

А.Л.Чайка

ТЕПЛОВАЯ РАБОТА ФУРМЕННОЙ ЗОНЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ПРИ ВДУВАНИИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Институт черной металлургии НАН Украины

Выполнен анализ температурного потенциала горновых газов при сжигании различных марок пылеугольного топлива (ПУТ) в фурменной зоне доменной печи. Для расчета и выбора рациональных энергетических параметров работы фурменной зоны при вдувании ПУТ предложена балансовая теплоэнергетическая модель фурменного очага (ФО).

Введение.

В связи с повышением цены на природный газ, его потребление в доменном производстве будет сокращаться, в перспективе в Украине рассматривается широкое применение пылеугольного топлива при выплавке чугуна. Вопросы экономичной работы печей на пылеугольном топливе и паровоздушном дутье связаны с организацией устойчивого процесса сжигания кокса и топливных добавок в фурменных очагах и поддержания рационального температурно – теплового уровня в фурменной зоне при различных параметрах дутья. Теплофизические факторы, влияющие на устойчивость работы фурменной зоны и доменной печи при использовании ПУТ, на сегодняшний день изучены недостаточно.

Теоретическая температура горения является условной расчетной величиной и значительно превышает действительную температуру в фурменной зоне. Поэтому ее использование для описания устойчивости работы фурменных очагов и балансовых расчетов доменной плавки неперспективно.

Более близкой к реальной температуре фурменных газов является балансовая температура [1]. Она позволяет более точно оценить энергетические параметры работы фурменной зоны и теоретически обосновать выбор дутьевого режима, который обеспечит наибольший эффект от сжигания различных марок угольной пыли в доменной печи.

Цель работы – оценка температурного потенциала горновых газов при сжигании различных марок пылеугольного топлива.

Метод и результаты расчета

Для анализа энергетического потенциала фурменной зоны доменной печи при вдувании ПУТ использован основанный на принципах работы реактора идеального перемешивания балансовый метод расчета температуры фурменных газов, учитывающий испарение технологических материалов и окисление элементов чугуна, поверхность ФО, потери тепла на материалы, окружающие зону горения, фурменные приборы и иные факторы [1, 2]. Уравнение расчета балансовой температуры ФО на 1 м^3 кислорода дутья имеет вид:

$$T_{\text{ФО}} = (Q_{\text{к}} + Q_{\text{ок}} + Q_{\text{дсум}} + Q_{\text{ксум}} + Q_{\text{дуть}} + Q_{\text{инж}} - Q_{\text{исп}} - Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{ф}} - Q_{\text{наг}} - Q_{\text{пр}}) / \sum V_{\text{Г}} C_i^{\text{ГФ}},$$

где $T_{\text{ФО}}$ – балансовая температура ФО, $^{\circ}\text{C}$; $V_{\text{Г}}$ – объем, занимаемый компонентами горнового газа, м^3 ; $C_i^{\text{ГФ}}$ – средняя теплоемкость компонентов горнового газа, $\text{кДж}/\text{м}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}$; $Q_{\text{к}}$, $Q_{\text{ок}}$ – приход теплоты от горения кокса и элементов чугуна, кДж ; $Q_{\text{дсум}}$ – теплота от сжигания углерода дополнительного топлива, кДж ; $Q_{\text{ксум}}$, $Q_{\text{дуть}}$, $Q_{\text{инж}}$ – энтальпия кокса, дутья и инжектируемого газа поступающих в ФО кДж ; $Q_{\text{исп}}$, $Q_{\text{H}_2\text{O}}$, $Q_{\text{ф}}$, $Q_{\text{наг}}$ и $Q_{\text{пр}}$ – расход теплоты на испарение технологического материала (Fe), на разложение влаги дутья, охлаждение фурм, нагрев материалов и иные потери теплоты из фурменного очага, кДж .

Теплоту неполного сгорания угольной пыли рассчитывали из формулы Д.И.Менделеева [3]:

$$Q_{\text{дсум}} = 4,2 * (24,6 * \text{C} - 43 * \text{H} - 26 * \text{O}_2 + 7 * \text{S}) * V_{\text{пут}}, \text{ кДж}/\text{час}.$$

Здесь $V_{\text{пут}}$ – расход ПУТ, $\text{кг}/\text{час}$; C, H, O_2 и S – содержание углерода, водорода, кислорода и серы в сухой массе ПУТ, %.

Результаты расчета

Расчет температурного потенциала горновых газов при вдувании ПУТ выполнен для десяти марок угольной пыли, химический состав которых приведен в табл.1.

Таблица 1. Химический состав сухой массы угольной пыли

Марка углей	Состав сухой массы, %					
	Углерод С	Водород H ₂	Сера S	Кислорода O ₂	Азот N ₂	Зола А
Бурый Б	56,1	3,3	0,3	18,5	0,9	20,9
Д	62,1	4,4	3,9	10,4	1,2	17,9
Г	66,2	4,2	3,5	6,6	1,0	18,5
Ж	67,5	4,0	2,9	4,3	1,1	20,1
К	70,5	3,8	2,9	2,5	1,1	19,1
Тош	73,7	3,3	2,7	1,1	1,1	18,0
ПА	75,7	2,9	2,0	1,5	1,0	16,9
АШ	75,9	1,5	1,8	2,0	0,8	18,0
АП, АК	88,6	1,6	1,8	1,1	0,9	6,0

Результаты расчета теоретической и балансовой температуры при вдувании природного газа и ПУТ приведены на рис.1. При расчете принято, что ПУТ вдувается через 24 фурмы в доменную печь объемом 2000 м^3 , расход дутья $3800 \text{ м}^3/\text{мин}$, температура 1100°C , содержание кислорода в дутье 27 %.

