

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЕНИЯ В ГОРНЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ С УЧЕТОМ ПОДАЧИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

**Лопадчак А.А., магистрант; Кравченко В.П., доц., к.т.н.**

*(ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Украина)*

Одним важнейших параметров, которые характеризуют процессы в горне доменной печи, является теоретическая температура горения (ТТГ). Для эффективного протекания процессов доменной плавки важно поддерживать теоретическую температуру горения на определенном уровне. Поскольку ТТГ зависит от различных факторов, то для поддержания ее на заданном уровне необходимо изменять (регулировать) некоторые из них.

При выборе параметров комбинированного дутья стремятся к сохранению теоретической температуры горения топлива у фурм (Т). Требование относительного постоянства Т сохраняется и при вдувании пылеугольного топлива (ПУТ). В связи с этим возникает необходимость уточнения расчёта Т с учётом влияния ПУТ.

Тепловой баланс зоны горения (ЗГ) учитывал следующие приходные статьи: тепло горения углерода кокса, природного газа, ПУТ, включая теплоту реакций летучих веществ, физическое тепло дутья, физическое тепло поступающего в ЗГ кокса. Расходные статьи теплового баланса включали теплоту диссоциации пара, тепло, уносимое из ДП ЗГ золой кокса и ПУТ, тепло продуктов горения. Было принято, что зола кокса покидает зону горения с температурой шлака, а зола ПУТ - температурой горения. Незначительное физическое тепло природного газа ПУТ и транспортирующего азота не учитывалось. В расчёте также не учтены тепловые эффекты реакций окисления элементов чугуна в ЗГ из-за отсутствия достоверной информации о степени их развития. Весь тепловой баланс составлялся на 1 кг углерода кокса, сгорающего у фурм (Сф). Было получено следующее уравнение:

$$T = \frac{9797 + m_{\text{ПУТ}} q_{\text{ПУТ}} + V_{\text{ПГ}} q_{\text{ПГ}} + V_{\text{д}} [(c_{\text{д}} + \varphi c_{\text{H}_2\text{O}}) t_{\text{д}} - 10806\varphi] - q_{\text{пл.шл.}} \left( 0,01 m_{\text{ПУТ}} \overline{A_{\text{ПУТ}}} + \frac{A_{\text{к}}}{C_{\text{к}}} \right) - t_{\text{шл}} c_{\text{шл}} \frac{A_{\text{к}}}{C_{\text{к}}} + t_{\text{к}} c_{\text{к}} \frac{100}{C_{\text{к}}} + q_{\text{x}}^{\Sigma} \frac{v_{\text{к}}}{c_{\text{к}} \rho_{\text{в}}}}{c V + 0,01 c_{\text{шл}} m_{\text{ПУТ}} \overline{A_{\text{ПУТ}}}}, \quad (1)$$

где 9797 – тепловая реакция горения углерода до СО, кДж/кг;

$m_{\text{ПУТ}}$  – массовый расход ПУТ, кг/кг С<sub>ф</sub>;

$q_{\text{ПУТ}}$  – средняя теплота сгорания ПУТ до СО с учетом летучих веществ, кДж/кг;

$\overline{A_{\text{ПУТ}}}$  – средняя зональность ПУТ, %

$V_{\text{ПГ}}$  – объемный расход природного газа, м<sup>3</sup>/кг С<sub>ф</sub>;

$Q_{\text{ПГ}}$  – тепловой эффект реакции неполного сгорания природного газа = 1694 кДж/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{д}}$  – объемный расход дутья, м<sup>3</sup>/кг С<sub>ф</sub>;

$c_{\text{д}}$ ,  $c_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $c_{\text{г}}$  – теплоемкости дутья, водяного пара, продуктов горения, кДж/(м<sup>3</sup> °С);

$\varphi$  – влажность дутья, дол.ед;

$t_{\text{д}}$  – температура дутья. °С;

$q_{\text{пл.шл.}}$  – теплота плавления шлака. кДж/кг;

$A_{\text{к}}$ ,  $C_{\text{к}}$  и  $v_{\text{к}}$  – содержание золы, углерода и летун их веществ в коксе. %;

$c_{\text{шл}}$  и  $c_{\text{к}}$  – теплоемкость шлака и кокса» кДж/(кг °С)

$t_{\text{шл}}$  – температура шлака = 1500 °С;

$t_{\text{к}}$  – температура поступающего в зону горения кокса = 1400 °С;

$\rho_{\text{в}}$  – средняя плотность летучих веществ, кг/м<sup>3</sup>;

$q_{\text{x}}^{\Sigma}$  – суммарный тепловой эффект реакций летучих, кДж м<sup>3</sup>;

$V_{\text{г}}$  – объем продуктов горения, м<sup>3</sup>.

