

УДК 669.18.001

<sup>1</sup>В.В. Чиж, <sup>2</sup>А.А. Кузьмин

<sup>1</sup>ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет» Украина

<sup>2</sup>Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Украина

**ВЛИЯНИЕ МАССОВОГО РАСХОДА ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ЕГО ДВИЖЕНИЕ В ФОРСУНКЕ И ГОРЕНИЕ В ФУРМЕННОМ ОЧАГЕ**

V.V. Chyzh, A.A. Kuzmin

**THE IMPACT OF THE COILDUST FUEL MASSFLOW ON ITS MOVEMENT IN A FUEL INJECTOR AND ITS BURNING IN COMBASSION ZONE**

Энергосбережение в промышленности – ключевая проблема современности. Вдувание пылеугольного топлива (ПУТ) в горн доменных печей в настоящее время стало наиболее приоритетным направлением в программах перевооружения черной металлургии, которое позволит отказаться от природного газа при производстве чугуна, а экономия составит ~ 4 млрд м<sup>3</sup>/год.

В доменном цехе ММК им. Ильича подача угольной пыли осуществляется через форсунку с дальнейшим сгоранием порошка в фурменном очаге. Однако существует пока неразрешимая проблема – неполное сгорание ПУТ.

Цель работы – исследование влияния расхода  $m_2$  пылеугольного топлива, его массовой концентрации  $\mu$  и температуры  $t_1$  несущего газа в выходном сечении форсунки на силу  $I_{ij}$  внутрифазного взаимодействия, объемную долю  $\varepsilon_1$  газовой фазы, газовый состав продуктов сгорания  $Z_{CO}$  и  $Z_{CO_2}$ , длину окислительной зоны  $L_{ок}$ , и механическую полноту сгорания  $\varphi$ .

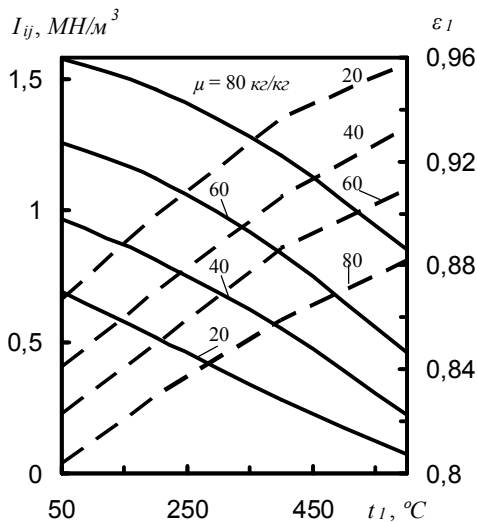
Для решения поставленной задачи использовали расчетную модель, которая включает уравнения совместного движения несущего газа и пылеугольного топлива, а так же уравнения энергии для двух фаз. В качестве примера приведем уравнения движения фаз, которые для полидисперсного течения представляли как:

$$G_1 \frac{dw}{dx} = -\varepsilon_1 \frac{dp}{dx} - F_{1w} - \sum_{i=2}^N F_{1i} + \varepsilon_1 \rho_1 g \sin \alpha, \tag{1}$$

$$G_i \frac{dw_i}{dx} = -\varepsilon_i \frac{dp}{dx} + \sum_{j=2}^N F_{ij} - F_{iw} + \varepsilon_i \rho_i g \sin \alpha + \sum_{j=2}^N I_{ij}; \tag{2}$$

Обозначения величин в уравнениях (1)–(2) являются общепринятыми.

Из рис.1 следует, что чем больше концентрация  $\mu$ , тем выше значение силы  $I_{ij}$



внутрифазного взаимодействия. Например, если  $t_1 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ , то увеличение  $\mu$  с 20 кг/кг до 80 кг/кг приводит к повышению силы  $I_{ij}$  с 0,12 МН/м<sup>3</sup> до 0,8 МН/м<sup>3</sup>. Это объясняется тем, что с повышением  $\mu$  возрастают объемные доли  $\varepsilon_i$ ,  $\varepsilon_j$  частиц, которые фактически в квадрате влияют на  $I_{ij}$ . Таким образом, как видно из уравнения (2) неучет силы внутрифазного взаимодействия приводит к существенной погрешности расчета.