На рисунке 1 минимальная температура при вдувании в фурменный очаг ПУТ соответствует бурым углям, максимальная антрацитам. Разница между балансовыми температурами при вдувание природного газа и ПУТ достигает 150°C , а для теоретических температур разница доходит до 550°C . Температуры при вдувании в ФО различных марок углей возрастают, от бурых углей к антрацитам в соответствии с их расположением в

таблице 1. Максимальная разница между теоретическими температурами при вдувании различных марок ПУТ не превышает 150°C , балансовыми температурами 40°C . Это не позволяет говорить о предпочтительности той или иной марки углей с точки зрения их теплотворной способности и является предметом дальнейшего изучения, в том числе и с точки зрения влияния на качество выплавляемого чугуна.

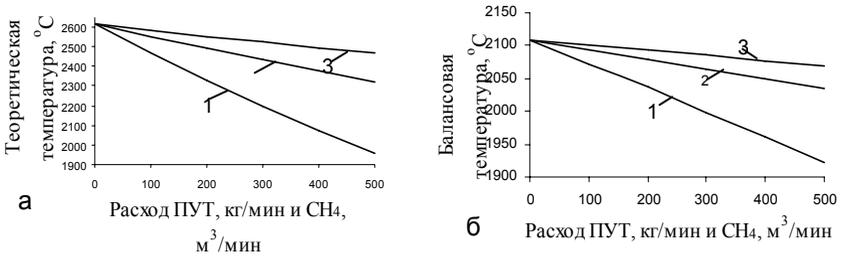


Рис. 1. Теоретическая (а) и балансовая (б) температуры фурменных газов при вдувании: 1 – природного газа, 2 – бурых углей, 3 – углей марки АП и АК

Учитывая опыт сжигания водо– угольных суспензий в топках паровых котлов [4], при полном сокращении подачи природного газа в доменную печь, работе с высокими концентрациями кислорода и нагревом дутья, расширении топливной базы для производства чугуна ниже приведена оценка тепловой работы фурменной зоны с ее применением (рис.2). Анализ выполнен для вдувания в фурменную зону суспензии с максимальным содержанием влаги – 40 % для 10 марок ПУТ (табл.1).

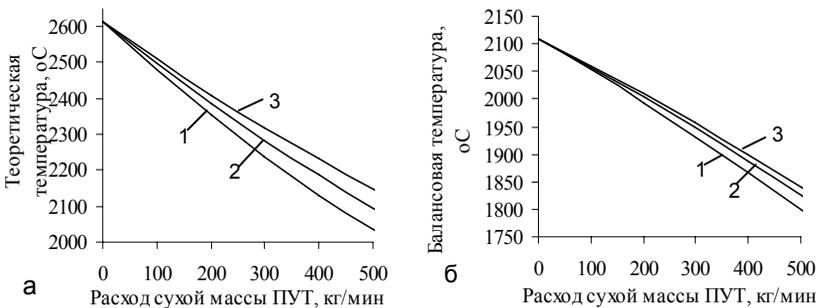


Рис. 2. Теоретическая (а) и балансовая (б) температуры фурменных газов при вдувании водо–угольной суспензии: 1 – бурых углей, 2 – тощих, 3 – АП, АК

Результаты расчета показали, что в этом случае максимальная разница балансовых температур соответствует бурым углям и антрацитам и составляет 40 °С при расходе ПУТ в 500 кг/мин или порядка 150 – 200 кг на тонну чугуна. Для теоретических температур такая разница составляет 110 °С).

Использование водо – угольной суспензии позволяет приблизиться к температурам в фурменном очаге, сопоставимым с вдуванием природного газа и дает большие возможности для управления тепловым состоянием доменной печи при варьировании расхода кислорода и производства чугуна.

Выводы

1. Температурный потенциал горновых газов при вдувании в доменную печь различных марок ПУТ изменяется незначительно. Это не позволяет говорить о предпочтительности той или иной марки углей с точки зрения их теплотворной способности и является предметом дальнейшего изучения.

2. Использование водо – угольной суспензии позволяет приблизиться к температурам в фурменном очаге, сопоставимым с вдуванием природного газа и дает большие возможности для управления тепловым состоянием доменной печи с целью обеспечения требуемого производства чугуна заданного качества.

3. Балансовая температура более точно по сравнению с теоретической отражает температурный потенциал горновых газов. Ее использование перспективно для оценки условий, обеспечивающих устойчивую работу фурменной зоны, совершенствования методов расчета и управления тепловой работой доменной печи при вдувании различных топливных добавок.

Автор признателен А.В.Бородулину за внимание, оказанное к работе.

1. *Тепловая работа фурменных зон доменной печи* /А.В.Бородулин, В.П.Бородулина, В.В.Канаев, З.Ш.Плоткин // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1993. – №2. – С.63–69.
2. *Исследования режимов работы фурменной зоны доменной печи методами математического моделирования* / А.ЛЧайка, А.Г.Байбуз, В.С.Листопадов, С.Т.Шулико, Г.Т.Цыганков // *Международная научно–техническая конференция «Теория и практика производства чугуна», посвященная 70–летию КГТМК “Криворожсталь”*. – Кривой Рог. – 2004. – С.328 – 332
3. *Семикин И.Д., Аверин С.И., Радченко И.И.* Топливо и топливное хозяйство металлургических заводов. – М.: Металлургия, 1965. – 391с.
4. *Делягин Г.Н.* Опыт сжигания водо–угольных суспензий в топках паровых котлов. – Москва. – 1966. – 88 с.

Сведения об авторе:

Чайка Алексей Леонидович, канд.техн.наук, старший научный сотрудник Института черной металлургии НАН Украины