

УДК 621.745.34:662.62

**А.В. Феоктистов**

Сибирский государственный индустриальный университет

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВАГРАНКИ И ВЫСОТЫ СТОЛБА ШИХТЫ ПРИ ЗАМЕНЕ КОКСА НА АНТРАЦИТ И ТОЩИЕ УГЛИ

**Аннотация.** При замене кокса на антрацит и тощие угли в процессе ваграночной плавки необходимо учитывать возрастающую вероятность растрескивания углей из-за их низкой термической стойкости. Технологически устойчивый режим плавки с использованием антрацита и тощих углей обеспечивается при рекомендованных в работе соотношениях между высотой вагранки и ее диаметром и подогреве дутья в рекуператоре «труба в трубе».

**Ключевые слова:** вагранка, высота столба шихты, кокс, антрацит, тощие угли.

## THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE CUPOLA AND THE HEIGHT OF THE CHARGE COLUMN WHEN REPLACING COKE AND ANTHRACITE OR LEAN COALS

**Abstract.** When replacing coke and anthracite coals lean in cupola melting to consider increasing the likelihood of cracking of coal due to its low thermal resistance. Technologically steady state smelting with anthracite and lean coal is provided by the work of the recommended ratio between the height of the cupola and its diameter and heating the blast in the recuperator “pipe in pipe”.

**Keywords:** cupola, column height of the charge, coke, anthracite, lean coal.

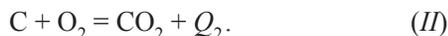
При существующем дефиците кокса, его высокой стоимости переход к другим видам топлива является актуальной задачей. Использование в шихте антрацита (тощих углей) как заменителя кокса – одна из перспективных коксозаменяющих и ресурсосберегающих технологий процесса ваграночной плавки.

Антрацит (А) и тощие угли (ТК) обладают меньшей прочностью на раздавливание, но большей теплотворной способностью, чем кокс. Поэтому при выплавке чугуна на обычной крупногабаритной шихте в вагранке необходимо уменьшить высоту столба шихты, который оказывает давление на топливную насадку в период плавки.

При замене кокса на антрацит (тощие угли) подогрев дутья обязателен. Горячее дутье интенсифицирует реакцию



вместо реакции



Так как  $Q_2 < Q_1$ , то поверхность угля разогревается до меньшей температуры, чем у кокса, градиенты температуры по объему куска антрацита (тощего угля) уменьшаются, снижаются в нем термические напряжения, что уменьшает вероятность растрескивания угля в окислительной зоне. Кроме того, с подогревом дутья скорость газификации мелких частиц резко возрастает за счет реакции (I) [2].

Практически полное использование химического и частично физического тепла при сжигании угля в ва-

гранке без дополнительного расхода природного газа возможно только с рекуператором «труба в трубе». Давление шлаковой ( $P_{шл}$ ) и металлической ( $P_M$ ) засыпки на топливную насадку соответственно составит

$$\bar{P}_M = \rho_M g H_M; \quad \bar{P}_{шл} = \rho_{шл} g H_{шл}, \quad (1)$$

где  $\bar{\rho}_M$ ,  $H_M$  и  $\bar{\rho}_{шл}$ ,  $H_{шл}$  – насыпная плотность, высота металлического и шлакового столба шихты.

Для того, чтобы топливная насадка из угля не разрушалась под давлением металлической шихты, обычно применяемой при плавке, должны выполняться следующие соотношения:

$$P_M = P_{шл} \quad \text{или} \quad H_M = \frac{\bar{\rho}_{шл}}{\bar{\rho}_M} H_{шл}. \quad (2)$$

Используя выражение (2), выполним расчет параметров  $\bar{\rho}_{шл}$  и  $\bar{\rho}_M$  при расходе кокса  $K = 14\%$  и расходе угля  $Y = 18\%$ :

$$\bar{\rho}_M = \frac{100 + 14}{V_M + V_K}, \quad (3)$$

где  $V_M = \frac{100}{\rho_M(1 - \varepsilon_M)}$  и  $V_K = \frac{14}{\rho_K(1 - \varepsilon_K)}$  – объем металла и кокса в слое шихты и топлива;  $\rho_M$  и  $\rho_K$  – плотность куска металла и кокса;  $\varepsilon_M$  и  $\varepsilon_K$  – порозность слоя металла и кокса;

$$\bar{\rho}_{шл} = \frac{100 + 18}{V_{шл} + V_Y}, \quad (4)$$

где  $V_{\text{шл}} = \frac{100}{\rho_{\text{шл}}(1-\varepsilon_{\text{шл}})}$  и  $V_y = \frac{18}{\rho_y(1-\varepsilon_y)}$  – объем шлака и

угля в слое шихты и топлива;  $\rho_{\text{шл}}$  и  $\rho_y$  – плотность куска шлака и угля;  $\varepsilon_{\text{шл}}$  и  $\varepsilon_y$  – порозность слоя шлака и угля.