Рис.1. Влияние температуры  $t_1$  и концентрации  $\mu$  на изменение силы  $I_{ij}$  и объемную долю газовой фазы  $\varepsilon_1$  в выходном сечении

На ПАО «ММК им. Ильича» в качестве ПУТ используют частицы антрацита с низким содержанием золы и летучих в диапазоне размеров 10-80 мкм со средним геометрическим размером  $30 \pm 2$  мкм. Следующим этапом проводили исследование процессов тепломассообмена и горения частиц ПУТ в фурменном очаге, а так же анализ влияния их размера и массового расхода через одну фурму при заданных параметрах вдуваемого воздуха (температуры, массовой доли кислорода). Физико-математическая модель горения и движения частиц ПУТ основана на законах химической кинетики, тепломассообмена, сохранения массы, энергии, импульса. Анализируется изменение температуры, диаметра, плотности и скорости частиц ПУТ, температуры, газового состава и скорости смеси в результате протекания основных гетерогенных и гомогенных химических реакций с учетом стефановского течения и теплового излучения.

В качестве примера, на рис.2. приводится анализ влияния массового расхода частиц на основные показатели эффективного использования ПУТ.

При малых массовых расходах ПУТ доля вдуваемого кислорода, приходящего на

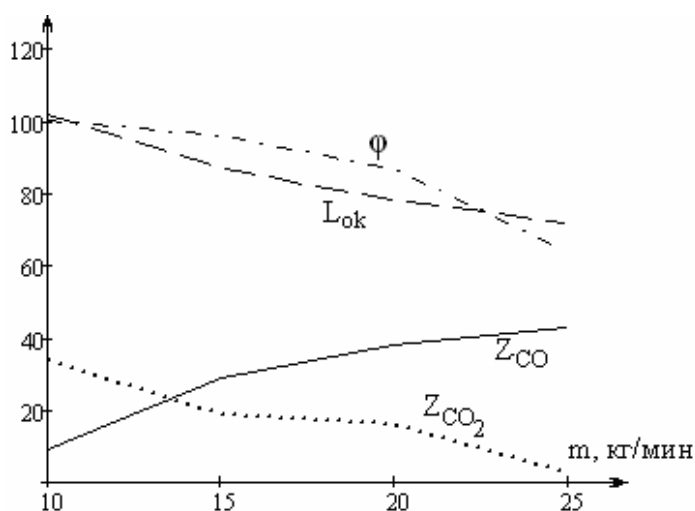


Рис.2. Влияние массового расхода пылеугольного топлива  $m$  на одну фурму на газовый состав продуктов сгорания  $Z$  ( $CO$  и  $CO_2$  (в %)), длину окислительной зоны  $L_{ок}$  (в см) и механическую полноту сгорания  $\phi$  (в %). Начальный размер частиц ПУТ 30 мкм, начальная температура частиц и газа 1300 К, массовое содержание кислорода в дутье 30%.

одну частицу очень много. Кислородная зона достаточно протяженная (свыше 1 м). Частицы интенсивно реагируют, что приводит к высокой полноте сгорания. Однако, при этом углекислый газ, который образовался преимущественно в результате гомогенной реакции в больших количествах, из-за отсутствия углеродных частиц не превращается обратно в  $CO$  в гетерогенных реакциях. Его высокое содержание в конце фурменной зоны способствует протеканию вредных восстановительных процессов в доменной печи.

При высоких массовых расходах топлива вдуваемого кислорода для полного окисления частицы не хватает.

Следовательно, кислородная зона небольшая (меньше 1 м) и концентрация угарного газа возрастает за счет газификации частицы в углекислом газе. Недостатком такого режима является уменьшение полноты сгорания частиц ПУТ. Однако доля углекислого газа мала (рис.2) в продуктах сгорания.

Таким образом, регулирование начальных параметров пылевоздушного факела, в частности массового расхода ПУТ, позволяет обеспечить оптимальные значения полноты сгорания топлива, а также газового состава в фурменной зоне доменной печи (высокая доля  $CO$ ).

Выражаем благодарность за активную научную поддержку профессору ОНУ Калинчаку В.В., доценту ОНУ Черненко А.С., доценту ПГТУ Куземко Р.Д.