Показатели работы ДП, влияющие на  $C_f$ , сказываются и на значении  $T$ . Для учета их влияния предварительно рассчитывались удельный расход кокса и степень прямого восстановления железа  $r_d$ .

В соответствии с формулой увеличение расхода ПУТ снижает температуру горения. Но в меньшей степени, чем вдувание природного газа. При чем различные марки углей по-разному снижают  $T$ . Наиболее сильное влияние оказывают газовые и длиннопламенные угли. Снижение  $T$  при вдувании тощих углей и антрацита значительно меньше (рис.1).

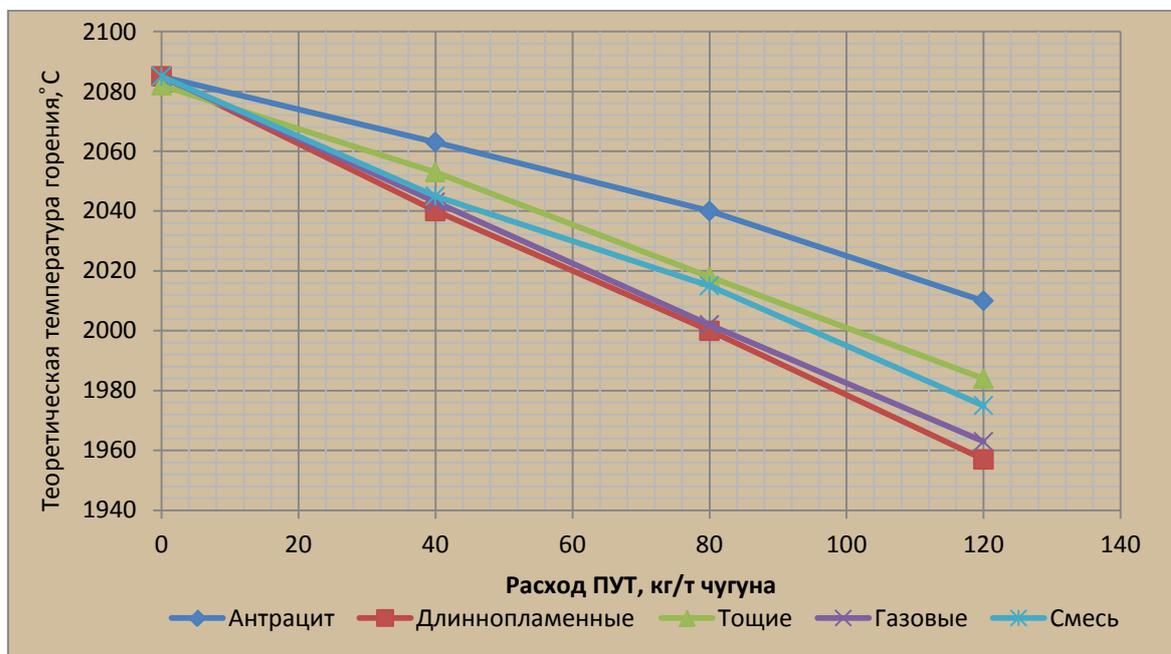


Рисунок 1 – Влияние расхода ПУТ из разных марок углей на теоретическую температуру горения

При традиционной технологии ведения плавки с вдуванием в горн природного газа для стабилизации ТТГ, как правило, регулируют подачу количества вдуваемого природного газа. В данное время, в связи с повышением стоимости природного газа, в горн доменной печи на многих печах вдувают пылеугольное топливо, в связи с этим изменилось соотношение факторов, которые влияют на ТТГ. Если природный газ понижает ТТГ, то ПУТ несколько ее повышает. В таких условиях стабилизация ТТГ должна происходить за счет изменения факторов, которые наиболее существенно влияют на ТТГ. Одним из таких факторов является влажность дутья. В данной работе исследуется влияние влажности дутья для стабилизации ТТГ с учетом различного количества и состава вдуваемого ПУТ.

#### Перечень ссылок

1. М. В. Лядский, З. К. Афанасьева, Т. А. Ивлева. Эффективность использования ПУТ в доменных печах. Метал и литье Украины, №11-2008, с. 8
2. Ярошевский С. Л. Выплавка чугуна с применением ПУТ. – М.Металлургия. 1998. – 176 с.
3. Ноздрачев В. А., Ярошевский С. Л., Терещенко В. П. Перспективные технологии доменной плавки с применением кислорода и пылеугольного топлива. — Донецк: Новый мир. 1996. — 173 с.
4. Кравченко В.П., Томаш А.А., Афанасьева З.К. расчет теоретической температуры горения топлива при вдувании ПУТ – Университетская наука – 2009, тезисы докладов междунар. научно-техническая конференция, ПГТУ.-Мариуполь, 2009.