Расчет по формулам (3) и (4) при  $\rho_{\text{шл}} = 2,74 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_m = 6,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,  $\varepsilon_{\text{к}} = 0,5$ ;  $\varepsilon_m = 0,6$ ;  $\varepsilon_y = 0,4$  дает значения  $\bar{\rho}_m = 1,755 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,  $\bar{\rho}_{\text{шл}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

Полезная высота классической вагранки равна  $H_{\text{п}} = 4,345\sqrt{D}$ , высота холостой колоши  $H_{\text{хк}} = 1,165\sqrt{D}$  [1], высота слоя шихты и кокса  $H = H_{\text{п}} - H_{\text{хк}} = 3,18\sqrt{D}$ .

Каменные угли марок А и ТК для ваграночной плавки с 2005 г. используются на Новокузнецком предприятии ЗАО «Изолит». До 2005 г. на этом предприятии плавку вели исключительно с применением кокса в качестве топлива. Вагранка используется для переплава доменного шлака и получения минеральной ваты для теплоизоляционных изделий. Вагранка имеет два загрузочных отверстия на высоте  $H_{\text{п}} = 3,5$  м и  $H_{\text{п}} = 5,5$  м; внутренний ее диаметр  $D = 1250$  мм. По отношению к диаметру полезная высота вагранки составляет  $H_{\text{п}} = 3,2\sqrt{D}$  и  $H_{\text{п}} = 4,9\sqrt{D}$ . Вагранка оборудована рекуператором «труба в трубе», позволяющим подогревать дутье до  $420$  °С. Для увеличения высоты рекуператора до 10 м, а следовательно, и увеличения интенсивности подогрева воздуха загрузку шихты перенесли на нижний ярус с высотой  $H = 3,5$  м ( $H_{\text{п}} = 3,2\sqrt{D}$ ). Уменьшение высоты столба шихты позволило получить более высокую температуру колошниковых газов ( $900 - 1000$  °С) и, следовательно, устойчивое держание факела горения при входе в нижнюю часть рекуператора.

Расход угля составляет 18 % от шлаковой завалки, что соответствует высоте холостой колоши по отношению к диаметру  $H_{\text{хк}} = 1,2\sqrt{D}$ . Для классической вагран-

ки, работающей на коксе, высота холостой колоши равна [1]  $H_{\text{хк}} = 1,165\sqrt{D}$  при расходе кокса  $K = 14$  %.

При плавке на коксе высота слоя шлака не разрушает топливную насадку для  $H_{\text{шл}} = H = 3,18\sqrt{D}$ , так как  $\bar{\rho}_{\text{шл}} < \bar{\rho}_m$ . Подставляя полученные значения в соотношение (2), имеем для слоя металлической шихты при плавке на угле

$$H_m = \frac{1,3 \cdot 10^3}{1,755 \cdot 10^3} \cdot 3,18\sqrt{D} = 2,35\sqrt{D}.$$

Полная полезная высота вагранки составит

$$H_{\text{п}} = H_m + H_{\text{хк}} = 2,35\sqrt{D} + 1,2\sqrt{D} = 3,55\sqrt{D}.$$

**Выводы.** Использование вместо кокса в качестве топлива антрацита или тощих углей при обычной крупногабаритной шихте высота вагранки уменьшается и составляет  $H_{\text{п}} = 3,55\sqrt{D}$  вместо  $H_{\text{п}} = 4,345\sqrt{D}$ . Высота слоя шихты при плавке с использованием в качестве топлива кокса не должна превышать величины  $H = 2,35\sqrt{D}$ . Обязателен подогрев дутья в рекуператоре «труба в трубе» до  $400 - 450$  °С. Расход топлива увеличивается на 25 – 30 % и составляет 17 – 19 % от металлозавалки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Селянин И.Ф., Феоктистов А.В., Бедарев С.А. Теория и практика интенсификации технологического процесса в шахтных печах малого диаметра. В 3-х т. Т. 1. – М.: Теплотехник, 2010. – 379 с.
2. Чуханов З.Ф. Некоторые проблемы топлива и энергетики. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 478 с.

© 2013 г. А.В. Феоктистов  
Поступила 27 сентября 2013 г.