;

m – масса заготовки, кг;

$\eta_{св}$ - средневзвешенный коэффициент использования топлива (КИТ);

c - теплоемкость продуктов горения, Вт/м³К;

Δt - температурный перепад, С;

$Q_{пот}$ - тепловые потери, кДж.

Значительное влияние на средневзвешенный коэффициент использования топлива оказывает коэффициент рекуперации. Для анализа влияния различных факторов на величину коэффициента рекуперации предложена аналитическая методика, базирующаяся на уравнениях теплового баланса и теплопередачи в рекуператоре:

$$Q = V_{nc} \cdot c_{nc} \Big|_{t_{nc}^x}^{t_{nc}^r} \cdot (t_{nc}^r - t_{nc}^x) = V_B \cdot c_B \Big|_{t_B^x}^{t_B^r} \cdot (t_B^r - t_B^x) = k \cdot F \cdot \Delta t \quad (2)$$

где V_{nc} , V_B – объемные расходы продуктов сгорания и воздуха через рекуператор, м³/с;

*Научный руководитель : доц. каф. «Техническая теплофизика» Бирюков А.Б.

$t_{\text{пс}}^{\text{x}}, t_{\text{в}}^{\text{x}}, t_{\text{пс}}^{\text{r}}, t_{\text{в}}^{\text{r}}$ – температуры продуктов сгорания на выходе, воздуха на входе, продуктов сгорания на входе, воздуха на выходе из рекуператора, соответственно, °С;

$c_{\text{nc}} \Big|_{t_{\text{пс}}^{\text{x}}}^{t_{\text{пс}}^{\text{r}}}$ $c_{\text{в}} \Big|_{t_{\text{в}}^{\text{x}}}^{t_{\text{в}}^{\text{r}}}$ – средние объемные теплоемкости продуктов сгорания и воздуха при температурах их нахождения в рекуператоре соответственно, Дж/(м³·К);

k – коэффициент теплопередачи в рекуператоре, Вт/(м²·К);

F – поверхность теплообмена рекуператора, м²;

Δt – среднелогарифмический температурный напор в рекуператоре, °С.

В результате решения системы уравнений получим выражения для определения неизвестных температур через заданные параметры:

$$t_{\text{в}}^{\text{r}} = \frac{t_{\text{пс}}^{\text{r}} \cdot (e^{-mkF} - 1) + t_{\text{в}}^{\text{x}} \cdot \left(1 - \frac{V_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \Big|_{t_{\text{в}}^{\text{x}}}^{t_{\text{в}}^{\text{r}}}}{V_{\text{пс}} \cdot c_{\text{пс}} \Big|_{t_{\text{пс}}^{\text{x}}}^{t_{\text{пс}}^{\text{r}}}} \right)}{e^{-mkF} - \frac{V_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \Big|_{t_{\text{в}}^{\text{x}}}^{t_{\text{в}}^{\text{r}}}}{V_{\text{пс}} \cdot c_{\text{пс}} \Big|_{t_{\text{пс}}^{\text{x}}}^{t_{\text{пс}}^{\text{r}}}}}, \quad (3)$$

где m - параметр, определяемый на основании водяных эквивалентов расходов теплообменивающихся сред, К·с/Дж ;

После решения системы имеется возможность определения температурного перепада в рекуператоре в зависимости от параметров нагрева. Температура продуктов горения $t_{\text{пс}}^{\text{x}}$ определяется аналогично. В результате определения величин $t_{\text{пс}}^{\text{x}}, t_{\text{в}}^{\text{r}}$ появляется возможность вычислить значение коэффициента рекуперации в зависимости от параметров нагрева и конструкции рекуператора. Таким образом, на основании физического смысла коэффициента рекуперации составляем выражение для функционального определения этой величины в зависимости от заданных параметров.

$$k_{\text{r}} = \frac{k \cdot F \cdot \Delta t}{V_{\text{пс}} \cdot c_{\text{пс}} \Big|_{t_{\text{пс}}^{\text{x}}}^{t_{\text{пс}}^{\text{r}}}} \cdot t_{\text{пс}}^{\text{r}}, \quad (4)$$

Вывод: Создана методика для анализа влияния различных конструктивных и технологических параметров на значение коэффициента рекуперации. Проанализировано влияние коэффициента рекуперации на средневзвешенный коэффициент использования топлива.